

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN TECNOLÓGICA

APLICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN UNA CASA RURAL

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.**

LOAIZA OJEDA JUAN RAMIRO

MANITIO ARTEAGA DANY LIDA

DIRECTOR: Dr. AGUINAGA ÁLVARO

Quito, junio del 2006

DECLARACIÓN

Nosotros, LOAIZA OJEDA JUAN RAMIRO Y MANITIO ARTEAGA DANY LIDA, declaramos bajo juramento que el proyecto descrito por nuestra autoría no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por sus reglamentos y por la normatividad institucional vigente.

Loaiza Ojeda Juan Ramiro

Manitio Arteaga Dany Lida

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente proyecto fue desarrollado por los señores: Loaiza Ojeda Juan Ramiro y Manitio Arteaga Dany Lida, bajo mi supervisión

Dr. Álvaro Aguinaga
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Politécnica Nacional, en especial a la Escuela de Formación Tecnológica y a la carrera de Mantenimiento Industrial, por todos los conocimientos impartidos durante nuestra formación profesional.

De igual manera nuestra gratitud al Dr. Álvaro Aguinaga por su acertada conducción en el desarrollo del presente trabajo y por todo el tiempo dedicado a la lucha por el bienestar de la carrera.

Loaiza Ojeda Juan Ramiro
Manitio Arteaga Dany Lida

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto a mis padres y a mis hermanos en especial a mi hermano Roberto, quienes con su esfuerzo y apoyo incondicional han sabido guiarme por el camino de la superación.

También agradezco a mis profesores, quienes supieron compartir sus conocimientos necesarios para realizar el presente proyecto práctico y teórico con satisfacción.

Dedico igualmente este proyecto a mi querido y amado esposo Jacinto Arteaga quien con su amor y comprensión e logrado concluir satisfactoriamente.

Manitio Arteaga Dany Lida

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto a mis padres, quienes con su esfuerzo y apoyo incondicional han sabido guiarme en el camino diario de la superación.

Agradezco a mis profesores, quienes supieron plasmar en mi persona los conocimientos necesarios para realizar el presente proyecto con satisfacción.

A mis hermanos por el apoyo brindado a lo largo de mi carrera universitaria, que han sido un apoyo fundamental para no desfallecer en los momentos mas difíciles que nos pone el destino.

A mis amigos por extenderme su mano siempre que los he necesitado, recibiendo de ellos una amistad sincera y verdadero compañerismo.

Loaiza Ojeda Juan Ramiro

INTRODUCCIÓN

Usualmente los sistemas eléctricos han sido abastecidos por fuentes de energía conocidos; sean estos, hidráulicos o térmicos, sin embargo para lugares donde las redes de transmisión y distribución resultan inaccesibles tanto físico como económicamente, resultan más conveniente el uso de energía eléctrica generada por otros medios más sencillos y de mayor rendimiento, siendo el caso de la energía fotovoltaica.

La energía fotovoltaica resulta de la transformación directa de la luz del sol en energía eléctrica. Constituye una excelente opción energética no contaminante, de los que se dispone actualmente.

La energía solar es una fuente inagotable y muy importante. En efecto, aunque sólo se utilizará una milésima parte de la energía solar disponible, ésta representaría más de tres veces el consumo energético de todos los habitantes del planeta.

La cantidad de radiación solar recibida por una superficie sobre la tierra depende de la posición geográfica, la hora del día, época del año, estado del tiempo, contaminación ambiental, etc.

El Ecuador, por su posición geográfica, dispone de extensas superficies que pueden ser beneficiadas por la energía solar. El INAMHI, ha elaborado un mapa de isohelios, que puede ser utilizado para crear un mapa de irradiación del país.

Se puede detallar a continuación algunas ventajas y limitaciones de la utilización de un sistema de energía solar:

- Es prácticamente inagotable.
- No contamina el medio ambiente.
- Los sistemas no necesitan combustible.
- Son modulares y pueden ser contraídos o expandidos de acuerdo a las necesidades del usuario.
- Son durables, al no tener partes móviles, su desgaste es mínimo.
- No se produce ruido de ningún tipo, cuando se encuentra en funcionamiento.
- Son altamente confiables y su vida útil generalmente pasa los 25 años.
- La instalación de operación de los sistemas solares se lleva a cabo con muy poco impacto en el medio ambiente.
- El mantenimiento para sistemas solares o fotovoltaicos es mínimo en comparación con otros sistemas.

El presente proyecto de titulación constituye un estudio para la generación y aplicación de un sistema de energía solar en una casa rural en el cual constará de varios elementos como: panel solar, baterías, control de carga e inversor, colector, etc.

Este sistema, se aplicará en un lugar que resultaría inviable o muy costoso hacer llegar el tendido eléctrico, por lo que resulta muy útil el estudio para proveer de energía a personas que habitan fuera del alcance del beneficio de eléctrico.

El sistema aquí propuesto, consta de los requerimientos básicos para hacer habitables el lugar y, útil una instalación con fines específicos como obtener agua caliente e energía eléctrica en este caso. Sea estos de la Costa, Sierra y Amazonía.

Para el caso de monitorear otro tipo de servicios adicionales, se requerirá de un estudio adicional, sin embargo, con el presente trabajo se tendrá una pauta válida y fácil de ser acoplada a nuevas necesidades.

Finalmente, cabe destacar que, con la privatización de los sectores eléctricos, se disminuye la facilidad de disponer de un sistema eléctrico convencional de energía, especialmente el sistema fotovoltaico, por razones elementales como: costos, mantenimiento e instalación.

OBJETIVO GENERAL

Construir un prototipo y aplicarlo en un sistema de energía solar para una vivienda rural, el cual constará de: panel solar, batería, control de carga, inversor, tanque de agua y colector solar dentro de las normas para el dimensionamiento del sistema.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Realizar un estudio completo y profundo de la alternativa que representa la energía solar o fotovoltaica para la solución de problemas en sectores alejados de la red eléctrica pública.
2. Proveer de un criterio técnico en la elección del equipo para la instalación de este tipo de sistema, tomando en cuenta una diversidad de factores tanto de diseño como factores económicos.
3. Optimizar los recursos utilizados para este proceso.
4. Elaborar un marco teórico del funcionamiento del sistema solar.
5. Realizar varias pruebas para comprobar el correcto funcionamiento del sistema.

CAPÍTULO	Pág.
1. HISTORIA DE LA APLICACIÓN DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA HASTA LA ACTUALIDAD.....	1
1.1 DEFINICIONES DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS	4
1.1.1 ENERGÍA HIDROELÉCTRICA	4
1.1.2 ENERGÍA GEOTÉRMICA.	5
1.1.3 ENERGÍA EOLICA	6
1.1.4 LA BIOMASA	7
1.1.4 TIPOS DE BIOMASA	8
1.1.4.1 Biomasa natural	8
1.1.4.2 Biomasa residual seca	9
1.1.4.3 Biomasa residual húmeda	9
1.1.4.4 Cultivos energéticos	9
1.1.4.5 Biocarburantes	9
1.1.5 ENERGÍA SOLAR TÉRMICA	9
1.1.6 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	10
1.1.7 MINI – HIDRÁULICA	11

2.	COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DEL SOL.....	12
2.1	EL SOL.....	12
2.1.1	ESTRUCTURA DEL SOL.....	13
2.1.1.1.	núcleo	13
2.1.1.2.	corona	14
2.1.1.3.	cromosfera	14
2.1.1.4.	fotosfera	15
2.1.2	COMPOSICIÓN DEL SOL.....	16
2.2	SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA DISTINTOS CAMPOS.....	19
2.3	GENERALIDADES DE LA ELECTRIFICACIÓN FOTOVOLTAICA.....	23
2.4.	COMO FUNCIONA LA CELDA FOTOVOLTAICA.....	24
2.4.1.	FUNCIONAMIENTO GENERAL.....	31
2.5.	SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA.....	32
2.6.	SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS DE ENERGÍA.....	35
2.6.1	TIPOS DE COLECTORES.....	36
2.6.1.	PANELES (COLECTORES) SOLARES FOTOVOLTAICOS.....	36
2.6.1.1	Colectores de placa plana.....	36
2.6.1.2	Colectores de concentración.....	38
2.6.1.2.1	COLECTOR CONCENTRADO PARA LA CONVERSIÓN TERMICA A TEMPERATURAS MEDIAS.....	39
2.6.1.2.2	COLECTOR CONCENTRADO PARA LA CONVERSIÓN TERMICA A ALTAS TEMPERATURAS.....	40
2.6.2	BATERÍAS DE ACUMULACIÓN.....	40
2.6.3	REGULADOR DE TENSIÓN.....	43
2.6.3.1.	CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	44
2.6.3.1.1	FUNCIONAMIENTO.....	44

2.6.4	INVERSOR.....	46
2.6.4.1	FUNCIONAMIENTO.....	48
2.6.5	LIMITADOR DE TENSION.....	48
3.	DISEÑO DE SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA POR ENERGIA SOLAR.....	50
3.1.	ASPECTOS GENERALES.....	50
3.2.	DISEÑO DEL COLECTOR.....	51
3.3.	RADIACIÓN SOLAR.....	52
3.3.1.	VALOR BAJO DE RADIACIÓN.....	53
3.3.2.	VALOR ALTO DE RADIACIÓN.....	54
3.3.3.	VALOR PROMEDIO DE RADIACIÓN (Hp).....	54
3.4.	DEMANDA ENERGÉTICA	54
3.5.	COLECTORES.....	55
3.5.1.	ÁREA DE CAPTACIÓN.....	55
3.5.2.	EFICIENCIA GLOBAL DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO.....	56
3.5.3.	NÚMEROS DE COLECTORES.....	56
3.6	VOLUMEN Y AISLAMIENTO DEL DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CALIENTE.....	57
4.	USO DE LA ENERGIA SOLAR EN UNA VIVIENDA RURAL.....	59
4.1	CONSTRUCCION DE UN SISTEMA PARA CALENTAR AGUA (COLECTOR SOLAR)... ..	59
4.1.1	DESCRIPCION.....	60
4.2	CONSTRUCCION Y DISEÑO DEL CIRCUITO PARA UNA VIVIENDA RURAL HACIENDO USO DEL PANEL SOLAR.....	62
4.3	DIMENSIONAMIENTO PRÁCTICO PARA UNA VIVIENDA RURAL.....	64
4.4	COSTOS.....	65

5.	PRUEBAS.....	68
5.1	PRUEBAS DEL PANEL SOLAR.....	68
5.1.1	COMPROBACION DE LOS VALORES ESTABLECIDOS POR EL FABRICANTE.....	68
5.1.2	TOMA DE DATOS DEL CONJUNTO PANEL- BATERIAS.....	69
5.1.3	PRUEBA A PLENA CARGA.....	70
5.2	PRUEBA DEL COLECTOR SOLAR.....	71
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	72
6.1	CONCLUSIONES.....	72
6.2	RECOMENDACIONES.....	73
7.	ANEXOS.....	74
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	79

CAPITULO I

1. HISTORIA DE LA EVOLUCIÓN DE LA ENERGIA FOTOVOLTAICA HASTA LA ACTUALIDAD.

La energía eléctrica no está presente en la naturaleza como fuente de energía primaria y, en consecuencia, sólo podemos disponer de ella obteniéndola por transformación de alguna otra forma de energía.

Es así que el físico experimental Frances Edmund Becquerel, de 19 años, fue el primero en descubrir el efecto fotovoltaico (de "Photos", que significa luz en griego) en 1839 mientras experimentaba con una celda electrolítica compuesta de 2 electrodos en una solución. El observó que ciertos materiales podían generar pequeñas corrientes cuando eran expuestos a la luz.

Tomaría más de 100 años para que la tecnología solar avanzara hasta a un grado tal que pudiese ser usado en aplicaciones prácticas. La tecnología solar avanzó con el desarrollo de los materiales semiconductores de estado sólido. En 1918 un científico polaco llamado Czochralski desarrolló una forma de hacer crecer el silicio monocristalino, un paso importante en el desarrollo de las celdas solares.

A lo largo del pasado siglo la percepción de la problemática de la energía ha sido muy diferente de la que tenemos actualmente. Así, el hecho de disponer de grandes cantidades de energía a bajo precio ha sido una condición necesaria para acceder a un cierto nivel de calidad de vida. Desde los inicios de siglo hasta principio de los setenta, le crecimiento económico de los países industrializados se fundamentó en la disponibilidad de una fuente de energía barata y abundante: el petróleo.

A partir de la Segunda Guerra Mundial, tanto la producción mundial de petróleo como la demanda industrial de energía se han duplicado cada diez años, las previsiones sobre la evolución del consumo de energía en el mundo, muestran un crecimiento similar en los próximos años. Aunque al final de los sesenta despuntaron voces críticas de que el crecimiento energético no se podía mantener indefinidamente, no fue hasta la primera Crisis del Petróleo que la sociedad empezó a concienciarse del problema de la limitación de las reservas de combustibles fósiles, de las cuales sólo hay para 50 años de petróleo y 200 años de carbón (al ritmo de consumo actual).

Otra problemática que se extendió rápidamente fue referente a lo nocivas que eran las energías utilizadas hasta el momento para el medio ambiente. Las únicas posibilidades de mantener un crecimiento económico sostenible garantizando un suministro energético a largo plazo y conservando el medio ambiente son el incremento de la eficiencia y la búsqueda de energías alternativas al petróleo. Entre las opciones para sustituir progresivamente la utilización masiva del petróleo se encuentra el aprovechamiento de los recursos energéticos renovables: Energía solar, eólica, hidráulica, biomasa y residuos, geotérmica y la de los océanos.

Las emisiones de humos contaminantes siguen aumentando, los árboles se siguen talando sin discriminación y los animales y plantas se extinguen a la velocidad de 5.000 especies por año, 10.000 veces superior a la natural. Éstas son sólo algunas de las razones por las que el hombre busca aprovechar al máximo lo que se conoce como las energías renovables: aquellas que no producen contaminación y que se renuevan.

Los orígenes del problema energético se podrían resumir en dos. Por un lado hay que tener claro que los recursos de la Tierra son finitos, a lo que se une el hecho de que vivimos en una sociedad de consumo que obliga a ser cada vez más consumistas para mantener la propia sociedad.

Éstas pueden ser algunas de las causas del problema medioambiental, para el que todavía no hay soluciones definitivas. Sin embargo, ante la realidad de que el planeta Tierra es finito en cuanto a los recursos que el hombre necesita para obtener energía y construir su mundo, podemos apuntar ciertas alternativas. Entre ellas estaría la sustitución de los recursos que se agotan por otros inagotables, como los de la energía renovable, que no contaminan y se renuevan.

El problema de la actual sociedad de consumo no tiene fácil solución. Desde que se conoce la existencia del hombre, éste utiliza los recursos de su entorno para vivir de una forma más cómoda. Cuanto más consume de estos recursos, mejor es su confortabilidad. De hecho, los habitantes de los países industrializados consumen 10 veces más energía que un habitante de un país en proceso de desarrollo.

La sociedad de consumo se ha convertido de esta manera en un círculo vicioso. Cuando se empieza ya no se puede parar, el consumo es la fórmula para que la sociedad funcione y no desaparezca. Pero con un agravante: para que esta maquinaria siga funcionando hay que consumir cada vez más. El peligro que todo ello conlleva es evidente. A la naturaleza le es imposible reponerse a la velocidad con la que se le extrae el capital natural, base de la vida y del sistema económico. Hay que ver la calidad de vida de forma diferente a como la vemos ahora. Se trata de un paso lógico para no hacer desaparecer nuestro capital natural ni nuestras fuentes de energía no renovables. Un proceso lento, pero necesario, en el que la energía solar, eólica, de la biomasa, hidroeléctrica, geotérmica y del mar son algo más que una alternativa a tener en cuenta.

Hoy, la tecnología solar ya no pertenece a la ciencia ficción. Los paneles solares son ahora usados en una amplia gama de aplicaciones que va desde alimentación de calculadoras hasta la provisión de energía a RVs, barcos y casas.

1.1 TIPOS DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS.

1.1.1 ENERGÍA HIDROELÉCTRICA.

La primera central hidroeléctrica se construyó en 1880 en Northumberland, Gran Bretaña. El renacimiento de la energía hidráulica se produjo por el desarrollo del generador eléctrico, seguido del perfeccionamiento de la turbina hidráulica y debido al aumento de la demanda de electricidad a principios del siglo XX. En 1920 las centrales hidroeléctricas generaban ya una parte importante de la producción total de electricidad.

La tecnología de las principales instalaciones se ha mantenido igual durante el siglo XX. Las centrales dependen de un gran embalse de agua contenido por una presa. El caudal de agua se controla y se puede mantener casi constante. El agua se transporta por unos conductos o tuberías forzadas, controlados con válvulas y turbinas para adecuar el flujo de agua con respecto a la demanda de electricidad. El agua que entra en la turbina sale por los canales de descarga. Los generadores están situados justo encima de las turbinas y conectados con árboles verticales. El diseño de las turbinas depende del caudal de agua; las turbinas Francis se utilizan para caudales grandes y saltos medios y bajos, y las turbinas Pelton para grandes saltos y pequeños caudales.

Además de las centrales situadas en presas de contención, que dependen del embalse de grandes cantidades de agua, existen algunas centrales que se basan en la caída natural del agua, cuando el caudal es uniforme. Estas instalaciones se llaman de agua fluente.

1.1.2 ENERGIA GEOTERMICA.

Energía geotérmica o geotermia, ciencia relacionada con el calor interior de la Tierra es decir la energía almacenada en las rocas del subsuelo de la tierra. Utiliza el vapor natural de la tierra para la producción de calor o de electricidad.. Su aplicación práctica principal es la localización de yacimientos naturales de agua caliente, fuente de la energía geotérmica, para su uso en generación de energía eléctrica, en calefacción o en procesos de secado industrial. El calor se produce entre la corteza y el manto superior de la Tierra, sobre todo por desintegración de elementos radiactivos. Esta energía geotérmica se transfiere a la superficie por difusión, por movimientos de convección en el magma (roca fundida) y por circulación de agua en las profundidades. Sus manifestaciones hidrotérmicas superficiales son, entre otras, los manantiales calientes, los géiseres y las fumarolas. Los primeros han sido usados desde la antigüedad con propósitos terapéuticos y recreativos. Los colonos escandinavos en Islandia llevaban agua desde las fuentes calientes cercanas hasta sus viviendas a través de conductos de madera.

El vapor producido por líquidos calientes naturales en sistemas geotérmicos es una alternativa al que se obtiene en plantas de energía por quemado de materia fósil, por fisión nuclear o por otros medios. Las perforaciones modernas en los sistemas geotérmicos alcanzan reservas de agua y de vapor, calentados por magma mucho más profundo, que se encuentran hasta los 3.000 m bajo el nivel del mar. El vapor se purifica en la boca del pozo antes de ser transportado en tubos grandes y aislados hasta las turbinas. La energía térmica puede obtenerse también a partir de géiseres y de grietas.

La energía geotérmica se desarrolló para su aprovechamiento como energía eléctrica en 1904, en Toscana (Italia), donde la producción continúa en la actualidad. Los fluidos geotérmicos se usan también como calefacción en Budapest (Hungría), en algunas zonas de París, en la ciudad de Reykjavík, en otras ciudades islandesas y en varias zonas de Estados Unidos.

En la actualidad, se está probando una técnica nueva consistente en perforar rocas secas y calientes situadas bajo sistemas volcánicos en reposo para luego introducir agua superficial que regresa como vapor muy enfriado. La energía geotérmica tiene un gran potencial: se calcula, basándose en todos los sistemas hidrotérmicos conocidos con temperaturas superiores a los 150 °C, que Estados Unidos podría producir 23.000 MW en 30 años. En otros 18 países, la capacidad geotérmica total fue de 5.800 MW en 1990.

1.1.3 ENERGIA EOLICA.

La energía eólica es una forma indirecta de energía solar, puesto que son las diferencias de temperatura y de presión inducidas en la atmósfera por la absorción de la radiación solar las que ponen en movimiento los vientos. Se calcula que un 2 % de la energía solar recibida por la Tierra se convierte en energía cinéticas de los vientos. La cantidad de energía correspondiente es enorme: unos 30 millones de TWh por año, ósea, 500 veces el consumo mundial de energía en 1975. Incluso teniendo en cuenta que sólo el 10 % de esta energía se encuentra disponible cerca del suelo, el potencial sigue siendo considerable; así, es difícil concebir en la actualidad la explotación de una parte notable de este potencial. En efecto, sería necesario cubrir las tierras emergidas y las superficies marinas con enormes motores eólicos. En estas condiciones, es más razonable estimar que por mucho tiempo las aplicaciones de la energía eólica se limitaran a utilidades locales, en regiones aisladas - a un nivel de potencia de algunos kW a algunas decenas de kW- o bien a un papel de fuente complementaria en la alimentación de las redes eléctricas - con niveles de potencia de hasta algunos MW-. Las zonas más favorables para la implantación de grandes motores eólicos son las regiones costeras y las grandes estepas, donde vientos constantes soplan regularmente: es necesaria una velocidad media del viento superior a 30 km/h.

1.1.4 LA BIOMASA.

La biomasa, sustancia orgánica renovable de origen animal o vegetal, generada por la combustión o la fermentación de materiales orgánicos. Es el combustible energético que se obtiene de los recursos biológicos.

Es considerado el primer combustible utilizado por el hombre y el principal hasta la revolución industrial, cuando comenzaron a utilizarse fuentes energéticas con un mayor poder calorífico, como por ejemplo los derivados del petróleo.

Esta energía es recuperada por combustión directa (leña, carbón) o transformando la biomasa en otros combustibles que por su origen se denominan biocombustibles: el bioetanol resultante de la producción de maíz y de la cosecha de la caña de azúcar, y el biodiesel obtenido como subproducto de la producción de aceites vegetales de soya, girasol o maíz, de grasas de animales, de aceites usados.

Gracias a la biotecnología se pueden extraer, de la biomasa, combustibles considerados de producción limpia. Estos biocombustibles son utilizados principalmente como fuente de energía para vehículos a motor y para producir energía eléctrica.

Se caracteriza por tener un bajo contenido de carbono, un elevado contenido de oxígeno y compuestos volátiles que concentran una gran parte del poder calorífico de la biomasa. Con el uso masivo de combustibles fósiles el aprovechamiento energético de la biomasa fue disminuyendo progresivamente y en la actualidad presenta en el mundo un reparto muy desigual como fuente de energía primaria. Mientras que en los países desarrollados, es la energía renovable más extendida y que más se está potenciando, en multitud de países en vías de desarrollo es la principal fuente de energía primaria lo que provoca, en muchos casos, problemas medioambientales como la deforestación, desertización, reducción de la biodiversidad, etc.

No obstante, en los últimos años el panorama energético mundial ha variado notablemente. El elevado coste de los combustibles fósiles y los avances técnicos que han posibilitado la aparición de sistemas de aprovechamiento energético de la biomasa cada vez más eficientes, fiables y limpios, han causado que esta fuente de energía renovable se empiece a considerar por las industrias como una alternativa, total o parcial, a los combustibles fósiles.

La energía de la biomasa proviene en última instancia del sol. Mediante la fotosíntesis el reino vegetal absorbe y almacena una parte de la energía solar que llega a la tierra; las células vegetales utilizan la radiación solar para formar sustancias orgánicas a partir de sustancias simples y del CO₂ presente en el aire. El reino animal incorpora, transforma y modifica dicha energía. En este proceso de transformación de la materia orgánica se generan subproductos que no tienen valor para la cadena nutritiva o no sirven para la fabricación de productos de mercado, pero que pueden utilizarse como combustible en diferentes aprovechamientos energéticos.

1.1.4. TIPOS DE BIOMASA.

Existen diferentes tipos o fuentes de biomasa que pueden ser utilizados para suministrar la demanda de energía de una instalación, una de las clasificaciones más generalmente aceptada es la siguiente:

1.1.4.1. Biomasa natural.

es la que se produce espontáneamente en la naturaleza sin ningún tipo de intervención humana. Los recursos generados en las podas naturales de un bosque constituyen un ejemplo de este tipo de biomasa. La utilización de estos recursos requiere de la gestión de su adquisición y transporte hasta la empresa lo que puede provocar que su uso sea inviable económicamente.

1.1.4.2 Biomasa residual seca.

se incluyen en este grupo los subproductos sólidos no utilizados en las actividades agrícolas, en las forestales y en los procesos de las industrias agroalimentarias y de transformación de la madera y que, por tanto, son considerados residuos. Este es el grupo que en la actualidad presenta un mayor interés desde el punto de vista del aprovechamiento industrial. Algunos ejemplos de este tipo de biomasa son la cáscara de almendra, el orujillo, las podas de frutales, el aserrín, etc.

1.1.4.3. Biomasa residual húmeda.

Son los vertidos denominados biodegradables: las aguas residuales urbanas e industriales y los residuos ganaderos (principalmente purines).

1.1.4.4 Cultivos energéticos.

Son cultivos realizados con la única finalidad de producir biomasa transformable en combustible. Algunos ejemplos son el cardo (*cynara cardunculus*), el girasol cuando se destina a la producción de biocarburantes, el miscanto, etc.

1.1.4.5. Biocarburantes.

Aunque su origen se encuentra en la transformación tanto de la biomasa residual húmeda (por ejemplo reciclado de aceites) como de la biomasa residual seca rica en azúcares (trigo, maíz, etc.) o en los cultivos energéticos (colza, girasol, patata, etc.), por sus especiales características y usos finales este tipo de biomasa exige una clasificación distinta de las anteriores.

1.1.5 ENERGIA SOLAR TÉRMICA.

La conversión se realiza en los colectores solares planos para baja temperatura y mediante sistemas de concentración, para media y alta temperatura. Consiste en la utilización de paneles solares, para calentar agua para usos industriales, piscinas,

calefacción o más comúnmente para agua caliente sanitaria. Es una técnica sencilla que permite su uso tanto en el sector doméstico, como en los servicios o en la industria.

A pesar de que la energía solar es la más antigua de las fuentes de energía, no fue hasta la primera crisis energética de 1973, cuando se comenzó con la investigación científica y el desarrollo de la tecnología para el aprovechamiento de esta forma renovable de energía.

1.1.6 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.

Una de las opciones más prometedoras, dentro de las diferentes fuentes de energía, es la basada en la conversión fotovoltaica: transformación de la radiación solar directamente en electricidad. Para que la energía solar fotovoltaica sea considerada una opción para la generación de potencia en el próximo siglo, es necesario reducir el costo de producción. Actualmente el Kwh. fotovoltaico resulta unas 5 veces más caro que el producido con otros sistemas convencionales, pero es competitivo para viviendas y otras muchas instalaciones a las que no llegan los tendidos eléctricos.

La energía solar fotovoltaica no puede ser estrictamente comparada con las restantes fuentes de energía pues su tecnología se encuentra en su fase de desarrollo y con un escaso nivel de implantación industrial.

Las tecnologías de láminas delgadas representan una alternativa real, para conseguir el objetivo de reducir el costo de producción. Globalmente esta tecnología de lámina delgada se puede definir mediante depósito de grandes superficies de láminas delgadas, de conductores y semiconductores, sobre un substrato, utilizando una técnica de conformado adecuado para conseguir un depósito integrado.

Los depósitos, así preparados, tienen espesores de alrededor de decenas de micras. La penetración de la tecnología fotovoltaica en lámina delgada, en estos mercados, se debe conseguir mediante la implantación de estrategias de producción, que conduzcan a bajo costo para la generación de electricidad fotovoltaico.

1.1.7 MINI – HIDRÁULICA.

La energía del sol evapora el agua de los océanos, mares, lagos y ríos y la eleva sobre la tierra formando nubes; cuando éstas se enfrían, se condensan formando la lluvia y la nieve que se vierte a la tierra, represionándola y cerrando el ciclo. El agua en su transcurso por la superficie terrestre tiende, por la gravedad, a ocupar las posiciones bajas y la energía que esto produce es explotable por las instalaciones hidroeléctricas.

Mini – hidráulica es el aprovechamiento hidroeléctrico de pequeño potencial (<15 MW).

Este tipo de energía puede tener un cierto impacto ambiental en la cabecera de los ríos, pero si se selecciona bien los emplazamientos resulta mucho más benigna que las convencionales.¹

¹ MANRIQUE, J. A. Energía Solar, fundamentos y aplicaciones fototermicas, Industria editorial foto termicos, reg. 723, 1984

CAPITULO II

2. COMPOSICION Y ESTRUCTURA DEL SOL

2.1 EL SOL.

Estrella formada hace cuatro mil 500 millones de años, a partir de nubes de gas y polvo que venían de otras estrellas. De esa mezcla de materiales y gases surgieron los planetas, asteroides y cometas que hoy componen el muy complejo sistema solar.

Es la estrella más cercana que tenemos siendo el núcleo del sistema solar donde giran a su alrededor varios planetas [incluida la Tierra] situada a 149.500.000km de nuestro planeta con un diámetro 1.392.000 Km. aproximadamente.

El radio del disco solar visible desde la Tierra es 700.000km. la superficie solar visible se denomina fotosfera, que parece tener unos límites muy precisos, esta apariencia se debe al débil espesor de su atmósfera.

Esta delgada capa emite la luz visible, ocasionalmente presenta manchas, y penumbra a su alrededor. Por encima, la atmósfera es tan transparente que la vista la atraviesa sin verla. Por debajo, la materia es tan densa que la vista no la puede penetrar.

La figura N° 2.1. Representa la intensidad media de la radiación solar sobre la superficie terrestre siendo de $830 W / m^2$.

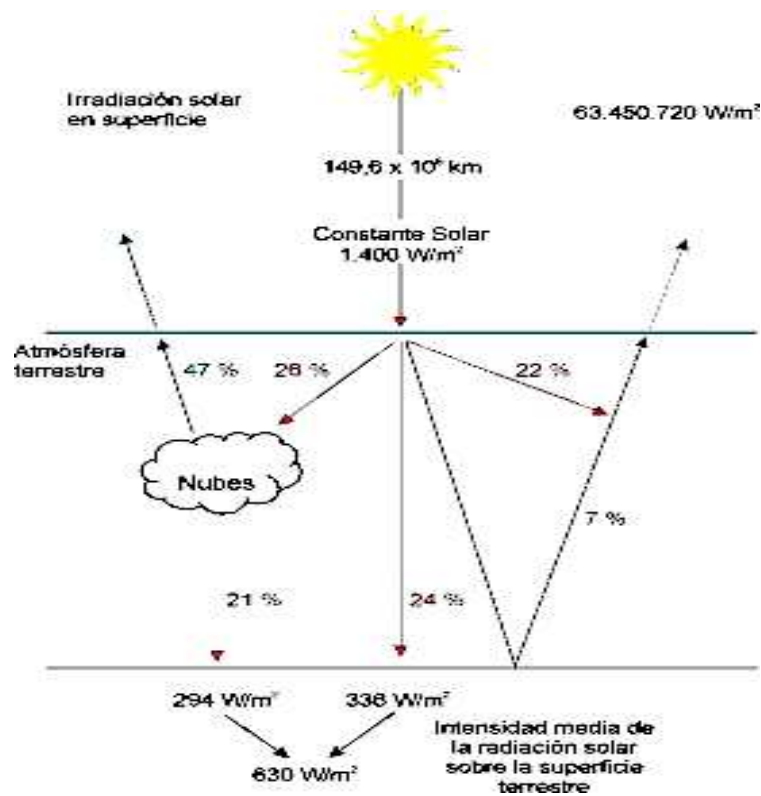


Figura Nº 2.1: Absorción de la radiación.

2.1.1 ESTRUCTURA DEL SOL.

El Sol se encuentra constituido por varias capas, a continuación se tiene las más representativas:

2.1.1.1 Núcleo

Mide unos 139.000 Km. , que representa la quinta parte del sol, en esta zona es donde se genera la energía mediante la fusión de los núcleos de hidrógeno en los núcleos de helio. El núcleo es similar a una gran masa líquida espesa aproximadamente unas 250 veces más densos que el agua.

Debido a la gran actividad del núcleo solar, el núcleo alcanza una temperatura de 16 millones de grados centígrados. El núcleo se encuentra constituido por dos zonas.

Zona de radiación, en esta zona se tiene radiación electromagnética que fluye hacia el exterior en forma de calor. Esta zona es mas fría que el núcleo, se tiene una temperatura de 2,5 millones de grados centígrados.

Zona de convección, los movimientos de gases sacan fuera la energía del Sol. Es ligeramente más fría y diez veces menos densa que el agua.

2.1.1.2. Corona

La corona solar es una nube de electrones, de átomos ionizados y de polvo. La temperatura de corona alcanza el millón de grados centígrados. A gran distancia del Sol predomina el polvo cósmico, desciende la temperatura y la corona, de hace cada vez más tenue².

2.1.1.3. Cromosfera

Esta capa también se la conoce como masa colorida, lugar donde se producen grandes turbulencias que arrojan lenguas, de fuego en todas las direcciones y a grandes temperaturas. Se cree que esta compuesta por hidrógeno inflamado.

Cuando el tamaño de estas masas sobrepasan los 30 mil kilómetros de las denomina Protuberancias, y su tamaño puede llegar a 800 mil kilómetros de altura. Estas protuberancias tienen una existencia efímera, mientras las manchas a que están asociadas pueden evolucionar durante varios meses.

² MANRIQUE, J. A. Energía Solar, Fundamentos y aplicaciones foto térmicas, Industria editorial foto térmicas, reg. 723, 1984.

Tales fenómenos se deben a la intensa actividad reinante en el núcleo. La actividad solar es, según los investigadores, uniforme en el tiempo.

2.1.1.4. Fotosfera

En la Fotosfera es donde se origina la luz solar y tiene una temperatura de 6300 grados centígrados con una millonésima de la densidad del agua. Las turbulencias de esta región son visibles desde la Tierra en formas de manchas solares, erupciones y pequeñas bolsas de gas llamadas gránulos.

Las manchas solares se observaron a principios del siglo XVII y durante mucho tiempo fueron el único signo de la actividad del Sol; hoy se sabe que son sólo la manifestación más visible de un núcleo activo. Cuando una mancha solar se acerca al borde solar, se puede ver cómo vibra en su contorno una red de crestas brillantes; son las fáculas.

La figura N° 2.3. Representa la radiación en el globo terrestre.

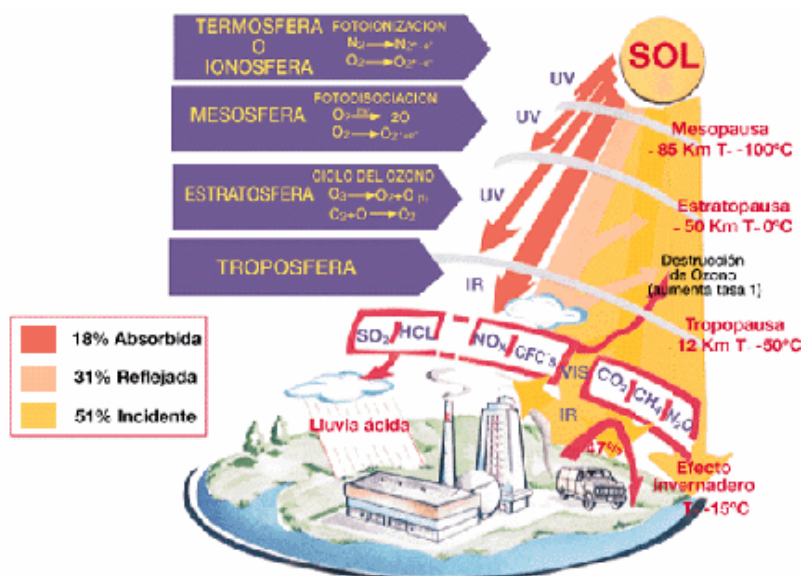


Figura N° 2.2: Etapas de la radiación solar.

2.1.2. COMPOSICIÓN DEL SOL

La cantidad total de energía emitida por el Sol en forma de radiación es bastante constante, y no varía más que unas pocas décimas de 1% en varios días. Esta energía se genera en las profundidades del Sol.

Al igual que la mayoría de las estrellas, el Sol se compone sobre todo de hidrogeno (71%); además de helio (27%) y otros elementos más pesados (2%). Cerca del centro del Sol, la densidad es de 150 veces la del agua. Bajo estas condiciones, los núcleos de los átomos de hidrogeno individuales actúan entre sí, experimentando la fusión nuclear.

El resultado neto de estos procesos es que cuatro núcleos de hidrogeno se combinan para formar un núcleo de helio, y la energía surge en forma de radiación gamma.

Una enorme cantidad de núcleos reacciona cada segundo generando una energía equivalente a la que se produciría por la explosión de 100.000 millones de bombas de hidrógeno de un megatón por segundo. La “combustión” nuclear del hidrogeno en el centro del Sol se extiende a un 25% del radio solar.

La energía producida de esta manera es transportada a la mayor parte de la superficie solar por radiación. Sin embargo, más cerca de la superficie, en la zona de convección que ocupa el último tercio del radio solar, la energía es transportada por la mezcla turbulenta de gases. Se pueden ver pruebas de turbulencia en la zona de convección observando la fotosfera y la atmósfera situada encima de ella. Las células turbulentas de la fotosfera le confieren una apariencia irregular y heterogénea, este modelo conocido como granulación solar, lo provoca la turbulencia en los niveles más altos de la zona de convección.

Cada gránulo mide unos 2.000km de ancho, aunque el modelo de granulación siempre está presente, los gránulos individuales solamente duran 10 minutos. También se presenta un modelo de convección mucho mayor provocado por la turbulencia que se extiende en las profundidades de la zona de convección, este modelo de sobre granulación contiene células que duran un día y tienen 30.000km de ancho.

Esta energía solar, energía radiante producida en el Sol como resultado de reacciones nucleares de fusión. Llega a la Tierra a través del espacio en cuantos de energía llamados fotones que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestre.

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 $2 \text{ cal / min / cm}^2$.

Sin embargo, esta cantidad parece variar 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. La figura N° 2.3. representa la radiación solar anual en $KWbm^{-2}$

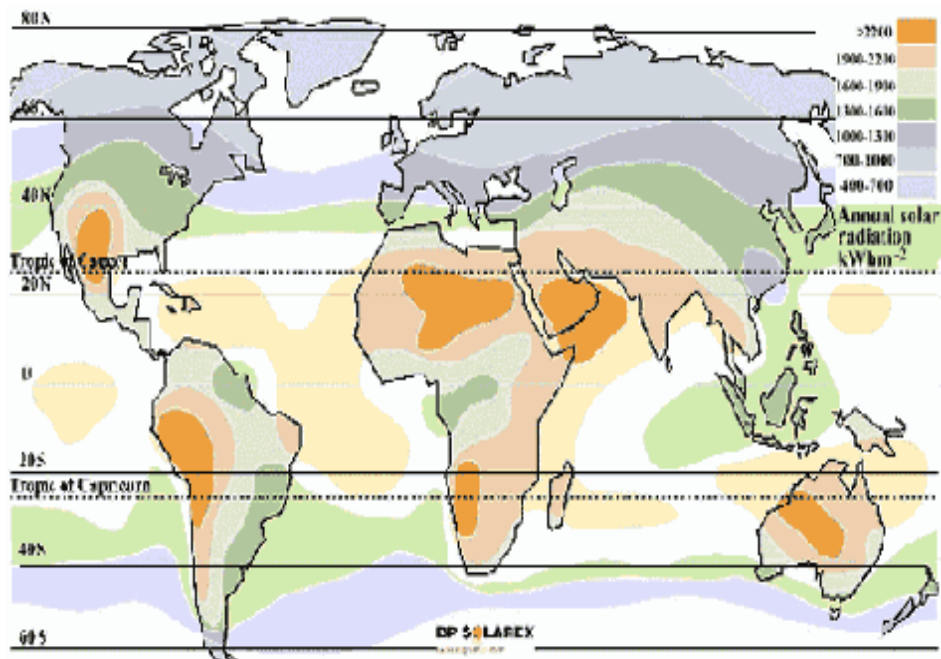


Figura Nº 2.3: Mapa solar.

La Tabla 2.1. Representa los datos exactos del sol.

Masa	$2,2 \cdot 10^{27}$ tones	334.000 veces más que la tierra
Diámetro	$14 \cdot 10^5$ km	110 veces más que la tierra
Distancia a la tierra	$15 \cdot 10^7$ km	
Núcleo	Produce 90% energía y es de 320.000 km diámetro	
Forma radiación solar	7 % Iluminación ultravioletada 47% Iluminación visible 46% Iluminación infrarroja	
Energía producida por el sol	$3,78 \cdot 10^{26}$ J/s (W)	

Tabla Nº 2.1: Datos del Sol

2.2. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS PARA DISTINTOS CAMPOS DE APLICACION.

Las posibles aplicaciones de la energía fotovoltaica son numerosísimas, pero en general se distinguen entre aplicaciones aisladas de la red de distribución eléctrica (electrificación rural aplicaciones agrarias, telecomunicaciones, etc.) y aplicaciones conectadas a la red (centrales de producción, edificios, etc.)

Generalmente es utilizado en zonas excluidas de la red de distribución eléctrica, pudiendo trabajar en forma independiente o combinada con sistemas de generación eléctrica convencional. Sus principales aplicaciones en las que se está utilizando la energía solar son:

- Electrificación de inmuebles rurales: se estima que el uso de energía fotovoltaica es rentable si la distancia a la red eléctrica más cercana es superior a los 500 metros.
- En los inmuebles se puede utilizar para la luz, TV, teléfonos, bombas de agua.
- Aplicaciones domésticas: Sin duda alguna, el hecho de que sea una energía de fácil instalación, de ocupación mínima, de que no sea antiestética se ha confirmado en la instalación de los llamados "tejados solares"³. En éstos, se ahorra la batería como elemento almacenador de energía y se además de ahorrar ciertos materiales de construcción substituidos total o parcialmente por los tejados fotovoltaicos

³ http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2002/solarcells_spanishA.htm

- Equipos y equipos de comunicaciones: es una de las aplicaciones con mayor demanda (satélites espaciales).
- Equipos de tele medida: cuando éstos se encuentran alejados de la red eléctrica. Suelen ser equipos meteorológicos.
- Balizado, Señalización y Luces para la navegación: señales de tráfico, luces y semáforos, señalización en vías férreas y aeropuertos.
- Protección catódica: en los gasoductos y oleoductos cualquier metal enterrado bajo tierra o sumergido en agua sufre los efectos de la corrosión. Esta protección se consigue aplicando una pequeña diferencia de potencial entre el metal y el suelo.
- Iluminación pública: básicamente se esta aplicando en túneles, parques y caminos, paradas de buses, carteles publicitarios.
- Sistemas de seguridad y sirenas de emergencia.
- Cargadores de baterías para vehículos eléctricos.
- Bombeo de agua y sistemas de regadío: Ésta es una aplicación por excelencia, tienen la ventaja de que los requerimientos de energía coinciden el tiempo con los días más soleados.

La figura N° 2.4. Representa un sistema de riego por goteo que se emplean en campos secos.

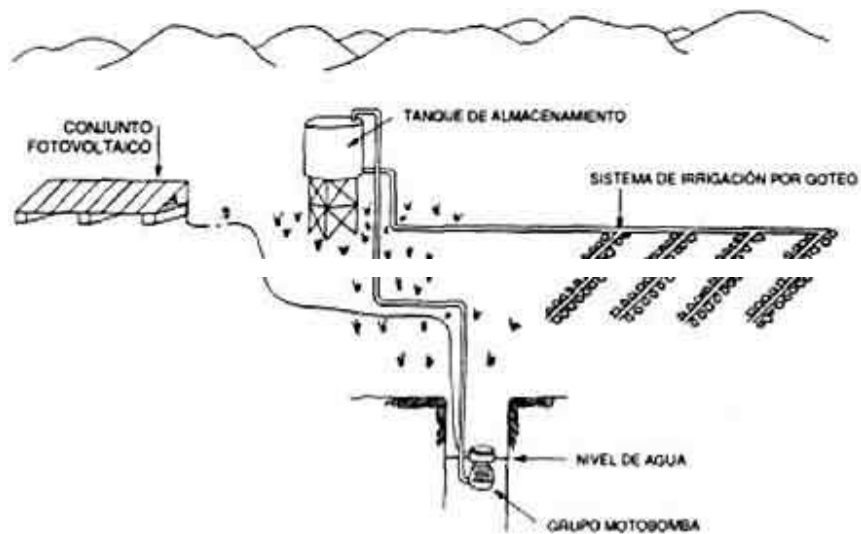


Figura Nº 2.4: Sistema de riego por goteo.

- Electrificación de cercas.
- Invernaderos: circulación de agua, iluminación y equipos de climatización.
- Calculadoras y otro tipos de equipos electrónicos.
- Net-metering: con este término se hace referencia a los casos en los que la energía eléctrica producida que no se consume en la instalación se añade a la red de la compañía eléctrica.
- Centrales eléctricas solares: producción a gran escala de energía.
- La aplicación de la energía solar fotovoltaica en edificios es la principal razón por la que se está ocupando la capacidad de producción de células y módulos fotovoltaicos que ahora existe y se está propiciando

una expansión de las instalaciones de los más importantes productores mundiales.

- Aplicaciones industriales: La principal aplicación de la energía solar fotovoltaica es la llamada "economía del hidrógeno"⁴. En efecto, por electrólisis del agua, se obtiene fácilmente hidrógeno. Se podría almacenarlo y transportarlo, permitiendo que la energía producida en los lugares más soleados pueda ser empleada en cualquier otro sitio.

Vistas las ventajas incomparables de este tipo de energía, tanto a nivel ecológico, como económico o puramente práctico, se puede pensar que ésta será una de las grandes energías del futuro. Es de esperar, que su parte en la producción mundial aumente en los próximos años.

La figura N° 2.5. Demuestra la aplicación de un sistema de energía solar en una casa de campo.



Figura N° 2.5 : Aplicación de energía solar.

⁴ http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2002/solarcells_spanishA.htm

2.3. GENERALIDADES DE LA ELECTRIFICACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA.

La energía solar fotovoltaica en la actualidad se está desarrollando, tecnificando y utilizando muy rápidamente en los países considerados del primer mundo, los cuales han notado la necesidad de producir energías alternativas y ecológicas. Debido al aprovechamiento de la energía solar como fuente de energía, se la considera sustentable, porque usa como fuente de energía los rayos solares y protegen el medio ambiente, pero la sostenibilidad también debe incluir un bajo costo de operación y la garantía que el sistema funciona a largo plazo sin mayores costos o dependencias.

Además, el manejo de un sistema solar fotovoltaico es tan fácil como conectarse a la red pública.

El mantenimiento normal consiste en limpiar de vez en cuando los vidrios de los paneles. Se puede aprender como mantener las baterías (secas o de gel) y controlar el buen estado del sistema.

La mayoría de los equipos como reguladores o inversores, tienen indicadores del estado o funcionamiento.

No se tiene que pagar planillas de consumo de luz, pagar, comprar o transportar combustible.

No se debe preocupar por aumentos de consumo en la red, porque los sistemas son modulares.

Tampoco hay que preocuparse de aumentos del precio de la energía eléctrica o peor de fallas o apagones de la red pública eléctrica.

La figura N° 2.6. Representa un sistema de electrificación fotovoltaico, haciendo uso de un banco de paneles solares, banco de baterías y un inversor.

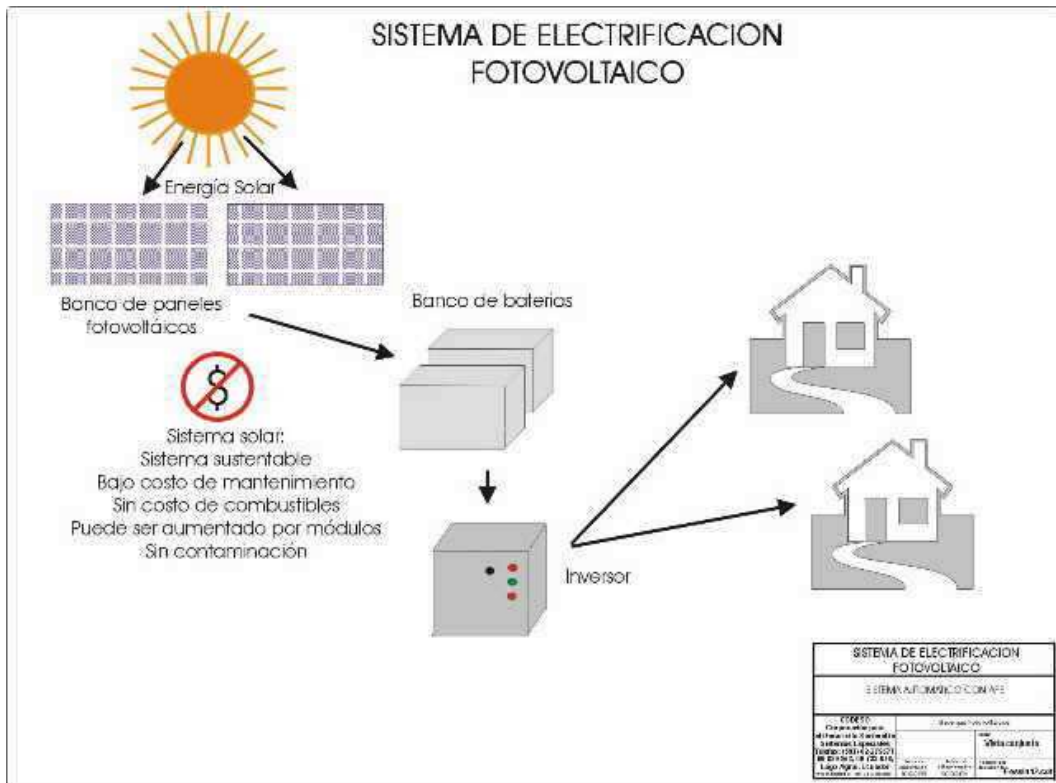
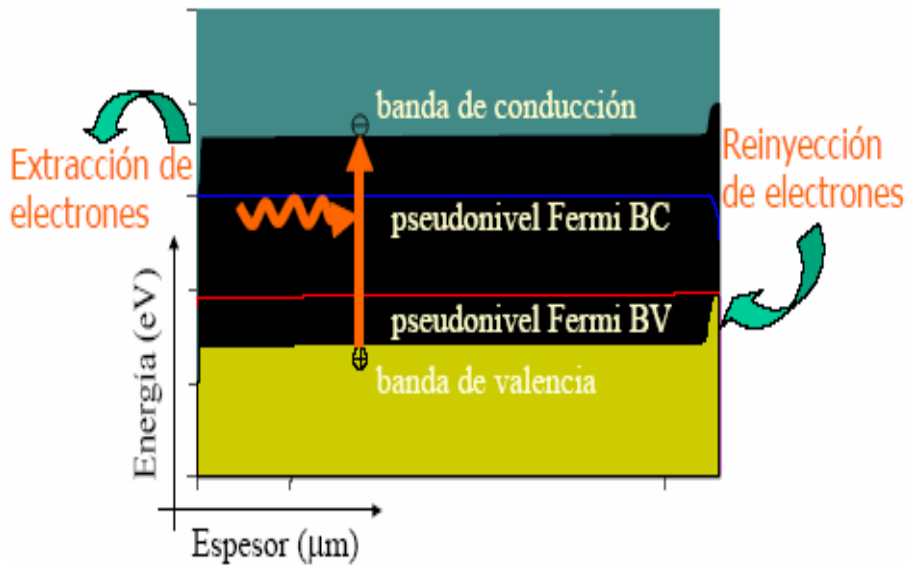


Figura N° 2.6: Sistema de electrificación fotovoltaico.

2.4. FUNCIONAMIENTO DE LAS CELDAS FOTOVOLTAICAS.

La Energía Solar Fotovoltaica se produce por la conversión directa de luz en electricidad a nivel atómico. Algunos materiales presentan una propiedad conocida como efecto fotoeléctrico que hace que absorban fotones de luz y emitan electrones (Fig N° 2.7). Cuando estos electrones libres son capturados, el resultado es una corriente eléctrica que puede ser utilizada como electricidad.

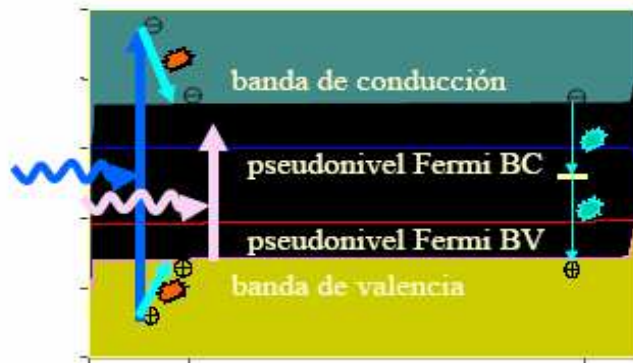
El efecto fotovoltaico



- Los fotones bombean electrones de la banda de valencia a la de conducción
- Contactos apropiados aseguran la entrega de los electrones de la banda de conducción a la carga, y su recuperación por la banda de valencia

Figura N° 2.7.a: Efecto fotovoltaico

Pérdidas en las células



- Generación: No se aprovecha toda la energía de los fotones
- Recombinación: No todos los electrones bombeados se extraen

Figura N° 2.7.b: Efecto fotovoltaico

El físico Francés Edmundo Becquerel, en 1839, encontró que ciertos materiales producían pequeñas cantidades de corriente eléctrica cuando eran expuestos a la luz. En 1905, Albert Einstein descubrió la naturaleza de la luz y el efecto fotoeléctrico, en el cual está basada la tecnología fotovoltaica.

El primer módulo fotovoltaico fue construido en los laboratorios Bell en 1954. fue descrito como una batería solar y era más que nada una curiosidad, ya que resultaba demasiado costoso como para justificar su utilización a gran escala.

En la década de los 60's, la industria espacial comenzó por primera vez a hacer uso de esta tecnología para proveer la energía eléctrica a bordo de las naves espaciales.

A través de los programas espaciales, la tecnología avanzó, alcanzó un alto grado de confiabilidad y se redujo su costo. Durante la crisis de energía en la década de los 70's, la tecnología fotovoltaica empezó a ganar reconocimiento como una fuente de energía para aplicaciones no relacionadas con el espacio.

La Figura N° 2.8 ilustra la operación de una celda fotovoltaica, llamada también celda solar. Las celdas solares están hechas de la misma clase de materiales semiconductores, tales como silicio, que se usan en la industria microelectrónica. Para las celdas solares, una delgada rejilla semiconductor es especialmente tratada para formar un campo electrónico, positivo en un lado y negativo en el otro. Cuando la energía luminosa llega hasta la celda solar, los electrones son golpeados y sacados de los átomos del material semiconductor.

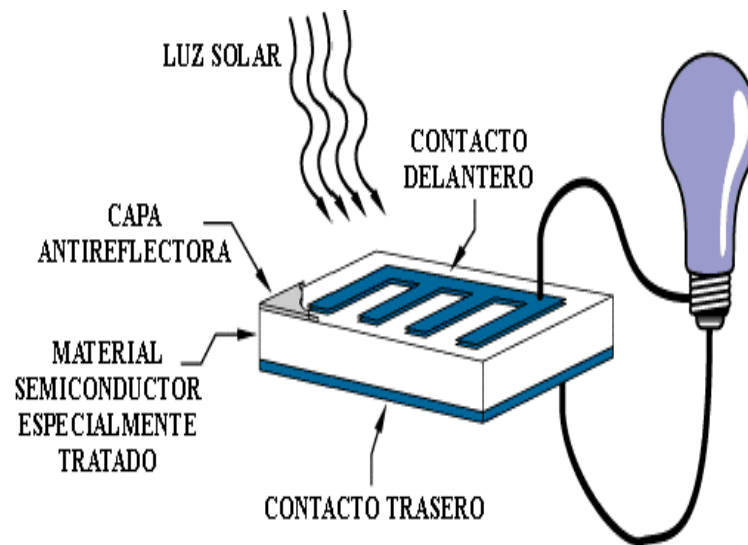


Figura N° 2.8: Funcionamiento de una celda fotovoltaica.

Si se pone conductores eléctricos tanto del lado positivo como negativo de la rejilla, formando un circuito eléctrico, los electrones pueden ser capturados en forma de una corriente eléctrica. La electricidad puede entonces ser usada para suministrar potencia a una carga, por ejemplo para calentar agua.

Un arreglo de varias celdas solares conectadas eléctricamente unas con otras y montadas en una estructura de apoyo o un marco (Figura N° 2.9^a y 2.9^b), se llama módulo fotovoltaico. Los módulos están diseñados para proveer un cierto nivel de voltaje.

La figura N° 2.9a. Ilustra la fabricación de un módulo, demostrando detalladamente la composición del laminado.

6 Fabricación de módulos (II)

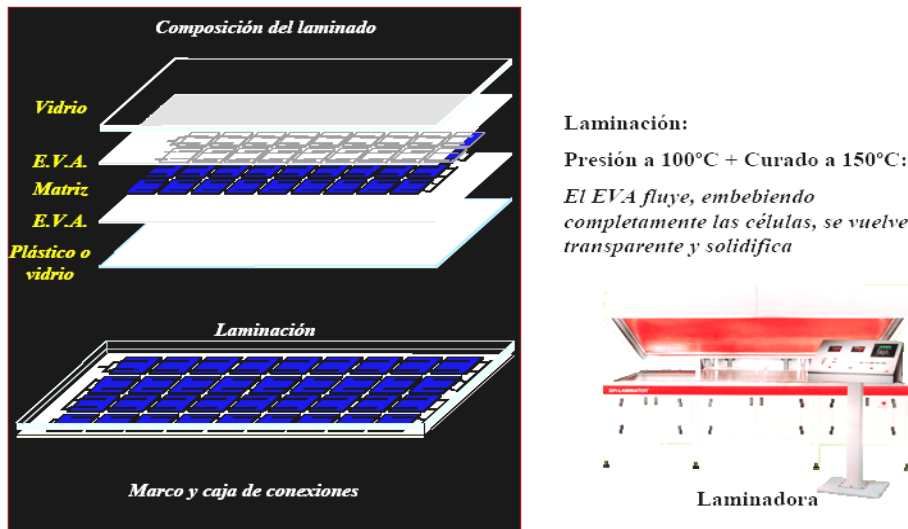


Figura Nº 2.9a: Conformación de un módulo

La corriente producida depende directamente de la cantidad de luz que llega hasta el módulo.

La Figura Nº 2.9b. Ilustra la conformación de los módulos, donde las celdas conforman un módulo y un conjunto de módulos conforman un panel solar.

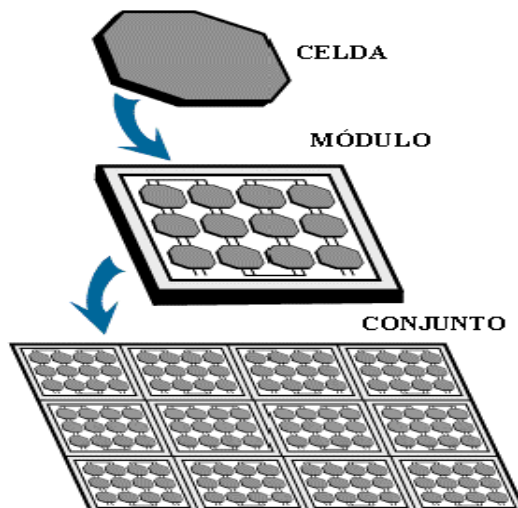


Figura Nº 2.9b: Conformación de los módulos

Varios módulos pueden ser conectados unos con otros para formar un arreglo. En general, cuándo más grandes es el área de un módulo o arreglo, más electricidad será producida.

Los módulos y arreglos fotovoltaicos producen corriente directa (CC). Estos arreglos pueden ser conectados tanto en serie como en paralelo para producir cualquier cantidad de voltaje o corriente que se requiera.

Hoy en día, los dispositivos fotovoltaicos (FV) más comunes usan una sola juntura o interfase para crear un campo eléctrico dentro de un semiconductor. La reacción fotovoltaica de las celdas de una sola juntura está limitada a la porción del espectro solar cuya energía esté por encima del espacio interbanda del material absorbente, y por tanto aquellos fotones con energías más bajas no son utilizados. Una manera de sortear esta limitación es usando dos o más celdas diferentes, con más de un espacio de banda y más de una juntura, para generar un voltaje. Este tipo de celdas son conocidas como celdas “multijuntura” (llamadas también celdas “de cascada”). Los dispositivos multijunturas pueden lograr una mayor total porque pueden convertir una fracción más grande del espectro luminoso en electricidad.

Un dispositivo multijuntura es un conjunto de celdas individuales de una sola juntura, colocadas en orden descendente de acuerdo a su espacio de banda (véase Figura. N° 2.10.). La celda más alta captura los fotones de alta energía y deja pasar el resto de los fotones hacia abajo para ser absorbidos por las celdas con espacio de bandas más bajos.

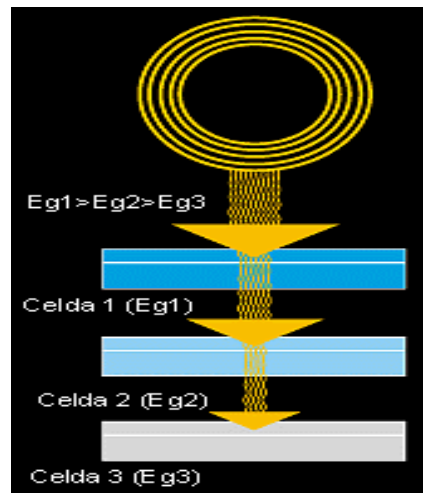


Figura N° 2.10: Dispositivo multijuntura.

Muchas de las investigaciones que se realizan en la actualidad sobre celdas multijuntas están enfocadas al uso del arseniuro de galio en uno (o en todos) los componentes de celdas. Tales celdas han alcanzado eficiencias de alrededor del 35% bajo luz solar concentrada.

El dispositivo multijuntura que se muestra abajo, utiliza una celda superior de indio con galio, una juntura de túnel para facilitar el flujo de electrones entre celdas, y una celda inferior de arseniuro de galio, obsérvese la figura N° 2.11.

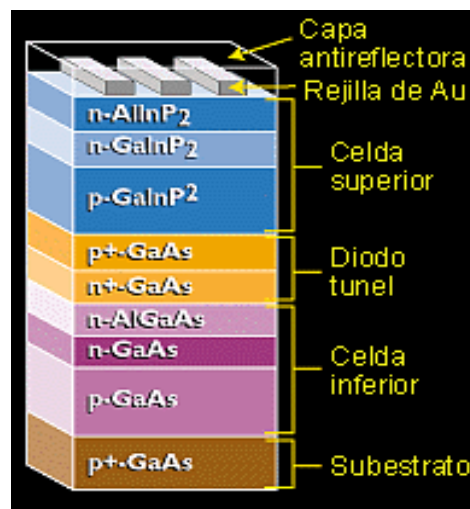


Figura N° 2.11: Dispositivo multijuntura con celda superior de indio con galio.

2.4.1 FUNCIONAMIENTO GENERAL

Se capta y transforma los rayos del sol (photones) como los paneles solares a energía eléctrica continua, que se acumula en el banco de baterías o acumuladores.

Con el inversor se transforma la corriente continua de 12 o 24 voltios en corriente alterna de 110 voltios, la cual se disminuye a través de la red de cables a la(s) casa(s), donde están conectados los consumidores: lámparas fluorescentes, radio grabadoras, televisores, licuadoras, ventiladores refrigeradoras, bombas de agua, etc.

Este tipo de sistema de energía eléctrica fotovoltaica reúne, como todos los sistemas solares, las siguientes características importantes:

Sustentable, porque la fuente de energía es el sol, no contamina el ambiente, ni consume combustible, tiene larga vida útil (los paneles solares duran más de 25 años) y es aumentables por módulos, no requiere mayor mantenimiento⁵.

Independiente, porque solo depende del sol, no se necesita conexión a la red pública eléctrica, ni combustibles.

2.5. SISTEMAS DE ENERGIA FOTOVOLTAICA.

⁵ BECKMAN, William A. Proyecto de Sistema Térmico Solar. Editorial Index, 1984

La alternativa que ofrece la energía solar tiene cada vez mas aceptación y no hay por que sorprenderse ya que después de la crisis del petróleo, a principios de los setenta, hizo que la energía solar y otros posibles recursos de energías renovables sean estudiados y compitan paulatinamente en altos niveles de rentabilidad.

El estado actual de comercialización y las condiciones económicas de los sistemas convencionales, están favoreciendo el desarrollo de este tipo de aprovechamiento de la energía solar por ser competitivo y rentable.

Una de las aplicaciones más interesantes es utilizar este tipo de suministro para las viviendas unifamiliares para diferentes usos y específicas necesidades o para alimentar la red de una región o comunidad.

Esta alternativa garantiza un suministro de energía confiable y autárquica en áreas rurales o que puedan aplicarse dentro de una red eléctrica. La utilización de este sistema de generación de energía eléctrica es tan seguro incluso bajo condiciones ambientales extremas.

En casi la totalidad del país hay una presencia continua del Sol lo cual sería de grandes beneficios aprovecharla y perfeccionarla con la tecnología necesaria ya que no cuesta nada ni esta sometida a la inflación y que es limpia y no contamina.

Un Sistema de generación fotovoltaica es una fuente de energía que a través de la utilización de celdas fotovoltaicas (fabricadas con silicio) convierte en forma directa la energía lumínica en electricidad nótese en la figura N° 2.12.

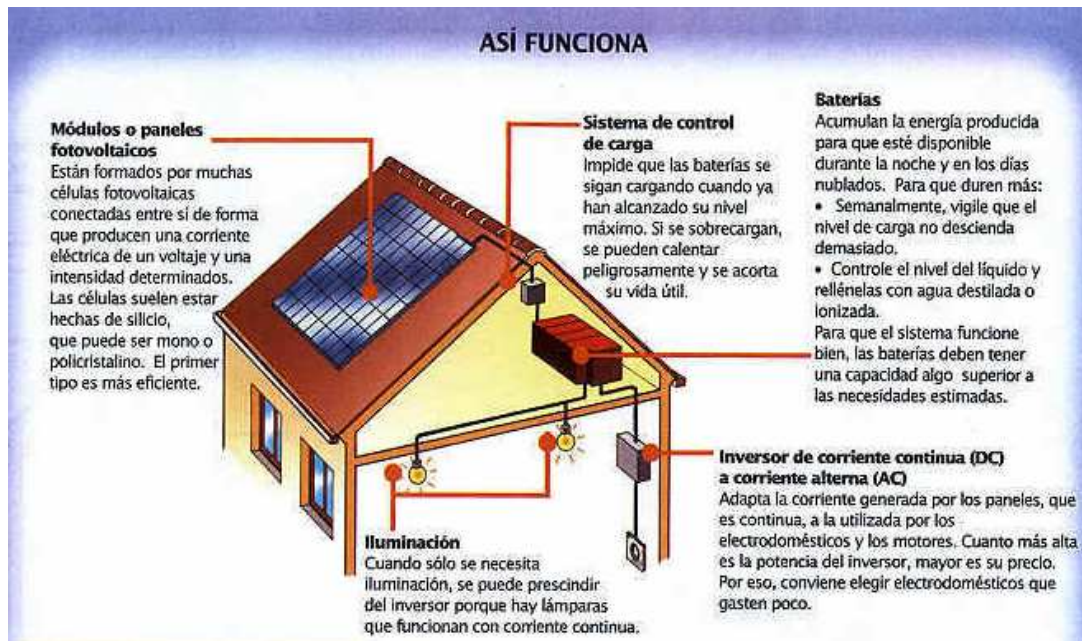


Figura N° 2.12: Sistema de energía fotovoltaica

Ventajas fundamentales:

La energía solar fotovoltaica presenta muchas ventajas, las más importantes se destacan a continuación:

- No consume combustible
- No produce polución ni contaminación ambiental
- Es silencioso
- Tiene una vida útil superior a 20 años
- Es resistente a condiciones climáticas extremas: (granizo, viento, temperatura y humedad)
- No posee partes mecánicas, por lo tanto no requiere mantenimiento, excepto limpieza del panel
- Permite aumentar la potencia instalada mediante la incorporación de nuevos módulos.

La energía solar fotovoltaica tiene la particularidad de ser la única fuente de energía renovable que puede instalarse de forma masiva en el centro de zonas urbanas. De hecho, son muchos los paneles fotovoltaicos que se integran en edificios, proporcionando energía eléctrica de manera segura, ecológica y autónoma.

Es interesante notar que cualquier usuario puede obtener su propia energía de forma independiente, con el apoyo para la generación en las horas sin sol de otro sistema complementario (diesel, eólico), o acumulando la energía sobrante en baterías. Podría también intercambiar energía con la red eléctrica. También son ventajas muy interesantes la limpieza, la seguridad, el silencio, la sencillez, el mínimo mantenimiento.

Se dice que la energía solar fotovoltaica es la energía del futuro. Su despegue se produjo en el contexto de programas espaciales, en los cuales se ha permitido hacer funcionar satélites artificiales por energía solar, aprovechando directamente la radiación del sol.

Como características positivas se puede mencionar que, en este tipo de energía, la energía solar se transforma en energía eléctrica sin partes móviles, sin ciclos termodinámicos y sin reacciones químicas.

Funcionamiento

El efecto fotoeléctrico permite transformar directamente energía solar (ya sea directa o difusa) en energía eléctrica continua. Para ello, se suelen utilizar semiconductores, y en especial el silicio (el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre que se obtiene de la arena).

El elemento base es la célula solar. Suelen ser de silicio monocristalino, policristalino o amorfo. Los conjuntos de células se orientan hacia el Sur para aprovechar más la

radiación solar, y son conectadas a un sistema de almacenamiento (baterías) y de conversión de la corriente⁶.

Se trata de una fuente de energía que puede aprovecharse en cualquier aplicación: red eléctrica, consumo en lugares aislados de zonas rurales, etc.

2.6 SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS DE ENERGIA FOTOVOLTAICA.

Componentes del sistema:

Principalmente existen dos tipos de sistemas fotovoltaicos, para una vivienda unifamiliar: el de corriente continua y el de corriente alterna.

Corriente continua 12, 24 ó 48 V:

- Paneles o módulos de celdas fotovoltaicas
- El soporte para los mismos
- Regulador de carga de baterías y el banco de baterías (puede ser una o varias baterías, dependiendo del consumo que se quiera cubrir).

Corriente alterna de 110V y 220V:

Es necesario instalar además entre las baterías y el consumo un Inversor de corriente de capacidad adecuada (el Inversor convierte la corriente continua o DC del módulo o generador solar en corriente alterna o AC. Dicha corriente alterna es utilizada típicamente por la mayoría de los equipos eléctricos domésticos).

⁶ BECKMAN, William A. Proyecto de Sistema Térmico Solar. Editorial Index, 1984

El esquema general de bloques de cualquier tipo de instalación fotovoltaica es el que se muestra en la figura . En ella se observa que el suministro se realiza mediante dos líneas, una de alterna de 110 V y otra de continua de 24 V de tensión.

Esta disposición sería típica para una vivienda unifamiliar. Con esta medida se consigue reducir algo el consume al evitarse las perdidas por transformación de continua a alterna en buena parte de la carga.

Los elementos que componen la instalación propuesta son:

2.6.1. PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS.

El componente básico del generador fotovoltaico es la célula solar, que es un dispositivo semiconductor que transforma la energía de la luz solar directamente en electricidad. Estos dispositivos se suministran comercialmente en forma modular con diferentes valores de potencia de salida. Actualmente las células incorporadas son de silicio mono cristalino.

2.6.1. TIPOS DE COLECTORES.

2.6.1.1. Paneles (colectores) de placa plana.

En los colectores térmicos, los colectores de placa plana interceptan

la radiación solar en una placa de absorción por la que pasa el llamado fluido portador. Este en estado líquido o gaseoso, se calienta al atravesar los canales por transferencia de calor desde la placa de absorción. La energía transferida por el fluido portador, dividida entre la energía solar que incide sobre el colector y expresada en porcentaje, se llama eficiencia instantánea del colector. Los colectores de placa plana tienen, en general, una o más placas cobertoras transparentes para intentar minimizar las pérdidas de calor de la placa de absorción en un esfuerzo para

maximizar la eficiencia. Son capaces de calentar fluidos portadores hasta 82 °C y obtener entre el 40 y el 80% de eficiencia.

Los colectores de placa plana se han usado de forma eficaz para calentar agua y para calefacción. En general, para sistemas que se usan durante el año, como los que producen agua caliente, los colectores se inclinan (respecto al plano horizontal) un ángulo igual a los 15° de latitud y se orientan unos 20° latitud S de latitud N.

Los colectores planos están compuestos generalmente por los siguientes elementos:
Superficie captadora de la radiación solar.

Circuito por donde circula el fluido que transfiere el calor captado.

Cubierta transparente.

Aislamiento térmico.

Caja protectora que acopla el conjunto al resto de la instalación.

La caja captadora es el elemento principal que recoge la radiación solar y transmite el calor que ésta transporta. Está construida de material metálico negro, o plástico cuando la temperatura es inferior a 50° C. Esta placa debe absorber la máxima radiación posible para convertirla en energía térmica con mayor rendimiento y transferir la mayor cantidad de calor al fluido portador. Para mejorar estas placas se emplean los llamados “recubrimientos selectivos”⁷, productos de máxima absorción de radiación y mínima emisión.

El circuito por donde circula el fluido que transporta el calor puede ser:

Pasivo o por circulación natural (termosifón).

Activo o por circulación forzada (bombeo).

⁷ BAITSELL, George. Uso directo de la energía solar. Blume ediciones, 1982

A su vez, el circuito puede ser también:

Abierto: utiliza agua de la red general, que se hace pasar por el colector, este sistema presenta problemas de corrosión e incrustaciones.

Cerrado: emplea agua tratada en un circuito que cede el calor al agua de consumo en un intercambiador de calor.

2.6.1.2 Colectores de concentración.

Existen aplicaciones, sobre todo a nivel industrial, donde se necesita que la energía sea liberada a altas temperaturas. Esto se puede lograr con los colectores solares planos debido a las características propias de este tipo de colectores ya que la radiación solar es la energía de baja intensidad. En consecuencia, para obtener temperaturas altas (arriba de los 100 °C). Es necesario incrementar la intensidad de la energía solar. Esto se puede lograr disminuyendo el área por donde ocurren las pérdidas de calor, e interponiendo un dispositivo óptico entre la fuente de radiación (sol) y la superficie absorbidora, que debe ser pequeña comparada con la del dispositivo óptico, ésta es precisamente la función que desempeñan los colectores concentradores, de esta manera, en el absorbedor, se tienen densidades de energía que van desde 1.5 hasta varios miles de veces la radiación solar que llega al sistema óptico.

Con los colectores concentradores de energía solar, se pueden obtener temperaturas entre 100 y 500 °C si se usan colectores focales rudimentarios, entre 500 y 1500 °C si el sistema óptico de los colectores tienen un buen acabado y entre 1500 y 3500 °C si el sistema óptico tiene un acabado perfecto.

Aunque con este tipo de colectores se pueden obtener altas temperaturas de operación, estos representan varios problemas técnicos desde el punto de vista de la ingeniería comparada con los colectores solares planos. Deben orientarse

continuamente al sol de manera precisa mediante un mecanismo apropiado debido a que este tipo de colectores utilizan únicamente la energía solar directa. Por otra parte, el acabado de las superficies que constituyen el sistema óptico no sólo debe ser de buena calidad, sino que debe mantener sus propiedades por largos períodos de tiempo sin ser deterioradas por el polvo, lluvia y medio ambiente, donde generalmente existen componentes oxidantes y corrosivos.

También las demandas de los materiales utilizadas en el receptor (aislante térmico, fluido de trabajo, tubos absorbedores y cubiertas) son mayores en este tipo de colectores, debido a que es ahí donde se obtienen las altas temperaturas.

2.6.1.2.1. Colectores concentrados para la conversión térmica a temperaturas medias

Para obtener temperaturas superiores a los 100 °C se debe concentrar la radiación solar, para lo que se puede utilizar lentes o espejos.

Canalizando la radiación hacia un punto o una superficie llamado "foco", éste eleva su temperatura muy por encima de la alcanzada en los colectores planos.

Aunque la superficie que recibe los rayos solares concentrados pueden tener cualquier forma dependiendo de la técnica usada, en la actualidad la solución más favorable para una concentración de tipo medio (temperaturas menores de 300 °C) es el "colector cilíndrico parabólico"⁸.

⁸ BECKMAN, William A. Proyecto de sistema foto termico solar. Editorial Index, 1984

2.6.1.2.2. Colectores concentrados para la conversión térmica a altas temperaturas

Para conversiones térmicas superiores a los 300 °C encaminadas a la producción de energía eléctrica a gran escala, es necesario concentrar la radiación solar mediante grandes paraboloides o un gran número de espejos enfocados hacia un mismo punto. El sistema más extendido es de receptor central, formado por un campo de espejos orientables, llamados "heliostatos", que concentran la radiación solar sobre una caldera situada en lo alto de una torre. El calor captado en el absorbedor es cedido a un fluido circulando en circuito cerrado y que, debido a las altas temperaturas que ha de soportar (superiores a 500°C).

2.6.2. BATERÍAS DE ACUMULACIÓN

La acumulación de energía es necesaria, por cuanto ésta se produce y consume en diferentes instantes de tiempo ya que es necesario almacenarla durante las épocas de mayor producción, como es el invierno.

Actualmente, las baterías más adecuadas para instalaciones fotovoltaicas son las de tipo estacionario o las ciclo profundo, Fig. N° 2.13.

Los factores más importantes y que sobredimensionan el diseño inicial son el factor de temperatura y el factor de fondo, pues éstas no pueden descargarse completamente ya que repercutiría seriamente sobre su vida útil y su pérdida de capacidad por sulfatación.

Sistema de generación de electricidad solar utilizados para generar electricidad cuando no hay (temporalmente) una red de distribución pública:



Figura Nº 2.13: Batería

En los llamados sistemas fotovoltaicos domiciliarios (SFD), las baterías suministran electricidad durante periodos de escasez o ausencia de luz solar, necesaria para que el panel solar produzca energía. La duración del periodo que puede ser cubierto está determinada por la demanda de electricidad y el tamaño de la batería de almacenamiento.

Las baterías, según el trabajo a las que están requeridas, están disponibles en diversas formas y tamaños. Tenemos las de 12V que son las más utilizadas. Las baterías pueden ser conectadas en serie o en paralelo para incrementar la capacidad del almacenamiento de batería. Las baterías son la parte más delicada de un sistema solar y por esa razón la primera en ser reemplazada en dicho sistema. A continuación, se presenta algunas recomendaciones para ayudar a extender el tiempo de vida útil de las baterías:

1. El uso de un controlador de carga es altamente recomendable. Éste permite proteger las baterías cuando se encuentran completamente cargadas. Todos los sistemas solares domiciliarios estándar cuentan con un controlador de carga.
2. Asegurar de que haya una relación entre el número de paneles solares, el tamaño de las baterías y el consumo total de la vivienda (vatios-amperios).
3. Observar el controlador de carga para verificar el estado de carga de la batería. Por lo general, el controlador está provisto de un indicador luminoso rojo, que se enciende cuando la batería está descargada, y uno verde, que se enciende cuando está completamente cargada. Procure que el indicador verde permanezca encendido el mayor tiempo posible, esto extenderá el tiempo de vida de la batería.
4. Dar mantenimiento a su batería (llénela con agua destilada) 3 veces al año como mínimo (si no se trata de una batería sin necesidad de mantenimiento).
5. Cargar al máximo la batería utilizando un cargador / generador, (una vez al mes), esto ayuda a extender el tiempo de vida de la batería.
6. Nunca ignorar las indicaciones del controlador de carga con el fin de extraer hasta la última gota de energía de la batería. Esto la arruinaría.
7. **ADVERTENCIA:** Las baterías deberán permanecer en un lugar fresco (pero no extremadamente frío), bien ventilado y en un lugar seguro.

La demanda de electricidad y el tamaño de la batería de almacenamiento determinan la duración del periodo de escasez de luz solar que podrá ser cubierto, al que se denomina "periodo de autonomía": tiempo máximo durante el cual las necesidades básicas de electricidad pueden ser cubiertas, cuando no se cuenta

con suministro de corriente producida por el panel solar. El periodo de autonomía es un parámetro utilizado para el dimensionamiento del sistema.

2.6.3. REGULADOR DE TENSIÓN.

Este elemento, Fig. N° 2.14, tiene la misión de evitar las sobrecargas de las baterías, limitando la tensión de carga a un valor máximo admisible (2,4 V por elemento si se trata de baterías de plomo-ácido).

Para instalaciones fotovoltaicas, lo más adecuado es utilizar un regulador conmutado el cual, además de cumplir la especificación anterior, polarice al generador fotovoltaico en su punto de máxima potencia de salida (máximo rendimiento) aprovechando de esta manera al máximo la energía suministrada por los paneles.

Los reguladores han sido diseñados especialmente para sistemas fotovoltaicos que trabajan en 12 o 14 voltios de corriente continua (auto ajustable).

Los reguladores protegen las baterías contra cargas excesivas desconectando el generador solar cuando la tensión de batería supera un determinado valor.

Algunas versiones presentan protección contra descargas profundas de las baterías (corte por baja). Cuando la tensión de las baterías disminuye por debajo de un valor umbral, el regulador desconecta el consumo, restituyendo su alimentación cuando las baterías recuperan su estado normal de carga.

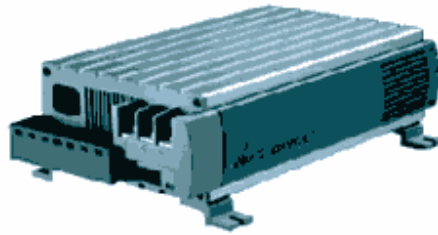


Figura. Nº 2.14: Regulación de tensión

2.6.3.1. Características generales

En la tabla Nº 2.2. se detallan los valores eléctricos de un regulador de tensión en varios modelos.

	MODELO				
	UNIDAD	R5	R5.5	R8	R8.8
Tensión Nominal	V	12/24	12/24	12/24	12/24
Máxima corriente de carga	A	5	5	8	8
Máxima tensión de carga	V	45	45	45	45
Máxima corriente a consumo	A	ND	5	ND	8
Protección contra inversión de polaridad					
Ajuste automático a la tensión nominal del sistema (12 ó 24 V)					
Bloqueo automático de descarga nocturna					
Dimensiones: 100 mm x 56 mm x 24 mm					

Tabla Nº 2.2: Características generales del regulador de tensión.

2.6.3.1.1 Funcionamiento

El controlador desconecta los módulos fotovoltaicos de las mismas cuando la tensión supera un determinado valor (regulable manualmente).

Cuando la radiación solar es nula o insuficiente para cargar las baterías, (noche, amanecer, nubosidad o sombras), el controlador desconecta los módulos de las baterías aunque éstas requieran carga.

La reconexión del consumo a las baterías se produce cuando la tensión de las mismas supera otro valor prefijado.

Si se detecta que el problema presentado tiene su posible causa en el mal funcionamiento del controlador siga las siguientes indicaciones:

PROBLEMA	CAUSA POSIBLE	QUE HACER
<ul style="list-style-type: none"> Las baterías no son cargadas completamente 	Lectura defectuosa de tensión por mal ajuste de cables a bornes	Ajustar correctamente todas las conexiones
	El valor de control del corte por alta es bajo	Verificar y en caso necesario recalibrar
<ul style="list-style-type: none"> Las baterías gasean excesivamente 	El valor de control del corte por alta es alto	Verificar y en caso necesario recalibrar
<ul style="list-style-type: none"> El consumo no está alimentado, el led de "BATERIA" está verde 	El valor del control del corte por baja es alto	Verificar y en caso necesario recalibrar
	Se han quemado las llaves electrónicas	Reemplazar el regulador

<ul style="list-style-type: none"> El consumo se desconecta con valores menores o mayores que el correspondiente 	El valor de control del corte por baja no es el adecuado	Recalibrar la tensión de control
<ul style="list-style-type: none"> Los módulos no se conectan aunque el led verde está encendido 	Se han quemado las llaves electrónicas	Reemplazar el regulador

Tabla Nº 2.3: Datos importantes a considerarse en las baterías

2.6.4 INVERSOR

En este elemento es interesante considerar los siguientes detalles: en primer lugar que transforme la tensión continua de entrada en una onda lo más senoidal posible a fin de evitar la instalación de filtros.

En segundo lugar debe llevar incorporado un transformador que eleve la tensión alterna de 24 V nominales a 120 v de valor eficaz. Y en tercer lugar, impedir que las fluctuaciones de entrada de hasta un 20% repercutan en la salida en más de, aproximadamente, un 7% que es la que los electrodomésticos esta preparados para soportar sin sufrir desperfectos.

Los inversores son empleados para convertir corriente continua (CC) de la batería en corriente alterna (CA) de la red como se muestra en la fig. Nº 2.15.

En los sistemas conectados a la red, con el fin de adaptar la electricidad solar generada por el panel, de modo que ésta pueda ser introducida en la red. La mayoría de paneles solares generan CC. Algunos cuentan con un inversor integrado en su parte posterior (es el caso de los llamados módulos de CA).

En los sistemas solares autónomos, con el fin de adaptar la electricidad proveniente del panel solar y de la batería, para así alimentar a los artefactos eléctricos que no operan directamente con la corriente del sistema.

En los sistemas de emergencia, para suministrar CA a artefactos eléctricos que normalmente se alimentan de la red.



Figura Nº 2.15: Inversor.

Los inversores tienen las mismas funciones que las UPS (Uninterrupted Power Supply), pero en diferencia a ellos tienen las baterías en un banco de baterías aparte. Esto tiene dos ventajas: el banco de batería puede ser ajustado a los requerimientos específicos y el tiempo de respaldo o autonomía es mayor.

En las aplicaciones de energías alternativas, por general, se usa los inversores, porque se requiere un mayor banco de baterías.

2.6.4.1 El inversor tiene dos funciones

Proteger equipos electrónicos delicados (computadoras, televisores, equipo medico, etc.), tienen entonces mejores funciones de protección que por ejemplo un "Nivelmatic"⁹ o un "cortapicos". Algunos equipos tienen incorporados funciones de elevación de tensión.

Generar desde el banco de baterías la energía con 110 V CA mientras la luz pública no está en condiciones válidas para su utilización (alta o baja tensión, alta o baja frecuencia, "brown out", apagón, etc.).



Figura N° 2.16: Inversor

2.6.5 Limitador de tensión

La función del limitador de tensión es la de evitar que las baterías se descarguen por debajo de ciertos niveles. Para ello hay que tener en cuenta el factor de fondo de las materias empleadas. Para materias estacionarias de plomo-ácido, el mínimo de carga permisible es de un 20% sobre su capacidad normal.

⁹ MONTGOMERY Richard H. Energía Solar. Selección del equipo, instalación y aprovechamiento. Grupo Noriega Editores.

Los sistemas pasivos implican diseños de estructuras que utilizan la energía solar para enfriar y calentar. Por ejemplo, en una casa, un espacio solar sirve de colector en invierno cuando las persianas están abiertas y de refrigerador o nevera en verano cuando están cerradas.

Muros gruesos de hormigón permiten oscilaciones de temperatura ya que absorben calor en invierno y aíslan en verano. Los depósitos de agua proporcionan una masa térmica para almacenar calor durante el día y liberarlo durante la noche.

CAPITULO III

3. DISEÑO DE SISTEMAS DE CALENTAMIENTO DE AGUA POR ENERGÍA SOLAR

El éxito de los sistemas de calentamiento solar de agua depende de dos factores: a) nivel de radiación solar; y b) tipo de colector solar. La combinación de ambos factores determina el costo del sistema, el cual se reduce notablemente en zonas de alta incidencia solar.

En esta parte se presentan los criterios básicos para el diseño de sistemas de calentamiento de agua. Estos criterios están basados en las experiencias acumuladas durante la evaluación de campo de un prototipo de calentador solar, así como de los fundamentos teóricos obtenidos de la recopilación bibliográfica. Toda esta información ha permitido el desarrollo y la validación de un programa de cálculo para el diseño de calentador solares.

3.1. ASPECTOS GENERALES

La energía solar, como recurso energético, está constituida por la porción de luz que emite el Sol y que llega a la Tierra. En su recorrido interacciona con la atmósfera y la superficie terrestre. La intensidad de la radiación solar en el borde exterior de la atmósfera, considerando la distancia promedio entre la Tierra y el Sol, se llama constante solar, y su valor medio es 1353 W/m^2 , la cual varía en un 0,2% en un período de 30 años. La intensidad de energía real disponible en la superficie terrestre es menor que la constante solar, siendo alrededor de 1000 W/m^2 , debido a la absorción y a la dispersión de la radiación que origina la interacción de los fotones con la atmósfera.

Esta porción de energía se conoce como *radiación directa*.

Otra parte de la energía solar que llega a la superficie de la tierra se denomina *radiación difusa* que es aquella energía solar reflejada por la atmósfera terrestre, en especial por las nubes.

Además, a nivel del suelo se tiene la *radiación reflejada* que es parte de la energía reflejada por los objetos terrestres. Por ejemplo, la proveniente de una pared blanca, un charco de agua o un lago, etc.

Radiación total es la suma de las radiaciones directa, difusa y reflejada que se reciben sobre una superficie.

De otra parte, en el diseño de calentadores solares, la radiación que interesa es la que llega a la parte superior de la superficie horizontal del colector solar. En este caso, se puede considerar la no existencia de radiación reflejada y por lo tanto, la energía que recibe el colector solar se le denomina como *radiación global*.

De este modo, la *radiación global* es la suma de las radiaciones directa y difusa.

3.2. DISEÑO DEL COLECTOR SOLAR

Tal como se mencionó anteriormente, el diseño del colector solar es un factor importante en la determinación de la eficiencia de los sistemas de calentamiento. En el caso particular de diseño de sistemas de calentamiento de agua, es necesario considerar el régimen de uso del agua caliente producida, el mismo que puede hacerse de dos maneras diferentes: continuo y puntual.

El primero, el uso continuo es aquel en que la demanda de agua caliente está distribuido a lo largo del día. Por ejemplo, el uso de agua caliente en los baños comunitarios. El mismo que se consume mientras se produce.

El segundo, de uso puntual, es el que se realiza de manera cabal, ya sea al comenzar el día o al finalizar el mismo. Por ejemplo, el uso de agua caliente para la higiene personal antes de salir al trabajo. También puede presentarse un caso intermedio en la que exista demanda puntual y continua a lo largo del día para los quehaceres domésticos de la vivienda.

En la práctica resulta que el sistema continuo es el más eficiente y menos costoso que el sistema puntual debido a que no se producen pérdidas de calor como consecuencia del largo almacenamiento en el tanque de agua caliente, lo que se traduce en el uso de depósitos de almacenamiento de menor capacidad.

En el diseño de los sistemas de calentamiento de agua es necesario determinar: a) la radiación solar, y b) la demanda energética. A su vez, estos dos factores permitirán definir el número y tipo de colectores y el volumen y características del aislamiento del depósito de almacenamiento de agua caliente.

3.3. RADIACIÓN SOLAR

En el diseño del sistema de calentamiento de agua es necesario conocer, en lo posible, los datos horarios de la radiación solar promedio diaria mensual. Esta información puede ser obtenida de los registros de las estaciones meteorológicas o en su defecto, ser obtenidas de mediciones directas de campo en el lugar donde se tiene previsto la instalación de un sistema de calentamiento de agua.

La estimación de la radiación consiste en medir el tiempo en minutos que demanda un incremento determinado de temperatura del agua. Estos datos se ingresan en la "ecuación del solarímetro casero"¹⁰, obteniéndose el valor de la radiación solar global instantánea. A partir de este valor, se determina la cantidad de energía solar diaria disponible mediante la integración de valores hallados cada hora durante el transcurso del día.

¹⁰ MANRIQUE, J. A. Energía Solar, Fundamentos y aplicaciones foto termicos. Industria editorial foto termico, reg, 723, 1984.

Una vez obtenida las radiaciones instantáneas se procede a calcular el valor de la radiación solar diaria. Para dicho cálculo puede usarse la siguiente fórmula:¹¹

$$H_d = \sum_{i=1}^{n-1} \left[\frac{(R_{n-1} + R_n) \times (t_n - t_{n-1})}{2} \right]$$

Donde:

H_d : Radiación solar diaria (Wh/m²)

R_n : Radiación solar instantánea (W/m²)

t_n : tiempo (horas) para la medición "n"

n: número de medidas de radiación obtenidas

En el diseño de los sistemas de calentamiento de agua por medio de la radiación solar es importante definir los períodos de uso, ya que debido a la variación estacional del clima, los valores de la radiación solar cambian para cada época del año. Estos valores influyen de manera importante en el tamaño del sistema, por lo que debe hacerse un análisis del valor que se utilizará en el diseño del sistema de calentamiento de agua. Los criterios para la selección del valor de radiación solar, en un período determinado son:

3.3.1. VALOR BAJO DE RADIACIÓN

Se aplica cuando se desea cubrir durante todo el año la demanda de agua caliente con energía solar. En épocas de alta radiación esto hace ineficiente al sistema por cuanto al incrementarse la radiación se produce un exceso de agua caliente.

¹¹ MANRIQUE, J. A. Energía Solar, Fundamentos y aplicaciones foto termicos. Industria editorial foto termico, reg, 723, 1984.

3.3.2. VALOR ALTO DE RADIACIÓN

Se diseña con este valor cuando se cuenta con un sistema auxiliar de calentamiento del agua, como electricidad, gas, y en algunos casos leña.

Son los sistemas más eficientes, pero su aplicación está limitada por el empleo del sistema auxiliar.

3.3.3. VALOR PROMEDIO DE RADIACIÓN (H_p)

El diseño con el promedio anual de radiación satisface parcialmente la demanda de agua caliente durante los meses de baja radiación y se tienen pequeños excesos en los meses de alta radiación.

3.4. DEMANDA ENERGÉTICA

Es la energía necesaria para elevar la temperatura de un volumen determinado de agua, desde un valor inicial (T_i) hasta la temperatura de consumo (T_f).tal como se muestra en la siguiente ecuación¹²:

$$E = MC_p (T_f - T_i)$$

Donde:

E : Demanda energética (kJ/día)

M : Masa de agua a calentar en un día(kg/día)

Cp : Capacidad calorífica del agua (4,18 kJ/Kg.°C)

T_i : Temperatura inicial del agua (°C)

T_f : Temperatura del agua caliente (°C)

¹² MANRIQUE, J. A. Energia Solar, Fundamentos y aplicaciones foto termicos. Industria editorial foto termico, reg, 723, 1984.

De otra parte, la masa de agua M está dada por la siguiente ecuación¹³:

$$M = n_p \rho_{H_2O} V_p$$

Donde:

n_p : Número de personas a ser atendidas por día

V_p : Volumen de agua caliente per cápita (lt/persona-día)

ρ_{H_2O} : Densidad del agua (1000 kg/m³)

El volumen de agua caliente *per cápita* V_p que demanda una persona por día está comprendida en el un rango de 20 a 60 litros.

3.5. COLECTORES

En la determinación del número de colectores del sistema de calentamiento de agua, es necesario conocer el área de captación y la eficiencia global del colector.

3.5.1 ÁREA DE CAPTACIÓN

Es el área (A_{cap})¹⁴ necesaria para satisfacer la demanda energética, está relacionada con la radiación global y la eficiencia total del sistema de calentamiento del agua.

$$A_{cap} = \frac{E}{H_p \times \eta_g}$$

Donde:

¹³ y ¹⁴ MANRIQUE, J. A. Energía Solar, Fundamentos y aplicaciones foto termicos. Industria editorial foto termico, reg. 723, 1984.

H_p : Radiación solar promedio (Wh/m²)

h_g : Eficiencia global del sistema (%)

3.5.2. EFICIENCIA GLOBAL DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO

Es la relación entre la cantidad de energía empleada para elevar la temperatura del agua en el depósito de almacenamiento (Q_u) y la energía solar que incide sobre la superficie de los colectores (I_d). Entonces se tiene que η_g ¹⁵ es:

$$\eta_g = Q_u / I_d$$

3.5.3. NÚMERO DE COLECTORES

La cantidad de colectores necesarios para satisfacer la demanda energética está determinada por la relación¹⁶:

$$N_c = \frac{A_{cap} \times F.S.}{A_c}$$

Donde:

N_c : Número de colectores

A_{cap} : Área captación (m²)

A_c : Área de un colector (m²)

^{15 y 16} MANRIQUE, J. A. Energía Solar, Fundamentos y aplicaciones foto termicos. Industria editorial foto termico, reg. 723, 1984.

F.S : Factor de seguridad o de proyección de demanda
(F.S. [1- 1.5])

3.6. VOLUMEN Y AISLAMIENTO DEL DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CALIENTE

La temperatura a la que se almacena el agua, se la denomina *temperatura equivalente* (T_{eq}), la cual es influenciada por la temperatura del agua fría. Sin embargo, el incremento neto de temperatura, esto es la temperatura equivalente menos la temperatura del agua fría, es un valor casi constante para cada tipo de sistema, siendo de 30°C en el sistema puntual y 20°C en el sistema continuo.

Con el valor de la temperatura equivalente se recalcula la demanda energética, y se obtiene otro valor de la masa de agua, que se denomina *masa de agua a almacenar*.

En los cálculos se reemplaza el valor la temperatura de consumo por el de la temperatura equivalente y el valor de la masa a calentar por el de masa a almacenar.

El volumen del depósito está determinado por la masa de agua a almacenar y por el tipo de uso, ya sea un sistema de uso puntual o un sistema de uso continuo.

En el sistema de uso puntual, el volumen del depósito de almacenamiento de agua caliente es un 15 % mayor que la masa de agua a almacenar en un día:

$$V_{dep}=1,15M$$

Donde:

V_{dep} : Volumen del depósito de almacenamiento (litros)

M : Masa de agua a almacenar (kg/día)

En el sistema de uso continuo, por el rápido consumo del agua caliente, el volumen del depósito de almacenamiento se establece en un 20% de la masa de agua caliente a ser almacenado. Sin embargo, por detalles constructivos la litros.

Si $0,20M < 80$ litros entonces:

$$V_{\text{dep}} = 80 \text{ litros de lo contrario, } V_{\text{dep}} = 0,20M$$

La selección del tipo y espesor del aislamiento del depósito de almacenamiento se realiza de acuerdo a los datos mostrados en la siguiente tabla.

Tipo de aislamiento	Espesor Recomendado (mm)		Conductividad térmica (W/m-°C)
	Sistema puntual	Sistema continuo	
Algodón	50	75	0,059
Asbesto	75	125	0,174
Lana de vidrio	25	50	0,038
Paja	50	100	0,090

Tabla Nº 3.2: Tipo de aislamiento y espesor recomendado del depósito de almacenamiento de agua¹⁷.

CAPITULO IV

¹⁷ MONTGOMERY Richard H. Energía Solar. Selección del equipo, instalación y aprovechamiento. Grupo Noriega Editores.

4.- USO DE LA ENERGIA SOLAR EN UNA VIVIENDA RURAL

4.1 CONSTRUCCION DE UN SISTEMA PARA CALENTAR AGUA (COLECTOR SOLAR)

La razón fundamental e importante que motivó a realizar el siguiente sistema es:

Colaborar con la protección del medio ambiente

Ahorrar dinero

Debido a que el siguiente proyecto es un prototipo a escala, se hizo uso de los siguientes materiales principales y más idóneos en la construcción del sistema, como;

3 metros de cañería de cobre de $\frac{1}{4}$

Una caja de lamina de acero de bajo carbono de $\frac{1}{16}$ de 30x10x30cm

Lana de vidrio

Dos vidrios de 4 líneas

1 reservorio

acoples, mangueras.



Figura N° 4.1: Ubicación del serpentín terminado



Figura N° 4.2: Colector

4.1.1 DESCRIPCIÓN.

Primeramente, la caja de lámina de acero común (acero debajo contenido de carbono) se aisló interiormente con lana de vidrio para evitar fugas de calor. Luego se introdujo en la caja, la cañería previamente doblada en forma de serpentín, (ver figura 4.1), quedando 5cm de cañería fuera de la caja para ser usadas como entrada y salida del fluido a calentarse.

La cañería debe estar fija a la caja para evitar desplazamientos que puedan averiar a la cañería. Seguros del paso anterior se procede a colocar la placa colectora, en este caso se trata de un vidrio pintado de color negro sin brillo, dentro de la caja manteniendo una separación de cuatro centímetros entre el serpentín y la placa colectora.

Para evitar suciedades o destrucción de la placa colectora se coloca sobre él otro vidrio pero transparente con una separación de 4cm, (ver figura 4.2).

Posteriormente, realizado los pasos anteriores, se recomienda colocar el colector sobre la vivienda con un ángulo de inclinación entre los 7° a 10°, esto se hace para evitar acumulación de materia extraña y sea lavada por la lluvia además de una orientación de norte a sur¹⁸.

El depósito o tanque de reserva de lámina de acero galvanizado de forma cilíndrica esta dispuesto en posición vertical. Éste consta en su parte superior de un desfogue o válvula de seguridad y varias tomas como; alimentación desde el colector y para el consumo.

¹⁸ MONTGOMERY Richard H. Energía Solar. Selección del equipo, instalación y aprovechamiento. Grupo Noriega Editores



Figura N° 4.3: Colector y depósito o tanque de reserva

En su parte inferior consta de tomas de agua fría hacia el colector y una de abastecimiento de agua fría desde el suministro de abastecimiento. El tanque es recubierto con lana de vidrio para evitar fugas térmicas logrando que el calor acumulado se mantenga por mayor tiempo en el depósito.

Una vez determinado el lugar donde va a ir ubicado el conjunto se procede a fijarlos en un soporte estable.

4.2 CONSTRUCCION Y DISEÑO DEL CIRCUITO PARA UNA VIVIENDA RURAL HACIENDO USO DEL PANEL SOLAR

La maqueta de la figura N° 4.4 representa una vivienda común del sector rural, y haciendo representación de los electrodomésticos más usuales, radio, TV, refrigeradora, luminarias.

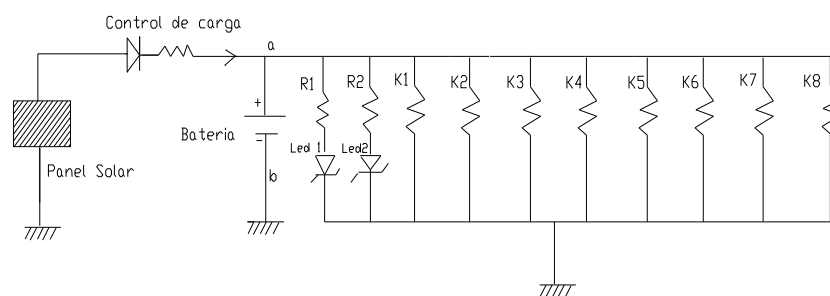


Figura N°4,4:ciruito principal

Para proteger el panel solar de un posible cortocircuito con los acumuladores de retorno del flujo de carga hacia el panel, se diseñó un circuito de proyección integrado por un diodo común y resistencia.

El valor de la resistencia se determina aplicando la ley de ohm, obteniendo los datos de tensión de máxima potencia y corriente de máxima potencia señalados por el fabricante del panel como se puede observar en la tabla 5.1 y 5.2, que se detallan mas adelante, ya que esos valores van a soportar el diodo y la resistencia.

$$V=I \times R$$

$$R = \frac{V}{I} \rightarrow R = \frac{15,5v}{0,32A} \rightarrow R = 484\Omega$$

Las cargas como el radio y la Tv están representadas por un diodo Led. Para proteger dichos diodos limitando la corriente de luminosidad se usa nuevamente la ley de ohm con un ligero cambio. Para calcular el valor de la resistencia se debe tener en cuenta que el Led cae una tensión de umbral de 1,6v.

$$R = \frac{V_{cc} - V_{umbral}}{I_{led}} = \frac{12v - 1,6v}{10mA} = 1040\Omega$$

Una vez determinado el valor de la resistencia que es de 1040Ω , se encuentra en el mercado con un valor de 1000 ohmios. Las protecciones son soladas al terminal negativo del diodo Led.

Las demás cargas como las luminarias y refrigeradora están conectadas al sistema directamente sin ningún tipo de protección ya que trabajan con los valores de los acumuladores.

Mientras que los diodos Led hay que protegerlos ya que trabajan con tensiones y, especialmente, corrientes muy bajas.

La potencia total del circuito calculada es de 3.2W. Mientras que la potencia máxima entregada por el panel solar es de 5W de tal forma satisfaciendo la demanda del circuito planteado.

4.3 DIMENSIONAMIENTO PRÁCTICO PARA UNA VIVIENDA RURAL

CASO 1.- PANEL SOLAR

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	POTENCIA (W)	TIEMPO (h)	CONSUMO (Wh)
6	Luminarias	20	4	480
1	Refrigeradora			160
1	Televisor	50	5	250
1	Radio	30	3	90
			SUMA	980
			20% del total	196
			CONSUMO TOTAL	1176

Tabla 4.1: Valores de cargas típicas

Este tipo de instalaciones requieren de un sistema de acumulación ya que el consumo, evidentemente, no siempre coincide con los momentos de irradiación solar. Además, es necesario prever dicha acumulación para hacer frente a periodos de condiciones climáticas desfavorables.

Los aparatos de consumo deben ser de alta eficiencia existiendo en el mercado electrodomésticos especialmente diseñados para trabajar en este tipo de instalaciones y alimentados generalmente en corriente continua 12 Vdc ó 24 Vdc.

El primer paso en el diseño de una instalación para electrificación rural es el de estimar el consumo diario medio de la instalación, para ello hay que tener en cuenta la potencia consumida y el tiempo de funcionamiento de cada aparato ó lámpara, como se puede apreciar en la tabla 4.1.

El consumo obtenido se incrementa en un 20 % para compensar las pérdidas en la instalación. Una vez obtenida la capacidad necesaria para la batería de acumuladores, se divide para la tensión de suministro y se obtiene el valor de la acumulación en amperios-hora que es la unidad utilizada para referir la capacidad de acumulación.

$$1176\text{Wh} / 12\text{Vdc} = 98\text{Ah}$$

Debido a la ubicación geográfica de nuestro país, es privilegiado con una mayor radiación solar de 9 horas diarias aproximadamente. Produciendo en el panel I-50 de Isofotón, ver tabla N° 5.5, una potencia – hora de 450Wh. Conociendo este dato, es posible calcular el número de paneles necesarios para nuestra instalación:

N° de paneles=Consumo diario / Energía aportada por panel = $1176 / 450 = 2,6$ (3 paneles de 50Wp)

4.3.1 COSTOS

El sistema solar fotovoltaico para el supuesto estudiado se compone de 3 paneles de 50Wp; un cuadro de conexiones; un regulador de carga adecuado; una batería con una capacidad de 98 Ah.

Se puede estimar para este tipo de instalaciones un precio orientativo de \$300 usd por un panel I- 50, cuya potencia es de 50 W, entonces se necesita un capital estimado de \$900 usd para los 3 paneles.

Un regulador de carga de 10A tiene un costo de \$75 usd ¹⁹

Una batería de ciclo profundo tiene un valor de \$50 usd²⁰

¹⁹ y ²⁰ isoequinoccioal @ isoequinoccial.com

El costo total aproximado de los equipos para las cargas estimadas es de \$1100 usd, cabe señalar se trata de cargas que trabajan con corriente continua. Si se necesita alimentar cargas que trabajen con corriente alterna y diferentes potencias, (véase los valores en AC en la tabla 4.2), se hace uso de un inversor de corriente cuyo costo es aproximadamente de \$327usd. Entonces la inversión sube a \$1500usd aproximadamente.

En la tabla 4.2 se muestra los valores de consumo de cargas comunes en una vivienda rural. Se detalla los valores necesarios para el dimensionamiento.

EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA(W)	fp	VA	I (amp)	VOLTAJE (v)	TIEMPO USO(h)	KWh	A-h
Refrigeradora	1	490	0.8	612,5	5,1	120v	4	1,96	20,4
Focos ahorradores	6	20	0.9	133,3	1,11	120v	4	0,48	4,44
Radio	2	30	1	60	0,5	120v	3	0,18	0,99
TV	1	85	1	85	0,7	120v	2	0,17	1,4
SUMA	10	625		890,8	7,41		13	2,79	27,23
20% del total								0.558	
TOTAL								3.348	

Tabla 4.2: Valor total en Kw para el dimensionamiento

4.4 CASO 2.- COLECTOR SOLAR

Para el dimensionamiento de una vivienda rural conformada por 4 personas, se toma como referencia que cada una de ellas consume 20 galones de agua aproximadamente por día. Entonces para dicho consumo se requiere de dos colectores de un área de 80 cm x 160cm. Ocupándose en los dos colectores cuatro tubos de cobre de media pulgada. En su interior esta conformado por 7 tubos dispuestos en su parte mas larga y 2 tubos de Cu en sus extremos. De igual manera se distribuye en el otro colector para ser conectados en serie.

El reservorio está diseñado por lámina de acero de 3/16" previamente aislado, con una capacidad de almacenamiento para 80 galones. Con un electrodo de zin en su interior para evitar que se acumule óxidos en su interior, al pie del tanque se instala una bomba de recirculación, que cumple con el movimiento del agua que está en reposo entre tanque y colector (por falta de consumo).

También está conformado de una estructura metálica de acero inoxidable de un área de 80 x 160 cm., una plancha de espumaflex cubierta de un plástico de color negro que irá en la parte inferior del colector; sobre esta irá una plancha metálica galvanizada, que servirá de apoyo a las tuberías de cobre completamente soldadas y comunicantes entre sí toma forma de un (radiador de un automóvil) en este caso; sobre las tubos comunicantes se coloca otra plancha de galvanizado dándole forma que la misma plancha sirva como abrazaderas para la tubería, que la misma quedará remachada quedando sumamente fija la tubería entre las dos planchas superior e inferior para lograr una estructura compacta; a una distancia de 4cm se coloca una cubierta transparente(vidrio o plástico) , que tendrá como función de proteger a los elementos internos. Luego se coloca silicón por todo el contorno quedando totalmente sellado evitando así que penetre agua a su interior; por último se necesita de accesorios como neplos y tubería de cobre de 3/4" que serán usadas en el extremo del colector para hacer la diferente toma que pueden ser de cobre, acero inoxidable o plástico.

CAPITULO V

5. PRUEBAS

5.1 PRUEBA DEL PANEL SOLAR

Este capítulo se realizó para comprobar la conversión de la energía solar a energía eléctrica de corriente continua mediante la utilización de un panel solar.

Para comprobar si conversión de estas energías está dentro de los valores establecidos por el fabricante del panel, se realiza varias pruebas. Cabe señalar que se trabaja con el panel I-5 de la empresa Isofotón las cuales cumplen con las normas ISO 9001, ISO 14001. A continuación se detalla como se realizaron estas pruebas.

4.3.1 COMPROBACION DE LOS VALORES ESTABLECIDOS POR EL FABRICANTE

Para realizar esta prueba es necesario hacer uso de un voltímetro para comprobar los datos prescritos por el fabricante como se detalla en las tablas N° 5.1 y N° 5.2

	I-5	I-10	I-22	I-36	I-47	I-50	I-55
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS							
<i>Dimensiones (mm)</i>	270 x 270 x (*)	370 x 336 x (*)	540 x 440 x (*)	629 x 532 x 39,5	1.208 x 340 x 39,5	1.304 x 340 x 39,5	1.304 x 340 x 39,5
<i>Peso</i>	0,8 kg	1,8 kg	3 kg	4,5 kg	5,5 kg	5,5 kg	5,5 kg
<i>Número de células en serie</i>	32 1/8	36 1/4	36 1/2	36 1/2	33	36	36
<i>Número de células en paralelo</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>TONC (800 W/m², 20° C, AM 1.5, 1m/s)</i>	40° C	40° C	47° C	47° C	47° C	47° C	47° C
<i>Tipo de célula: Si monocristalino, texturada y con capa antirreflexiva (mm)</i>	103 x 103	103 x 103	103 x 103	125 x 125	103 x 103	103 x 103	103 x 103
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS (1.000 W/m², 25° C célula, AM 1.5)							
<i>Tensión nominal (V_n)</i>	12 V	12 V	12 V	12 V	12 V	12 V	12 V
<i>Potencia máxima (P_{máx.})</i>	5 W _p ± 10%	10 W _p ± 10%	22 W _p ± 10%	36 W _p ± 10%	47 W _p ± 10%	50 W _p ± 10%	55 W _p ± 10%
<i>Corriente de cortocircuito (I_{sc})</i>	0,41 A	0,82 A	1,64 A	2,22 A	3,27 A	3,27 A	3,38 A
<i>Tensión de circuito abierto (V_{oc})</i>	19,2 V	21,6 V	21,6 V	21,6 V	19,8 V	21,6 V	21,6 V
<i>Corriente de máxima potencia (I_{máx.})</i>	0,32 A	0,58 A	1,26 A	2,1 A	2,94 A	2,87 A	3,16 A
<i>Tensión de máxima potencia (V_{máx.})</i>	15,5 V	17,4 V	17,4 V	17,2 V •	16 V	17,4 V	17,4 V

Tabla Nº 5.1: En la tabla se muestran las especificaciones técnicas de los paneles solares incluido el panel I-50 que se tomó que se utilizó en el proyecto.

	I-70S	I-75S	I-94	I-100	I-106	I-110	I-130	I-140S	I-150S	I-159	I-165
	1.224 x 545 x 39,5	1.224 x 545 x 39,5	1.208 x 654 x 39,5	1.310 x 654 x 39,5	1.310 x 654 x 39,5	1.310 x 654 x 39,5	1.224 x 1.047 x 39,5	1.224 x 1.047 x 39,5	1.224 x 1.047 x 39,5	1.310 x 969 x 39,5	1.310 x 969 x 39,5
	9 kg	9 kg	11 kg	11,5 kg	11,5 kg	11,5 kg	39,5	39,5	39,5	16,5 kg	16,5 kg
	36	36	33	66	36	72	36	72	17 kg	17 kg	36
	1	1	2	1	2	1	2	1	36	72	36
	47° C	47° C	47° C	47° C	47° C	47° C	2	1	2	1	47° C
	125 x 125	125 x 125	103 x 103	103 x 103	103 x 103	103 x 103	47° C	47° C	47° C	103 x 103	103 x 103
	12 V	12 V	12 V	24 V	12 V	24 V	12 V	24 V	12 V	24 V	12 V
	70 W _p ± 10%	75 W _p ± 10%	94 W _p ± 10%	100 W _p ± 10%	106 W _p ± 5%	110 W _p ± 10%	130 W _p ± 10%	140 W _p ± 10%	150 W _p ± 5%	159 W _p ± 5%	165 W _p ± 10%
	4,45 A	4,67 A	6,54 A	3,27 A	6,54 A	3,27 A	6,76 A	3,38 A	8,9 A	4,45 A	8,9 A
	21,6 V	21,6 V	19,8 V	39,6 V	21,6 V	43,2 V	21,6 V	43,2 V	21,6 V	43,2 V	21,6 V
	4,05 A	4,34 A	5,88 A	2,94 A	5,74 A	2,87 A	6,1 A	3,05 A	6,32 A	3,16 A	7,52 A
	17,3 V	17,3 V	16 V	32 V	17,4 V	34,8 V	17,4 V	34,8 V	17,3 V	34,6 V	17,3 V

Tabla Nº 5.2: En la tabla se muestran las especificaciones técnicas de los paneles solares.

Esta prueba se realiza en un día donde las condiciones climáticas no son muy favorables, aproximadamente al medio. Los valores se obtienen a circuito abierto uniendo los terminales del voltímetro con los del panel solar I-5 y sin carga alguna. Los datos obtenidos son 17.817v luego de 5 minutos y cuando el sol brilla en toda

en toda su plenitud, los valores se aproximan a los datos indicados en la tabla N° 5.1 esto es 19,2v.

5.1.2 TOMA DE DATOS DEL CONJUNTO PANEL – BATERIAS

Esta prueba se la realiza basándose íntegramente el siguiente circuito como se muestra en la Figura N° 5.1 y Figura N° 5.2.

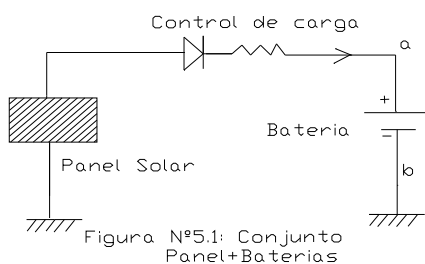


Figura N° 5.2: Toma real de datos

-Los datos entregados por el panel a la instalación entre los terminales *a* y *b* es de 14,8v.

-Mientras que la batería incrementa su valor de carga de 11,8v a 12,8v, esto indica que el panel solar esta aportando carga a las baterías.

5.1.3 PRUEBA A PLENA CARGA

Esta prueba se realiza para comprobar el rendimiento del conjunto, generador de energía (panel solar) y acumulador de energía (baterías), en su máxima demanda de energía. Para comprobar tal rendimiento se procede a conectar las cargas más comunes de una vivienda rural, como se puede apreciar en la Figura N° 5.2.

Al encender todas las cargas se produce una caída de tensión. Siendo su tensión sin carga de 12.8v mientras que en su máxima carga cae el voltaje de las baterías a 11.9v, relacionando estos dos valores se concluye que su rendimiento es del orden del 92.96%.



**Figura N° 5.3:
Circuito a plena
carga**

COLECTOR SOLAR

Primeramente para hacer esta prueba se necesita que el sistema esté completamente lleno de agua. Lo cual se hizo por gravedad. Al igual que el sistema anteriormente descrito se requiere que el colector este ubicado en un lugar donde pueda captar la mayor cantidad de radiación solar.

Primero.- El colector, propiamente dicho, esta expuesto a la radiación solar durante 15 minutos tiempo necesario para elevar la temperatura del liquido que reposa en el serpentín. Logrando comprobarse mediante un termómetro que el agua alcanza una diferencia de temperatura que va desde 15° que es la temperatura ambiente hasta los 45° que logra medir en la salida de serpentín.



5.2 PRUEBA DEL

Figura N° 5.2.1: Comprobación de temperatura

Segundo.- Seguidamente se procedió a abrir la llave de consumo, comprobando que se encuentra a una menor temperatura que en el serpentín, cumpliéndose así el efecto termosifón. Véase la Figura N° 5.2.1.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

Al concluir este proyecto se saca las siguientes conclusiones.

- Se puede lograr aplicaciones diarias solamente utilizando la radiación solar, transformándola en energía calorífica y/o energía eléctrica.
- Sí se cumplió con los objetivos específicos planteados en este proyecto, ya que se puede tomar como una huya tanto en lo técnico como en lo económico en proyectos similares.
- Es de fácil instalación y a pesar de que su inversión inicial es elevada se ve recompensada tal inversión ya que su tiempo de vida útil es superior a los 20 años.
- Es de aplicación ambientalista porque solamente depende de energías renovables como la radiación solar.

- El diseño de este proyecto permite realizar pruebas y un dimensionamiento para cargas eléctricas y consumos reales.
- El proceso de cálculo desarrollado durante esta exposición tiene como objetivo la orientación, en realidad existen métodos de cálculo algo más complejos, que son los que utilizan los profesionales del sector, aquí se ha pasado por alto la determinación de partes fundamentales de la instalación como el regulador de carga, estructuras de soporte, secciones de cables, etc

6.2. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que se realizan al culminar este proyecto son las siguientes:

- Todas conexiones deben estar ajustadas correctamente para evitar que su rendimiento baje debido a las pérdidas por calentamiento.
- Asegúrese hacer uso del panel adecuado, considerando a futuro un aumento de cargas eléctricas.
- Instalar el sistema en un lugar seguro y alejado de obstáculos que impidan un normal funcionamiento. Evitando con ello que se asiente suciedades en la cubierta.

- Se recomienda que las baterías estén alojadas en un lugar seco, bajo sombra y bien protegidas para impedir cualquier manipulación no autorizada (niños).

ANEXOS

ANEXO 1

Definiciones.

Agua almacenada.- La que sirve para almacenar el calor solar destinado a calentar el agua o el ambiente. Por lo general es agua no potable.

Almacenamiento de energía solar.- Tanque para agua, que absorbe la energía solar recogida y la conserva hasta el momento de utilizarla.

Caja del colector.- Impide que humedad, polvo, suciedad o aire penetre hasta el colector.

Calentador de agua por Almacenamiento.- Funciona a la vez como colector de energía solar y como unidad de almacenamiento de agua caliente.

Circuito del colector.- parte del sistema de energía solar provista de colectores solares, un tanque de precalentamiento o almacenamiento de agua, un intercambiador de calor y los tubos, válvulas, bombas y controles necesarios para recoger la energía.

Circuito de termosifón.- Circuito de convección natural en un colector de energía solar. El agua que contiene el colector es calentada por el sol, se vuelve más ligera y fluye hacia el tambor de almacenamiento.

Colector.- Dispositivo que sirve para recoger la radiación (energía) solar y convertirla en calor utilizable.

Colector de placa plana.- Convierte la radiación solar en calor en una superficie plana colocada dentro de una simple caja. No utiliza superficies reflectoras ni juego de lentes.

Estancamiento.- Condición que se produce en un sistema cuando el fluido que transporta el calor deja de fluir. Muy común en el verano.

Flujo.-Tratándose de colectores, es la intensidad de calor a través de un área unitaria.

Insolación.- El total de radiación solar que llega a la placa cubierta del colector. Comprende las radiaciones difusa, directa y reflejada.

Placa de cubierta.- Lámina transparente de vidrio o plástico colocada sobre la placa absorbedor.

Radiación.-Emisión de calor desde una superficie caliente.

Radiación solar.- Energía emitida por el sol, que llega a la tierra en forma de rayos directos, difusos y reflejados.

Radiación difusa.- rayos de energía dispersos y no paralelos, provenientes del sol hace que el cielo se vea azul en días claros y gris en días nublados. La producen el polvo, la humedad y las nubes.

Radiación directa.- la forman los rayos paralelos que provienen directamente del sol. Produce sombra en días claros.

Radiación reflejada.- Energía solar que llega a los colectores desde superficies adyacentes.

BIBLIOGRAFIA

BAITSELL, George. "Uso directo de la energía solar". H.
Blume ediciones, 1982.

BECKMAN, William A. Proyecto de sistemas térmico solares.
Editorial Index, 1984.

DUFFIE, John A. Solar engineering of thermal processes.
John Wiley & Sons, 1976

HUNT, Daniel V. Diccionario de energía. Publicaciones Marcombo,
1976.

MANRIQUE, J.A. Energía solar, fundamentos y aplicaciones
Fototermicas. Industria editorial fototérmicas, reg. 723, 1984.

RAU, Hans. Energía solar. Marcombo ediciones, 1977

VALERA, Aníbal. Energía solar.

MONTGOMERY, Richard H. Energia solar. Selección del equipo,
instalación y aprovechamiento. Grupo Noriega Editores.1992.

http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2002/solarcells_spanishA.htm

www.elcomercio.com. Sabado5 de noviembre2005. Sección construir