Tesis
IC 20
C36

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN DE PROGRAMAS ACTUALES DE USO DE ENERGÍA SOLAR EN CONSTRUCCIONES CIVILES EN VENEZUELA

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO CIVIL

REALIZADO POR: María José Caso Sánchez
Wael Tabet Abou-Said

PROFESOR GUÍA: Ing. Alfredo Gorrochotegui A.

FECHA: Marzo de 2008

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN DE PROGRAMAS ACTUALES DE USO DE ENERGÍA SOLAR EN CONSTRUCCIONES CIVILES EN VENEZUELA

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO CIVIL

REALIZADO POR: María José Caso Sánchez
Wael Tabet Abou-Said

PROFESOR GUÍA: Ing. Alfredo Gorrochotegui A.

FECHA: Marzo de 2008

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN DE PROGRAMAS ACTUALES DE USO DE ENERGÍA SOLAR EN CONSTRUCCIONES CIVILES EN VENEZUELA

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: VEINTE (20) PUNTOS

J U R A D O E X A M I N A D O R

Firma:	Firma:	Firma:
Nombre:	Nombre:	Nombre:

REALIZADO POR **María José Caso Sánchez**
Wael Tabet Abou-Said

PROFESOR GUIA **Ing. Alfredo Gorochotegui A.**

FECHA **Marzo de 2008**

AGRADECIMIENTOS

Wael Tabet:

A mi familia por darme su apoyo incondicional en todos y cada uno de los momentos de mi vida, que gracias a su trabajo, esfuerzo y sacrificios me han dado esta valiosa oportunidad de estudiar, formarme y ser lo que soy hoy en día. Por todo esto los amo.

A Marco S. Y Alejandra M. por apoyarme, aconsejarme y abrirme sus puertas en todo momento y que siempre me ayudaron en todos mis problemas. De verdad amigos mil gracias.

También a todos aquellos amigos con los que compartí grandes alegrías y sufrimientos, que me enseñaron a valorar las cosas, trabajar en equipo, estar siempre unidos y lo mas importante de todo a luchar con constancia y dedicación para alcanzar todas las metas propuestas.

María José Caso:

A Dios por guiarme en el camino para alcanzar mis metas y darme fuerzas en los momentos difíciles.

A mis padres y mi hermano por su confianza y constancia, quienes me apoyaron en todo momento. Gracias a sus consejos , dedicación, amor y algunos sacrificios, me dieron la oportunidad de formarme y ser la persona que soy hoy en día. Son lo más importante para mi.

A mis compañeros y amigos por hacerme reír y enseñarme el verdadero significado de la amistad. Y a Diego por su cariño y paciencia para escucharme y darme palabras de aliento que me impulsaron a seguir adelante. A todos ellos los amo.

A mi tutor y amigo Ing. Alfredo Gorrochotegui por confiar en mí, por sus consejos y ponerle alegría a los días difíciles.

ÍNDICE

UNIDADES..... x
INTRODUCCIÓN..... xi
CAPÍTULO I..... 13
EL PROBLEMA..... 13
I.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 13
I.2.- OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... 14
I.3.- JUSTIFICACIÓN..... 15
I.4.- ALCANCES Y LIMITACIONES..... 15
CAPÍTULO II..... 18
MARCO TEÓRICO..... 18
II.1.- ANTECEDENTES..... 18
II.2.- ENERGÍAS ALTERNAS..... 19
II.3.- LA ENERGÍA SOLAR Y SUS ALTERNATIVAS..... 33
II.3.1.- ENERGÍA SOLAR ACTIVA Y PASIVA..... 36
II.3.1.1.- APLICACIONES EN LA ARQUITECTURA..... 37
II.3.2.- ENERGÍA SOLAR TÉRMICA..... 38
II.3.3.- ENERGÍA EÓLICA SOLAR..... 41
II.3.4.- ENERGÍA SOLAR HÍBRIDA..... 42
II.3.5.- ENERGÍA TERMOELÉCTRICA SOLAR..... 43
II.3.6.- ENERGÍA FOTOVOLTAICA..... 45
II.4.- COLECTORES SOLARES..... 47
II.5.- PANELES SOLARES..... 51
II.5.1.- CÉLULAS FOTOVOLTAICAS..... 51
II.5.2.- MÓDULO FOTOVOLTAICO..... 53
II.5.3.- TIPOS DE PANELES SEGÚN MATERIALES Y FORMA..... 55
II.5.4.- SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO (SSFV)..... 61
II.5.5.- SISTEMA DE SEGUIMIENTO SOLAR..... 67
II.6.- DISEÑO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS..... 71
II.6.1.- SISTEMAS INDUSTRIALES..... 73
II.6.2.- SISTEMAS URBANOS..... 75

II.6.3.- SISTEMAS COMUNALES..... 76
CAPÍTULO III..... 79
III.1..- PARÁMETROS BÁSICOS PARA EL DISEÑO DE PROYECTOS PROPUESTOS..... 79
III.2.- PLATEAMIENTO DE LOS CASOS SELECCIONADOS..... 87
III.2.1.- RESOLUCIÓN DE LOS CASOS SELECCIONADOS..... 94
III.3.- CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS PROPUESTOS..... 104
III.4.- COSTOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS..... 111
III.5.- INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS..... 114
TIPS INFORMATIVOS..... 117
CONCLUSIONES..... 120
RECOMENDACIONES..... 122
GLOSARIO..... 123
REFERENCIAS..... 126
ANEXOS..... 130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I – Principales paises por capacidad eólica instalada..... 21
Tabla II – Países en Latinoamérica por capacidad eólica instalada..... 22
Tabla III – Centrales Hidroeléctricas más grandes del mundo..... 23
Tabla IV – Tipos de Biocombustibles obtenidos de biomasa..... 29
Tabla V – Valores típicos de la radiación promedio anual que se recibe en la superficie de la Tierra..... 34
Tabla VI – Mercado de las diferentes tecnologías fotovoltaicas..... 59
Tabla VII – Producción geográfica de células fotovoltaicas en el mundo..... 59
Tabla VIII – Principales fabricantes de células fotovoltaicas en el mundo..... 59
Tabla IX – Datos característicos de la locación supuesta..... 80
Tabla X – Caídas típicas de tensión en el cable..... 86
Tabla XI – Valores típicos de sección. Cable (Calibre AWG)..... 87
Tabla XII – Electrodomésticos más usados..... 89
Tabla XIII – Distribuidores e instaladores de energía solar en Venezuela..... 104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Fuentes de energía renovable..... 20
Figura 2.- Central eólica..... 21
Figura 3.- Esquema de una central de energía mareomotriz..... 25
Figura 4.- Tipos de yacimientos geotérmicos según la temperatura del agua..... 27
Figura 5.- Uso mundial de biomasa..... 29
Figura 6.- Espectro radiante..... 33
Figura 7.- Componentes de la Radiación Solar..... 35
Figura 8.- Casa Bioclimática I Galicia (España)..... 37
Figura 9.- Sistema solar térmico..... 39
Figura 10.- Central eólica-solar..... 41
Figura 11.- Esquema de una Central eléctrica solar con Heliostatos..... 44
Figura 12.- Colectores de placa plana..... 48
Figura 13.- Colector Tubo de vacío..... 50
Figura 14.- Concentradores cilindro parabólicos..... 50
Figura 15.- Generación eléctrica por efecto fotovoltaico en una unión p-n..... 52
Figura 16.- Curva de funcionamiento I-V de una célula fotovoltaica..... 52
Figura 17.- Panel fotovoltaico..... 53
Figura 18.- Elementos de un Panel fotovoltaico..... 54
Figura 19.- Paneles solares de Silicio..... 56
Figura 20.- Sistema Paneles Tándem..... 59
Figura 21.- Panel solar con sistema de concentración..... 60
Figura 22.- Panel de formato teja..... 61
Figura 23.- Paneles bifaciales..... 61
Figura 24.- Sistema fotovoltaico aislado..... 62
Figura 25.- Sistema fotovoltaico conectado a red..... 63
Figura 26.- Sistema Solar Fotovoltaico..... 64
Figura 27.- Asociación de las Baterías..... 65
Figura 28.- Inclinación: Masa de aire..... 68
Figura 29.- Inclinación máxima: Hora-Pico..... 69
Figura 30.- Desaladora de Gran Canaria (España)..... 74
Figura 31.- Postes Av. Bolívar (Caracas, Venezuela)..... 75
Figura 32.- Cartel publicitario solar (EE.UU.)..... 76
Figura 33.- Proyecto de purificación de agua en el Delta del Orinoco (Venezuela).... 78
Figura 34.- Bloques funcionales SFV..... 81
Figura 35.- Voltaje de monitoreo..... 85
Figura 36.- Esquema SFV Vivienda unifamiliar..... 90
Figura 37.- Esquema SFV Modelo de Laboratorio..... 91
Figura 38.- Funcionamiento de Bombas..... 92
Figura 39.- Esquema SFV Sistema de Bombeo..... 93
Figura 40.- Distribución de costos de los componentes de un SFV individual doméstico..... 112
Figura 41.- Distribución de costos por categorías de un SFV individual doméstico..... 113

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Mapas de Radiación solar en el Continente Americano..... 130
Anexo 1.1. Radiación solar promedio Primavera-Otoño..... 130
Anexo 1.2. Radiación solar promedio Otoño- Primavera..... 131
Anexo 1.3. Radiación solar promedio Invierno- Verano..... 132
Anexo 1.4. Radiación solar promedio Verano – Invierno..... 133
ANEXO 2: Datos meteorológicos Caracas- Venezuela..... 134
ANEXO 3: Reservas mundiales de los combustibles fósiles..... 136
ANEXO 4: Potenciales aprovechamientos de energía maremotriz..... 136
ANEXO 5: Consumo mundial de Energía..... 137
ANEXO 6: Impactos ambientales de la producción eléctrica..... 137
ANEXO 7: Reservas probadas de los combustibles fósiles..... 138
ANEXO 8: Grandes instalaciones solares fotovoltaicas..... 138
ANEXO 9: Energía solar que llega a la atmósfera..... 139
ANEXO 10: Planta Solar Térmica de Torre con Turbina de Viento..... 139
ANEXO 11: Central Solar Termoeléctrica de Colectores Cilindroparabólicos (CCP)... 140
ANEXO 12: Central Solar Termoeléctrica de Torre..... 140
ANEXO 13: Central Solar Termoeléctrica de Disco Parabólico..... 140
ANEXO 14: Parque eólico..... 141
ANEXO 15: Central de Energía Geotérmica..... 141
ANEXO 16: Central de Energía Maremotriz..... 141
ANEXO 17: Central Eléctrica Undimotriz..... 142

TÉRMINOS Y UNIDADES

■ Energía:

Julio (J): es la energía producida por la fuerza de un newton (unidad de fuerza) al desplazar su punto de aplicación un metro en su misma dirección y sentido.

caloría (cal): la cantidad de energía que hay que suministrar aun gramo de agua pura para que su temperatura pase de 14,5°C a 15,5°C, a la presión constante de una atmósfera.
1 cal= 4,18398 J.

■ Intensidad de corriente eléctrica:

Ampere (A): es la intensidad de una corriente constante que manteniéndose en dos conductores paralelos, rectilíneos, de longitud infinita, de sección circular despreciable y situados a una distancia de un metro uno de otro en el vacío, produciría una fuerza igual a $2 \cdot 10^{-7}$ newton por metro de longitud.

■ Resistencia eléctrica:

ohm (Ω): es la resistencia eléctrica que existe entre dos puntos de un conductor cuando una diferencia de potencial constante de 1V aplicada entre estos dos puntos produce, en dicho conductor, una corriente de intensidad 1 Ampere.

■ Potencial eléctrico:

Voltio (V): es la diferencia de potencial eléctrico que existe entre dos puntos de un hilo conductor que transporta una corriente de intensidad constante de 1 ampere cuando la potencia disipada entre estos puntos es igual a 1W.

vatio (W): unidad de potencia en el SI. Es la potencia de una máquina que realiza el trabajo de 1 julio en el tiempo de 1 segundo. Con frecuencia se utilizan múltiplos de esta unidad.

vatio pico (Wp): potencia suministrada por un sistema de energía solar con radiación solar máxima.

Megavatios de potencia: (MWp)

Megavatios de electricidad: (MWe)

kilovatio (kW): 1.000 vatios.

Megavatio (MW): un millón de vatios.

Gigavatio (GW): mil millones de vatios.

Teravatio (TW): un billón de vatios.

Caballo de Vapor (CV): también es una unidad de potencia y equivale a 735,5 W.

■ Producción:

Kilovatio hora (kWh): el trabajo realizado durante una hora por una máquina de una potencia de 1 kilovatio.

Megavatio hora (MWh): mil kilovatios hora.

■ Poder calorífico:

Kcal/kg: sirve para evaluar la calidad energética de las distintas fuentes de energía, y nos indica el número de calorías que obtendríamos en la combustión de 1 kg de ese combustible.

tec: tonelada equivalente de carbón. Energía liberada por la combustión de 1 tn de carbón (hulla).

tep: tonelada equivalente de petróleo. Energía liberada cuando se quema 1 tonelada de crudo de petróleo.

1 tep= 7,4 barriles de crudo en energía primaria
1 barril de petróleo= 158,9 litros
1 tep= 1,428 tec

La conversión de electricidad a tep es: **1 MWh= 0,086 tep**

INTRODUCCIÓN

Los problemas de la contaminación por la combustión de productos derivados del petróleo y el carbón (hidrocarburos fósiles), la generación de energía nuclear, están siendo ya desplazados por los que se denominan "fuentes de energía limpias y renovables". De entre todos ellos el sol y el viento, y sobre todo en países en los que disfrutamos de muchas horas de ellos, son quizá los que mayores posibilidades presentan, ya que constituyen fuentes de energía limpia y permanente.

La energía solar fotovoltaica es una de las energías renovables de más tradición y también una de las que ha tenido un mayor incremento en su utilización en los últimos años.

La energía solar, junto con la eólica, conforman el conjunto de las dos energías renovables más explotadas en la actualidad. Gracias al estado actual de la tecnología, se pueden ya proyectar instalaciones con muy alto grado de rentabilidad, razón por la que éstas se han multiplicado en su uso.

La energía solar fotovoltaica, al igual que otras energías renovables, constituyen, frente a los combustibles fósiles, una fuente inagotable, que contribuye al autoabastecimiento energético nacional y es menos perjudicial para el medio ambiente, evitando los efectos dañinos de su uso directo (contaminación atmosférica, residuos, etc.) y los derivados de su generación (excavaciones, minas, canteras, etc.)

El progresivo desarrollo de este tipo de aplicaciones ha permitido alcanzar un alto nivel tecnológico, con equipos de gran eficiencia técnica y con un alto grado de calidad en el suministro. Hoy en día es competitiva en instalaciones alejadas de la red, aportando a nivel medio ambiental el hecho de no tener que trazar líneas de suministro que discurran por zonas de acceso complicado, o por zonas boscosas, que además de presentar dificultades para la instalación de la línea, presentan el aludido impacto visual, que las

instalaciones fotovoltaicas minimizan, pues ellas están situadas en un punto concreto de la geografía y muchas veces se pueden integrar en el entorno, y casi siempre el impacto ambiental que presentan es mucho menor, y en cualquier caso menor que el que representarían las líneas de alta y baja tensión necesaria para garantizar el suministro eléctrico.

En definitiva, la energía solar es ideal en los sitios donde se requiera un suministro de energía continuo y fiable sin necesidad de dependencias derivadas de las fuentes de energía convencional, siendo comúnmente usadas en obras de construcción civil tales como alumbrados públicos, viviendas aisladas, sistemas de bombeos, entre otros.

Venezuela siendo uno de los principales países exportadores de petróleo, dependiendo casi exclusivamente de éste, y con vastos recursos hidroeléctricos, también ha comenzado a poner en práctica experiencias de aprovechamiento de la energía solar.

El presente Trabajo Especial de Grado ha sido dirigido a ofrecer información general y compacta sobre la energía solar, sus variables y técnicas empleadas para la ejecución de las mismas. Igualmente ofrece la metodología más práctica y de fácil aplicación para el cálculo y diseño de los sistemas solares fotovoltaicos.

Consideramos haber cumplido con los propósitos planteados en nuestro Objetivo general y los Objetivos específicos.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

I.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

El presente TRABAJO ESPECIAL DE GRADO tiene como propósito conocer las diferentes aplicaciones de la Energía Solar Fotovoltaica (ESF) dentro del ámbito de las obras relacionadas con la construcción civil; así como evaluar las posibilidades de la ESF en nuestro país.

Por lo tanto se hace un preámbulo al estudio de la tecnología de las Energías alternas, haciendo énfasis en la generación de electricidad por medio del efecto fotovoltaico, estudiando los diversos componentes de la instalación (módulos, convertidores e inversores de potencia, acumulador de energía, cargas, etc.) y aspectos del dimensionado de las mismas.

La presente investigación persigue el estudio, análisis y dimensionado de una serie de proyectos relacionados con la Ingeniería Civil, que pueden ser energizados con la utilización de sistemas solares fotovoltaicos para abastecer la demanda o consumo de energía eléctrica, y de esta manera crear beneficios a poblaciones que se encuentran aisladas o apartadas de los centros urbanos, o que simplemente no tienen acceso a la red eléctrica y precisan de sistemas como los fotovoltaicos autónomos, para poder lograr unas condiciones de confort adecuadas contribuyendo al bienestar de la sociedad en general. Igualmente se benefician instalaciones aisladas no incorporables a la red urbana por razones de exceso de consumo y de funcionamiento permanente no sujeto a las suspensiones del servicio eléctrico público.

Por todo ello, la energía solar fotovoltaica se ha mostrado idónea hasta la fecha para satisfacer demandas de pequeña magnitud, situadas en lugares remotos o alejados del punto

de conexión a la red, siendo fundamentalmente los sistemas autónomos los que han tenido un mayor desarrollo.

La baja rentabilidad actual de la energía solar fotovoltaica, obliga a que su mayor o menor difusión en los próximos años dependa en cierta medida de los subsidios o ayudas económicas que este tipo de instalaciones pueden obtener de los organismos Estadales.

I.2.- OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN:

Objetivo General:

Compilar información sobre programas actuales del uso de Energía alterna Solar en Venezuela, y proceder a su evaluación a fin de desarrollar una guía de aplicaciones en las diferentes y más usuales obras civiles del país.

Objetivos Específicos:

- Indagar sobre programas de aplicación de Energía Solar en desarrollo por instituciones: Alcaldías, Electricidad de Caracas, CADAFE, PDVSA-Fundelec, CVG-Edelca, MED-Fundabit.
- Indagar sobre programas similares en aplicación en otros países convenidos con Venezuela como intercambio de tecnología.
- Investigar los diferentes métodos de captación y procesamiento de Energía Solar utilizable, así como su aplicación en obras civiles.
- Resumir los métodos de cálculo y selección de Paneles u otros instrumentos de captación.
- Adaptar para fines prácticos la información procesada en la guía propuesta en el presente TEG.

I.3.- JUSTIFICACIÓN:

El desarrollo de ENERGIAS RENOVABLES se ha convertido en un reto ambiental universal, son muchos los programas para uso de Energía Eólica, Energía de Biomasa, Hidro-energía, Bio-carburantes y Energía Solar que se adelantan en muchos países. Todo ello con el objetivo de preservar al máximo las condiciones de equilibrio en el Sistema Ambiental Global, así como generar economías necesarias para un Desarrollo sustentable eficiente.

La aplicación de Paneles solares para convertir la Energía Solar en la conocida Energía Fotovoltaica es el procedimiento actual más común y económico.

Una de las posibles aplicaciones en el campo de la Ingeniería Civil sería en las Plantas de tratamientos de agua: potabilización y depuración, así como en las unidades de viviendas e instalaciones educativas.

En la actualidad se ejecutan varios programas de aplicación de Energía Solar en Venezuela dentro de una dispersa información la cual sería muy importante tenerla al servicio de los diferentes proyectos de Ingeniería Civil que puedan ponerse en práctica.

En consecuencia, nos ha parecido muy justificable investigar sobre esta temática en función de que las obras civiles deben responder al concepto del Desarrollo Sustentable en beneficio del medio ambiente y de la población en general.

I.4.- ALCANCES Y LIMITACIONES:

- El presente trabajo especial de grado logra presentar el estudio y evaluación de la Energía Solar como posible Energía Alternativa para la generación de electricidad en algunos ámbitos de las obras de construcción civil.

- Las experiencias documentales en Venezuela son casi inexistentes y los muy pocos trabajos encontrados no tienen el debido respaldo técnico e innovador y ello nos obligó a utilizar referencias tecnológicas de otros países que tienen información mucho mas avanzada sobre la Energía Solar.

- Se escogieron 4 Proyectos para ser estudiados, dimensionados y analizados con respecto a la utilización de la Energía Solar como alternativa para cubrir las demandas y consumos de energía eléctrica. Los proyectos llevados acabo fueron electrificaciones de: una vivienda unifamiliar, una investigación de Laboratorio, un estacionamiento estructural, y una Planta Depuradora de aguas servidas domésticas.

- Las informaciones generales de las empresas encargadas de la distribución y asesoría de paneles solares en Venezuela, es de un reducido grupo que ofrecen productos y servicios, en especial de Energía Solar, por lo que podemos decir que es necesaria la innovación y promoción de este tipo de energía como fuente de Energía Alterna e inagotable.

- Por otra parte, si bien el Estado impulsa la hidroeléctrica y el gas natural, un conjunto de factores impiden el desarrollo en firme de las Energías Alternas, fundamentalmente relacionados con la condición histórica de productor y consumidor de combustibles fósiles en gran escala y a bajo costo.

- Es importante destacar que históricamente, el desarrollo de la sociedad humana se ha basado en el aprovechamiento de fuentes energéticas primarias del tipo fósil: carbón, petróleo y gas natural, que producto de su uso indiscriminado han ido generando un deterioro ambiental en todos los ámbitos que puede llegar a niveles intolerantes si no se toman correctivos oportunos. Evidencias palpables de la degradación del ecosistema mundial son: el calentamiento global y la disminución de la capa de ozono. Por todos estos aspectos se hace importante y necesario la introducción de un conjunto de fuentes

energéticas armónicas ambientalmente, renovables y/o inagotables, llamadas genéricamente Energías Alternativas

Por todas esas consideraciones, este trabajo especial de grado pretende estudiar la posibilidad de una participación importante de la Energía solar en el escenario energético de Venezuela, así como su participación en la temática de las obras civiles, ya que estas deben responder al concepto del desarrollo sustentable en beneficio del medio ambiente y de la población en general.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

II.1.- ANTECEDENTES

– Si bien el Estado en sus planes de desarrollo y el MEM (Ministerio de ENERGIA y MINAS) en sus políticas energéticas propugnan el desarrollo de las auténticas EA (Energías alternas), los resultados han sido escasos. Los dos Proyectos de mayor envergadura y que despertaron grandes expectativas en el momento de ser presentados fueron: el proyecto PODER (Plan Operativo de Energías Renovables), propuesto por la División de Planificación y Economía de la Energía del MEM y concebido para dotar de servicios energéticos a un porcentaje importante de la población rural (27% = 1 millón de personas). Inicialmente se seleccionaron 52 pequeños centros poblados pilotos, ubicados en zonas rurales y fronterizas de Venezuela.

– Los dispositivos fotovoltaicos (SFV) son adquiridos por el país, para obras del sector publico por medio del convenio Cuba-Venezuela, firmado en Noviembre del 2006 y llevado acabo en Venezuela por la Fundación para el Desarrollo del Servicio Eléctrico (Fundelec), adscrita a Petróleos de Venezuela (Pdvsa).

– Según datos del Ministerio de Energía y Petróleo en el país se encuentran instalados 89 sistemas de energía fotovoltaica en los estados Zulia, Táchira, Barinas, Falcón, Lara, Yaracuy, Portuguesa, Cojedes, Aragua, Miranda, Guárico, Apure, Amazonas, Bolívar, Monagas y Delta Amacuro. De los cuales hasta la fecha se han ubicado nueve sistemas fotovoltaicos en la sub-región Guajira y otros municipios del Zulia.

– También un total de 32 sistemas fotovoltaicos se instalaron recientemente en varias comunidades fronterizas de Barinas, a través de la Fundación para el Desarrollo del Servicio Eléctrico (Fundelec).

– Los nuevos postes de luz que están colocados en la Avenida Bolívar en Caracas, se alimentan con energía solar. Proyecto puesto en práctica, en noviembre de 2006, permitiendo la iluminación de la mitad de la Avenida, con energía acumulada en paneles solares. Cabe destacar que este nuevo plan de iluminación lo perfeccionan Pdvsa, la Electricidad de Caracas y la Alcaldía de Libertador.

– Entre otros proyectos de energía solar, se puede mencionar el desarrollado en el año 2001 por la empresa SOLARTEC, filial de la estadounidense Solar Electric Specialities, para satisfacer las necesidades energéticas al pueblo de Los Cedros, en el estado Sucre, compuesto de 19 viviendas. Esta utilización exitosa se pretendía extender hasta Macuro, también en el estado Sucre, en un proyecto que contemplaba la instalación de 3.000 paneles solares e incluía la instalación de una fábrica de paneles solares lo cual convertiría a Venezuela en exportadora de paneles solares a Estados Unidos y a los países de Centroamérica y Suramérica. Sin embargo, no se tienen mayores noticias al respecto y se desconoce si este proyecto prosperó.

– En cuanto a la utilización de la energía solar para calentamiento de agua, probablemente la acción pionera se ubica en el año 1982, un sistema de calentamiento de agua con una superficie de captación de 200 m^2 para la Maternidad Concepción Palacios en Caracas. Era un sistema integrado de cogeneración energética que combinaba el calor producido por los colectores solares con el calor recuperado de los sistemas de aire acondicionado. En total se calentaban 75.000 litros de agua por día a un promedio de 50 °C. y fue considerada para ese momento como la instalación solar más grande de Latinoamérica.

II.2.- ENERGÍAS ALTERNAS

El Crecimiento de la población genera nuevas y mayores necesidades cada día, por tal motivo se demanda más energía para ejecutar diferentes tipos de trabajos y actividades. En vista de que las fuentes de energía fósil y nuclear son finitas, es inevitable que en un determinado momento la demanda no pueda ser abastecida y todo el sistema colapse, salvo que se descubran y desarrollen otros nuevos métodos para obtener dicha energía. Por esta

razón se están buscando nuevas formas de energía que puedan complementar o suplantar a las fuentes energéticas actuales pero que a su vez no contaminen y sean renovables, se requiere la ***Energía Alternativa*** para producir energía no convencional o limpia explotando un tipo de recurso renovable sin producir agentes contaminantes que perjudiquen la salud del medio ambiente y social.

Las energías renovables en las que se trabaja actualmente son:

Figura 1.- Fuentes de energía renovable [Elaboración por el Autor]

- **Energía eólica:** [1]

Es producida por el movimiento del viento y se puede obtener a través de aerogeneradores. En este caso el viento mueve una hélice y mediante un sistema mecánico se hace girar el rotor de un generador, normalmente un alternador, que produce energía eléctrica. Esta energía es muy efectiva, pero no es posible instalar aerogeneradores en cualquier zona, porque es necesario que el viento sea constante al no haber viento no hay energía y de existir mucho viento se pueden afectar los dispositivos; sí embargo, hay lugares y viviendas que relativamente poseen buena relación con este tipo de producción de energía.

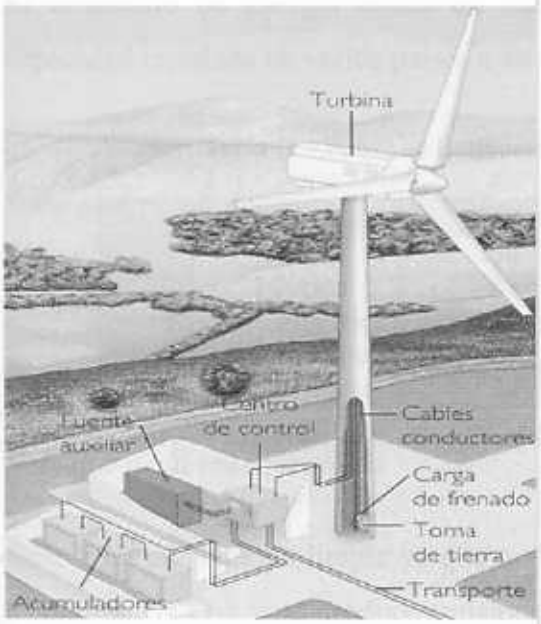


Figura 2. – Central eólica [6]

En la actualidad se utiliza, sobre todo, para mover aerogeneradores y para que su instalación resulte rentable, suelen agruparse en concentraciones denominadas *parques eólicos*.

La energía eólica es una de las muchas tecnologías del futuro en las que España juega un papel importante. España es el segundo productor de energía eólica en Europa, después de Alemania, y con unos niveles de producción muy similares a los de los Estados Unidos, también se encuentra entre los tres países que más energía produce en el mundo en este campo.

La potencia eólica en el Registro en Régimen Especial alcanza los 32 GW. En un boletín reciente de la APPA (Asociación de Productores de Energías Renovables) se decía que podría haber en tramitación unos 75 GW eólicos.

Tabla I - Principales países por capacidad eólica instalada (de más de 100 MW instalados) [2]

	PAÍS	MW		PAÍS	MW
1	Alemania	17.743	14	Canadá	590
2	España	9.653	15	Australia	572
3	Estados Unidos	8.500	16	Suecia	492
4	India	4.300	17	Grecia	466
5	Dinamarca	3.129	18	Irlanda	441
6	Italia	1.570	19	Noruega	270
7	Reino Unido	1.337	20	Nueva Zelanda	260
8	Holanda	1.219	21	Egipto	145
9	Portugal	944	22	Bélgica	120
10	Japón	942	23	Finlandia	100
11	Austria	799	24	Marruecos	64
12	China	765	25	Polonia	58
13	Francia	632			

TOTAL EUROPA: 38.970 MW

TOTAL EN EL MUNDO: 55.500 MW

El desarrollo de energía eólica en Latinoamérica está en sus comienzos, llegando la capacidad instalada en varios países a un total de alrededor 473 MW.

Tabla II – Países en Latinoamérica por capacidad eólica instalada [3]

	PAÍS	MW		PAÍS	MW
1	Brasil	256	6	Cuba	5
2	México	88	7	Chile	2
3	Costa Rica	74	8	Perú	1
4	Argentina	27	9	Otros países del Caribe	57
5	Colombia	20			

Ventajas de la energía eólica

- Es una energía limpia ya que no requiere una combustión que produzca dióxido de carbono (CO_2), y no produce emisiones atmosféricas ni residuos contaminantes.
- Si bien no en todos los lugares puede ser utilizada como única fuente de energía eléctrica, su inclusión en un sistema interligado permite, cuando las condiciones del viento son adecuadas, ahorrar combustible en las centrales térmicas y/o agua en los embalses de las centrales hidroeléctricas.
- Estando integrado a sistemas interligados de energía eléctrica, permite el ahorro de combustible fósil, o agua almacenada en los embalses.
- Puede colocarse en espacios no aptos para otros fines, por ejemplo en zonas desérticas, próximas a la costa, en laderas áridas y muy empinadas para ser cultivables.
- Puede convivir con otros usos del suelo, por ejemplo llanuras para uso ganadero o cultivos bajos como trigo, maíz, papas, remolacha, etc.
- Dado que los aerogeneradores actuales son de baja velocidad de rotación, el problema de choque con las aves se está reduciendo.
- La energía eólica es una fuerte alternativa al cambio climático ya que no produce efecto invernadero.
- Su instalación es rápida, entre 6 meses y un año
- Su utilización combinada con otros tipos de energía, habitualmente la solar, permite la autoalimentación de viviendas, terminando así con la necesidad de conectarse a redes

de suministro, pudiendo lograrse autonomías superiores a las 82 horas, sin alimentación desde ninguno de los 2 sistemas.

- **Energía Hidráulica:**

Se basa en aprovechar la caída del agua desde cierta altura. La energía potencial, durante la caída, se convierte en cinética. El agua pasa por las turbinas a gran velocidad, provocando un movimiento de rotación que finalmente, se transforma en energía eléctrica por medio de los generadores; dicho procedimiento descrito es el correspondiente al funcionamiento básico de una central Hidroeléctrica, cuya característica principal además de energía es la potencia generada, la cual puede variar y alcanzar hasta 10 MW y se consideran minicentrales. Entre Paraguay y Brasil se encuentra la mayor central hidroeléctrica del mundo, la Itaipú que tiene una potencia instalada de 12.600 MW, responsable de la generación del 25% de la energía eléctrica consumida en Brasil y del 95% de la consumida en Paraguay. En segundo lugar encontramos en Venezuela la central Guri (Raúl Leoni), con 10 millones de kilovatios (10.000 MW) en sus dos casas de máquinas y capaz de abastecer un consumo equivalente cercano a los 300.000 barriles diarios de petróleo con la generación de 50.000 GWh al año, lo cual ha permitido sustituir la termoelectricidad por hidroelectricidad, con la finalidad de ahorrar combustibles líquidos que pueden ser utilizados para su exportación o su conservación con otros fines.

Tabla III- Centrales Hidroeléctricas más grandes del mundo [4]

Las Diez Centrales Hidroeléctricas más Grandes del Mundo		
Central	País	Capacidad Instalada MW
Itaipú	Brasil/Paraguay	12.600
Guri (Raúl Leoni)	Venezuela	10.000
Grand Coulee	USA	6.494
Sayano - Shushensk	Rusia	6.400
Krasnoyarsk	Rusia	6.000
Churchill Falls	Canadá	5.428
La Grande 2	Canadá	5.328
Bratsk	Rusia	4.500
Ust-Ilim	Rusia	4.320
Tucurui	Brasil	4.245

La Energía Hidráulica es un recurso natural disponible en las zonas que presentan suficiente cantidad de agua, y una vez utilizada, es devuelta río abajo. Su desarrollo requiere construir pantanos, presas, canales de derivación, y la instalación de grandes turbinas y equipamiento para generar electricidad. Todo ello implica la inversión de grandes sumas de dinero, por lo que no resulta competitiva en regiones donde el carbón o el petróleo son baratos. Sin embargo, el peso de las consideraciones medioambientales y el bajo mantenimiento que precisan una vez estén en funcionamiento centran la atención en esta fuente de energía. [1]

La energía hidroeléctrica en general, y su uso en particular, presenta ciertas ventajas sobre otras fuentes de energía, como son:

- Disponibilidad: Es un recurso inagotable, en tanto en cuanto el ciclo del agua perdure.
- "No contamina" (en la proporción que lo hacen el petróleo, carbón, etc.): Nos referimos a que no emite gases "invernadero" ni provoca lluvia ácida, es decir, no contamina la atmósfera, por lo que no hay que emplear costosos métodos que limpien las emisiones de gases.
- Produce trabajo a la temperatura ambiente: No hay que emplear sistemas de refrigeración o calderas, que consumen energía y, en muchos casos, contaminan, por lo que es más rentable en este aspecto.
- Almacenamiento de agua para riego y acueductos.
- Permite realizar actividades de recreo (remo, bañarse, etc.).
- Evita inundaciones por regular el caudal.

Sin embargo, también tiene una serie de inconvenientes:

- Las presas: Obstáculos insalvables que no pueden traspasar Salmones y otras especies en el momento de remontar los ríos. Además limita la libre navegación por los ríos represados.

- Acumulación de sedimentos en el embalse, minimizando los aportes de nutrientes en el resto de agua proveniente del río. [5]

- **Energía Oceánica o Mareomotriz:** [6]

Se debe a las fuerzas de atracción gravitatoria entre la Luna, la Tierra y el Sol. La energía mareomotriz es la que resulta de aprovechar las mareas, es decir, la diferencia de altura media de los mares según la posición relativa de la Tierra y la Luna, y que resulta de la atracción gravitatoria de esta última y del sol sobre las masas de agua de los mares. Esta diferencia de alturas puede aprovecharse interponiendo partes móviles al movimiento natural de ascenso o descenso de las aguas, junto con mecanismos de canalización y depósito, para obtener movimiento en un eje. Mediante su acoplamiento a un alternador se puede utilizar el sistema para la generación de electricidad, transformando así la energía mareomotriz en energía eléctrica, una forma energética más útil y aprovechable. La energía mareomotriz tiene la cualidad de ser renovable y limpia; sin embargo, la relación entre la cantidad de energía que se puede obtener con los medios actuales y el coste económico y ambiental de instalar los dispositivos para su proceso han impedido una proliferación notable de este tipo de energía.

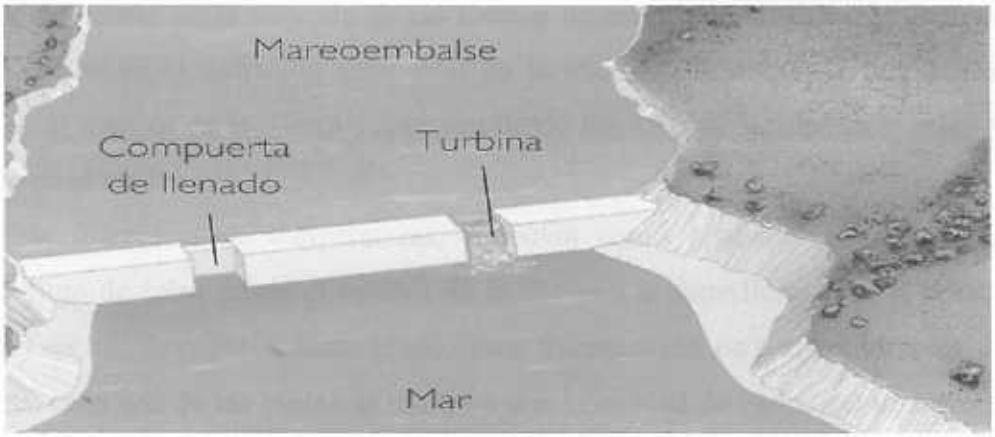


Figura 3. – Esquema de una central de energía mareomotriz [7]

En Francia, en el estuario del río Rance, EDF (Electricidad de Francia) instaló una central eléctrica mareomotriz. Funcionó durante varias décadas, produciendo electricidad

para cubrir las necesidades de una ciudad como Rennes (el 3% de las necesidades de Bretaña). El coste del kWh resultó similar o más barato que el de una central eléctrica convencional, sin el coste de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera ni consumo de combustibles fósiles ni los riesgos de las centrales nucleares.

Otra forma de extraer energía del mar son: las olas con la llamada energía *Undimotriz*, producida por el movimiento de las olas. Es menos conocida y extendida que la *Mareomotriz*, pero cada vez se aplica más; ese es el caso de España que sin aprovecharla de forma comercial, se están desarrollando proyectos de centrales piloto en Santoña (Cantabria) y en Mutriku (País Vasco). En Santoña, su funcionamiento se basa en el aprovechamiento de la energía de la oscilación vertical de las olas a través de unas boyas eléctricas que se elevan y descienden sobre una estructura similar a un pistón, en la que se instala una bomba hidráulica. El agua entra y sale de la bomba con el movimiento e impulsa un generador que produce la electricidad. La corriente se transmite a tierra a través de un cable submarino. Las principales ventajas de este sistema son su seguridad, al encontrarse sumergido, su mayor durabilidad y un impacto ambiental mínimo.

- **Energía Geotérmica:** [8]

A diferencia de la mayoría de las fuentes de energía renovables, la geotérmica no tiene su origen en la radiación solar sino en la enorme diferencia de temperaturas que existen en el interior de la Tierra y que van desde los 15% de la superficie a los 4.000ºC que rigen en el núcleo.

Esta diferencia de temperaturas, conocida como gradiente térmico, origina un continuo flujo de calor desde el interior de la Tierra a la superficie. Pero la corteza de la Tierra no es un envoltorio homogéneo, está fragmentada en varios bloques o placas tectónicas, cada una de las cuales se mueve a una velocidad de varios centímetros por año. Ese movimiento produce roces, choques y deformaciones en los bordes de las placas, impactos que ocasionan grietas, pliegues (montañas), terremotos y erupciones volcánicas dando lugar a flujos de calor anormalmente elevados. Así, si la temperatura de la Tierra

aumente entre 2 y 4°C cada cien metros de profundidad, en esas zonas de choque se pueden registrar aumentos de más de 30°C en apenas cien metros.

Estas áreas térmicas son las que presentan el mayor interés desde el punto de vista de su aprovechamiento energético. No obstante, incluso los yacimientos de muy baja temperatura (15°C) pueden ser aprovechados, de manera que prácticamente todas las aguas subterráneas del mundo son potenciales yacimientos de energía. De hecho, el potencial geotérmico almacenado en los diez kilómetros exteriores de la corteza terrestre supera en 2.000 veces a las reservas mundiales de carbón.

El agua que surge bajo presión desde el subsuelo, al llegar a cierta temperatura se calienta produciendo vapor, el cual mueve alternadores de generación eléctrica. La frontera entre las diferentes energías geotérmicas es arbitraria; la temperatura por debajo de la cual no es posible ya producir electricidad con un rendimiento aceptable está entre 120°C y 180°C. Se obtiene energía geotérmica por extracción del calor interno de la Tierra. El agua caliente o el vapor pueden fluir naturalmente, por bombeo o por impulsos de flujos de agua y de vapor. El método a elegir depende del que en cada caso sea económicamente rentable.

Se produjo energía eléctrica geotérmica por vez primera en Larderello (Italia), en 1904. Desde ese tiempo, el uso de la energía geotérmica para electricidad ha crecido mundialmente a cerca de 8.000 MW de los cuales EE.UU genera 2.700 MW.

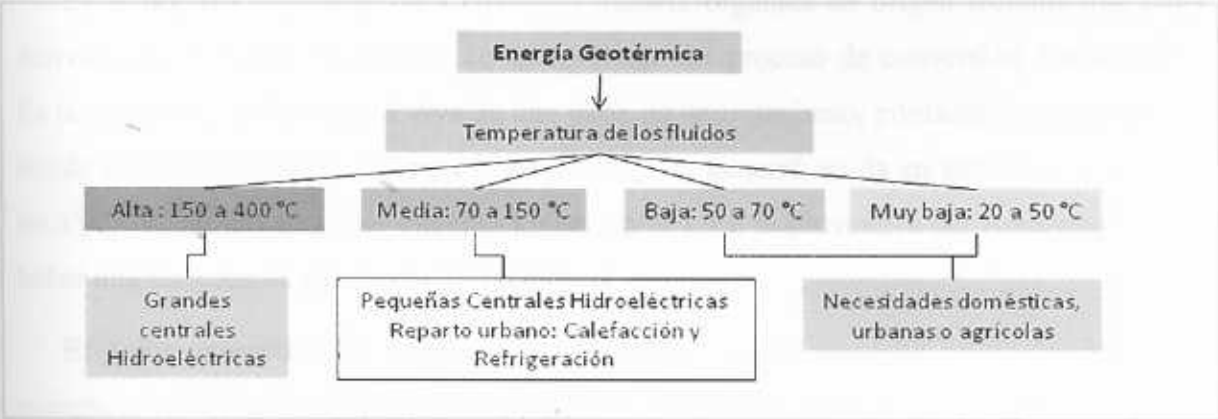


Figura 4.- Tipos de yacimientos geotérmicos según la temperatura del agua [Elaboración por el Autor]

Ventajas de la energía geotérmica

- El calor de la tierra está a nuestra entera disposición durante las 24 horas del día y a lo largo de todo el año.
- La utilización de energía geotérmica es una medida de conservación de la naturaleza en si misma. Un MW producido con el calor de la Tierra es un MW que no va ser generado mediante la combustión de combustibles fósiles.
- Los residuos que produce son mínimos y ocasionan menor impacto ambiental que los originados por el petróleo y el carbón.

Inconvenientes de la energía geotérmica

- Emisión de ácido sulfhídrico que se detecta por su olor putrefacto, pero que en grandes cantidades no se percibe y es letal.
- Emisión de CO2, con aumento de efecto invernadero.
- Contaminación de aguas próximas con sustancias como arsénico, amoníaco, etc.
- Contaminación térmica.
- Deterioro del paisaje.
- No se puede transportar.
- No está al alcance de todo el mundo.

- **La Biomasa:** [9]

Es el nombre que se le da a cualquier materia orgánica de origen reciente que haya derivado de animales y vegetales como resultado del proceso de conversión fotosintético. Es la masa total de la materia viva de una parte de un organismo, población o ecosistema y tiende a mantenerse más o menos constante. Por lo general, se da en términos de materia seca por unidad de área (por ejemplo kg/ha o g/m²). En la pluviselva del Amazonas puede haber una biomasa de plantas de 1.100 tn/ha de tierra.

El valor energético de la biomasa de materia vegetal proviene originalmente de la energía solar a través del proceso conocido como fotosíntesis. La energía química que se almacena en las plantas y los animales (que se alimentan de plantas u otros animales), o en

los desechos que producen, se llama *bioenergía*. Durante procesos de conversión tales como la combustión, la biomasa libera su energía, a menudo en forma de calor, y el carbón se oxida nuevamente a dióxido de carbono para restituir el que fue absorbido durante el crecimiento de la planta. Esencialmente, el uso de la biomasa para la energía es la inversa de la fotosíntesis:

$$CO_2 + 2H_2O \underset{Calor}{\overset{Luz\ Solar}{\rightleftharpoons}} ([CH_2O] + H_2O) + O_2$$

En última instancia toda la biomasa se descompone a sus moléculas elementales acompañada por la liberación de calor. Por lo tanto la liberación de energía de conversión de la biomasa en energía útil imita procesos naturales pero en una tasa más rápida. Por lo tanto, la energía obtenida de la biomasa es una forma de energía renovable.

Tabla IV- Tipos de Biocombustibles obtenidos de biomasa [10]

Tipos de biocombustibles obtenidos de biomasa
SÓLIDOS
▪ Paja
▪ Leña sin procesar
▪ Astillas
▪ Briquetas y "pellets"
▪ Triturados finos (menores de 2mm)
▪ Carbón vegetal
LÍQUIDOS
▪ Alcoholes
▪ Biohidrocarburos
▪ Aceites vegetales y de pirólisis
GASEOSOS
▪ Gas de gasógeno
▪ Biogás (formado principalmente por Metano)
▪ Hidrógeno

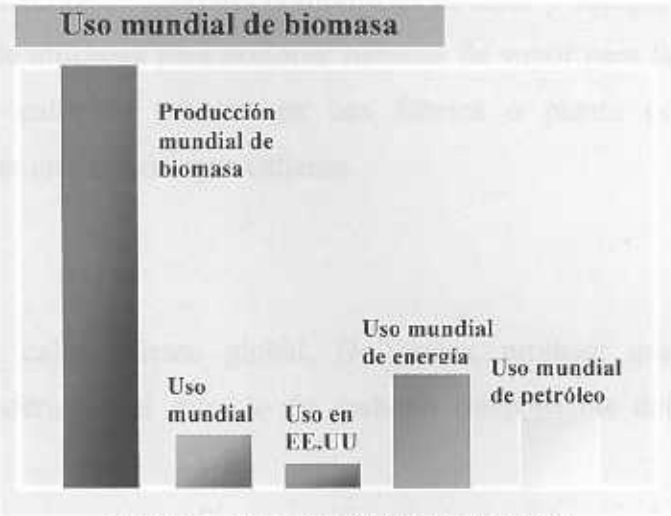


Figura 5.- Uso mundial de biomasa [10]

La biomasa puede utilizarse directamente (por ejemplo combustión de madera para la calefacción y cocinar) o indirectamente convirtiéndola en un combustible líquido o gaseoso (ej.: etanol a partir de cosechas del azúcar o biogás de la basura animal). La energía neta disponible en la biomasa por combustión es de alrededor de 8MJ/kg para la madera

verde, 20MJ/kg para la materia vegetal seca en horno, 55MJ/kg para el metano; en comparación con cerca de 23 a 30MJ/kg para el carbón.

Aplicaciones de la Biomasa:

a) En la producción de biocombustibles tales como el etanol y el biodiesel, sustituyendo cantidades significativas de combustibles fósiles en varias aplicaciones de transporte. El uso extenso del etanol en Brasil ha demostrado que los biocombustibles son técnicamente factibles en gran escala. La producción de biocombustibles en los EE.UU. y Europa está aumentando, siendo la mayoría de los productos utilizados en combustible mezcla, por ejemplo E20 está compuesto por 20% de etanol y 80% de gasolina y se ha descubierto que es eficaz en la mayoría de los motores de ignición sin ninguna modificación.

b) Para generar calor y vapor, en usos tales como calefacción de hogares y cocinar, o como subproducto de la producción eléctrica en centrales combinadas de calor y energía. El vapor generado por la biomasa puede utilizarse para accionar turbinas de vapor para la producción eléctrica, utilizarse como calor de proceso en una fábrica o planta de procesamiento, o utilizarse para mantener un flujo de agua caliente.

Ventajas de la Biomasa:

- La biomasa no contribuye al calentamiento global. De hecho, produce una reducción en los niveles atmosféricos del dióxido de carbono (responsable del efecto invernadero).
- Los combustibles de biomasa tienen un contenido insignificante de azufre y por lo tanto no contribuyen a las emisiones de dióxido de azufre que causan la lluvia ácida.
- La conversión de residuos agrícolas, de la silvicultura, y la basura sólida para la producción energética es un uso eficaz de los residuos que a su vez reduce significativamente el problema de la disposición de basura.

- La biomasa es un recurso accesible, que no está afectado por fluctuaciones de precio a nivel mundial. En países en vías de desarrollo en particular, el uso de biocombustibles líquidos, tales como biodiesel y etanol, reduce las presiones económicas causadas por la importación de productos de petróleo.

Restricciones en el uso de la Biomasa:

- La biomasa tiene una densidad a granel baja (grandes volúmenes son necesarios en comparación con los combustibles fósiles), lo que hace el transporte y su administración difíciles y costosos.
- La combustión incompleta a altas temperaturas de la leña en una escala doméstica más pequeña, ocasiona un impacto en la salud debido a la contaminación atmosférica, en donde la leña se quema ineficazmente en fuegos abiertos para cocinar y con fines de calefacción.
- Uso extensivo de bosques naturales que conllevan a la tala de árboles y generan escasez localizada de leña, con ramificaciones ecológicas y sociales serias.
- Temor en restricciones de cultivos alimenticios por el uso de los mismos para la producción de combustibles. Ej.: Caña de azúcar.

Energía Solar: [1]

La energía solar es la energía obtenida directamente del sol. El sol es la principal fuente de energía y esta nos llega a través del espacio en forma de ondas de muchas formas de energía radiante, donde la más visible es la energía luminosa por esta razón estamos más familiarizados con la luz solar que con las otras formas que son invisibles. La radiación solar incidente en la Tierra puede aprovecharse por su capacidad para calentar o directamente a través del aprovechamiento de la radiación en dispositivos ópticos o de otro tipo. El empleo de esta energía se utiliza en la construcción de colectores solares en forma de conchas que recogen la luz solar que se utiliza en la calefacción de edificios y residencias así como para el suministro de agua caliente, además existen edificios

construidos con techo de vidrio recubiertos en su interior con paneles de metal negro: La energía radiante es absorbida por el metal y se transforma en calor.

En las industrias se emplean hornos solares que calientan el agua que circula en tuberías, el agua caliente provee el vapor necesario para mover la turbina que ha de producir electricidad para la industria. La energía solar se emplea también para destilar agua de mar en un destilador solar donde el agua evaporada al enfriarse se utiliza como agua potable, los satélites artificiales y naves espaciales emplean el uso de la energía solar para la producción de energía medite unos dispositivos llamados baterías solares.

La utilización de la energía solar para la producción de la energía eléctrica con el uso de paneles solares, está en el inconveniente de que los paneles son costosos al igual que un buen sistema de almacenaje de energía, ahora la diferencia está en que esta energía es gratis y muchos se basan en el costo de instalación.

Los posibles usos de la energía solar, se resumen a continuación:

- Centrales termosolares, como: la que está en funcionamiento desde el año 2007 en Sanlúcar la Mayor Sevilla (España), de 11 MWh de potencia que entregará un total de 24 GWh al año; y la de Llanos de Calahorra, cerca de Guadix en Andalucía (España), de 50 MWh de potencia.
- Potabilización de agua.
- Destilación.
- Evaporación.
- Acondicionamiento y ahorro de energía en edificaciones.
- Calentamiento de agua.
- Calefacción y Refrigeración doméstica.
- Iluminación.
- Energía para pequeños electrodomésticos.

II.3.- LA ENERGÍA SOLAR Y SUS ALTERNATIVAS

El sol está a una distancia media de 150 millones de kilómetros respecto de la Tierra, distancia conocida como unidad astronómica (UA), y la constante solar, esto es, la intensidad media de radiación medida fuera de la atmósfera en un plano normal, la radiación es aproximadamente 1,94 cal/cm^2/min. La radiación que ocupa el espectro desde unos 0,25 micrones a 3 micrones (millonésimas partes de un metro 1μm= 10^{-6}m) en longitudes de onda; más o menos el 9% de la misma se encuentra en la región ultravioleta, muy corta e invisible; un 40% es la luz que vemos y con la cual vemos, y el 51% restante está formado por ondas infrarrojas, o largas.

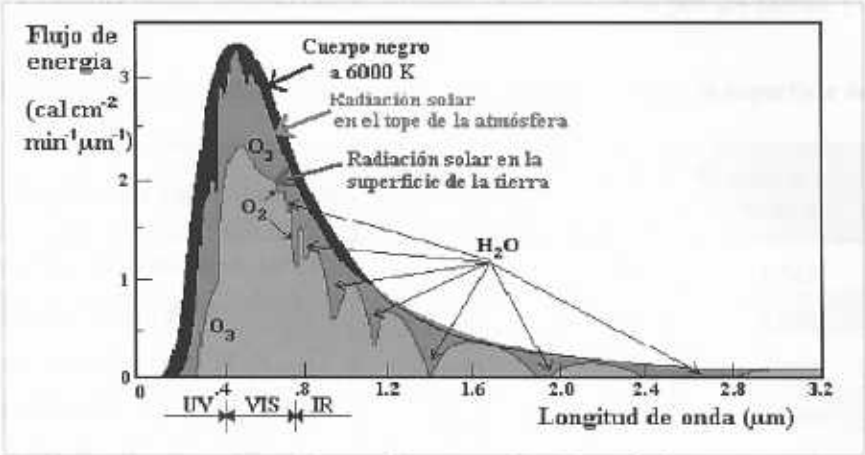


Figura 6.- Espectro Radiante [11]

La intensidad de la radiación solar que llega a la superficie de la Tierra se reduce por varios factores variables, entre ellos, la absorción de la radiación en intervalos de longitud de onda específicos por los gases de la atmósfera, dióxido de carbono, ozono, etc., por el vapor de agua, por la difusión atmosférica por la partículas de polvo, moléculas y gotas de agua, por reflexión de las nubes y por la inclinación del plano que recibe la radiación respecto de la posición normal de la radiación.

Más o menos el 30% de la energía solar que llega a la atmósfera terrestre vuelve inmediatamente al espacio en forma de radiaciones de onda corta. El 47% es absorbido por la atmósfera, la tierra y los mares y océanos para contribuir a la temperatura ambiente. El 23% se utiliza en los procesos de evaporación, convección y precipitación del ciclo

hidrológico. Una pequeña fracción del 1% abastece los movimientos del aire y la circulación de mares y océanos y se disipa en forma de calor por fricción. Una cantidad todavía menor, de unos 40.000 millones de kilovatios, se convierte en energía vegetal en la clorofila de las hojas verdes. Esta minúscula fracción de la energía solar es la que ha producido todos los combustibles fósiles que heredamos junto con la Tierra. Naturalmente, produce también nuestros alimentos, maderas y el resto de la vegetación. [12]

El total de la energía solar que llega a la Tierra es enorme: Los EE.UU., por ejemplo, reciben anualmente alrededor de 1500 veces sus demandas de energía total. En un día de sol de verano, la energía que llega al tejado de una casa de tipo medio seria más que suficiente para satisfacer las necesidades de energía de esa casa por 24 horas. [13]

Tabla V.- Valores típicos de la radiación promedio anual que se recibe en la superficie de la Tierra [9]

Localidad y sus latitudes	Diciembre kcal/m^2	Junio kcal/m^2	Promedio anual Kcal/m^2
San Juan, Puerto Rico, 18° N	4.177	5.425	*5.262*
El Paso, Texas, 32° N	3.274	7.408	*5.525*
Fresno, California, 37° N	1.655	7.106	*4.502*
Madison, Wisconsi, 43° N	1.220	5.398	*3.309*
Seattle, Washington, 47° N	624	6.184	*3.146*
Londres, Inglaterra, 52° N	488	4.720	*2.387*
Mesina, Sudáfrica, 22° S	6.293	3.635	*5.086*
Buenos Aires, Argentina, 35° S	7.188	2.075	*4.286*
Mt. Stronlo, Australia, 35° S	6.374	2.048	*4..258*

La ***radiación*** procedente directamente del Sol, es reflejada al entrar en la atmósfera por la presencia de las nubes, el vapor de agua, etc. y dispersada por las moléculas de agua, el polvo en suspensión, etc. Por todo esto la radiación solar que llega a una superficie terrestre procede de tres componentes:

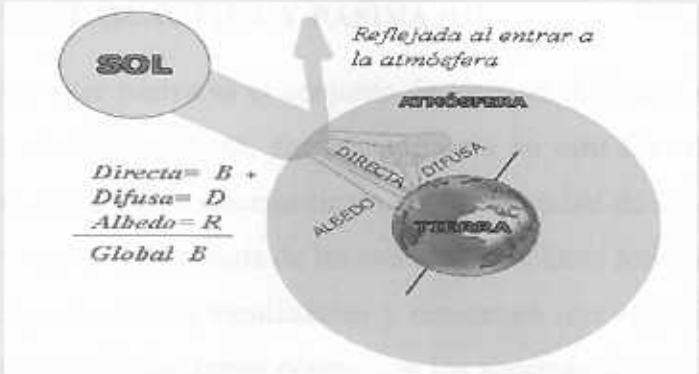


Figura 7.- Componentes de la Radiación Solar [11]

- ***RADIACIÓN DIRECTA (B)***: es la que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias. Es la mayor y la más importante en las aplicaciones fotovoltaicas.

- ***RADIACIÓN DIFUSA (D)***: es emitida por la bóveda celeste diurna gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar en la atmósfera, en las nubes, y el resto de elementos atmosféricos.

- ***RADIACIÓN DEL ALBEDO (R)***: es la radiación directa y difusa que se recibe por reflexión en el suelo u otras superficies próximas, debida a la reflexión de parte de la radiación incidente sobre montañas, lagos, edificios, etc. Depende muy directamente de la naturaleza de estos elementos. Esta se obtiene del cociente entre la radiación reflejada y la incidente sobre una superficie.

La suma de estas tres componentes da lugar a la ***RADIACIÓN GLOBAL***: $G = B + D + R$ [11]

La irradiancia directa normal (o perpendicular a los rayos solares), fuera de la atmósfera recibe el nombre de constante solar y tiene un valor medio de 1354 W/m² (que corresponde a un valor máximo en el perihelio de 1395 W/m² y un valor mínimo en el afelio de 1308 W/m².) [13]

II.3.1.- ENERGÍA SOLAR ACTIVA Y PASIVA [13]

La tecnología solar pasiva es el conjunto de técnicas dirigidas al aprovechamiento de la energía solar de forma directa, sin transformarla en otro tipo de energía, para su utilización inmediata o para su almacenamiento sin la necesidad de sistemas mecánicos ni aporte externo de energía. A diferencia de las tecnologías solares activas que usan sistemas mecánicos tales como bombas o ventiladores y consumen una significativa cantidad de energía para su funcionamiento; como ocurre con los sistemas de agua caliente sanitaria, que usan los sistemas antes mencionados para hacer circular el agua, una mezcla anticongelante o aire a través de los colectores solares. Algunos sistemas solares pasivos pueden, no obstante, consumir una pequeña cantidad de energía necesaria para activar compuertas, relés, interruptores u otros dispositivos que mejorarían el rendimiento de estos sistemas en la recolección, almacenamiento y uso de la energía solar.

La tecnología solar pasiva incluye sistemas con ganancia directa e indirecta para el calentamiento de espacios, sistemas de calentamiento de agua basados en termosifón, el uso de masa térmica y de materiales con cambio de fase para suavizar las oscilaciones de la temperatura del aire, cocinas solares, chimeneas solares para mejorar la ventilación natural y el propio abrigo de la tierra. También incluye otras tecnologías como los hornos solares o las fraguas solares, aunque estos requieren cierto consumo de energía para alinear espejos concentradores o receptores, e históricamente no han demostrado ser muy prácticos o rentables para uso extensivo.

Los sistemas solares pasivos se caracterizan por requerir poco o ningún coste para realizar su trabajo, muy reducido para su mantenimiento y no emiten gases de efecto invernadero durante su funcionamiento. Esto no impide que haya que seguir trabajando optimizando los sistemas para obtener un mayor rendimiento y beneficio económico. El ahorro y la eficiencia en el consumo de la energía reducen el tamaño de una instalación (ya sea renovable o convencional) y redunda en un mayor beneficio económico si son criterios que se consideran desde el principio. Las tecnologías solares pasivas ofrecen importantes ahorros, sobre todo en lo que respecta a la calefacción de espacios. Combinadas con

tecnologías solares activas, como la solar fotovoltaica, pueden convertirse, además, en una excelente fuente de ingresos.

II.3.1.1.- APLICACIONES EN LA ARQUITECTURA

La **arquitectura bioclimática** es la aplicación de este principio al diseño de edificaciones. La energía no se aprovecha por medio de captadores industrializados, sino que son los propios elementos constructivos los que absorben la energía de día y la redistribuyen por la noche. Es un modo de concebir el diseño arquitectónico buscando aprovechar los recursos naturales de tal modo de minimizar el impacto ambiental de las construcciones sobre el ambiente natural y sobre los habitantes.

La arquitectura bioclimática intenta reducir al mínimo las consecuencias negativas para el medio ambiente de edificios; realzando eficacia y moderación en el uso de materiales de construcción, del consumo de energía y del espacio construido.

Es la forma más antigua de aprovechamiento de la energía solar. Tradicionalmente, y en ausencia de los medios actuales, las construcciones se diseñaban conforme a las particularidades del clima local, aprovechando al máximo los rayos solares en climas fríos, y protegiéndose de ellos en climas cálidos. La revolución industrial acabó con esta tradición, al aparecer nuevos sistemas mecánicos y disponer de energía en abundancia. [13]

Una aplicación de este tipo de arquitectura se evidencia en las *Casas Bioclimáticas*, que resultan de la fusión de los conocimientos adquiridos por la arquitectura tradicional a lo largo de los siglos con las técnicas más avanzadas en el confort y en el ahorro energético.

Figura 8.- Casa Bioclimática I Galicia (España) [14]

Tal es el caso de La Casa Bioclimática I de Galicia (España), obra realizada con la finalidad de dar autonomía energética a una vivienda con energías renovables, cuidando todos los aspectos medio-ambientales y desarrollando hasta el mínimo detalle para alcanzar el máximo aprovechamiento de la energía solar y el máximo ahorro energético.

Las aplicaciones fundamentales fueron dirigidas a conseguir una cobertura del 95% en agua caliente y a ahorrar más de un 65% de los costos de calefacción, y al mismo tiempo, abandonar totalmente las energías más caras y contaminantes (gas y otros combustibles).

En cuanto a la tecnología, se destaca principalmente:

1. Paneles solares para producir agua caliente sanitaria y calefacción.
2. Sistema de frío-solar para climatización de la vivienda en temporada de verano.
3. Caldera de biomasa como energía de apoyo para puntas de alta demanda.
4. Autómata con telegestión para regular y optimizar la energía.

En ambos casos, tanto el agua caliente de calefacción como el agua fría se inyectan a un suelo radiante que regulan la temperatura según las necesidades de la casa mediante un autómata "inteligente". Esta central nos permite controlar el aprovechamiento máximo de la instalación solar tanto en temporada de otoño e invierno para producción de calefacción, como en verano para aire acondicionado.

En este tipo de instalaciones con una gran superficie de paneles para poder cubrir una alta demanda en invierno, implica en verano problemas de sobrecalentamiento en paneles y excesos de energía, aprovechando esta situación para transformar dichos excedentes en frío para climatizar la vivienda. [14]

II.3.2.- ENERGÍA SOLAR TÉRMICA [15]

La energía solar térmica consiste en el aprovechamiento del calor solar mediante el uso de captadores o colectores solares.

El principio básico común a todos los sistemas solares térmicos es simple: la radiación solar es captada y el calor se transfiere a un medio portador de calor, generalmente un fluido (agua o aire). El medio calentado se puede usar directamente, como

por ejemplo en el caso de las piscinas, o indirectamente, mediante un intercambiador de calor que transfiere el calor a su destino final por ejemplo, la calefacción de un ambiente.

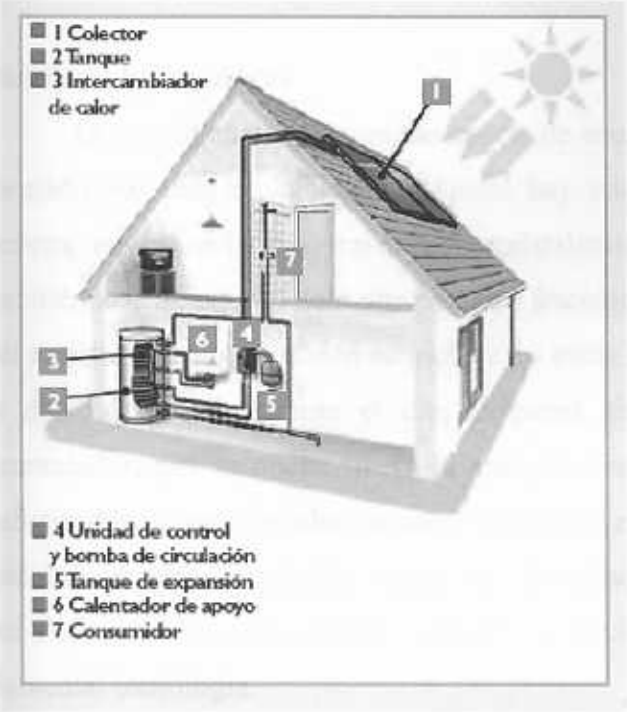


Figura 9.- Sistema solar térmico [16]

De manera muy esquemática, el sistema de energía solar térmica funciona de la siguiente manera: el colector capta los rayos del sol, absorbiendo de esta manera su energía en forma de calor, a través de el hacemos pasar un fluido (normalmente agua) de manera que parte del calor absorbido es transferido a dicho fluido, el fluido eleva su temperatura y es almacenado o directamente llevado al punto de consumo.

Las aplicaciones mas extendidas de esta tecnología son el calentamiento de agua sanitaria (ACS), la calefacción por suelo radiante y el precalentamiento de agua para procesos industriales. Otras aplicaciones son el calentamiento de agua para piscinas cubiertas o a la intemperie y usos emergentes como el de climatización alimentando a bombas de absorción.

Circulación Forzada

Los sistemas de aprovechamiento solar necesitan, muchas veces, alguna fuente de energía adicional para el accionamiento de los elementos de circulación del fluido. Tal es el caso de las instalaciones para agua caliente sanitaria y calefacción, tanto si utilizan colectores planos como tubulares de vacío. Es lo que se conoce como circulación forzada, y se utiliza sobre todo en el norte y el centro de Europa. Mediante una bomba de circulación

se puede situar el acumulador solar en el interior de un edificio, lo cual permite una mejor integración del sistema.

Paredes Absorbedoras

Otros sistemas no necesitan aporte de energía adicional, tal es el caso del conjunto formado por una habitación en la cual hay una abertura acristalada; la radiación solar penetra en el recinto a través del acristalamiento, calentando el aire y las paredes, remitiéndose al exterior sólo una pequeña fracción de la radiación incidente en la superficie del acristalamiento. También se incluye en estos sistemas la pared gruesa de un edificio, a la que da el Sol durante el día; la pared absorbe la radiación, actuando como un acumulador, por la noche libera la energía acumulada. Se han diseñado versiones más sofisticadas de paredes absorbentes, añadiendo exteriormente acristalamientos y haciendo circular aire entre el cristal y la pared. En la década de los 50, este principio fue recuperado por Felix Trombe, que construyó diversos edificios en el sur de Francia basándose en esta elemental tecnología.

Colectores Solares

En función de la aplicación, usaremos distintos tipos de colectores solares, variando también la complejidad de la instalación. De esta manera, podemos usar colectores solares planos (CPC), colectores de tubo de vacío, colectores de polipropileno sin cubierta, etc.

En cuanto a las instalaciones, podemos encontrar desde equipos compactos para dotar de agua caliente sanitaria a una casa unifamiliar, hasta instalaciones más complejas con fluidos caloportadores distintos al agua, intercambiadores de calor, grandes depósitos de acumulación, etc.

Actualmente podemos afirmar que el aprovechamiento de la energía solar térmica es una tecnología madura y fiable, que las inversiones realizadas en general son amortizables sin la necesidad de subvenciones, y que se trata de una alternativa respetuosa con el medio ambiente. En los últimos años se viene produciendo un aumento notable de instalaciones de energía solar térmica debido, por una parte, a la mayor sensibilidad social y política hacia

temas medioambientales y, por otra, a la continua mejora y reducción de costes de los sistemas solares térmicos.

II.3.3.- ENERGÍA EÓLICA SOLAR [17]

La energía eólico solar es un método para obtener energía que funciona con el aire calentado por el sol y que sube por una chimenea donde están los generadores.

Se trata de un complejo dotado de 2 elementos clave, la superficie colectora de calor y la chimenea de ascensión del aire. La superficie colectora no es más que una gran extensión de terreno dotada de una cubierta plástica, que tiene la finalidad de captar los rayos del sol y calentar el aire en su interior, como si se tratase de un invernadero. Al calentarse el aire, este fluye a través de la chimenea, situada en el centro de la superficie colectora, actuando sobre un grupo turbina-alternador, y produciendo por tanto energía eléctrica.

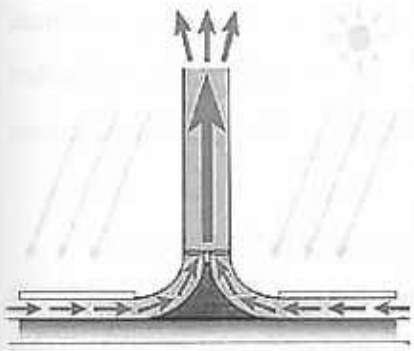


Figura 10.-Central eólico-solar [17]

El primero de los proyectos actuales surgió hace varios años de manos de la compañía australiana *Enviromission Ltd.* Se trataba en principio de una central dotada de una enorme chimenea de 1.000 metros de altura, aunque con posterioridad la altura propuesta se ha rebajado a 400 metros. El proyecto se encuentra en estos momentos en fase de estudio de viabilidad y de construirse se haría en el área de Buronga, Australia.

El segundo de los proyectos lleva también un tiempo en fase de diseño. Se trata de una torre de 750 metros de altura situada en Fuente el Fresno (Ciudad Real, España). Su construcción se inició en 2007 y se espera su conclusión en el año 2010. Esta torre solar, será capaz de generar unos 40 MW, con esto cubrirá la demanda de electricidad de unas 120.000 personas, es un equivalente aproximado a 140.000 barriles de petróleo, por lo que evitará que se emitan a la atmósfera 78.000 toneladas de dióxido de carbono.

La tecnología que ha impulsado los dos proyectos propuestos se ha probada con anterioridad en el que ha sido de momento el único prototipo de central eólico solar desarrollado en el mundo. Dicho prototipo fue construido en Manzanares (Ciudad Real, España) en el año 1982, fruto de la colaboración del gobierno español con el estudio de ingeniería *Schlaich Bergermann and Partners* (con sede en Alemania), responsables de su diseño. Dicha central contaba con una torre de 250 metros de altura y 10 de anchura, y se mantuvo en funcionamiento desde 1982 hasta 1989. El colector tenía un diámetro de 240 metros y sirvió para probar los conceptos básicos de este tipo de centrales, así como proveer datos para su mejora en diseño y rendimiento.

II.3.4.- ENERGÍA SOLAR HÍBRIDA

La energía solar híbrida es un sistema de producción de energía, que combina la energía solar con la energía obtenida de una central térmica convencional, de biomasa o de combustible fósil. Es un sistema con ventajas que lo hacen interesante, ya que su uso puede aumentar la potencia según la demanda; es menos dependiente de las fluctuaciones en la radiación solar; y puede aumentar el rendimiento del ciclo termodinámico del sistema al aumentar la temperatura de trabajo. [13]

Este tipo de energía se emplea como parte de la tecnología ISCC (Integrated Solar Combined Cycle), la cual combina todos los beneficios de la energía solar con los beneficios de un ciclo combinado. El recurso solar sustituye parcialmente el uso del combustible fósil. El campo solar se construye a partir de tecnología cilindro parabólica, una tecnología que basa su funcionamiento en el seguimiento solar y concentrando los rayos solares en unos tubos receptores de alta eficiencia térmica localizados en la línea focal del cilindro, capaces de transformar a través de un fluido (transmisor de calor) calentado por los rayos concentrados y bombeado a través de una serie de intercambiadores, el calor presente en este vapor en energía eléctrica por medio de una turbina de vapor convencional.

Las plantas híbridas ciclo combinado-solar se apoyan en la atractiva configuración que ofrecen las plantas convencionales de ciclo combinado, formadas por una turbina de gas, un recuperador de calor y una turbina de vapor. En el caso de una planta híbrida solar ISCC, se utiliza la energía solar como energía auxiliar que permitirá incrementar el rendimiento del ciclo, y disminuir las emisiones. [13]

En el desierto del Mojave, California, hay 9 centrales SEGS (*Solar Electric Generating Station*), que forman la mayor instalación solar del planeta. Las hay entre 14 MWe y 80 MWe, y su capacidad total es de 354 MWe. Son centrales híbridas y su producción a partir de combustible fósil no puede sobrepasar un determinado porcentaje de la producción total para así tener derecho a subvenciones. [13]

II.3.5.- ENERGÍA TERMOELÉCTRICA SOLAR [13]

Una *central térmica solar* o *central termosolar* es una instalación industrial en la que, a partir del calentamiento de un fluido mediante radiación solar y su uso en un ciclo termodinámico convencional, se produce la potencia necesaria para mover un alternador para generación de energía eléctrica como en una central térmica clásica.

Constructivamente, es necesario concentrar la radiación solar para que se puedan alcanzar temperaturas elevadas, de 300 ° C hasta 1000 ° C, y obtener así un rendimiento aceptable en el ciclo termodinámico, que no se podría obtener con temperaturas más bajas. La captación y concentración de los rayos solares se hacen por medio de espejos con orientación automática que apuntan a una torre central donde se calienta el fluido, o con mecanismos más pequeños de geometría parabólica. El conjunto de la superficie reflectante y su dispositivo de orientación se denomina *heliostato*.

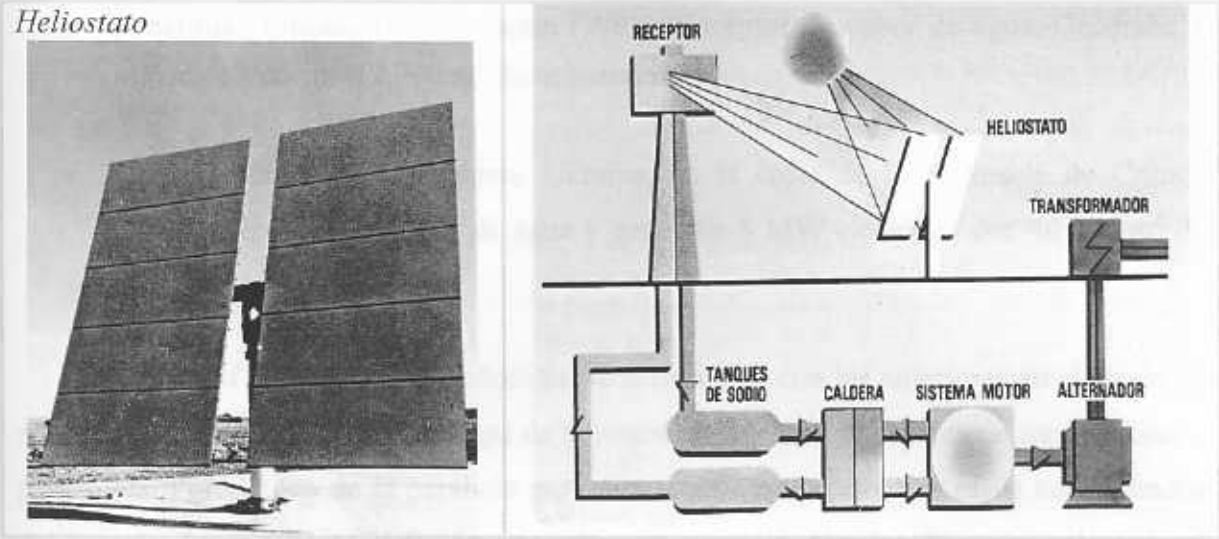


Figura 11.- Esquema de una Central eléctrica solar con Heliostatos [19]

En los años 1980 se construyeron varias centrales termoeléctricas solares con dos conceptos distintos, las centrales de torre y las de cilindros parabólicos.

Una central de torre, está compuesta por un sistema concentrador o campo de heliostatos, que capta y concentra la componente directa de la radiación solar sobre un receptor, donde se produce la conversión de la energía radiante en energía térmica. El fluido de trabajo puede ser, entre otros, aire, vapor de agua, sodio fundido o sales fundidas, según la tecnología escogida. En las de vapor de agua, este mueve directamente una turbina. En los otros, el fluido transporta el calor a un generador de vapor de agua, con el que se hace funcionar una turbina que mueve al generador eléctrico.

Durante finales de los años 1970 y principios de los años 1980 se construyeron varias centrales eléctricas termosolares en distintos lugares del planeta y con diversas variantes tecnológicas, con objeto de demostrar la viabilidad de la generación de energía eléctrica a partir de la energía solar mediante la conversión térmica. Entre estas plantas de demostración pueden mencionarse las siguientes:

- **SSPS/CRS:** Situada cerca de Tabernas, en Almería, España (1981). El receptor era de sodio fundido que alcanzaba temperaturas de 520 °C y generaba 0,5 MW eléctricos con 3.700 m^2 de heliostatos. Tenía 90 heliostatos.

- **Sunshine:** Situada en Nio, Japón (1981). Receptor de vapor de agua. Generaba 1 MW eléctrico con 12.900 m^2 de heliostatos.

- **SPP5:** Situada en Shchelkino, Ukraine, en la costa de la península de Crimea (1985). Receptor de vapor de agua y generaba 5 MW eléctricos con 40.000 m^2 de heliostatos.

Las *centrales de cilindros parabólicos*, se diferencian con las anteriores en el modo de recolectar la energía del Sol. En lugar de heliostatos, se emplean espejos de forma cilindro parabólica. Por el foco de la parábola pasa una tubería que recibe los rayos concentrados del Sol, donde se calienta el fluido, normalmente un aceite térmico. Una vez calentado el fluido, el proceso es el mismo que el de las centrales de torre. Actualmente se están instalando las centrales Andasol I y Andasol II de 50 MW cada una, cerca de Guadix, en los Llanos de Calahorra, Andalucía (España). Así mismo, en Boulder City, cerca de Las Vegas, Nevada (EE.UU), está prevista una de 64 MW.

II.3.6.- ENERGÍA FOTOVOLTAICA

Se denomina energía solar fotovoltaica a una forma de obtención de energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos, los cuales están formados por dispositivos semiconductores tipo *diodo* que, al recibir radiación solar, se excitan y provocan saltos electrónicos, generando una pequeña diferencia de potencial en sus extremos. El acoplamiento en serie de varios de estos fotodiodos permite la obtención de voltajes mayores en configuraciones muy sencillas y aptas para alimentar pequeños dispositivos electrónicos.

El proceso, simplificado, sería el siguiente: Se genera la energía a bajas tensiones (380-800 V) y en corriente continua, se transforma con un inversor en corriente alterna y mediante un centro de transformación se eleva a Media tensión (15 ó 25 kV) y se inyecta en las redes de transporte de la corriente eléctrica. [13]

La energía solar fotovoltaica se utiliza en la actualidad principalmente para la producción de electricidad en zonas geográficas aisladas donde no llega la red eléctrica, como islas o zonas rurales, y en el denominado sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica. La aplicación de este tipo de energía solar en viviendas aisladas de la red requiere, además de paneles fotovoltaicos, un sistema de acumulación, ya que el consumo no siempre coincide con los momentos de luz, o cuando las condiciones atmosféricas son desfavorables.

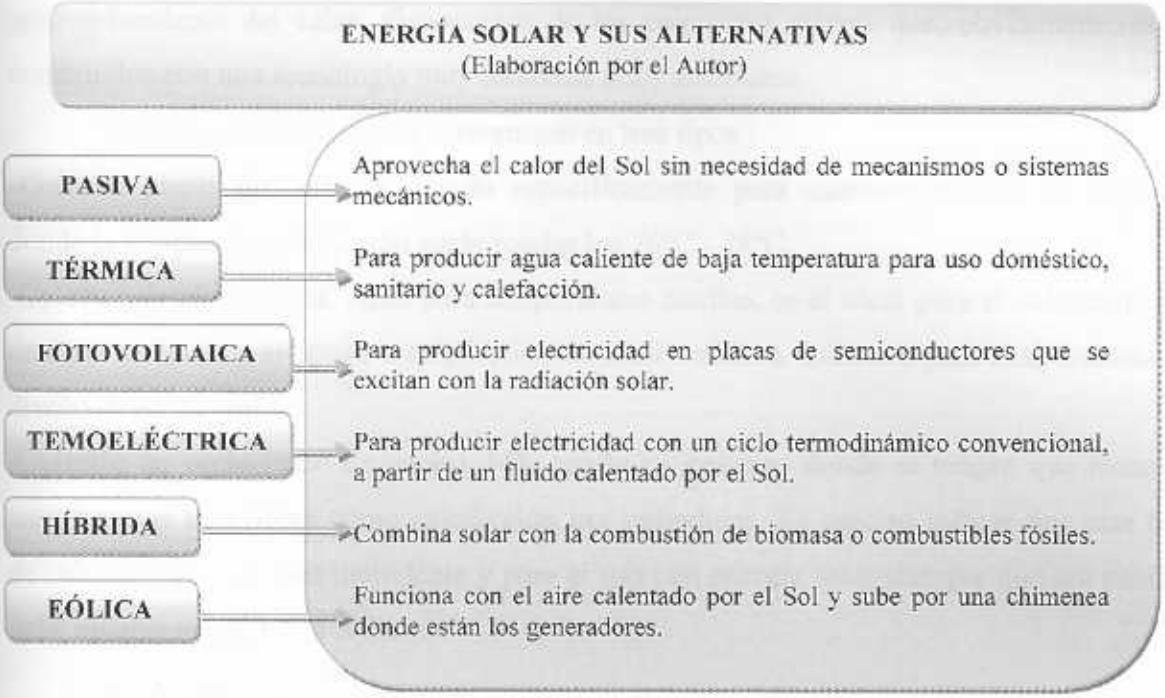
La tecnología fotovoltaica se encuentra todavía en fase de desarrollo y con un escaso nivel de implantación industrial, lo que conlleva además un considerable impacto medioambiental, puesto que se utilizan energías no renovables para la elaboración de las células fotovoltaicas, como recuerda la Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA). Además, el enorme incremento en la producción de paneles solares, que se calcula en torno al 40% anual a nivel mundial, está poniendo en peligro las reservas de su material básico, el silicio, que es también la base de los componentes de la industria microelectrónica, lo que aumenta más si cabe el problema de la obtención de este material.

En la Unión Europea (UE) el crecimiento medio anual de la producción de energía solar fotovoltaica es del 30%. Y entre los países que más apuestan por este tipo de energía destaca Alemania, que cuenta con el 80% de la potencia instalada en la UE, gracias al espectacular crecimiento en la instalación, producción y desarrollo de la tecnología, rebasando ampliamente en pocos años a países como España, donde las horas de sol son muy superiores a las del país germano.

En este sentido, Alemania es en la actualidad el segundo productor mundial de energía solar fotovoltaica tras Japón, con cerca de 5 millones de metros cuadrados de colectores de sol, aunque sólo representa el 0,03% de su producción energética total.

La mayor central de energía solar del mundo se encuentra en la ciudad alemana de Espenhain, que cuenta con 33.500 paneles solares capaces de abastecer a 1.800 hogares.[20]

Las alternativas de la Energía Solar resume sus aplicaciones de la siguiente manera:



II.4.- COLECTORES SOLARES [21]

La energía solar térmica de baja temperatura aprovecha la radiación proveniente del sol para el calentamiento de un fluido a temperaturas normalmente inferiores a 80°C. Esto se lleva a cabo con los llamados *colectores solares* que se benefician de las cualidades de absorción de la radiación y transmisión de calor de algunos materiales, y del efecto invernadero que se produce cuando otro material (por ejemplo el vidrio) es transparente a la radiación de onda corta del sol y opaco a la radiación de onda larga que emiten los cuerpos que están calientes.

Aunque las palabras placas, paneles, módulos y colectores son usadas como sinónimos, existen algunas diferencias entre ellas. El aprovechamiento de la energía solar se realiza principalmente mediante dos procedimientos profundamente distintos: uno es la

generación de electricidad, mientras que el otro es la acumulación del calor, para el primer caso se usan los módulos, placas o paneles fotovoltaicos, mientras que para el aprovechamiento del calor, disponemos de los colectores solares que, obviamente, están construidos con una tecnología muy diferente a los anteriores.

Los colectores solares se diferencian en tres tipos :

-Colector plano sin cubierta. Usado específicamente para calentamiento de piscinas en donde la temperatura de diseño suele rondar los 26°C - 28°C.

-Colector de placa plana. Apto para temperaturas medias, es el ideal para el calentamiento de agua sanitaria y el apoyo a calefacción de suelo radiante. Indicado para temperaturas de diseño de 45°C - 60°C.

-Colector de vacío (tubo de vacío). Más usado en sistemas donde se tengan que alcanzar temperaturas superiores como calefacción por radiadores. Es preciso indicar que este tipo de calefacción es el más ineficiente y para el uso con energía solar siempre que sea posible debe optarse por el suelo radiante.

Colector de placa plana

El colector de placa plana es el más extendido en sistemas de agua caliente sanitaria. Se trata del sencillo panel solar para calentamiento de agua que podemos ver en una vivienda unifamiliar o en una gran instalación de un hospital, polideportivo u hotel. Está formado por cuatro partes principales:

• *Superficie absorbedora*: Constituido normalmente por una parrilla de tubos de cobre soldados a una superficie metálica o a una membrana de cobre. Su función es captar la máxima energía incidente posible; para ello esta superficie se suele recubrir de materiales que favorecen dicha absorción.

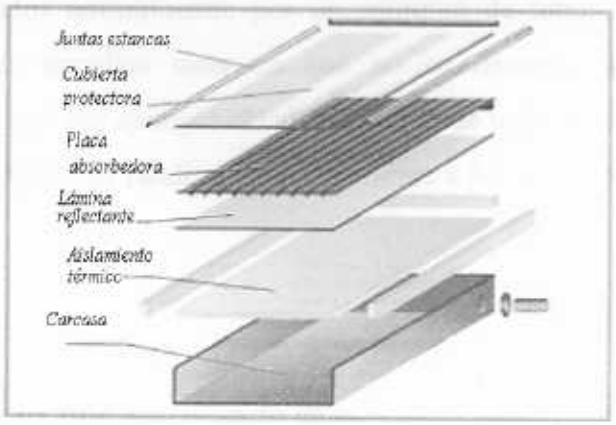


Figura 12.- Colector de placa plana [21]

Un recubrimiento por medio de una capa altamente selectiva de titanio puede llegar a mejorar el rendimiento de un colector hasta en un 30% respecto al recubrimiento clásico de pintura negra.

• **Cubierta:** Su efecto es reducir las pérdidas por convección y provocar el efecto invernadero que se produce dentro del colector. Para conseguirlo, debe ser transparente a radiaciones de baja longitud de onda (0,3 a 3m) que son las radiaciones recibidas en la Tierra emitidas por el Sol. También debe dejar escapar la menor radiación posible de alta longitud de onda emitida por la superficie captadora al recibir los rayos solares (superiores a 3m). Los vidrios más efectivos para captadores solares son los de bajo contenido en óxido de hierro.

• **Aislamiento:** Formado normalmente por lana de vidrio o espuma de poliuretano, su objetivo es que haya las mínimas pérdidas de calor por conducción posibles dentro del colector hacia el exterior.

• **Carcasa:** es el elemento que conforma el panel y contiene a todos sus componentes, confiriéndole la rigidez y resistencia a la intemperie; aunque pueden ser de otro tipo de materiales, lo más habitual es que sean metálicos.

Es importante destacar que dentro de los colectores solares planos está muy extendido el uso de colectores sin cubierta. Formados normalmente por un conjunto de tubos de polipropileno, son muy apropiados para aquellos usos en que no se necesita una temperatura de funcionamiento elevada, como por ejemplo el calentamiento de una piscina. A temperaturas bajas estos colectores pueden tener rendimientos superiores a los colectores con cubierta.

Colectores de vacío

Estos colectores aprovechan que se ha realizado el vacío en su interior para eliminar completamente las pérdidas por convección y conducción en el interior del colector. Los

más comunes son los colectores de tubos de vacío. Están formados por varios tubos en donde se ha eliminado el aire en su interior, lo que permite incrementar el rendimiento del colector y la temperatura de trabajo del mismo. Permiten modificar la inclinación de la superficie captadora, con el panel en posición horizontal, y la orientación con el panel inclinado; lo que facilita su adaptación a la arquitectura de la edificación. Son muy aptos para usos en los que se requieren unas temperaturas más elevadas que las requeridas por el agua caliente sanitaria.

Figura 13.- Colector Tubo de vacío [22]

Dentro de esta tipología hablaremos también de los colectores CPC o *concentradores cilindro-parabólicos*. El colector está formado por varios reflectores de sección cilíndrica o parabólica sobre los que se reflejan los rayos solares. Estos inciden en una pequeña lámina absorbedora que lleva soldada un solo tubo de cobre por donde circula el fluido caloportador.

Figura 14.- Concentradores cilindro parabólicos [23]

Con este sistema se consiguen rendimientos más cercanos a los de tubo de vacío. Como última tecnología al alcance doméstico, se comercializan desde algún tiempo los colectores *heat pipe* o colectores termodinámicos. No es más que un colector de tubo de vacío por donde, en vez de circular un fluido caloportador normal, se hace circular una especie de alcohol. Lo que hacemos es aprovechar el calor latente de vaporización de este fluido para producir un alto poder calorífico.

II.5.- PANELES SOLARES

El método más sencillo para la captación solar es el de la conversión fotovoltaica, que consiste en convertir la energía solar en energía eléctrica por medio de células solares. Estas células son denominadas *células fotovoltaicas*, elaboradas a base de silicio puro con adición de impurezas de ciertos elementos químicos, tiene un tamaño aproximado de 10cm.x10cm. y son capaces de generar cada una de 2 a 4 Amperios, a un voltaje de 0,46 a 0,48 V, utilizando como materia prima las radiaciones solares. [24]

Son de 3 tipos: silicio amorfo, policristalino y monocristalino, siendo su rendimiento variable entre el 8, 12, 15 % de la luminosidad recibida. Su durabilidad está entre los 20 y 30 años. Hay celdas con otros compuestos y con mayor rendimiento en potencia con costos aún altos.

Admiten tanto la radiación directa como la difusa, lo que quiere decir que se puede conseguir energía eléctrica incluso en días nublados. Las celdas se agrupan e interconectan configurando así los Paneles Fotovoltaicos.

II.5.1.- CÉLULAS FOTOVOLTAICAS [25]

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

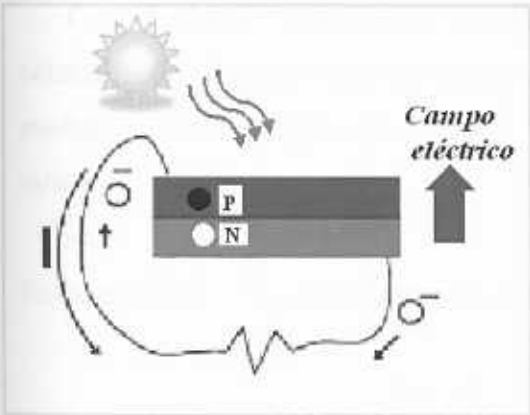


Figura 15.- Generación eléctrica por efecto fotovoltaico en una unión p-n [25]

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

La curva de funcionamiento I-V de la célula fotovoltaica es la que marca sus características eléctricas, en ella se ven relacionados los siguientes parámetros:

- Intensidad de corriente de cortocircuito (Isc), que se generaría si se cortocircuitaran las bornas de la célula.
- Tensión de circuito abierto (Voc), que es la propia tensión en bornas de la célula.
- Punto de máxima potencia de la curva, es aquél en el que la célula produce la máxima potencia, siendo su magnitud igual al producto de la intensidad y tensión máximas.

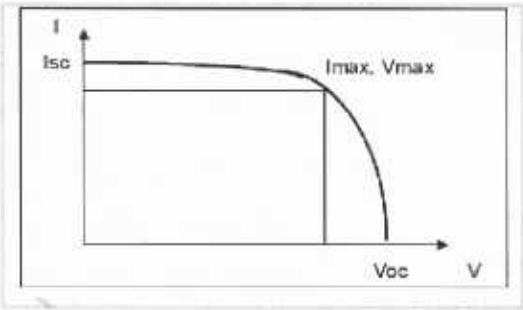


Figura 16.- Curva de funcionamiento I-V de una célula fotovoltaica [25]

La potencia máxima que puede alcanzar la célula en condiciones estándar se le denomina potencia pico, y su unidad de medida es el Watio pico (Wp).

Con objeto de poder comparar las curvas características eléctricas de las distintas células fotovoltaicas existentes en el mercado se definen unas condiciones estándar de medida, que son: irradiancia de 1000 W/m2, 25° C en célula y velocidad del viento de 1 m/s.

En estas condiciones, los valores de la célula suelen ser los siguientes:

$$Isc \sim 3 - 3{,}5\ A\ Voc \sim 0{,}6 - 0{,}7\ V$$

II.5.2.- MÓDULO FOTOVOLTAICO [25]

La unión eléctrica de las células fotovoltaicas da lugar a los módulos fotovoltaicos, que no son más que un conjunto de células (36-72) fotovoltaicas conectadas entre sí, de modo que son capaces de generar una corriente eléctrica a partir de la incidencia de la luz solar. Ésta corriente eléctrica es generada a baja tensión (12-48V) y en corriente continua. Generalmente se los construye de acuerdo a su potencia: 5 a 200Wp, aunque algunos fabricantes ofrecen módulos con potencias picos superiores; pudiendo ser conectados en serie o paralelo. Las células se montan en serie sobre paneles o módulos solares para conseguir un voltaje adecuado a las aplicaciones eléctricas. [26]

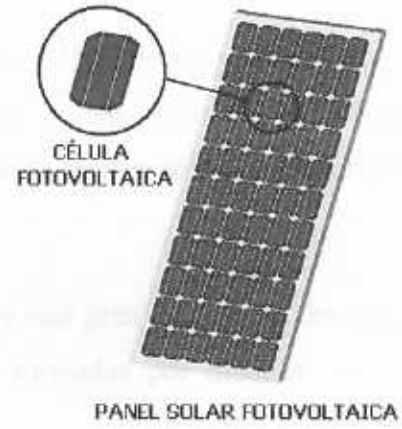


Figura 17.- Panel fotovoltaico [27]

La mayor parte de los paneles solares se construyen asociando primero células en serie hasta conseguir el nivel de tensión deseado, y luego asociando en paralelo varias asociaciones serie de células para alcanzar el nivel de corriente deseado. Además, el panel

cuenta con otros elementos a parte de las células solares, que hacen posible la adecuada protección del conjunto frene a los agentes externos; asegurando una rigidez suficiente, posibilitando la sujeción a las estructuras que lo soportan y permitiendo la conexión eléctrica.

Estos elementos son:

- ***Cubierta exterior de cara al Sol***. Es de vidrio que debe facilitar al máximo la transmisión de la radiación solar. Se caracteriza por su resistencia mecánica, alta transmisividad y bajo contenido en hierro.

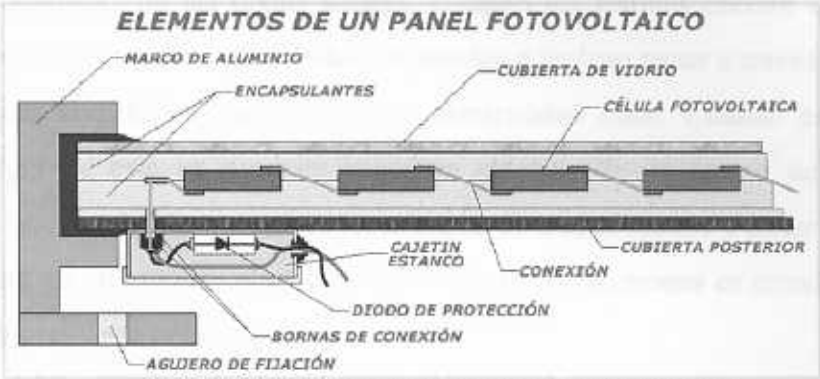


Figura 18.- Elementos de un Panel fotovoltaico [11]

- ***Encapsulante***. De silicona o más frecuentemente EVA (etilen-vinil-acetato). Es especialmente importante que no quede afectado en su transparencia por la continua exposición al sol, buscándose además un índice de refracción similar al del vidrio protector para no alterar las condiciones de la radiación incidente.

- ***Protección posterior***. Igualmente debe dar rigidez y una gran protección frente a los agentes atmosféricos. Usualmente se emplean láminas formadas por distintas capas de materiales, de diferentes características.

- ***Marco metálico***. De Aluminio, que asegura una suficiente rigidez y estanqueidad al conjunto, incorporando los elementos de sujeción a la estructura exterior del panel. La unión entre el marco metálico y los elementos que forman el modulo está realizada mediante distintos tipos de sistemas resistentes a las condiciones de trabajo del panel.

- ***Cableado y bornas de conexión***. Habituales en las instalaciones eléctricas, protegidos de la intemperie por medio de cajas estancas.

- ***Diodo de protección***. Su misión es proteger contra sobre-cargas u otras alteraciones de las condiciones de funcionamiento de panel. [11]

Cuando una célula fotovoltaica convierte la luz en electricidad le llamamos el *efecto fotovoltaico* (FV) y puede generarse mediante diferentes tipos de energías dependiendo de las distintas longitudes de las ondas solares. Cuando los fotones chocan con las células fotovoltaicas, estos pueden ser absorbidos, reflejados e incluso pasar a través de las células. Solo los fotones absorbidos pueden generar electricidad solar. Cuando es absorbido el fotón, la energía de este se conduce hacia un electrón de un átomo de la célula. Al generarse esta nueva energía, este electrón es capaz de transformarse y pasar a formar parte de una corriente en un circuito eléctrico. La corriente de electrones es creada en las capas de semiconductores de la célula solar.

Los semiconductores son tratados para que formen dos capas diferentes para constituir un campo eléctrico. La corriente eléctrica se forma gracias a los electrones atrapados en el campo eléctrico, una vez que la luz se proyecta en la célula solar. Las células se fabrican con materiales que actúan como aislantes con bajas temperaturas y como conductores cuando se aumenta la energía. [1]

II.5.3.- TIPOS DE PANELES SEGÚN MATERIALES Y FORMA

a) Según materiales

El Silicio es el material base de las células solares y el más común de usar como panel fotovoltaico. Los cristales de Silicio están disponibles en lingotes que son cortados en discos finos y pulidos para eliminar posibles daños causados por el corte. Se introducen dopantes (impurezas añadidas para modificar las propiedades conductoras) dentro de los discos, y se depositan conductores metálicos en cada superficie: una fina rejilla en el lado

donde da la luz solar y usualmente una hoja plana en el otro. Los paneles solares son construidos con estas celdas cortadas en forma apropiada.

Para protegerlos de daños en la superficie frontal causados por radiación o por el mismo manejo de éstos se los enlaza en una cubierta de vidrio y se cimentan sobre un sustrato (el cual puede ser un panel rígido o una manta blanda). La cimentación y el sustrato deben ser conductores térmicos, ya que las celdas se calientan al absorber la energía infrarroja. Por último, se realizan conexiones eléctricas en serie-paralelo para determinar el voltaje de salida total. Los ensamblajes resultantes son los paneles solares o grupos solares. [27]

Existen diferentes tipos de paneles solares en función de los materiales semiconductores y los métodos de fabricación que se empleen. Los tipos de paneles solares que se pueden encontrar en el mercado son:

- **Silicio Puro monocristalino**: Basados en secciones de una barra de silicio perfectamente cristalizado en una sola pieza que se ha desarrollado a aproximadamente 1400°C. Este es un proceso muy costoso y el silicio debe ser de una pureza muy elevada con una estructura cristalina casi perfecta. En laboratorio se han alcanzado rendimientos máximos del 24,7% para éste tipo de paneles siendo en los comercializados del 16%.

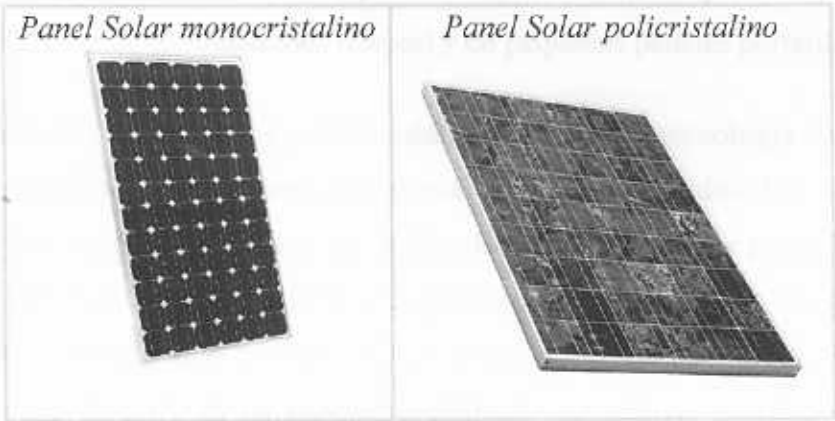


Figura 19.- Paneles solares de Silicio [28]

- **Silicio puro policristalino**: Los materiales son semejantes a los del tipo anterior aunque en este caso el proceso de cristalización del silicio es diferente. Los paneles policristalinos se basan en secciones de una barra de silicio que se ha estructurado desordenadamente en forma de pequeños cristales. Son visualmente muy reconocibles por presentar un aspecto granulado en su superficie. Se obtiene con ellos un rendimiento inferior que con los monocristalinos (en laboratorio del 19,8% y en los módulos comerciales del 14%), siendo su precio también más bajo.

Por las características físicas del silicio cristalizado, los paneles fabricados siguiendo esta tecnología presentan un grosor considerable. Mediante el empleo del silicio con otra estructura o de otros materiales semiconductores es posible conseguir paneles más finos y versátiles que permiten incluso en algún caso su adaptación a superficies irregulares. Son los denominados paneles de lámina delgada.

Así pues, los tipos de paneles de lámina delgada son:

- **Silicio amorfo** (TFS): Basados también en el silicio, pero a diferencia de los dos anteriores, este material no sigue aquí estructura cristalina alguna; los átomos están dispuestos desordenadamente, sin formar ninguna estructura, y presentan numerosos defectos que dificultan el paso de los electrones. Se trata, sin embargo, del método de fabricación menos costoso aunque también con el que se obtiene menores rendimientos. Su rendimiento máximo alcanzado en laboratorio ha sido del 13% siendo el de los módulos comerciales del 8%. Paneles de este tipo son habitualmente empleados para pequeños dispositivos electrónicos (calculadoras, relojes) y en pequeños paneles portátiles. [28]

- **Teluro de cadmio** (CdTe): Estos paneles están construidos en tecnología desarrollada por W.S. Sampath, profesor de ingeniería de materiales en la Universidad de Colorado. Estos paneles están construidos con láminas finas de *teluro de cadmio*, que permite obtener una eficiencia de entre el 11% y el 13%, aunque su mayor ventaja es su bajo coste de producción. Al contrario que sus homólogos convencionales de Silicio, estos paneles pueden producirse en serie en un proceso totalmente automático. Además el proceso de

fabricación produce pocos residuos y requiere 100 veces menos material semiconductor que los paneles tradicionales de silicio. [29]

- **Arseniuro de Galio** (GaAs): Es un componente semiconductor muy indicado para células de alto rendimiento, hasta ahora su alto costo de fabricación ha supuesto una importante barrera para su desarrollo, de manera que puede decirse que aún está en fase experimental debido a que estos altísimos costos no hacen viable su comercialización. Presenta unos rendimientos en laboratorio del 25,7% siendo los comerciales del 20%. [28]

- **Diseleniuro de cobre en indio** (CIS): La deposición de capas delgadas de Diseleniuro de Cobre e Indio resulta un proceso poco costoso y atractivo para la fabricación de paneles solares debido a las propiedades ventajosas que presenta como material de absorción de luz. Propiedades morfológicas de la superficie tienen una estrecha relación con el modo de producción, y además un efecto en la eficiencia y en el envejecimiento del dispositivo en base a películas delgadas. Con rendimientos en laboratorio próximos al 17% y en módulos comerciales del 9%. [30]

Existen también los llamados paneles **Tándem** que combinan dos tipos de materiales semiconductores distintos. Debido a que cada tipo de material aprovecha sólo una parte del espectro electromagnético de la radiación solar, mediante la combinación de dos o tres tipos de materiales es posible aprovechar una mayor parte del mismo. Con este tipo de paneles se ha llegado a lograr rendimientos del 35%. Teóricamente con uniones de 3 materiales podría llegarse hasta rendimientos del 50%.

La mayoría de los módulos comercializados actualmente están realizados de silicio monocristalino, policristalino y amorfo. El resto de materiales se emplean para aplicaciones más específicas y son más difíciles de encontrar en el mercado. Actualmente, el material más utilizado es el silicio monocristalino que tiene una duración en el tiempo superior a cualquier otro material utilizado para el mismo fin.

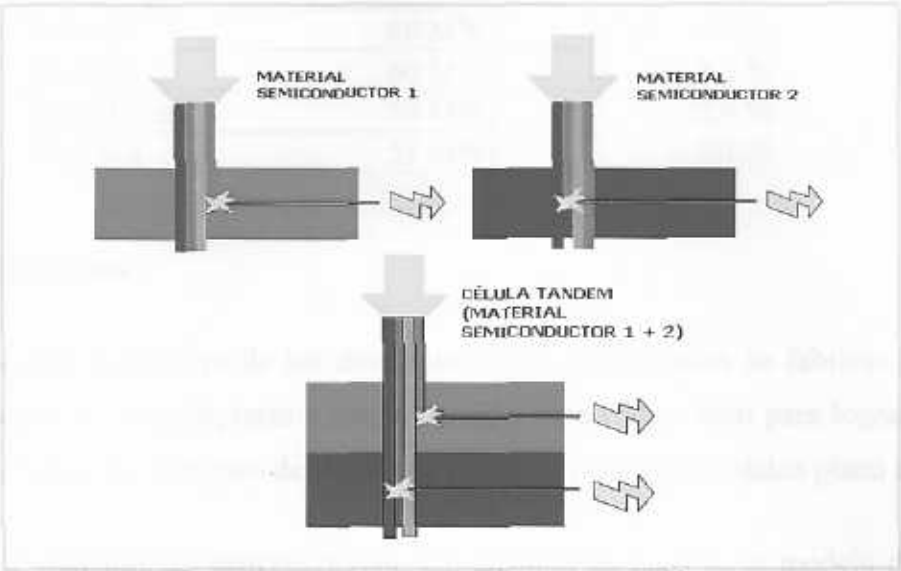


Figura 20.- Sistema Paneles Tándem [28]

La participación en el mercado de las diferentes tecnologías fotovoltaicas (final del año 2005) es la siguiente:

Tabla VI.- Mercado de las diferentes tecnologías fotovoltaicas [31]

Total mundial:	**1.815,7 MW**
Silicio cristalino: 90,6%	Teluro de cadmio: 1,6%
Silicio amorfo: 4,7%	Cobre selenio indio: 0,2%
Otras tecnologías: 2,9%	

Tabla VII.- Producción geográfica de células fotovoltaicas en el mundo (2005) [31]

Japón	824,3 MW	46%
Europa	515,3 MW	28%
Estados Unidos	154,8 MW	9%
China	150,7 MW	8%
Resto del mundo	172,6 MW	9%

Tabla VIII.- Principales fabricantes de células fotovoltaicas en el mundo (2005) [31]

Sharp	428 MWp	24,8 % del mercado
Q-Cells	160 MWp	9,3 %
Kyocera	142 MWp	7,2 %
Sanyo	125 MWp	7,2 %
Mitsubishi	100 MWp	5,8 %
Schott Solar	95 MWp	5,5 %
BP Solar	90 MWp	5,2 %

Suntech	80 MWp	4,6 %
Motech	60 MWp	3,5 %
Shell Solar	59 MWp	3,4 %
Isofotón	53 MWp	3,1 %

b) Según forma

Empleándose cualquiera de los materiales antes mencionados se fabrican paneles en distintos formatos para adaptarse a una aplicación específica o bien para lograr un mayor rendimiento .Algunos ejemplos de formas de paneles distintos del clásico plano son:

Paneles con sistemas de concentración. Un ejemplo de ellos es el modelo desarrollado por una marca española, el cual mediante una serie de superficies reflectantes concentra la luz sobre los paneles fotovoltaicos. Aunque el porcentaje de conversión no varíe, una misma superficie de panel producirá más electricidad ya que recibe una cantidad concentrada de fotones.

Actualmente se investiga en sistemas que concentran la radiación solar por medio de lentes. La concentración de la luz sobre los paneles solares es una de las vías que están desarrollando los fabricantes para lograr aumentar la efectividad de las células fotovoltaicas y bajar los costes.

Figura 21.- Panel solar con sistema de concentración [27]

Paneles de formato "teja o baldosa". Estos paneles son de pequeño tamaño y están pensados para combinarse en gran número para así cubrir las grandes superficies que ofrecen los tejados de las viviendas. Aptos para cubrir grandes demandas energéticas en los que se necesita una elevada superficie de captación.

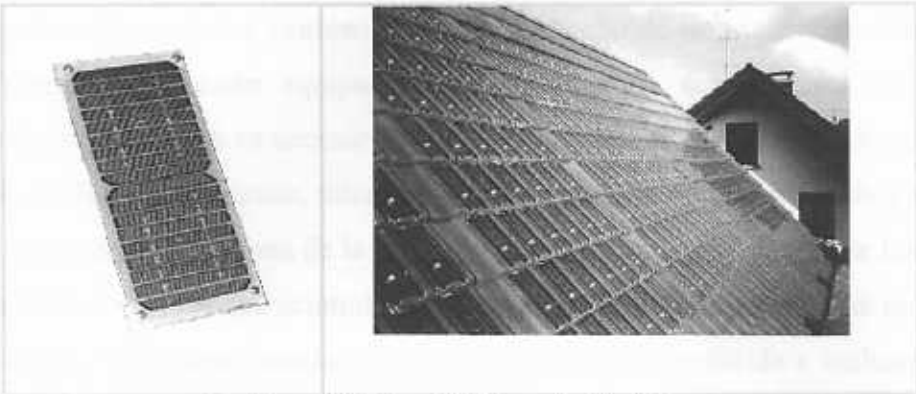


Figura 22.- Panel de formato teja [32]

Paneles bifaciales: Basados en un tipo de panel capaz de transformar en electricidad la radiación solar que recibe por cualquiera de sus dos caras. Para aprovechar convenientemente esta cualidad se coloca sobre dos superficies blancas que reflejan la luz solar hacia el reverso del panel. [28]

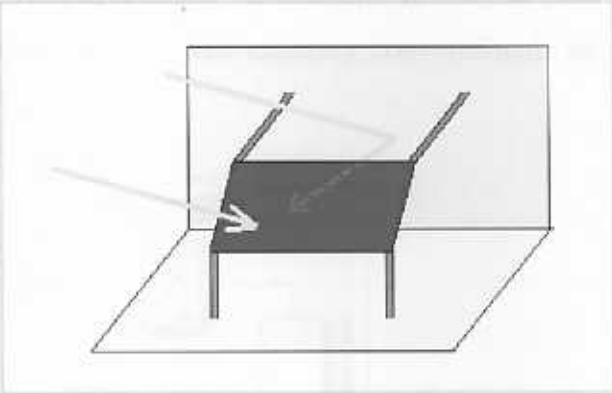


Figura 23.- Paneles bifaciales [28]

II.5.4.- SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO (SSFV)

El panel solar es el elemento encargado de captar la energía del sol y de transformarla en energía eléctrica que pueda ser usada. Asociado a los paneles existen otros componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que se utilizan en las instalaciones como elementos de seguridad o que amplían las posibilidades del uso de la instalación, conformando lo que denominamos un *Sistema Fotovoltaico*. Estos sistemas, independientemente de su utilización y del tamaño de potencia, se pueden dividir en dos categorías: **aislados** y **conectados a la red**.

Los **sistemas aislados (autónomos)**, por el hecho de no estar conectados a la red eléctrica, normalmente están equipados con sistemas de acumulación de la energía producida. La acumulación es necesaria porque el campo fotovoltaico puede proporcionar energía sólo en las horas diurnas, mientras que a menudo la mayor demanda por parte del usuario se concentra en las horas de la tarde y de la noche. Durante la fase de insolación es, por tanto, necesario prever una acumulación de la energía no inmediatamente utilizada, que es proporcionada a la carga cuando la energía disponible es reducida e incluso nula. Una configuración de este tipo implica que el campo fotovoltaico debe estar dimensionado de forma que permita, durante las horas de insolación, la alimentación de la carga y de la recarga de las baterías de acumulación. Los sistemas aislados básicamente se utilizan para el suministro de electricidad en lugares donde no existe red eléctrica convencional: en zonas rurales, en países en vías de desarrollo, etc.

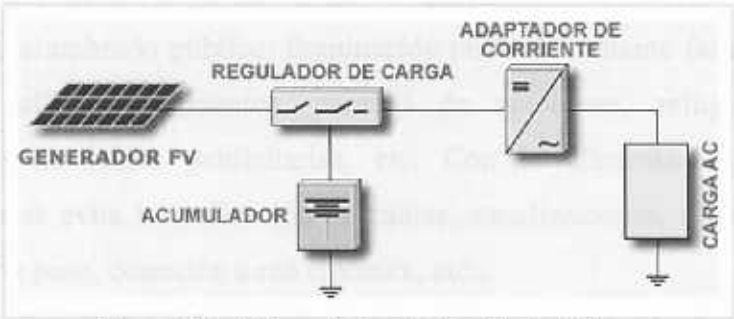


Figura 24.- Sistema fotovoltaico aislado [11]

Los sistemas **conectados en red**, en cambio, normalmente no tienen sistemas de acumulación, ya que la energía producida durante las horas de insolación es canalizada a la red eléctrica. Constan de los sistemas de captación y de conversión de la electricidad generada (de corriente continua a corriente alterna), y de conexión a la red.; al contrario que en los sistemas aislados, durante las horas de insolación escasa o nula, la carga viene alimentada por la red. Un sistema de este tipo, desde el punto de vista de la continuidad de servicio, resulta más fiable que uno no conectado a la red que, en caso de avería, no tiene posibilidad de alimentación alternativa. La tarea de los sistemas conectados a la red es, por tanto, la de introducir en la red la mayor cantidad posible de energía. [33]

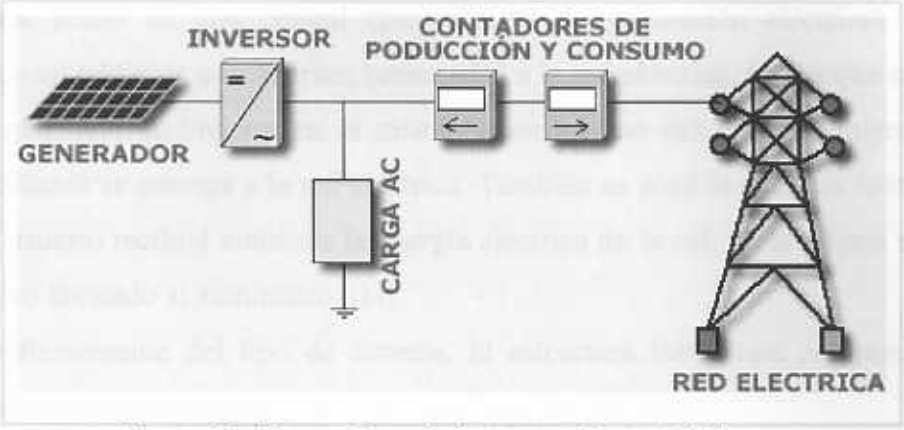


Figura 25.- Sistema fotovoltaico conectado a red [11]

En el primer tipo, la energía generada a partir de la conversión fotovoltaica se utiliza para cubrir pequeños consumos eléctricos en el mismo lugar donde se produce la demanda. Es el caso de aplicaciones como la electrificación de:

- viviendas alejadas de la red eléctrica convencional;
- servicios y alumbrado público: iluminación pública mediante farolas autónomas de parques, calles, monumentos, paradas de autobuses, refugios de montaña, alumbrado de vallas publicitarias, etc. Con la alimentación fotovoltaica de luminarias se evita la realización de zanjas, canalizaciones, necesidad de adquirir derechos de paso, conexión a red eléctrica, etc.;
- aplicaciones agrícolas y de ganado: bombeo de agua, sistemas de riego, iluminación de invernaderos y granjas, suministro a sistemas de ordeño, refrigeración, depuración de aguas, etc.;
- señalización y comunicaciones: navegación aérea (señales de altura, señalización de pistas) y marítima (faros, boyas), señalización de carreteras, vías de ferrocarril, repetidores y reemisores de radio y televisión y telefonía, cabinas telefónicas aisladas con recepción a través de satélite o de repetidores, estaciones de tomas de datos, equipos sismológicos, estaciones meteorológicas, dispositivos de señalización y alarma, etc.

En cuanto a las instalaciones conectadas a la red se pueden encontrar dos casos: centrales fotovoltaicas, (en las que la energía eléctrica generada se entrega directamente a la

red eléctrica, como en otra central convencional de generación eléctrica) y sistemas fotovoltaicos en edificios o industrias, conectados a la red eléctrica, en los que una parte de la energía generada se invierte en el mismo autoconsumo del edificio, mientras que la energía excedente se entrega a la red eléctrica. También es posible entregar toda la energía a la red; el usuario recibirá entonces la energía eléctrica de la red, de la misma manera que cualquier otro abonado al suministro. [34]

Independientemente del tipo de sistema, la estructura física está compuesta por los siguientes elementos:

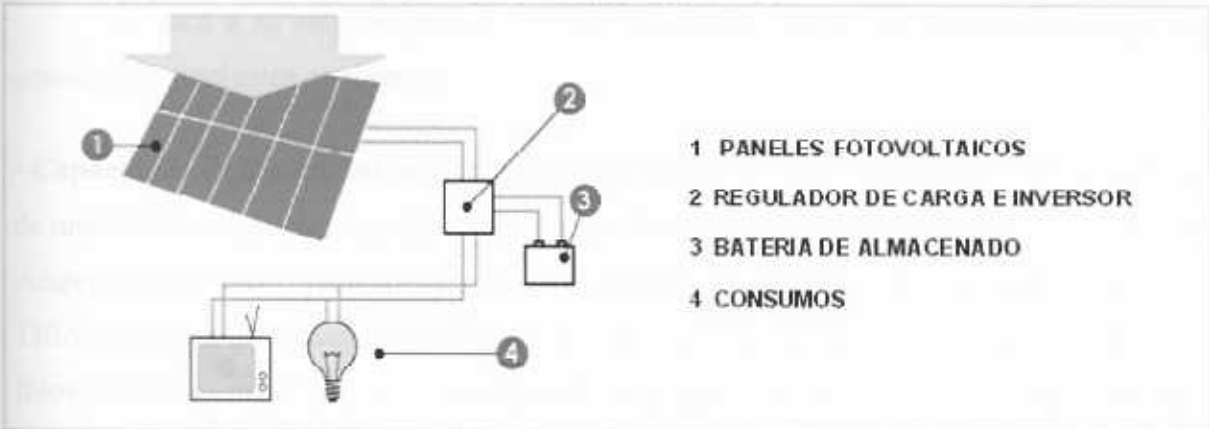


Figura 26.- Sistema Solar Fotovoltaico [26]

1. Un **generador solar**, compuesto por un conjunto de paneles fotovoltaicos, que captan la radiación luminosa procedente del sol y la transforman en corriente continúa a baja tensión (12 ó 24 V). [26]

2. Un **regulador de carga,** para un funcionamiento satisfactorio de la instalación en la unión de los paneles solares con la batería. El regulador tiene como función fundamental impedir que la batería continúe recibiendo energía del generador solar una vez que ha alcanzado su carga máxima. Si, una vez que se ha alcanzado la carga máxima, se intenta seguir introduciendo energía, se inicia en la batería procesos de gasificación (hidrólisis del agua en hidrógeno y oxígeno) o de calentamiento, que pueden llegar a ser peligroso y, en cualquier caso, acortaría sensiblemente la vida de la misma.

Otra función del regulador es la prevención de la sobredescarga, con el fin de evitar que se agote en exceso la carga de la batería, que puede provocar una sensible disminución en la capacidad de carga de la batería en sucesivos ciclos.

3. Un **acumulador**, que almacena la energía producida por el generador en Baterías y permite disponer de corriente eléctrica fuera de las horas de luz o días nublados. Hay que destacar que la fiabilidad de la instalación global de electrificación depende en gran medida de la del sistema de acumulación, siendo por ello un elemento al que hay que dar la gran importancia que le corresponde.

De cara a su empleo en instalaciones de electrificación fotovoltaica, es necesario conocer los siguientes conceptos:

- Capacidad: Es la cantidad de electricidad que puede obtenerse mediante la descarga total de una batería inicialmente cargada al máximo. La capacidad de un acumulador se mide en Amperios-hora (Ah), para un determinado tiempo de descarga, es decir una batería de 130Ah es capaz de suministrar 130A en una hora o 13A en diez horas. Para acumuladores fotovoltaicos es usual referirse a tiempos de descarga de 100 horas. También al igual que para módulos solares puede definirse el voltaje de circuito abierto y el voltaje en carga. Las baterías tienen un voltaje nominal que suele ser de 2, 6, 12, 24V, aunque siempre varíe durante los distintos procesos de operación. Es importante el voltaje de carga, que es la tensión necesaria para vencer la resistencia que opone el acumulador a ser cargado.

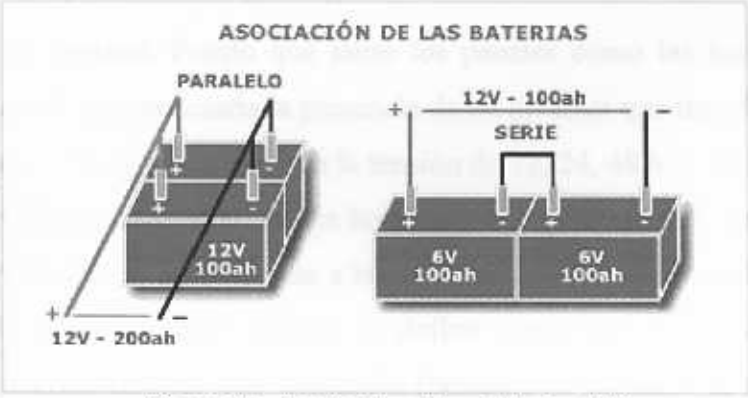


Figura 27.- Asociación de las Baterías [11]

- **Eficiencia de carga:** Que es la relación entre la energía empleada para cargar la batería y a realmente almacenada. Una eficiencia del 100% significa que toda la energía empleada para la carga puede ser remplazada para la descarga posterior. Si la eficiencia de carga es baja, es necesario dotarse de un mayor número de paneles para realizar las mismas aplicaciones.

- **Autodescarga:** Es el proceso por el cual el acumulador, sin estar en uso, tiende a descargarse.

- **Profundidad de descarga:** Se denomina profundidad de descarga al valor en tanto por ciento de la energía que se ha sacado de un acumulador plenamente cargado en una descarga. Como ejemplo, si tenemos una batería de 100Ah y la sometemos a una descarga de 20Ah, esto representa una profundidad de descarga del 20%.

A partir de la profundidad de descarga podemos encontrarnos con descargas superficiales (de menos del 20%) o profundas (hasta 80%). Ambas pueden relacionarse con ciclos diarios y anuales. Es necesario recalcar que cuanto menos profundos sean los ciclos de carga/descarga, mayor será la duración del acumulador. También es importante saber que, para la mayoría de los tipos de baterías, un acumulador que queda totalmente descargado, puede quedar dañado seriamente y perder gran parte de su capacidad de carga.

Existen diferentes tipos de baterías, pero los más usuales son las de plomo ácido y de ciclo profundo. La vida útil está en función al porcentaje de descarga y a los ciclos que se descarga y carga. Cada batería tiene sus especificaciones y conviene no descargar más del 30% de su capacidad máxima. [11]

4. Un **inversor de tensión.** Puesto que tanto los paneles como las baterías trabajan en corriente continua (CC), es necesaria la presencia de un inversor que transforme la corriente continua en alterna (CA), y a su vez eleva la tensión de 12, 24, 48 V a 110 ó 220, pudiendo así utilizar los artefactos domiciliarios. Un inversor viene caracterizado principalmente por la tensión de entrada, que se debe adaptar a la del generador, la potencia máxima que puede proporcionar y la eficiencia. Esta última se define como la relación entre la potencia eléctrica que el inversor entrega a la utilización (potencia de salida) y la potencia eléctrica que extrae del generador (potencia de entrada).

La eficiencia del inversor varía en función de la potencia consumida por la carga. Esta variación es necesario conocerla, sobre todo si la carga en alterna es variable a fin de que el punto de trabajo del equipo se ajuste lo mejor posible a un valor promedio especificado. [11]

5. Soportes y protección de Paneles, compuestos por una estructura que sirve para modificar la orientación e inclinación; debe presentar característica de robustez y durabilidad necesarias para afrontar las inclemencias climáticas Existen diferentes modelos de acuerdo a la ubicación de los paneles (techos planos o inclinados, fachadas y suelo natural). En ciertas áreas geográficas es necesario protegerlos con mallas metálicas o plásticas anti-granizo. Soportan un granizo de Ø=25 mm a una velocidad de caída de 70 km/h., los de mayor diámetro pueden destruir el Panel. [26]

II.5.5.- SISTEMA DE SEGUIMIENTO SOLAR

El Panel al estar fijo recibe los rayos del Sol inclinados al amanecer, aumentando el ángulo durante la mañana para recibirlos perpendicularmente al mediodía e ir disminuyendo durante el atardecer. Durante todo el día el panel recibe una insolación variable que va aumentando y disminuyendo progresivamente. Esa insolación varía desde los 0 W hasta llegar a los 1000 W al mediodía para luego ir decreciendo a 0 W. Este obstáculo puede solucionarse si la duración del día solar se reduce a un **valor promedio** fijo que contemple las variaciones en el valor de la insolación para esa locación y estación del año.

El **Día Solar (DS)** representa el valor promedio de horas, *del total de horas entre el amanecer y el anochecer*, durante el cual una locación para esa época del año con radiación constante de $1kW/m^2$ tiene máxima insolación o luminosidad (IM). Cada área geográfica de la Tierra tiene un valor medido en horas de máxima insolación.

Para obtener el mejor rendimiento, los paneles solares deben colocarse en lugares donde no haya obstáculos que produzcan sombras en el horario de luminosidad pico,

enfrentando el panel hacia el Norte. En áreas con obstáculos montañosos se busca la media entre la salida del sol y su puesta. La Potencia Pico es la máxima que genera el panel en las horas de máxima insolación: 1000 W/m^2 a 25 °C y con un espectro luminoso correspondiente a ***M1,5***; esto es el valor de la Masa de aire, un parámetro de medición adoptado como estándar para evaluar la potencia eléctrica máxima.

La **Masa de aire (M)** es el térmico que define, indirectamente, la distancia entre la altura del sol respecto al horizonte y un observador fijo sobre la Tierra. Cuando el sol ha alcanzado el zenit, la distancia entre el observador y el sol es mínima, ya que los rayos solares caen formando un ángulo de 90° respecto al horizonte. Cuando el sol está más cercano al horizonte, la masa de aire (**M**) crece, y la distancia que deben atravesar los rayos para alcanzar la posición del observador se incrementa.

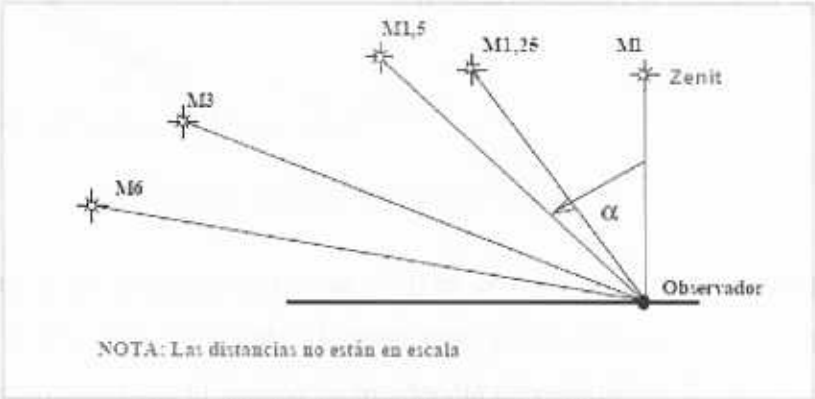


Figura 28.- Inclinación: Masa de aire [35]

A la posición del zenit se le asigna, como referencia, una masa de aire unitaria (**M1**). Para cualquier otra distancia la masa de aire estará dada por la expresión:

$$\textbf{Masa de Aire} = 1 / \cos\alpha$$

Si se conoce la masa de aire, el ángulo **α** puede ser calculado de la expresión anterior, obteniéndose que:

$$\cos\alpha = 1 / \textbf{Masa de Aire} \quad \text{y} \quad \alpha = \arccos(1/M)$$

Se deduce así que una masa de aire de valor 1,5 corresponde a un ángulo cuyo coseno tiene un valor de 0,6666, o sea unos 48°. Los valores correspondientes a los ángulos (+/-) α tienen el mismo valor, ya que $\cos \alpha = \cos -\alpha$.

Cuando la masa de aire es de 1,5 la potencia de la radiación solar es de **1 kW/m²**.

El **ángulo de inclinación** (α) es el formado entre la superficie colectora y la horizontal del lugar. Para un dado valor del ángulo de inclinación, dependiendo de la posición del sol sobre el horizonte, existirá un valor para el ángulo de incidencia (β) que forma la perpendicular a la superficie del panel con los rayos incidentes.

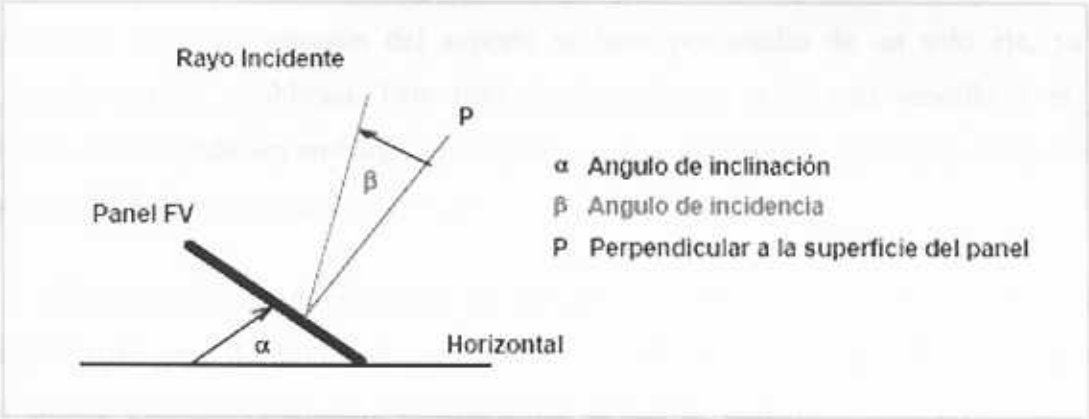


Figura 29.- Inclinación máxima: Hora-Pico [35]

La energía incidente aumenta cuando β es cero (rayos incidentes perpendiculares al panel). En la práctica es imposible alcanzar este valor, durante todo el año, usando ***un panel fijo***. Si asumimos que el ángulo de incidencia corresponde a la posición del zenit para una de las estaciones extremas (invierno o verano), el valor de β puede hacerse cero alterando la inclinación del panel. Esta proposición no es muy práctica en la mayoría de los casos. Es preferible dar al ángulo de inclinación (α) un valor **igual al de la latitud del lugar más 15°** (posición favorable para el invierno) y aceptar una pequeña pérdida energética durante el verano.

Otro aspecto que debe tenerse en consideración es que, dependiendo de la latitud del lugar, la diferencia estacional en la altura del sol al alcanzar el zenit puede ofrecer cambios mínimos, de manera que la necesidad de ajustar el ángulo de inclinación del panel puede no requerirse, o ser necesaria sólo dos veces al año. [35]

En los sistemas solares fotovoltaicos existe la posibilidad de emplear elementos seguidores del movimiento del Sol que favorezcan y aumenten la captación de la radiación solar. Existen varios tipos de soporte para los Paneles Solares:

- **Colocación sobre soporte estático**: Soporte sencillo sin movimiento. Dependiendo de la latitud de la instalación y de la aplicación que se quiera dar se dotan a los paneles de la inclinación más adecuada para captar la mayor radiación solar posible.

- **Sistemas de seguimiento solar de 1 eje**: Estos soportes realizan un cierto seguimiento solar. La rotación del soporte se hace por medio de un solo eje, ya sea horizontal, vertical u oblicuo. Este tipo de seguimiento es el más sencillo y el más económico resultando sin embargo incompleto ya que sólo podrá seguir o la inclinación o el azimut del Sol, pero no ambas a la vez.

- **Sistemas de seguimiento solar de dos ejes**: Con este sistema ya es posible realizar un seguimiento total del sol en altitud y en azimut y siempre se conseguirá que la radiación solar incida perpendicularmente obteniéndose la mayor captación posible. Existen tres sistemas básicos de regulación del seguimiento del sol por dos ejes:

- **Sistemas mecánicos**. El seguimiento se realiza por medio de un motor y de un sistema de engranajes. Dado que la inclinación del sol varía a lo largo del año es necesario realizar ajustes periódicos, para adaptar el movimiento del soporte.

- **Mediante dispositivos de ajuste automático.** El ajuste se realiza por medio de sensores que detectan cuando la radiación no incide perpendicular al panel corrigiéndose la posición por medio de motores.

- **Dispositivos sin motor**- Sistemas que mediante la dilatación de determinados gases, su evaporación y el juego de equilibrios logran un seguimiento del Sol

Se estima que con estos sistemas se puede lograr un aumento de entre el 30% y el 40% de la energía captada. Se hace necesario evaluar el costo del sistema de seguimiento y la ganancia derivada del aumento de la energía para determinar su rentabilidad. [28]

II.6.- DISEÑO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Para realizar un proyecto de ingeniería de un sistema solar fotovoltaico, se requiere tomar en cuenta los elementos que constituyen el sistema en su conjunto, y efectuar los cálculos pertinentes para lograr un balance energético entre el consumo y la generación de electricidad de origen solar. El diseño de un sistema solar fotovoltaico incluye una serie de procesos de cálculo que logran optimizar el uso y la generación de la energía eléctrica de origen solar, realizando un adecuado balance entre ellas, desde los puntos de vista técnico y económico.

A continuación, se describen las diferentes fases del diseño de un sistema fotovoltaico, con la finalidad de establecer indicaciones sobre su diseño.

a. Verificación de la aptitud del lugar

Presencia de sombras (vegetación, construcciones, alturas); nieblas o neblinas matutinas; precipitaciones en forma de nieve; y régimen de vientos. Así como la radiación solar promedio de la zona donde se desea instalar el sistema.

Estas características determinan la ubicación del generador fotovoltaico, su exposición respecto al Sur geográfico, la mayor inclinación sobre el plano horizontal, la energía que capta el Panel y las características de las estructuras de soporte.

b. Cuantificación de la necesidad diaria de energía

El parámetro a utilizar como punto de partida para el diseño de un sistema fotovoltaico es la energía requerida, entendida como:

Energía=Potencia * tiempo de utilización

Los consumos de los usuarios aislados o conectados a red que hay que alimentar con el sistema fotovoltaico tienen que ser considerados en términos de energía diaria requerida.

c. Elección de la inclinación de los módulos

La inclinación normalmente tiene que ser igual a la latitud del lugar más 15° en el invierno, con una pequeña variación durante el verano; lo que es posible siempre que no haya exigencias de tipo arquitectónico que lo impidan.

d. Cálculo de la potencia pico del generador fotovoltaico

La energía producida por un módulo es linealmente proporcional a la radiación solar incidente sobre la superficie de los módulos solares. Por lo tanto, es necesario efectuar este cálculo basándose en las informaciones relativas a la radiación solar del lugar. Un método de cálculo utilizado frecuentemente consiste en medir mediante tablas adecuadas, las horas equivalentes del lugar considerado y a la inclinación deseada de los módulos fotovoltaicos. Se define como *hora equivalente* el período de tiempo en el que la radiación solar toma un valor igual a 1000 W/m2.

Esta metodología es utilizada en los cálculos de las dimensiones de una instalación fotovoltaica para determinar la cantidad de energía producida diariamente por un módulo fotovoltaico, calculando la Potencia Pico del generador:

Potencia pico= Petición diaria de energía/Horas equivalentes

e. Evaluación de las pérdidas de sistema

Es necesario tener en cuenta las pérdidas/caídas de tensión introducidas por los componentes que forman el sistema (baterías, regulador de carga, cables de conexión, etc.).

Suponiendo que las pérdidas totales del sistema sean aproximadamente del 30%, entonces es necesario aumentar en el mismo porcentaje la potencia pico del generador fotovoltaico.

f. Cálculo de la potencia del Inversor

La potencia del inversor se determina de forma diferente, según se trate de un sistema conectado a red o de un sistema aislado.

En el primer caso, el tipo de inversor que hay que utilizar se puede identificar una vez decidida la potencia del generador fotovoltaico y, por tanto, el número de módulos fotovoltaicos. En el caso de un sistema aislado, en cambio, es necesario evaluar la potencia total máxima que tendrá que conectarse al inversor.

Para la elección del Inversor de sistemas aislados, es necesario también tener en cuenta la forma de la onda producida, ya que existen diferentes tipos en función de esta característica: de onda sinusoidal pura, capaces de reproducir una forma de onda prácticamente idéntica a la red eléctrica que permiten alimentar cualquier tipo de carga; de onda trapezoidal, y de onda cuadrada, cuya reproducción de onda es posible que no alimenten de forma correcta cargas de tipo "electrónico".

g. Diseño del sistema de acumulación (sólo para sistemas "aislados")

En caso de bajos niveles de insolación, es evidente que el sistema fotovoltaico tiene una producción inferior a la obtenida en días con insolación óptima. Es posible dimensionar la acumulación, de modo que se garantice una alimentación de la carga, incluso contando con un número máximo de días consecutivos con ausencia de insolación. [33]

II.6.1.- SISTEMAS INDUSTRIALES [36]

La falta de agua potable es uno de los problemas más graves de los países en desarrollo. Por ello, estaciones móviles de tratamiento de aguas que se autoabastecen con energía serían una solución asequible para muchas comunidades que no pueden pagar los altos costos que generan la conversión de agua salina o estancada en agua apta para el

consumo. Grandes plantas de desalinización de agua marina procesan en un día millones de litros cúbicos que al final puede ser consumida. Muchos países utilizan esta compleja técnica que requiere de enormes cantidades de energía.

Si los costos por metro cúbico de la conversión de aguas salinas o estancadas en agua potable se comparan con lo que los habitantes de muchas regiones en emergencia hoy día pagan por la misma cantidad de agua o refrescos embotellados, las plantas de purificación de aguas se convierten rápidamente en rentables.

La empresa Aguas de Telde, encargada de la desaladora de Salinetas en la Gran Canaria (España), han decidido independizarse del tendido eléctrico y ahorrarse así el inmenso gasto energético que tiene la desalación de agua, instalando una central de energía solar con una superficie cubierta de unos 900 metros. La central solar tiene una potencia de 62 kW y está instalada en la cubierta de la desaladora. Cuenta con 352 paneles de 175 W de potencia pico.

Figura 30.- Desaladora de Gran Canaria (España) [36]

Esta central solar genera una producción media anual de 95.000 kWh, equivalente al consumo energético de 14 viviendas, y lo que evitará la emisión a la atmósfera de unas 67 toneladas de dióxido de carbono al año. Gracias a este proyecto, ya en marcha, la desaladora podrá abaratar costos, y tendrá gran parte de su consumo eléctrico proveniente de una fuente de energía limpia.

II.6.2.- SISTEMAS URBANOS [37]

Cubriendo pequeños consumos eléctricos en el mismo lugar donde se produce la demanda, se genera energía a partir de la conversión fotovoltaica, satisfaciendo necesidades eléctricas y reduciendo a su vez las emisiones de dióxido de carbono (Co_2). La *energía solar fotovoltaica* como alternativa para la producción de electricidad, se emplea en sistemas de alumbrado público mediante farolas autónomas de parques, avenidas, alumbrado de vallas publicitarias, etc.; utilizando luminarias de mayor rendimiento, menos consumo y con tecnologías no tóxicas ni contaminantes que permitan concientizar a la sociedad de racionalizar y usar exclusivamente el alumbrado que requiere.

Venezuela introduciéndose en el campo de la Energía Solar desarrolló un plan piloto en la Av. Bolívar de Caracas, donde se instalaron 73 postes aerodinámicos de 13 metros de altura, que se alimentan de energía solar y se apagan automáticamente. La lámpara de sodio de 400 voltios que está en la parte superior se recarga con la luz solar, durante 12 horas e inmediatamente cuando cae la noche, se prende automáticamente. Luego de esa jornada vuelven a recargarse. Sobre la lámpara de sodio que proporciona iluminación a la Avenida, se encuentra una celda fotovoltaica encargada de alimentar el sistema.

Figura 31.- Postes Av. Bolívar (Caracas, Venezuela)
[Elaboración por el autor]

La idea principal de implementar este sistema fue la sustitución de equipos dañados innovando con aplicaciones tecnológicas que abaratan los costos de energía y consumo.

Dentro de los sistemas de alumbrado público que sigue esta misma tecnología hacemos referencia a las vallas publicitarias alimentadas de energía solar, siendo el primer cartel publicitario instalado en Estados Unidos por una empresa eléctrica de California capaz de generar más de lo que consume. El cartel tiene 20 paneles fotovoltaicos en lo alto

y la energía que recolectan excede lo que usa, generando 3,4 kW en un día soleado, que es más o menos lo que usa un hogar promedio durante un día, y en días nublados genera 2,5 kW. Como si fuera poco usan lámparas *LED* en el cartel, que consumen mucha menos electricidad. [38]

Figura 32.- Cartel publicitario solar (EE.UU.) [38]

II.6.3- SISTEMAS COMUNALES

El potencial de los sistemas de energía solar fotovoltaica se ha demostrado en los proyectos de electrificación rural realizados en todo el mundo, en especial respecto a los sistemas solares domésticos. Los sistemas fotovoltaicos ganan interés económico por la experiencia de su aplicación en otros sectores, como los servicios sociales y comunales, la agricultura y otras actividades productivas, que pueden repercutir significativamente en el desarrollo rural.

Casi dos mil millones de personas de los países en desarrollo, una tercera parte de la población mundial, carecen de acceso a la electricidad. Es fundamental encontrar otras fuentes de energía, a la vez económicas e inocuas para el medio ambiente, con el fin de incrementar la productividad agrícola y mejorar la calidad de vida de las comunidades rurales. Los sistemas de energía solar, además de la energía eólica y otras aplicaciones de energía renovable, son la única solución técnicamente viable para suministrar la energía necesaria a las comunidades rurales aisladas.

Actualmente la energía solar aprovechable en las comunidades rurales sirve para electrificación de viviendas, hospitales, instalaciones educativas; sistemas de riego; plantas de tratamiento de agua: potabilización y depuración; sistemas de bombeo, entre otras.

BOMBAS SOLARES [39]

La extracción de agua de forma limpia y silenciosa usando la luz solar como fuente de energía ya ha sido una solución muy favorable en numerosos lugares del mundo donde la red pública convencional no está disponible. Usando un panel solar para convertir directamente la luz solar en energía eléctrica, y bombas con alimentación solar, se logra extraer agua de manera segura y ecológica.

Los sistemas hidráulicos son autónomos, confiables y de bajo mantenimiento. Los paneles solares son fijados a una estructura base y conectados a una bomba de acero inoxidable con un controlador que trabaja hasta 200 m de profundidad.

Numerosas empresas han desarrollo este tipo de tecnologías, fabricando bombas con alimentación solar; tal es el caso de LORENTZ fundada en Hamburgo, Alemania, la cual diseña y fabrica este tipo de bombas, ofreciendo al mercado una extensa gama de bombas de agua sumergibles y de superficie, con alimentación solar. Siendo su principal objetivo suministrar la solución de bomba más eficaz y duradera para cada caso concreto de aplicación.

En Venezuela *Trunz Water Systems AG* desarrolló un proyecto que consta de 80 unidades de purificación de agua para un área remota en el Delta del Orinoco, para el cual *LORENTZ* entregó una bomba sumergible de 24 Voltios que mediante el uso de la energía solar permite a la unidad extraer 20.000 litros de agua cruda de un pozo para ser tratada. Acerca de los sistemas de agua Trunz AG, con sede en Suiza, dicha Empresa fabrica y suministra soluciones para la purificación del agua y opera en aproximadamente 15 países.

Figura 33.- Proyecto de purificación de agua en el Delta del Orinoco (Venezuela) [39] y [40]

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

III.-1.- PARÁMETROS BÁSICOS PARA EL DISEÑO DE PROYECTOS PROPUESTOS [35], [41] y [25]

El aprovechamiento de la radiación solar para su transformación en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico, supone una alternativa en lugares remotos donde el acceso a la red es imposible o muy costoso; resultando válida tanto para viviendas, como para sistemas de bombeo, iluminación de zonas públicas apartadas, iluminación móvil de instalaciones temporales, etc. En estos casos, el sistema solar es aislado sin conexión a la red eléctrica y los requerimientos del dimensionado vienen condicionados por las necesidades de garantizar un suministro constante aún en las peores condiciones, ya que no se dispone de otra fuente de energía.

En el presente apartado se va a plantear un sistema de dimensionado que sirve como guía para instalaciones aisladas de la red, permitiendo valorar de modo aproximado las características de una instalación dada, a partir de los consumos previstos y de la radiación disponible.

La información que se aporta es suficiente para calcular el orden de magnitud de las instalaciones, siendo necesario a la hora de acometer los proyectos acudir a un especialista, ya que en el método propuesto no se toman en cuenta determinados factores específicos de cada tipo de instalación, que puede tener incidencia a la hora de determinar las características finales de la misma.

FASES DE DISEÑO:

a. Verificación de la aptitud del lugar

Suponiendo en todos los casos propuestos la misma locación, es necesario conocer la latitud y altitud del lugar, datos meteorológicos como temperaturas máximas y mínimas y velocidad promedio del viento; los cuales utilizaremos para establecer el ángulo de inclinación del panel y el soporte más conveniente a emplear. Además es importante

conocer la *Radiación solar promedio* de la zona que nos servirá para calcular la energía que será capaz de generar el panel durante el día, de acuerdo a las especificaciones del fabricante respecto al valor máximo de potencia que este puede generar.

Tabla IX.- Datos característicos de la locación supuesta [Elaboración por el autor]

Locación	Caracas, Venezuela
Latitud	10° 30' Norte
Longitud	66° 50' Oeste
Elevación	834 mts.
Radiación solar promedio	5kwh/m^2/día
Ángulo de inclinación	10° Sur
Tipo de soporte	Soporte estático o ajustable
Velocidad del viento	9 km/h
Promedio de temperatura máxima	26 °C
Promedio de temperatura mínima	19 °C

La *Radiación solar promedio* de 5kWh/m^2/día, desde el punto de vista energético (potencia por tiempo) equivale a una insolación máxima de **5 horas** con una irradiación constante de 1kW/m^2, ya que el producto 5hrs/día x 1kW/m^2 representa el mismo valor energético de insolación. Valor determinado con el uso de mapas de radiación solar en el continente americano. (Ver anexo N° 1)

En cuanto al ángulo de inclinación, el valor asumido fue 10° Sur; debido a la posición geográfica de Venezuela al Ecuador y una Radiación promedio prácticamente constante durante el año por la ausencia de estaciones. Si en este caso el panel se coloca con una inclinación igual a la latitud del lugar se obtendrá un plano aproximadamente perpendicular a los rayos incidentes. Sin embargo, es recomendable aplicar un factor de seguridad o corrección al calcular el número de paneles a emplear, asegurando una mayor eficiencia.

El sistema fotovoltaico se puede dividir en tres bloques funcionales: uno de generación, otro de acumulación y por último el de carga. Determinando las capacidades de los equipos en el proceso inverso, desde la carga de demanda hacia la generación, pasando por la acumulación. De esta manera el bloque de generación lo constituyen los paneles fotovoltaicos; el de acumulación, el banco de baterias y el controlador de carga; y el de carga, el punto de abastecimiento y los circuitos de entrada.

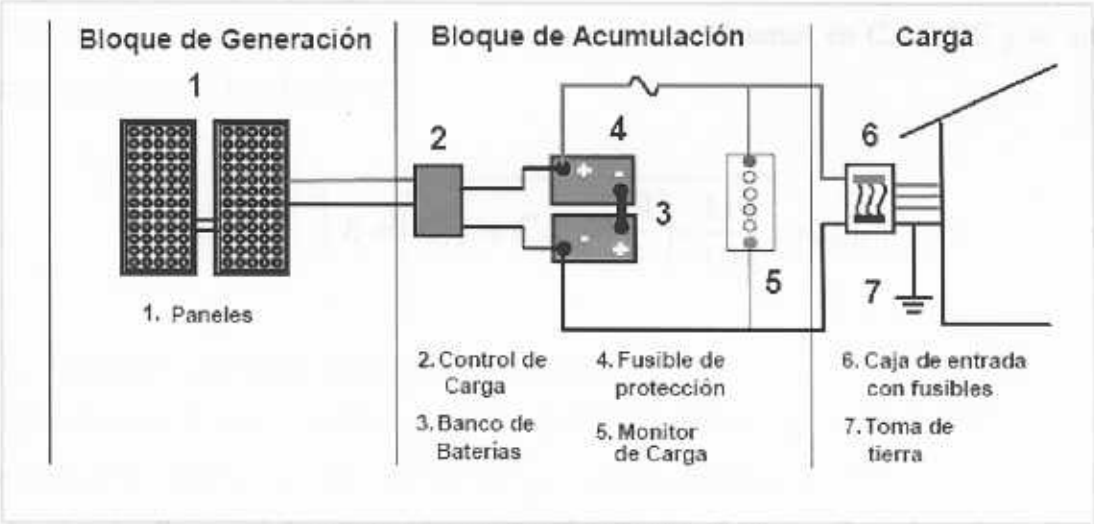


Figura 34.- Bloques funcionales SFV [35]

b. Cálculo del consumo diario

Se deben calcular consumos diarios distintos para cada mes del año, o bien se puede usar también un consumo diario para todo el año. Se deben calcular los consumos de los aparatos en CC por separado de los de CA.

Para calcular el consumo de los aparatos eléctricos necesitamos saber la potencia de cada aparato (P), el número de aparatos de ese tipo (n) y las horas diarias de funcionamiento (t). El consumo diario (Cd) medio en Wh/día para cada aparato será:

$$Cd = P \times n \times t$$ Ecuación (1)

Resultando el consumo diario total (CdT) en corriente contínua (C_{CC}) y corriente alterna (C_{CA}) igual a la suma de los consumos de cada aparato:

$$CdT = \sum P \times n \times t$$ Ecuación (2)

Al consumo en CA (C_{CA}) hay que aplicarle la eficiencia del inversor, que suele ser entre un 85% y 95%; en nuestro caso asumiremos una eficiencia del 95%.

Para obtener la energía necesaria (E), se suman los consumos en CA y CC y se aplica un margen de seguridad del 10%.

$$E = \left(C_{CC} + C_{CA} \times \frac{100}{95} \right) \times \frac{110}{100}$$ Ecuación (3)

c. Obtención del valor máximo de corriente

Para obtener el valor máximo de corriente del sistema ($C_{máx}$) es importante especificar el voltaje del sistema (V_S) de 12V o 24V y las horas de insolación máxima (H_{IM}). Para efectos de cálculo y simplicidad en los resultados se asumirá un voltaje de trabajo de 12V. Por consiguiente, la corriente máxima resultara:

$$C_{máx} = \frac{E}{V_S \times H_{IM}}$$ Ecuación (4)

d. Cálculo del número de paneles

Para calcular el número de paneles es necesario conocer las especificaciones del fabricante en cuanto a intensidad máxima ($I_{máx}$), tensión máxima ($V_{máx}$), y potencia pico (W_P) del panel. Teniendo en cuenta un factor de seguridad (F_S) del 10% calculamos el número de paneles en paralelo (N_{PP}) y en serie (N_{PS}) para la corriente pico (C_P) del sistema.

Corriente pico:

$$C_P = C_{máx} \times \left(\frac{100 + FS}{100} \right)$$ Ecuación (5)

El número de paneles será igual al entero inmediato superior en cada caso.

Número de paneles en paralelo:

$$N_{PP} = \frac{C_P}{I_{máx}}$$ Ecuación (6)

Número de paneles en serie:

$$N_{PS} = \frac{V_S}{V_{máx}}$$ Ecuación (7)

e. Cálculo de baterías

Los voltajes nominales más comunes en las baterías son 6 y 12 V. Sin embargo se ofrecen modelos con voltajes de salida de 24 y 48 V para sistemas con cargas de alto consumo. Las baterías solares usan diferentes tipos de celdas, pero todas tienen un bajo valor para el voltaje de salida, el que oscila entre 1,2 y 2 V nominales. Esto significa que, como en el caso de las células FVS, las celdas deberán conectarse en serie para alcanzar el voltaje nominal de salida, y en paralelo para aumentar el valor de la máxima corriente de carga que podrán sostener en forma contínua según sea el caso.

Para dimensionar las baterías hay que tener en cuenta los días de autonomía (D), esto es, los días que podríamos aguantar sin suministro solar, usando solo las baterías. Normalmente son 4-6 días; en la aplicación que analizamos un máximo de dos será suficiente. También influye la profundidad de descarga máxima (M), que proporciona cada fabricante y que normalmente se encuentra entre el 50 y el 80%, (factor multiplicador de 0,5 a 0,8). Se debe tener en cuenta también la tensión de la instalación (V_S) y la eficiencia

de la batería (E_b). Con estos datos se calcula la carga total necesaria (Q), en KAh (Kiloamperios-hora):

$$Q = \frac{E \times D}{M \times E_b \times V_S}$$ Ecuación (8)

Para obtener la configuración de la batería o conjunto de baterías en paralelo necesarias (N_b), bastará con dividir carga total necesaria (Q) entre la capacidad de la batería elegida (Q_{bat}) en KAh:

$$N_b = \frac{Q}{Q_{bat}}$$ Ecuación (9)

f. Cálculo de Regulador e Inversor de Carga

Sistema de Control es el nombre que asignaremos al sistema compuesto por el Inversor de tensión y el Regulador de carga, cumpliendo dos funciones específicas: transformar y ejercer el control respectivamente, ambas vinculadas a una *señal de monitoreo*. La señal de monitoreo permite que la sección de control pueda ejercer su acción en el momento y forma apropiada. El monitoreo vigila el **E**stado **de C**arga (**EdC**) del banco de baterías, mandando al **C**ircuito **de C**ontrol (CdC) información sobre el voltaje de batería. Por otra parte, hacia el final del ciclo de carga, el voltaje de batería se mantiene casi constante, proyectando una información más satisfactoria sobre el EdC del acumulador.

La Figura 35 muestra tres voltajes de monitoreo: el de batería, el del generador de entrada y el de un sensor de temperatura. La incorporación de un sensor de temperatura provee un voltaje suplementario, el que se conecta al terminal especialmente provisto en el CdC. El sensor, que a veces está adherido a la caja de batería y en otras atornillado a uno de sus terminales, envía un voltaje variable de corrección, el que se adiciona o substrae al valor del voltaje máximo de carga.

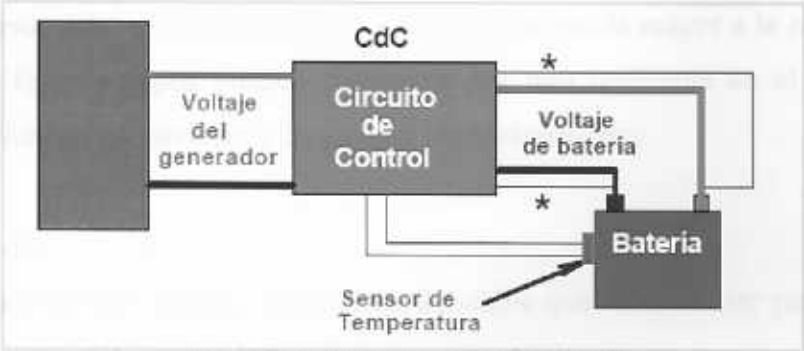


Figura 35.- Voltajes de monitoreo [35]

El monitoreo del voltaje de batería continúa durante la noche y puede utilizarse para interrumpir el circuito de carga, cuando éste alcanza un valor excesivamente bajo.

La capacidad del Regulador (C_R) se obtiene de la producción en amperios hora de los paneles de la instalación. Para ello se multiplica el número de paneles en paralelo (N_{PP}) requeridos, por la intensidad máxima del tipo de panel seleccionado, aplicando un margen del 30% (factor multiplicador de 1.3):

$$C_R = 1{,}3(N_{PP} \times I_{máx})$$ Ecuación (10)

El regulador seleccionado deberá soportar un mínimo de C_R.

El tipo de Inversor se selecciona en función de la potencia máxima a conectar (P_S), esto es igual a la sumatoria del número de equipos iguales (n) por la potencia de cada uno de ellos (P), suponiendo una eficiencia del Inversor del 95%:

Potencia total del sistema:

$$PS = \sum P \times n$$ Ecuación (11)

$$P_I = 0{,}95 \times P_S$$ Ecuación (12)

El Inversor debe ser de una Potencia contínua de salida mayor a la energía prevista en el sistema. Estos equipos pueden sustituirse por uno (existente en el mercado) que cumpla ambas funciones: Inversor y Regulador simultáneamente.

g. Cableado

Hay que calcular la longitud y la sección del cable que se va a usar para conectar los diferentes elementos del sistema fotovoltaico.

La **longitud** depende mucho de la alineación de la instalación. En cualquier caso, conviene instalar lo más cerca posible entre sí los paneles fotovoltaicos, el sistema de regulación y el sistema de acumulación (las baterías). De esta forma, las caídas de tensión en los cables son menores, las secciones necesarias también, así como la longitud del cable y su coste.

La **sección** se elige en función de la longitud de los cables y de la corriente que circula por ellos con el fin de minimizar las caídas de tensión. Para calcular la sección (S) del cable hace falta conocer:

- La *longitud del tramo* (L) en metros.
- La *corriente máxima* (C_P) que va a circular por el conductor en Amperios.
- La *tensión nominal de trabajo* (V_N) en Voltios.
- La *caída de tensión* (V_S) admisible en el cable. Esta tensión se expresan en función de la tensión nominal de trabajo y tiene un valor individual para cada tramo del sistema. Se pueden diferenciar así tres tramos con sus respectivos valores máximos típicos:

Tabla X.- Caídas típicas de tensión en el cable [42]

Tramo	Caída de tensión (%V_S)
Panel-Regulador	**1%**
Regulador-Batería	**1%**
Regulador-Carga	**3%**

La sección del cable viene determinada por la Ley de Ohm: [42]

$$S(mm^2) = \frac{r(\Omega mm^2/m) \times L(m) \times C_P(A)}{V_S(V) \times \%V_S} \quad \text{Ecuación (13)}$$

donde "S" es la sección y "r" es la resistividad (propiedad intrínseca del material). Se elige, dentro de las secciones de conductor que ofrece el mercado, la inmediatamente superior a la que se obtiene de la fórmula.

A continuación se presentan los valores de sección típicos en cables de calibre AWG.

Tabla XI.- Valores típicos de sección. Cable (calibre AWG)

Calibre AWG	Capacidad			mm^2
	60 °C	75 °C	90 °C	
14	15	15	25	2,1
12	20	20	30	3,3
10	30	30	40	5,3
8	40	45	50	8,4
6	55	65	70	13,3
4	70	85	90	21,2
2	95	115	120	33,6
0	125	150	155	53,5
2/0	145	175	185	67,4
3/0	165	200	210	85,0
4/0	195	230	235	107,2
250	215	255	270	127,0
300	240	285	300	152,0
350	260	310	325	177,0
400	280	335	360	203,0
500	320	380	405	253,0
600	355	420	455	304,0
700	385	460	490	355,0
750	400	475	500	380,0

Fuente: DUNCAN, Venezuela

III.-2.- PLANTEAMIENTO DE LOS CASOS SELECCIONADOS

A continuación se presentan cuatro Proyectos con requerimientos de carga diferentes, los cuales servirán como casos de estudio de la viabilidad de una instalación

solar fotovoltaica, para lograr el abastecimiento de energía eléctrica necesario. En primer lugar se presenta una **casa unifamiliar básica**, funcionando como modelo para casas aisladas carentes de red eléctrica; en segundo lugar, se presenta un **modelo de Laboratorio** a pequeña escala, con el cual se ahorrara energía y se lograra un aporte innovador y funcional para el Laboratorio docente de Ingeniería Sanitaria de la UCAB; en tercer lugar, se estudia el caso de un **sistema de bombeo de aguas**, propuesto como alternativa de ahorro energético autónomo. Finalmente, se propone el uso de la energía solar en el "**Estacionamiento Estructural**" en fase de construcción de la UCAB, cuyo principal propósito es adaptar las necesidades energéticas del edificio a las nuevas alternativas, analizando los resultados y concluyendo la factibilidad de los mismos como una buena solución o una alternativa no recomendable.

1. VIVIENDA UNIFAMILIAR

El primer caso a estudiar será el de una casa unifamiliar con equipos básicos de consumo eléctrico, a los cuales se les asignaran un número de horas en función de la necesidad, con el fin de ahorrar la mayor cantidad de energía y aprovechar la que se acumula en el banco de baterías en las horas de sol. Para conocer cuánta energía eléctrica se requiere en el objetivo a electrificar, se deben tener en cuenta las características eléctricas de los equipos a alimentar. Es decir, se hace necesario conocer o estimar la corriente y la tensión o voltaje de trabajo de los equipos instalados y el número de horas diarias de trabajo, teniendo en cuenta las posibles ampliaciones que en el futuro se hagan en la instalación proyectada.

Para calcular los consumos totales de energía por hora que generan cada uno de los equipos usados, se emplearon los datos de equipos y electrodomésticos más usuales con especificaciones energéticas medias o estándar.

Tabla XII.- Electrodomésticos más usados [Fuente CONAE*, ENRE**]

Electrodomésticos más usados	
Equipos y electrodomésticos	**Potencia (W)**
Lámpara fluorescente	***15***
Reproductor de video	***75***
TV color	***65***
Licuadora	***350***
Nevera	***250***
Horno eléctrico	***1300***
Lavadora	***395***
Cafetera	***850***
Plancha	***1000***
Horno microondas	***1000***
Aspiradora	***1500***
Computadora	***300***
Minicomponente	***60***
Ventilador de techo	***60***

* Comisión Nacional para el ahorro de Energía, México

* * Ente Nacional Regulador de Electricidad, Argentina

El tipo de bombillos usados para las lámparas fueron de bajo consumo; ahorradores de energía, que producen una generación de 15W/h; conocidos en el mercado como *Lámparas fluorescentes*. También es importante crear consciencia sobre los electrodomésticos consumidores de energía como las cocinas y calentadores de agua, los cuales pueden ser sustituidos por aparatos que funcionen a gas, satisfaciendo así el ahorro en el consumo total.

Los datos de consumo de energía de los equipos y electrodomésticos que nos permitirán calcular las dimensiones y necesidades del sistema son los siguientes:

Carga	CANT	EQUIPO	P (W)	P*CANT (W)	HRS / DIA	ET (Wh/día)
1	6	Lámparas fluorescentes	15	90	4	360
2	2	Televisores	65	130	3	390
3	1	Nevera	250	250	24	6000
4	1	Lavadora (6 kilos)	395	395	1	395
-----	1	Cocina a gas	No Consume	No Consume	No aplica	0
5	1	Ventilador de techo	60	60	1	60
6	1	Horno microondas	1000	1000	0,25	250
-----	1	Calentador a gas	No Consume	No Consume	No aplica	0

A continuación se muestra un esquema representativo de los artefactos seleccionados como parte de la red eléctrica, integrados a un sistema fotovoltaico:

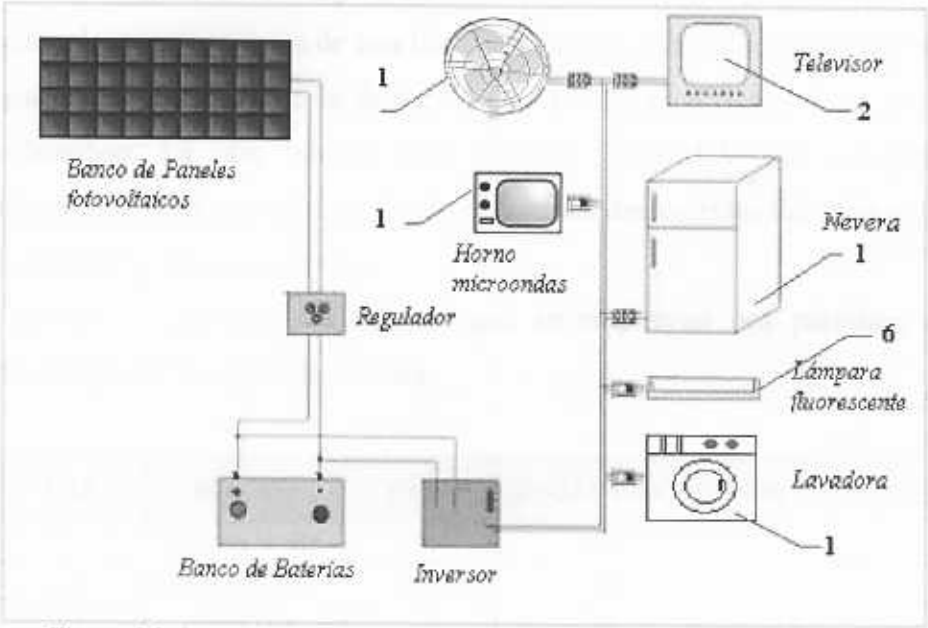


Figura 36.- Esquema SFV Vivienda unifamiliar [Elaboración por el autor]

2. MODELO DE LABORATORIO

Este sistema planteado en el Laboratorio tiene por objeto comprobar la eficiencia de operaciones y procesos combinados que no requieran uso de químicos ni reactivos, y con un consumo mínimo de energía a fin de aproximarnos a un sistema de depuración sostenible de aguas servidas domésticas. Este modelo tiene un requerimiento de energía de dos horas, período estimado para llevar a cabo los procesos combinados; dicho requerimiento servirá para abastecer a los equipos electrónicos que componen el sistema: 2 Bombas de ¼ Hp que generan unos 185 W/h cada una, además de un "Tubo UV" cuya generación de energía es de 15 W/h. En el caso de las bombas la corriente de trabajo es de 220V y es necesario emplear un Convertidor o Transformador de corriente para lograr trabajar en el sistema con la misma corriente, la cual será de 110V; el convertidor debe tener una potencia mayor a la potencia de las bombas y por ello se utilizaran dos convertidores de 200W que irán conectados a cada una de las bombas.

El valor del caudal usado para esta planta purificadora a pequeña escala, empleando una válvula para controlar el flujo, es de 3 l/min, con lo cual obtenemos un caudal de 180 l/h. Una de las bombas se encargara de alimentar al sistema y funcionara el tiempo necesario para alcanzar en menos de una hora este caudal, a efectos de cálculo asumiremos una hora garantizando abastecer la demanda en caso de modificaciones en el tiempo y caudal de bombeo. La otra bomba junto con el "Tubo UV" se encargaran de la recirculación en una hora por corrida, siendo necesarias dos corridas del mismo tiempo por día para culminar el proceso con éxito.

El número de horas y los equipos que se emplearan nos permiten estimar el consumo de energía de la siguiente manera:

Carga	CANT	EQUIPO	P (W)	P*CANT (W)	HRS / DIA	ET (Wh/día)
1	1	Bomba ¼ Hp	185	185	1	185
2	1	Transformador	200	200	1	200
3	1	Tubo U.V	15	15	2	30
4	1	Bomba ¼ Hp	185	185	2	370
5	1	Transformador	200	200	2	400

A continuación se presenta un esquema del modelo de Laboratorio, señalando las características básicas del sistema combinado y destacando los componentes del SFV:

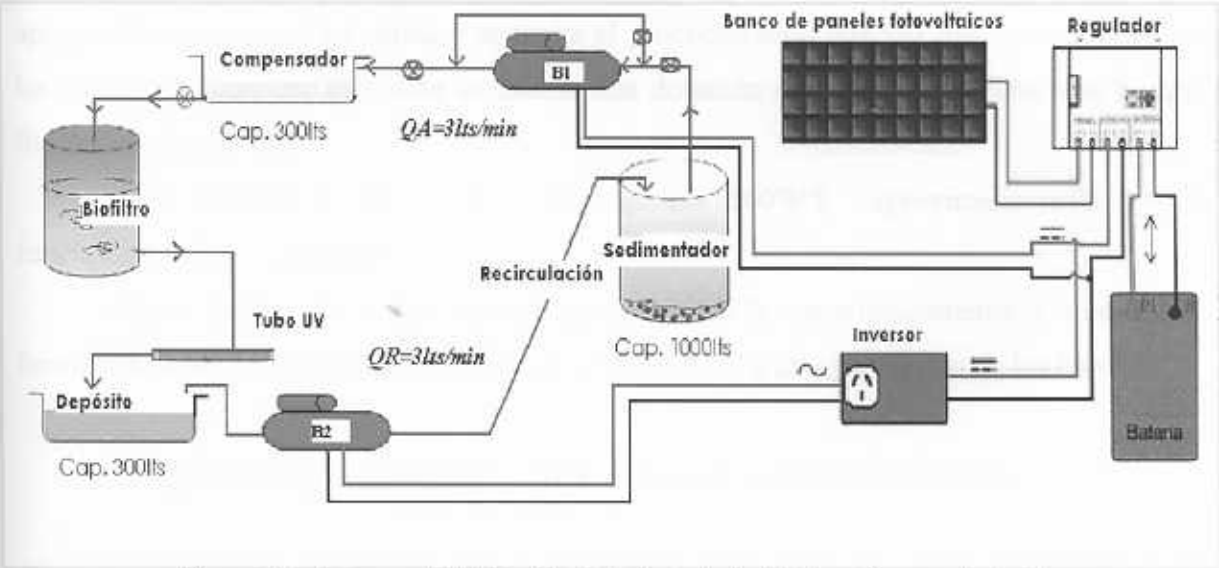


Figura 37.- Esquema SFV Modelo de Laboratorio [Elaboración por el autor]

3. SISTEMA DE BOMBEO DE AGUAS: Planta Purificadora de aguas servidas (Qta. Huellas, "El Junquito")

Este proyecto cumple cuatro funciones hidráulicas básicas: Producción de Aguas Negras, Extracción de aguas tratadas, Recirculación de aguas tratadas, y Bombeo externo para disposición final.

Se asume un caudal máximo para el caso de ocupación al 100 %; esto representa 80 personas con una dotación de 250 l/pers/día, para totalizar una producción de 20.000 l/día. Los equipos eléctricos usados para dicho fin son los siguientes:

✓Dos Bombas de 2 Hp con una generación alrededor de 1490W/h cada una; ambas estarán bombeando las 24 hrs del día, trabajando en forma alternada por períodos de 8 hrs.

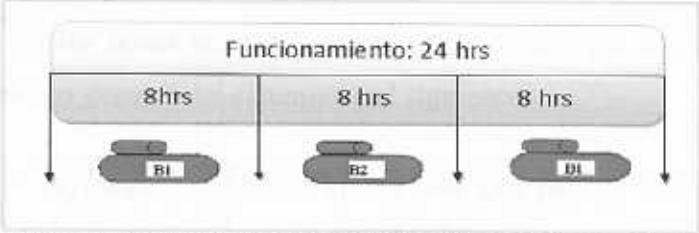


Figura 38.- Funcionamiento de Bombas [Elaboración por el autor]

Esto quiere decir que las primeras 8 hrs trabaja una bomba, las 8 hrs siguientes se apaga y funciona la otra bomba, y se repite el procedimiento una vez más hasta completar las 24 hrs. Al conocer este dato se estima una dotación de energía para una sola bomba funcionado las 24 hrs.

✓Un compresor de ¾ Hp el cual genera 560W/h aproximadamente y que funcionara solo 12 hrs al día.

✓Una bomba de 1 Hp la cual genera 750W/h aproximadamente y que estará funcionando las 24 hrs del día recirculando el caudal, al igual que el resto de las bombas.

El siguiente esquema muestra el SFV con sus bloques funcionales correspondientes:

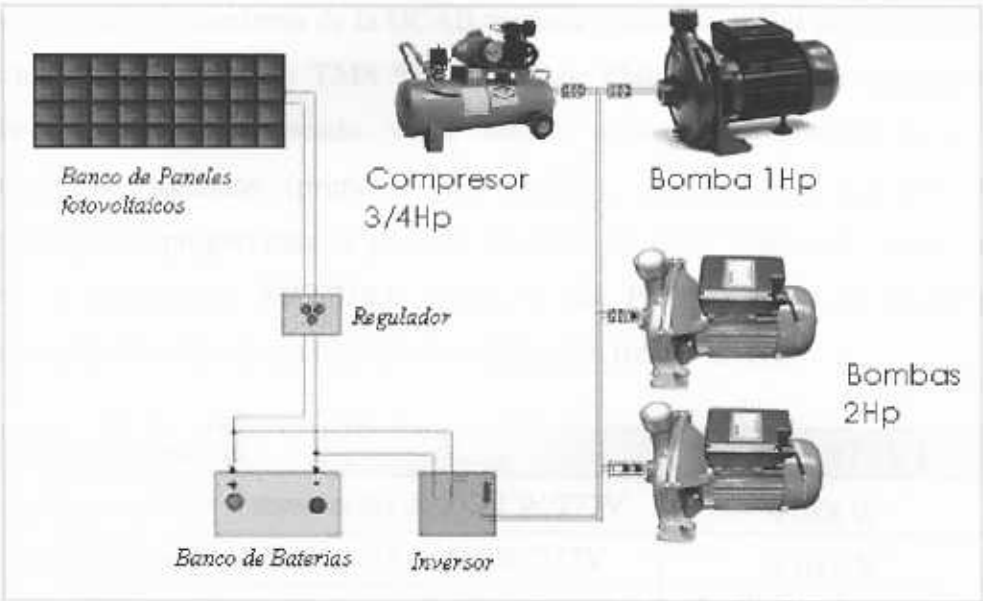


Figura 39.- Esquema SFV Sistema de Bombeo [Elaboración por el autor]

En función de las horas de uso y el consumo de energía correspondiente a cada equipo, el requerimiento general del sistema es el siguiente:

Carga	CANT	EQUIPO	P (W)	P*CANT (W)	HRS/DIA	ET (Wh/día)
1	1	Bomba de 2 Hp	1490	1490	24	35760
2	1	Compresor de 3/4 Hp	560	560	12	6720
2	1	Bomba de 1 Hp	750	750	24	18000

4. ESTACIONAMIENTO ESTRUCTURAL

El presente Proyecto comprende el diseño, estudio y trazado de la red de distribución trifásica en baja tensión interna para el alumbrado del estacionamiento de tres niveles de la Universidad Católica Andrés Bello (UCAB).

La presente propuesta tiene en cuenta normativas y recomendaciones contempladas en COVENIN 200, Código Nacional de Seguridad en Instalaciones de Suministro de Energía Eléctrica y de Comunicaciones conocidas como COVENIN 734, Norma de aplicación a Equipos Tipo Pedestal NT-DV-01-02-091 de CADAFE, criterios y procedimientos de amplia aceptación aplicados con antelación en proyectos similares. Dicha propuesta para el

alumbrado del estacionamiento de la UCAB consiste básicamente del diseño del sistema de distribución de las luminarias **TMS 916 Batten** de Philips para lograr eficientemente el nivel de iluminación deseado y la mayor uniformidad posible para los dos estacionamientos techados (primeros dos niveles), aprovechando su alto nivel de reflectancia que le proporciona la pantalla metálica de color blanco integrada en dichas luminaria y reflectores **SWF330A** (Temp3) de Philips, para el alumbrado del estacionamiento descubierto en techo de la edificación (tercer nivel).

Carga conectada	P x CANT (W)
142 Luminárias fluorescentes de 2x32 W/277V	9.088 W
16 Reflectores MWF330A/45 de 400W/277V	6.400 W
2 Lámparas de luz mixta MLL 150W/277V	300 W
Total carga conectada	**15.788 W**

El tiempo de uso de este estacionamiento será de aproximadamente unas 6 horas, referidas desde las 6 pm hasta las 12 pm.

Las unidades de carga presentan las siguientes características técnicas:

Unidad	Características técnicas
1	Luminaria fluorescente TMS 961 BATTEN de Philips o similar equipadas con dos tubos T8 de 32W/277V montadas adosadas a la losa de techo.
2	Reflectores SWF330A/45 de Philips o similares equipados con una lámpara SON T400W/277V montados en cruceta angular sobre poste de 9m de altura.
3	Poste metálico tubular de 3 m de altura, tubo estructural Conduven, equipado con un globo acrílico de 40 cm de diámetro y un bombillo de luz mixta MLL160W/277V.

III.-2.1.- RESOLUCIÓN DE LOS CASOS SELECCIONADOS

La metodología empleada en los cálculos permitió desarrollar el dimensionado de cada uno de los sistemas, respondiendo a una demanda de energía de acuerdo a los requerimientos de cada caso, siguiendo un orden coherente y respetando los márgenes de seguridad; todo ello en función de los materiales existentes dentro del mercado fotovoltaico.

En el cálculo del número de paneles, se presentan varias alternativas de paneles, en cuanto a fabricante y características eléctricas, lo que permite seleccionar la cantidad que se adapte a las necesidades. Es por ello que se pueden seleccionar mayor número de paneles con tamaños más pequeños, frente a otros de mayor potencia cuyas dimensiones son mayores; siendo una alternativa para adaptar los módulos al sitio de instalación.

Se debe mencionar que en el cálculo de la corriente del Regulador, los valores obtenidos serán iguales independientemente de la potencia del panel, esto porque la corriente del mismo depende únicamente de los equipos conectados; es decir, los que conforman el bloque de carga.

El cálculo del número de baterías depende de los días de autonomía que se deseen para la instalación, estos obedecen al propósito de la instalación, el consumo y las condiciones ambientales del sitio. En el caso de instalaciones que trabajen una cantidad de horas al día y coincidan con las horas de insolación máxima no se requiere de baterías; sin embargo, es conveniente contar con un sistema de acumulación que permita satisfacer las necesidades en días de baja luminosidad o en períodos adicionales a los asumidos en los cálculos.

Los proyectos se presentan en forma de fichas informativas, en las cuales se resumen los cálculos principales y se destacan los resultados obtenidos.

Proyecto: Casa unifamiliar

Página 1

✓Cargas en 120 Vac, 60 Hz

Cantidad	Carga	Potencia (W)	Pot Total	Horas / día	Wh
6	1	15	90	4	360
2	2	65	130	3	390
1	3	250	250	24	6000
1	4	395	395	1	395
1	5	60	60	1	60
1	6	1000	1000	0,25	250
		Total	**1925**	**Total**	**7455**

Margen de Seguridad (%)	10
Eficiencia del inversor (%)	95

Consumo carga AC (Wh)	**8.632,11**
Consumo carga DC (Wh)	**0,00**

✓Obtención del valor máximo de corriente

Horas solares	5,00
Voltaje del sistema	12,00

Corriente máxima	**143,87**

✓Cálculo de número de paneles

FS	1,10
C_P	**158,26**

Fabricante	Panel	Intensidad	Voltaje	N_{PP}	N_{PS}
Atersa	**5 W**	0,30	17	527,52	0,7
Atersa	**10 W**	0,57	17	277,64	0,7
Atersa	**20 W**	1,18	17	134,11	0,7
Kyocera	**50 W**	3,00	16,7	52,75	0,7
Atersa	**55 W**	3,40	16,2	46,55	0,7
isofoton	**75 W**	4,34	17,3	36,46	0,7
Atersa	**127 W**	7,28	16,9	21,74	0,7
Isofoton	**150 W**	8,70	16,8	18,19	0,7
Kyocera	**190 W**	7,28	26,1	22,00	0,5

✓Cálculo de las baterías

Días de autonomía	2,00
Profundidad de descarga	70%
Eficiencia de la batería	95%

Número de baterías serie	**1,00**
Capacidad de batería (Ah)	**2.163,43**

Voltaje de la batería	12,00

Batería (Ah)	200
Baterías en paralelo	10,82

Página 2

✓Cálculo de regulador de carga

Panel	C_R
5 W	**205,73**
10 W	**205,73**
20 W	**205,73**
50 W	**205,73**
55 W	**205,73**
75 W	**205,73**
120 W	**205,73**
150 W	**205,73**
190 W	**205,73**

Factor	1,3

✓Cálculo del inversor

Factor de simultaneidad	90%
Potencia del inversor (W)	**1.732,50**

Selección:	Regulador-Inversor
	2400 W

✓Sección y longitud de cables

Caída de voltaje entre los paneles y el regulador (%)	1
Caída de voltaje entre los el regulador y las baterías (%)	1
Caída de voltaje entre los el regulador y cargas (%)	3

Lugar	Longitud	Sección mm2
Panel-Reg	8	**325,29**
Reg-Bat	3	**121,98**
Reg-Carga	6	**81,32**

Corriente generada/paneles	205,73
Voltaje del sistema	12,00
Corriente máxima pico	158,26

Resultados:

Número de Paneles en paralelo= 19 Paneles Isofoton 150 Wp

Baterías en Paralelo= 11 Baterías de 2400 Ah

Regulador-Inversor= 2000 W

Proyecto: Modelo de Laboratorio

Página 1

✓Cargas en 120 Vac, 60 Hz

Cantidad	Carga	Potencia (W)	Pot Total	Horas / día	Wh
1	1	185	185	1	185
1	2	200	200	1	200
1	3	185	185	2	370
1	4	15	15	2	30
1	5	200	200	2	400
		Total	**785**	**Total**	**1185**

Margen de Seguridad (%)	10
Eficiencia del inversor (%)	95

Consumo carga AC (Wh)	**1.372,11**
Consumo carga DC (Wh)	**0,00**

✓Obtención del valor máximo de corriente

Horas solares	5,00
Voltaje del sistema	12,00

Corriente máxima	**22,87**

✓Cálculo de número de paneles

FS	1,10
C_P	**25,16**

Fabricante	Panel	Intensidad	Voltaje	N_{PP}	N_{PS}
Atersa	**5 W**	0,30	17	83,85	0,7
Atersa	**10 W**	0,57	17	44,13	0,7
Atersa	**20 W**	1,18	17	21,32	0,7
Kyocera	**50 W**	3,00	16,7	8,39	0,7
Atersa	**55 W**	3,40	16,2	7,40	0,7
isofoton	**75 W**	4,34	17,3	5,80	0,7
Atersa	**127 W**	7,28	16,9	3,46	0,7
Isofoton	**150 W**	8,70	16,8	2,89	0,7
Kyocera	**190 W**	7,28	26,1	3,00	0,5

✓Cálculo de las baterías

Días de autonomía	2,00
Profundidad de descarga	70%
Eficiencia de la batería	95%

Número de baterías serie	**1,00**
Capacidad de batería (Ah)	**343,89**

Voltaje de la batería	12,00

Batería (Ah)	200
Baterías en paralelo	1,72

Página 2

✓Cálculo de regulador de carga

Panel	C_R
5 W	**32,70**
10 W	**32,70**
20 W	**32,70**
50 W	**32,70**
55 W	**32,70**
75 W	**32,70**
120 W	**32,70**
150 W	**32,70**
190 W	**32,70**

Factor	1,3

✓Cálculo del inversor

Factor de simultaneidad	90%

Selección:	Regulador-Inversor
	900 W

Potencia del inversor (W)	**706,50**

✓Sección y longitud de cables

Caída de voltaje entre los paneles y el regulador (%)	1
Caída de voltaje entre los el regulador y las baterías (%)	1
Caída de voltaje entre los el regulador y cargas (%)	3

Lugar	Longitud	Sección mm2
Panel-Reg	6	**44,90**
Reg-Bat	3	**22,45**
Reg-Carga	1,5	**3,74**

Corriente generada/paneles	32,70
Voltaje del sistema	12,00
Corriente máxima pico	25,16

Resultados:

Número de Paneles en paralelo= 3 Paneles Kyocera 190 Wp

Baterías en Paralelo= 2 Baterías de 200 Ah

Regulador-Inversor= 900 W

Proyecto: Sistema de Bombeo de aguas

Página 1

✓Cargas en 120 Vac, 60 Hz

Cantidad	Carga	Potencia (W)	Pot Total	Horas / día	Wh
1	1	1490	1490	24	35760
1	2	560	560	12	6720
1	3	750	750	24	18000
		Total	**2800**	**Total**	**60480**

Margen de Seguridad (%)	10
Eficiencia del inversor (%)	95

Consumo carga AC (Wh)	**70.029,47**
Consumo carga DC (Wh)	**0,00**

✓Obtención del valor máximo de corriente

Horas solares	5,00
Voltaje del sistema	12,00

Corriente máxima	**1.167,16**

✓Cálculo de número de paneles

FS	1,10
C_P	**1.283,87**

Fabricante	Panel	Intensidad	Voltaje	N_{PP}	N_{PS}
Atersa	**5 W**	0,30	17	4279,58	0,7
Atersa	**10 W**	0,57	17	2252,41	0,7
Atersa	**20 W**	1,18	17	1088,03	0,7
Kyocera	**50 W**	3,00	16,7	427,96	0,7
Atersa	**55 W**	3,40	16,2	377,61	0,7
isofoton	**75 W**	4,34	17,3	295,82	0,7
Atersa	**127 W**	7,28	16,9	176,36	0,7
Isofoton	**150 W**	8,70	16,8	147,57	0,7
Kyocera	**190 W**	7,28	26,1	176,00	0,5

✓Cálculo de las baterías

Días de autonomía	2,00
Profundidad de descarga	70%
Eficiencia de la batería	95%

Número de baterías serie	**1,00**
Capacidad de batería (Ah)	**17.551,25**

Voltaje de la batería	12,00

Batería (Ah)	200
Baterías en paralelo	87,76

Página 2

✓Cálculo de regulador de carga

Panel	C_R
5 W	**1.669,04**
10 W	**1.669,04**
20 W	**1.669,04**
50 W	**1.669,04**
55 W	**1.669,04**
75 W	**1.669,04**
120 W	**1.669,04**
150 W	**1.669,04**
190 W	**1.669,04**

Factor	1,3

✓Cálculo del inversor

Factor de simultaneidad	90%

Selección:	Regulador-Inversor
	3600 W

Potencia del inversor (W)	**2.520,00**

✓Sección y longitud de cables

Caída de voltaje entre los paneles y el regulador (%)	1
Caída de voltaje entre los el regulador y las baterías (%)	1
Caída de voltaje entre los el regulador y cargas (%)	3

Lugar	Longitud	Sección mm2
Panel-Reg	0,9	**343,76**
Reg-Bat	0,9	**343,76**
Reg-Carga	2,5	**318,29**

Corriente generada/paneles	1.669,04
Voltaje del sistema	12,00
Corriente máxima pico	1.283,87

Resultados:

Número de Paneles en paralelo= 177 Paneles Atersa 127 Wp

Baterías en Paralelo= 88 Baterías de 200 Ah

Regulador-Inversor=3600 W

Proyecto: Estacionamiento UCAB

Página 1

✓Cargas en 120 Vac, 60 Hz

Cantidad	Carga	Potencia (W)	Pot Total	Horas / día	Wh
142	1	64	9088	6	54528
16	2	400	6400	6	38400
2	3	150	300	6	1800
		Total	**15788**	**Total**	**94728**

Margen de Seguridad (%)	10
Eficiencia del inversor (%)	95

Consumo carga AC (Wh)	**109.685,05**
Consumo carga DC (Wh)	**0,00**

✓Obtención del valor máximo de corriente

Horas solares	5,00
Voltaje del sistema	12,00

Corriente máxima	**1.828,08**

✓Cálculo de número de paneles

FS	1,10
C_P	**1.283,87**

Fabricante	Panel	Intensidad	Voltaje	N_{PP}	N_{PS}
Atersa	**5 W**	0,30	17	6702,98	0,7
Atersa	**10 W**	0,57	17	3527,88	0,7
Atersa	**20 W**	1,18	17	1704,15	0,7
Kyocera	**50 W**	3,00	16,7	670,30	0,7
Atersa	**55 W**	3,40	16,2	591,44	0,7
isofoton	**75 W**	4,34	17,3	463,34	0,7
Atersa	**127 W**	7,28	16,9	276,22	0,7
Isofoton	**150 W**	8,70	16,8	231,14	0,7
Kyocera	**190 W**	7,28	26,1	276,22	0,5

✓Cálculo de las baterías

Días de autonomía	2,00
Profundidad de descarga	70%
Eficiencia de la batería	95%

Número de baterías serie	**1,00**
Capacidad de batería (Ah)	**27.489,99**

Voltaje de la batería	12,00

Batería (Ah)	200
Baterías en paralelo	137,45

Página 2

✓Cálculo de regulador de carga

Panel	C_R
5 W	**2.614,16**
10 W	**2.614,16**
20 W	**2.614,16**
50 W	**2.614,16**
55 W	**2.614,16**
75 W	**2.614,16**
120 W	**2.614,16**
150 W	**2.614,16**
190 W	**2.614,16**

Factor	1,3

✓Cálculo del inversor

Factor de simultaneidad	90%
Potencia del inversor (W)	**14.209,20**

Selección:	Regulador-Inversor
	(1)2400 W
	(2)6000 W

✓Sección y longitud de cables

Caída de voltaje entre los paneles y el regulador (%)	1
Caída de voltaje entre los el regulador y las baterías (%)	1
Caída de voltaje entre los el regulador y cargas (%)	3

Lugar	Longitud	Sección mm2
Panel-Reg	0,6	**358,94**
Reg-Bat	0,6	**358,94**
Reg-Carga	1,6	**319,06**

Corriente generada/paneles	2.614,16
Voltaje del sistema	12,00
Corriente máxima pico	2.01,89

Resultados:

Número de Paneles en paralelo= 232 Paneles Isofoton 150 Wp

Baterías en Paralelo= 138 Baterías de 200 Ah

Regulador-Inversor=(1) 2400 W y (2) 6000 W

III.-3.- CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS PROPUESTOS

Los sistemas propuestos fueron dimensionados de acuerdo a los requerimientos de energía en las distintas situaciones de carga, adaptando los valores resultantes a los materiales existentes en el mercado, minimizando la cantidad de los mismos con equipos de mayor capacidad.

Existen numerosas empresas europeas fabricantes de este tipo de tecnologías con distribución a nivel mundial, las cuales nos han servido como medio para la selección de materiales, debido a la ausencia en el mercado venezolano de fábricas del sector fotovoltaico. Sin embargo, existen particulares que se encargan de la distribución y la instalación de los sistemas, así como Empresas del sector eléctrico y automotriz que sirven de representación para marcas extranjeras reconocidas de células y módulos fotovoltaicos.

En Venezuela los distribuidores e instaladores de sistemas solares que se encuentran registrados, son los siguientes:

Tabla XIII.- Distribuidores e instaladores de energía solar en Venezuela

Empresa registrada	Contacto
DUNCAN C.A. Av. Milán Edif. Nageben. Urb. Los Ruices Sur Distrito Metropolitano-Caracas	(0212) 257.8022
Siemens SA RIF: J-00034354-3 Urb. Los Ruices Distrito Metropolitano-Caracas	(0212) 237.0045
Técnica Fase Sa RIF: J-00080469-9 Av. Francico De Miranda Edif. Ctro Seguros La Paz Piso 4 Local E-41-E Sector Boleíta Distrito Metropolitano-Caracas	(0212) 2395629
Ingesol CA RIF: J-30113267-0 Urb. Sabana Grande Distrito Metropolitano-Caracas	(0212) 762.9926
Octonsolar Importadora RIF: J-00079758-7 Urb. Sabana Grande. Distrito Metropolitano-Caracas	(0212) 754.0022
Multiproyectos G C R CA RIF: J-00289314-1 Urb. Las Acacias Distrito Metropolitano-Caracas	(0212) 414.5343

Riosol CA RIF: J-30572806-2 Urb. San Luis. Distrito Metropolitano-Caracas	(0212) 987.0603
Grupo Consultor Pendare, CA RIF: J-31197234-0 Urb. Catia La Mar Vargas-Litoral	(0212) 613.3371
Tucker Energy Services de Venezuela Urb. El Pilar Zulia-Maracaibo	(0261) 743.6010
Tecno-Solar CA OPT Galerias Zulia-Maracaibo	(0261) 783.2690
Energías Alternas CA Av. 20 c/Ca. 67, C.C. Casiquiare L-1 Zulia-Maracaibo	(0261) 749.9385
As Electric CA Av. Libertador, c/Ca. Buenos Aires, Edif. Profnal. Urb. Los Caobos. Distrito Metropolitano-Caracas	(0212) 345.3802
TOROTRAC Inversiones Campotencia C.A Av. Venezuela entre Calle Baruta y Tacagua, Galpón Torotrac. Urb. Bello Monte. Distrito Metropolitano-Caracas	(0212) 951.0815

En el desarrollo de los proyectos propuestos se trabajó con materiales de las marcas ISOFOTÓN, S.A. y ATERSA, Empresas españolas pioneras y líderes de Europa en producción de módulos solares. Así como KYOCERA con sede en Alemania y filial propiedad absoluta de KYOCERA CORPORATION JAPAN, siendo ambos países los mayores productores de células fotovoltaicas en el mundo.

En cuanto a los sistemas de acumulación y control constituidos por las Baterías y los Reguladores e Inversores de carga, se trabajó con materiales del grupo DUNCAN, representante de la marca ATERSA en Venezuela y pioneros en sistemas de acumulación, que han desarrollado nuevas tecnologías en la energía solar incluyendo las Baterías solares, especiales para este tipo de tecnologías.

A continuación se presenta una lista de los módulos y los equipos seleccionados, destacando sus características físicas y eléctricas principales, además de otras características del dimensionado.

MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

- *Disponible en ISOFOTON*: Módulos fotovoltaicos que utilizan células pseudocuadradas de silicio monocristalino de alta eficiencia.

MÓDULO FOTOVOLTAICO UL IS-150 / 12

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

DIMENSIONES	1.590 x 790 x 39,5 mm [62,60 x 31,10 x 1,55 in]
PESO	14,4 Kg [31,7 lb]
CONDICIONES DE EMBALAJE	4 módulos por caja
TAMAÑO CAJA EMBALAJE	1.720 x 910 x 230 mm [67,72 x 35,83 x 9,06 in]

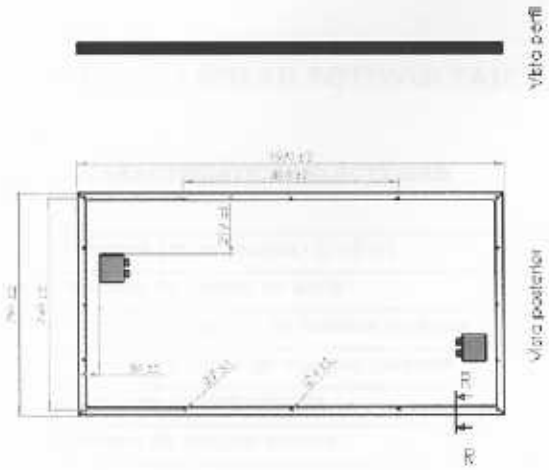
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS (1.000 W / m², 25° C célula, AM 1.5)

POTENCIA MAXIMA (P_{MAX})	150 W_p +/- 5%
CORRIENTE DE MÁXIMA POTENCIA (I_{MAX})	8,7 A
TENSIÓN DE MÁXIMA POTENCIA (V_{MAX})	17,3 V
CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO (I_{SC})	9,3 A
TENSIÓN DE CIRCUITO ABIERTO (V_{OC})	21,6 V
TONC (800 W /m², 20° C, AM 1.5, 1 m / s)	47° C
MÍNIMO VALOR DEL FUSIBLE EN SERIE	20 A
TENSIÓN MÁXIMA DEL SISTEMA	600 V

CAJA DE CONEXIÓN

MEDIDAS (LARGO X ANCHO X ALTURA)	100 x 110 x 30 mm [3,937 x 4,331 x 1,181 in]
CAJAS DE CONEXIÓN	2 x IP 65 con diodo de bypass
TERMINAL DE CONEXIÓN	Bornera atornillable con posibilidad de soldadura
CABLES (*)	570 mm (+) [22,44 in]; 1.000 mm (-) [39,37 in]; 4 mm² [10 AWG]

DIMENSIONES

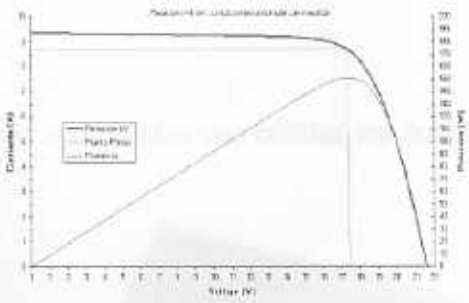


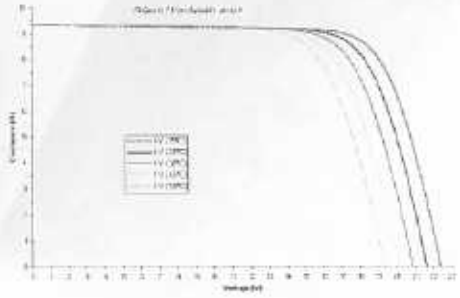
Sección R-R

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

TIPO DE CÉLULA: Si MONOCRISTALINO, TEXTURADA Y CON CAPA ANTIRREFLEXIVA	125 x 125 mm [5 in]
CONTACTOS	Contactos redundantes, múltiples, en cada célula
Nº DE CÉLULAS EN SERIE	36
Nº DE CÉLULAS EN PARALELO	2
LAMINADO	EVA (etilen – vinil acetato)
CARA POSTERIOR	Protegida con Tedlar de varias capas
CARA FRONTAL	Vidrio templado y microestructurado de alta transmisividad
MARCO	Aluminio anodizado
TOMA DE TIERRA	SI
CERTIFICACIONES	IEC 61215, Clase II mediante certificado TÜV, UL 1703

CURVAS





- *Disponible en ATERSA*: Módulos fotovoltaicos construidos con células cuadradas de silicio policristalino de alta eficiencia.

MÓDULO SOLAR FOTOVOLTAICO A-127P

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Potencia (W en prueba -2/+5%)	127 W
Número de células en serie	36
Corriente en punto de máxima potencia	7,28 A
Tensión en punto de máxima potencia	17,48 V
Corriente de cortocircuito	7,95 A
Tensión de circuito abierto	22 V

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Longitud	1476 mm
Anchura	659 mm
Espesor	35 mm
Peso	12,8 kg

Especificaciones eléctricas medidas en STC. TONC: 47± 2ºC

- *Disponible en KYOCERA*: Módulos fotovoltaicos construidos con células cuadradas de silicio policristalino de alta eficiencia.

KYOCERA

KC190GHT-2

HIGH EFFICIENCY POLYCRYSTALLINE
PHOTOVOLTAIC MODULE

HIGHLIGHTS OF KYOCERA PHOTOVOLTAIC MODULES

Specifications

Electrical Data		
Maximum Power(Pmax)	[W]	190
Tolerance	[%]	+10/−5
Maximum Power Voltage	[V]	26.1
Maximum Power Current	[A]	7.28
Open Circuit Voltage (Voc)	[V]	32.5
Short Circuit Current (Isc)	[A]	8.08
Temp. coefficient of Voc	[V/℃]	-1.23×10^{-1}
Temp. coefficient of Isc	[A/℃]	3.18×10^{-3}
NOCT	[℃]	47
Max System Voltage	[V]	1000

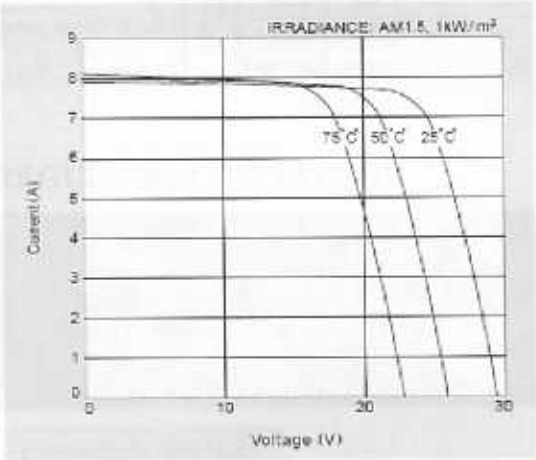
Dimension		
Length	[mm]	1425
Width	[mm]	990
Depth without box	[mm]	36
Weight	[kg]	18.5
Cable	[mm]	(+)910/(−)710

Cells	
Number per module	54
Cell Technology	Polycrystalline
Cell Shape	Rectangular

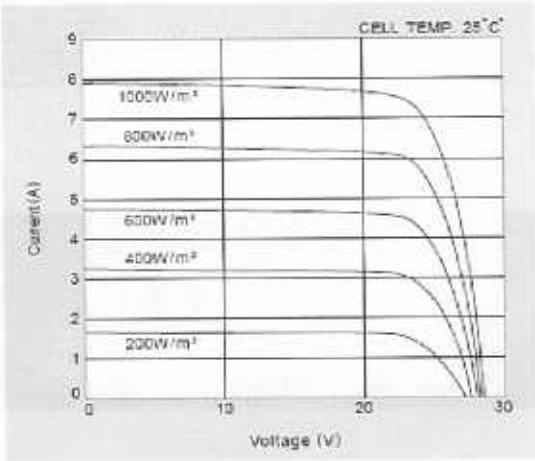
Note: The electrical specifications are under test conditions of Irradiance of 1kW/m², Spectrum of 1.5 air mass and cell temperature of 25℃.
Kyocera reserves the right to modify these specifications without notice.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

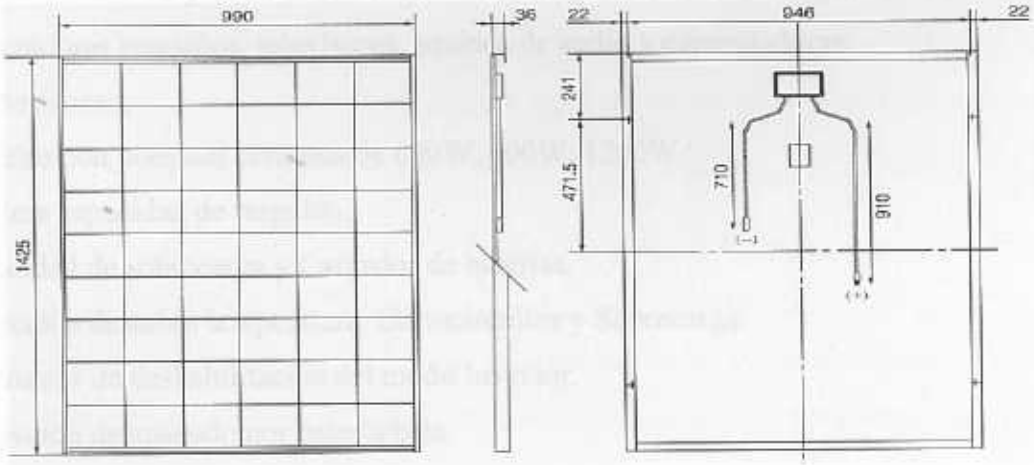
Current-Voltage characteristics of Photovoltaic Module KC190GHT-2 at various cell temperatures



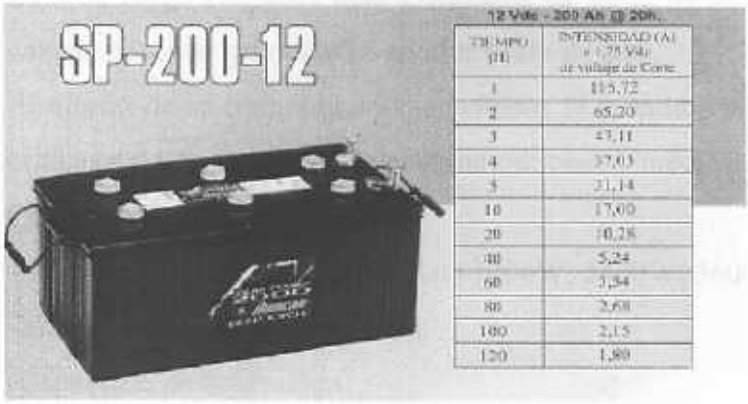
Current-Voltage characteristics of Photovoltaic Module KC190GHT-2 at various irradiance levels



Physical Specifications



BATERIAS SOLARES



TIEMPO (H)	INTENSIDAD (A) a 1,75 Vdc de voltaje de Corte
1	115,72
2	65,20
3	47,11
4	37,03
5	31,14
10	17,00
20	10,28
40	5,24
60	3,34
80	2,68
100	2,15
120	1,80

Tipo de Terminales		Modelo	SP 65-12	SP 90-12	SP 100-6	SP 130-12	SP 160-12	SP 200-12
Bornes Automotrices	Dimensiones (mm)	Largo	253	295	258	500	500	500
Bornes en forma de "L"		Ancho	165	166	178	180	220	275
Bornes Mariposa		Alto	252	235	284	240	240	240
		Peso (Kg)	23,50	24,30	30,20	43,00	56,00	66,00

REGULADOR – INVERSOR

Powertek Serie I:

UPS de largo respaldo, convirtiendo 12 VDC en energía limpia AC.

El L-UPS-600/900 y 1200 puede respaldar la mayoría de aparatos del hogar, herramientas, refrigeradores pequeños, televisores, equipos de audio y computadoras.

Características:

-Modelos con potencia continua de 600W, 900W, 1200W.

-Máxima capacidad de respaldo.

-Capacidad de sobrecarga y Cargador de baterías.

-Protección de sobre temperatura, Cortocircuitos y Sobrecarga.

-Interruptor de deshabilitación del modo Inversor.

-Protección de apagado por batería baja.

Powertek Serie II:

UPS de largo respaldo mas avanzado, de onda de salida seno modificada e ideal para cargas pesadas que existen en el mundo de hoy.

El diseño de su transformador e inversor le permite respaldar las cargas mas poderosas y críticas del tipo industrial, telecomunicaciones y médicas con una mínima inversión.

Características:

-Modelos con potencia continua de 1800W, 2400W, 3600W y 6000W.

-Máxima capacidad de respaldo.

-Capacidad de sobrecarga.

-Cargador de baterías.

-Protección de sobre temperatura, Cortocircuitos y Sobrecarga.

-Interruptor de deshabilitación del modo Inversor.

-Protección de apagado por batería baja.

III.-4.- COSTOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS [43]

La inversión necesaria para adquirir un sistema fotovoltaico depende de varios factores, por ejemplo: los precios internacionales del mercado fotovoltaico, la disponibilidad local de distribuidores e instaladores de equipos fotovoltaicos, la ubicación y demanda energética de los usuarios. Las caracteristicas particulares de todos los equipos necesarios para satisfacer la demanda energética (en calidad, cantidad y capacidad), la distancia y la facilidad de acceso entre el lugar de venta de los equipos y el lugar donde se instalará el sistema, y los márgenes de ganancia de vendedores e instaladores de equipos (generalmente entre el 10-30%), son factores que determinan en gran medida la cantidad de dinero que el usuario final invertirá para electrificar su vivienda.

El costo inicial total de un sistema fotovoltaico individual típico en América Central, para aplicaciones domésticas se estima entre US$ 800 y US$ 1.000, el cual incluye los equipos, el transporte y la instalación. De esta cantidad, los montos de mayor relevancia son un 30% correspondiente al módulo fotovoltaico, y un 15 % a la batería, al inversor, al

transporte y a la mano de obra respectivamente, tal y como se muestra gráficamente en la Figura 40. Sin embargo, la experiencia dice que para viviendas rurales muy alejadas y con vías de acceso deficientes, el costo de transporte suele ascender del 15 al 30% del costo inicial.

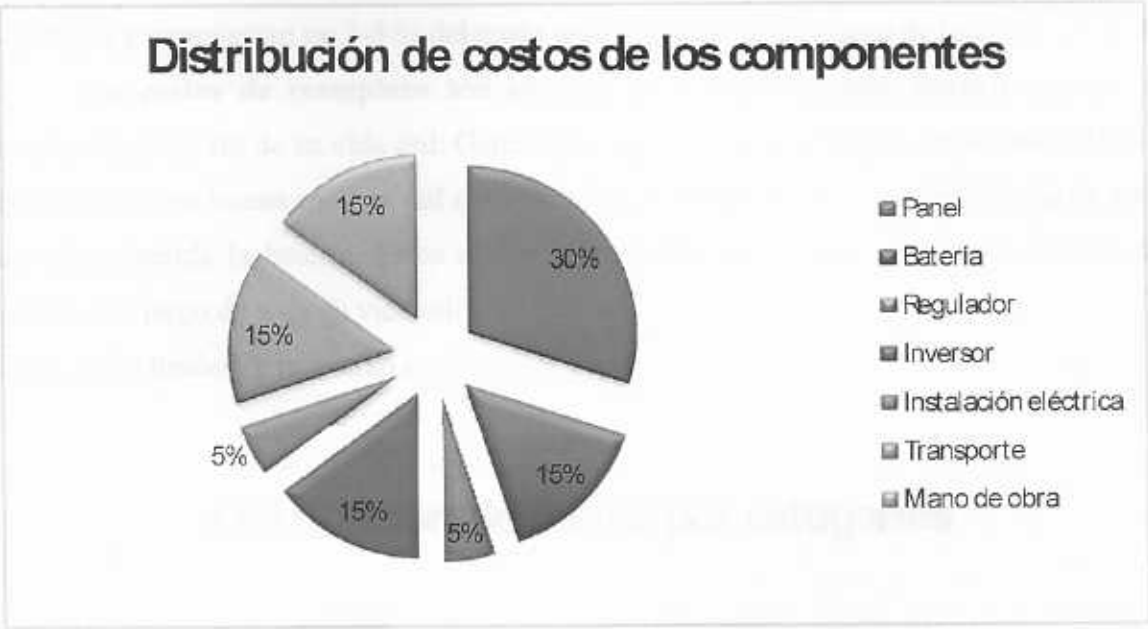


Figura 40.- Distribución de costos de los componentes de un SFV individual doméstico [43]

Los costos totales de un sistema fotovoltaico pueden clasificarse en las siguientes categorías:

- Costos de inversión
- Costos de mantenimiento
- Costos de reemplazo

Los **costos de inversión** son aquellos en los que se debe incurrir inicialmente para la compra, transporte e instalación de los equipos fotovoltaicos. Estos costos pueden representar un 70-75 % del costo del sistema a lo largo de toda su vida útil. La vida útil de un sistema fotovoltaico completo, correctamente instalado y con componentes de buena calidad, se estima entre 15 y 20 años (dependiendo del fabricante).

Los **costos de mantenimiento** y operación son aquellos en los que se debe incurrir durante toda la vida útil de los equipos para conservar en buenas condiciones el sistema fotovoltaico. Normalmente, el mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos no es más que la limpieza adecuada de los equipos, especialmente de los paneles fotovoltaicos, y el reemplazo oportuno del agua de las baterías; por lo tanto, los costos de mantenimiento son muy bajos y representan un 3-5 % del costo total del sistema a lo largo de toda su vida útil.

Los **costos de reemplazo** son aquellos en los que se debe incurrir cuando las baterías llegan al fin de su vida útil. Generalmente, esto sucede después de 3-5 años de uso, pero depende en buena medida del mantenimiento y de los ciclos de carga/descarga a los que fue sometida la batería. Estos costos representan 20-27 % de los costos totales del sistema a lo largo de toda su vida útil.

Estos costos totales se muestran en la Figura 41:

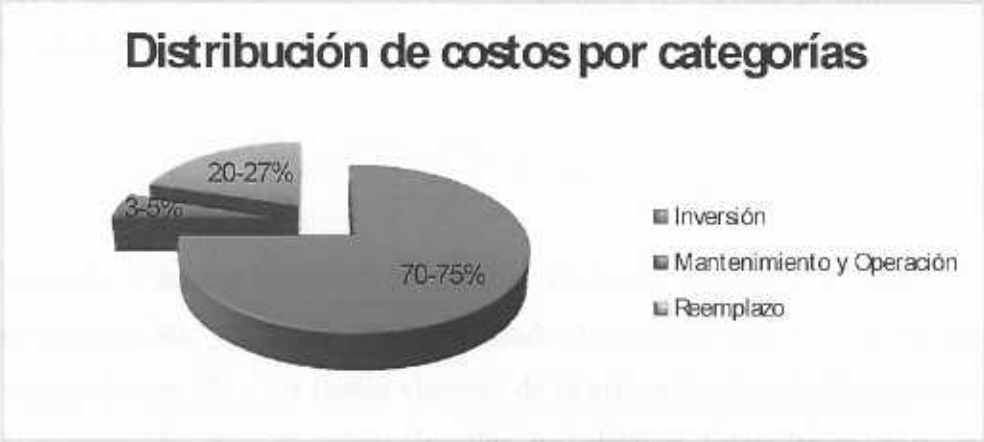


Figura 40.- Distribución de costos por categorías de un SFV individual doméstico [43]

En definitiva, un sistema fotovoltaico requiere un fuerte desembolso de capital inicial, pero luego los gastos de gestión y de mantenimiento son muy reducidos.

El análisis de todos los aspectos económicos relativos a un sistema fotovoltaico es muy complejo. En especial, cada aplicación tiene que ser evaluada en su específico contexto, teniendo en cuenta sobre todo la energía eléctrica producida, la duración del sistema, las dificultades de conexión a la red eléctrica, los incentivos disponibles, etc.

En algunos casos la inversión inicial se amortiza rápidamente, ya que el costo de la conexión a la red eléctrica sería superior al de la instalación de un sistema solar fotovoltaico. Pero en la mayoría de los casos un sistema fotovoltaico tiene un costo por kW instalado mucho mayor que el costo del kW de un sistema de gran escala de la red eléctrica. Por lo tanto, lo que puede hacer compensar la instalación de un sistema fotovoltaico son los incentivos públicos en las zonas urbanas, o bien, en los casos de instalaciones aisladas del sistema eléctrico, el costo unitario de un sistema fotovoltaico se hace conveniente al evitar el costo de una línea de alta tensión o alternativamente el traslado de combustible. De manera aproximada, se puede calcular la distancia que hace sustentable la instalación de un sistema fotovoltaico:

Para tener una idea, el costo aproximado de extender la red eléctrica un kilómetro oscila entre US$ 10 000,00 a US$ 12 000,00. Esto quiere decir que un sistema fotovoltaico con un costo aproximado de US$ 7 000,00 es competitivo contra la extensión de la red eléctrica para distancias mayores de 0,6 km. Esto es:

$$D_C = \frac{C_{SFV}}{C_{ER}} = \frac{US\$7000}{US\$12000} = 0{,}6Km \qquad \text{Ecuación (14)}$$

Donde D_C es la distancia competitiva, C_{SFV} el costo del sistema fotovoltaico a instalar según las necesidades, y C_{ER} el costo de extender la red eléctrica 1Km de distancia. Los valores varían de acuerdo a los costos vigentes de la extensión de red eléctrica en la zona, y el valor aproximado que resultaría instalar un sistema fotovoltaico para cubrir las necesidades de carga del lugar.

III.-5.- INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS

La instalación de los módulos fotovoltaicos es sencilla siempre y cuando se sigan las recomendaciones del fabricante, y su eficiencia aumentará o disminuirá en función de la correcta disposición de estos elementos. Las siguientes recomendaciones son básicas para obtener óptimos resultados:

· Instale el módulo sobre la estructura de soporte mediante tortillería específica. Se recomienda instalar los módulos sobre la estructura fijándolos con sus correspondientes agujeros y por medio de un kit específico de tornillería (se recomiendan medidas de 6x20 mm en acero inoxidable). El marco del módulo nunca debe ser taladrado ni presionado con otro sistema de sujeción.

· Instale el módulo en un lugar donde nunca esté en sombra. Compruebe que no existen árboles ni construcciones alrededor. Recuerde que el Sol varía de posición a lo largo del año y los árboles crecen.

· Oriente el módulo correctamente. La cara frontal del módulo debe mirar al Sur en el hemisferio

Norte y al Norte en el hemisferio Sur.

· El módulo se instalará de manera que el aire pueda circular libremente a su alrededor. De este modo, se consigue disminuir la temperatura de trabajo de las células y, consecuentemente, mejorar el rendimiento del módulo.

· Si se montan varios módulos, evite que se hagan sombra entre sí.

· Si se usa un regulador, colóquelo en un lugar fácilmente accesible para que el usuario pueda comprobar los elementos de control. En el momento de su conexión se respetarán las polaridades eléctricas de todos los elementos, conectándolos en el siguiente orden: batería, módulos y consumo.

Mantenimiento de la instalación

Las instalaciones fotovoltaicas, en general, son fáciles de mantener. Sin embargo, una instalación que no tenga el mantenimiento que le corresponde, fácilmente tendrá problemas en un plazo más o menos corto. Hay deficiencias que conducirán simplemente a una reducción del rendimiento de la instalación, otras podrán provocar el deterioro de algún equipo y otras acortarán su vida activa.

Según el tipo de instalación, su potencia y sus componentes, se precisará más o menos mantenimiento, una parte del cual deberá recaer en un especialista y otra en el usuario. Las operaciones de mantenimiento que normalmente recaerán en el usuario son:

Módulos fotovoltaicos: Limpieza de la superficie. Esta operación hay que efectuarla especialmente después de un período largo sin lluvias o bien después de una lluvia de barro. En general, para la limpieza de las placas no se han de utilizar productos abrasivos o estropajos metálicos.

Estructura de soporte: Si el material es madera tratada químicamente o hierro galvanizado, no necesita mantenimiento. Si la estructura de apoyo es de hierro pintado, habrá que repasar los puntos en los que salta la pintura, primero con minio y después con la pintura adecuada.

Baterías: Además de ir controlando las indicaciones o alarmas de los indicadores del regulador, también se ha de hacer el mantenimiento de las propias baterías. Así, se ha de asegurar que el nivel del electrolito esté entre el máximo y el mínimo. En caso de que bajase por debajo del mínimo, habría que añadir agua destilada. Hay que procurar no mojar ni los bornes ni las platinas de conexión. La parte superior de las baterías se ha de proteger del polvo (por ejemplo, con una tapa de madera o de plástico, evidentemente nunca de material metálico, que cubra todo el conjunto de elementos). Los bornes hay que protegerlos de la acumulación de sales y óxidos con una capa de vaselina neutra o grasa de silicona.

TIPS INFORMATIVOS

- El sol está a una distancia media de 150 millones de kilómetros respecto de la Tierra; y la intensidad media de radiación medida fuera de la atmósfera en un plano normal, es aproximadamente 1,94 cal/cm^2/min.

- El 9% de la radiación que ocupa el espectro en longitudes de onda, se encuentra en la región ultravioleta, muy corta e invisible; un 40% es la luz que vemos y con la cual vemos, y el 51% restante está formado por ondas infrarrojas o largas.

- Los EE.UU. reciben anualmente alrededor de 1500 veces sus demandas de energía total.

- La constante solar tiene un valor medio de 1354 W/m^2, que corresponde a un valor máximo en el perihelio de 1395 W/m^2 y un valor mínimo en el afelio de 1308 W/m^2.

- Las células fotovoltaicas admiten tanto la radiación directa como la difusa, lo que quiere decir que se puede conseguir energía eléctrica incluso en días nublados.

- El efecto fotovoltaico fue descubierto por Becquerel en 1839. En 1885 se fabricó el primer módulo fotoeléctrico (que era de selenio); pero no fue hasta mediados de los años 50 cuando se construyó el primer panel fotovoltaico de silicio, del mismo tipo de los que se utilizan hoy en día.

- Las células fotovoltaicas tuvieron su primer gran campo de aplicación en el espacio. No fue hasta mediados de los 70 (a raíz de la primera crisis del petróleo) cuando se comenzaron a utilizar de forma comercial en aplicaciones terrestres (para señalización de boyas luminosas, señalización ferroviaria, antenas de comunicación, etc.). Para estas aplicaciones se tuvo que reducir el precio de los módulos a la mitad, por lo que se empezó a utilizar silicio de rechazo de la industria de semiconductores.

- La materia prima para la fabricación de las células fotovoltaicas más utilizada actualmente es el silicio. El silicio es el material más abundante en la Tierra después del oxígeno; la combinación de ambos forma el 60% de la corteza terrestre.

- Un automóvil de Honda es capaz de superar los 140 km/h sin usar otra energía que la solar fotovoltaica.

- El principal productor de células fotovoltaicas a finales de 2005 era Japón (46% del mercado), seguido de Europa (28%) y de EE.UU. (9%). En Europa el principal productor es Alemania (con más del 57% de la producción europea) seguido de España (con algo más del 25% de producción)

- Una de las posibles aplicaciones de la energía solar fotovoltaica es el avión solar. Existe un prototipo a gran escala de avión no tripulado propulsado con energía solar diseñado por la NASA (Agencia Aeroespacial Norteamericana), que ascendió casi 23 km de altura. El avión solar se llama **HELIOS**. Sus alas, de algo más de 74 metros de envergadura y sólo 2,4 metros de distancia entre la nariz y la cola, son controladas desde la Tierra por dos pilotos a través de computadoras. Sus 14 propulsores son impulsados por pequeños motores eléctricos abastecidos por sus 65.000 células fotovoltaicas incorporadas en las alas.

- Una instalación de unos 3 kW_p, que ocupa unos 30 m^2, vertería a la red eléctrica tanta electricidad como la consumida por una vivienda a lo largo de un año.

- En el 2005 se inauguró en Alemania una central fotovoltaica que ocupa 250.000 m^2 (casi como 56 campos de fútbol) y tiene una potencia instalada de 10 MW_p.

- El primer edificio que aplicó el concepto de fotovoltaica integrada en edificios fue la biblioteca de Mataró (en Barcelona); donde toda la fachada frontal consta de doble acristalamiento con células fotovoltaicas integradas en el cristal exterior y también consta de 4 lucernarios fotovoltaicos (en total tiene 53 kW_p instalados).

- A finales de 2003 la capacidad instalada de energía solar fotovoltaica en Europa era de 562 MW_p; de los cuales el 85% estaban conectados a la red eléctrica. Y la capacidad instalada de energía solar fotovoltaica en el mundo era de 762 MW_p.

- El desarrollo de la energía eólica en Latinoamérica está en sus comienzos, llegando la capacidad instalada en varios países a un total de alrededor 473 MW.

- Alemania ha promovido diversos programas de tejados fotovoltaicos (destacando el programa de 1.000 tejados fotovoltaicos; 1991 – 1994); convirtiéndose en el país líder europeo de la conexión a red, contando a finales de 2003 con el 78,5% de la fotovoltaica conectada a red de Europa.

- Las "pérdidas" (lo que se deja de generar) producidas por la suciedad en los módulos fotovoltaicos pueden llegar a ser de un 5% y se pueden evitar con una limpieza con agua (sin agentes abrasivos ni instrumentos metálicos) después de muchos días sin llover, después de un periodo de calima, etc. (es recomendable limpiar los paneles, sobre todo en verano, fuera de las horas centrales del día, para evitar cambios bruscos de temperatura entre el agua y el panel).

- En los últimos años el crecimiento mundial de la producción de células fotovoltaicas ha sido de más del 30% anual. Los costes de los sistemas solares están bajando a un ritmo del 5% anual. En el 2010 se estima que el coste pueda bajar en un 30% en instalaciones aisladas y un 40% en instalaciones conectadas a la red.

- La Central Hidroeléctrica Gurí (Raúl leoni) en Venezuela, es la segunda Central más grande del mundo después de la Central Itaipú (Brasil/Paraguay) capaz de generar 50.000GWh al año.

- La primera vez que se produjo energía eléctrica geotérmica fue en Larderello (Italia), en 1904.

CONCLUSIONES

- Se ha estudiado la posibilidad del desarrollo de las EA en Venezuela a partir de su potencial y del análisis de su sistema energético: su evolución y proyecciones de desarrollo, y del apoyo estadal al desarrollo de las mismas, entre otros. Se concluye que el petróleo, el gas natural y la Hidroelectricidad dominan tanto la oferta como la demanda energética. Por otra parte, el aumento sostenido de la demanda interna y de la producción energética, que acentúan el deterioro ambiental, y la fuerte dependencia con respecto a los ingresos petroleros, hace a Venezuela sumamente vulnerable a las inestabilidades del mercado mundial, evidenciando la necesidad estratégica de desarrollar alternativas energéticas, más confiables y sustentables, como la energía solar fotovoltaica ,situación que ha sido declarada incluso como un aspecto de seguridad y defensa nacional.

- En cuanto a la evolución histórica de las energías renovables en Venezuela, se obtiene que sólo la Hidroelectricidad haya experimentado un importante desarrollo y presencia en el balance energético nacional e incluso con planes definidos de expansión en el corto y mediano plazo. Con respecto a las otras Energías alternas, su desarrollo luce improbable tanto por la predominancia de los combustibles fósiles y derivados, tanto en producción y consumo a bajo costo, lo que no hace a la energía solar fotovoltaica ser una energía económicamente viable dentro del ámbito de la importación de los de los paneles solares y los elevados costos de los mismos en comparación con los costos de la energía eléctrica por kWh; Todo esto debido a la ausencia de una decidida política estatal de apoyo a las mismas y la falta de subsidios por parte del gobierno y entes encargados de llevar acabo este tipo de proyectos sustentables.

- En muchos casos, el costo de realizar estas operaciones con energía solar no puede competir con el costo menor de otras fuentes de energía. No es que se trate de una energía cara; todo lo contrario. Pero el problema es que se requiere una gran

inversión inicial para comenzar a asimilar el uso de la energía solar. Es por ello, que la mayor parte de los problemas de utilización de esta energía se vinculan a problemas fundamentalmente económicos, dependiendo por lo tanto en cierta medida de los subsidios que este tipo de instalaciones pueden obtener de los organismos oficiales y gubernamentales.

- Hoy en día, como ya hemos dicho, este sistema es muy caro, pero si se consigue que se siga avanzando en eso y, por tanto, que el precio de las células solares siga disminuyendo iniciándose así su fabricación a gran escala es muy probable que en un futuro no muy lejano una buena parte de la electricidad consumida en todos los países del mundo tenga su origen en la conversión fotovoltaica, y de esta manera disminuir en cierto porcentaje los problemas de la contaminación por la combustión de productos derivados del petróleo y el carbón, que van deteriorando el medio ambiente y de esta manera hacer uso del sol como fuente de energía limpia, inagotable, renovable y de gran desarrollo sustentable. Esta situación hace virtualmente imposible que se cumpla con los acuerdos internacionales firmados sobre el aporte de 10% de energías alternas a la producción total de energía para el año 2012.

- Finalmente se puede afirmar que sólo mediante un cambio de actitud y apoyo decidido del Estado, además de la participación activa del sector empresarial y académico, podría el país desarrollar en firme las EA permitiendo además insertar a Venezuela en la ruta energética del futuro.

RECOMENDACIONES

- Es indispensable y de gran importancia crear conciencia en cuanto al ahorro de energía eléctrica, sobre todo en las viviendas, haciendo uso de ciertos equipos o artefactos que no generen consumo eléctrico, como son los calentadores de agua a gas y las cocinas de gas que tienen un importante aporte en el consumo de energía eléctrica

- Los sistemas solares fotovoltaicos (SSFV) deben ser considerados con mucha mayor exigencia en lugares aislados y en donde la demanda de electricidad necesaria sea de forma continua, esto quiere decir que hay que darle mayor valor en el uso de estos sistemas fotovoltaicos a hospitales, escuelas, instalaciones de tratamientos de aguas y piscinas, donde la pérdida o falta de electricidad por cierto tiempo limitado es de grave consecuencia.

- Hay que recalcar de forma clara, que este tipo de energía alterna como lo es la energía solar fotovoltaica necesita para su desarrollo en Venezuela, de un cambio de actitud del pueblo y además de subsidios que el Estado a través de sus instituciones pueda otorgar a todos los proyectos en gestión.

- Se recomienda que el país disponga comercialmente de "Bombas Solares " para los diferentes sistemas de bombeo (superficial y sumergidas) que vayan a utilizar de la energía solar fotovoltaica; ya que estas bombas solares optimizan el consumo de electricidad.

GLOSARIO

• **Afelio:** Punto más alejado de la órbita de un planeta alrededor del Sol.

• **Arquitectura bioclimática:** Diseño de los edificios teniendo en cuenta las condiciones climáticas, aprovechando los recursos disponibles (sol, vegetación, lluvia, vientos) para disminuir los impactos ambientales, intentando reducir los consumos de energía.

• **Autómata:** Equipo electrónico programable en lenguaje no informático y diseñado para controlar, en tiempo real y en ambiente industrial, procesos secuenciales.

• **Azimut:** Ángulo que con el meridiano forma el círculo vertical que pasa por un punto de la esfera celeste o del globo terráqueo.

• **Bornas:** Cada uno de los botones de metal en que suelen terminar ciertas máquinas y aparatos eléctricos, y a los cuales se unen los hilos conductores.

• **Calima:** Accidente atmosférico que enturbia el aire y suele producirse por vapores de agua.

• **Ciclo Brayton:** Ciclo termodinámico de compresión, calentamiento y expansión de un fluido compresible, generalmente aire, que se emplea para producir trabajo neto y su posterior aprovechamiento como energía mecánica o eléctrica.

• **Ciclo Ranking:** Ciclo termodinámico. Es un ciclo de planta de fuerza que opera con vapor.

• **Ciclo termodinámico:** Proceso que tiene lugar en dispositivos destinados a la obtención de trabajo a partir de dos fuentes de calor a distinta temperatura o, de manera inversa, a producir el paso de calor de la fuente de menor temperatura a la fuente de mayor temperatura mediante la aportación de trabajo.

• **Constante solar:** Cantidad de energía recibida en forma de radiación solar por unidad de tiempo y unidad de superficie, medida en la parte externa de la atmósfera en un plano perpendicular a los rayos.

• **Diodo:** Dispositivo que permite el paso de la corriente eléctrica en una única dirección.

• **Fragua:** Fogón en que se caldean los metales para forjarlos, avivando el fuego mediante una corriente horizontal de aire producida por un fuelle o por otro aparato análogo.

• **Invernadero:** Construcción de vidrio o plástico en la que se cultivan plantas, a mayor temperatura que en el exterior.

• **Irradiancia:** Magnitud utilizada para describir la potencia incidente por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética. En unidades del sistema internacional se mide en W/m^2.

• **Lingote:** Trozo o barra de metal en bruto, y principalmente de hierro, plata, oro o platino.

• **Lluvia ácida:** se forma cuando la humedad en el aire se combina con el óxido de nitrógeno y el dióxido de azufre emitidos por fábricas, centrales eléctricas y vehículos que queman carbón o productos derivados del petróleo. En interacción con el vapor de agua, estos gases forman ácido sulfúrico y ácidos nítricos. Finalmente, estas sustancias químicas caen a la tierra acompañando a las precipitaciones, constituyendo la lluvia ácida.

• **Masa térmica:** valor de la capacidad potencial de almacenamiento de calor en un conjunto o sistema.

• **Motor Stirling:** Inventado en 1816 por Robert Stirling. El principio de funcionamiento es el trabajo hecho por la expansión y contracción de un gas (normalmente helio o hidrógeno) al ser obligado a seguir un ciclo de enfriamiento en un foco frío, con lo cual se contrae, y de

calentamiento en un foco caliente, con lo cual se expande. Es decir, es necesaria la presencia de una diferencia de temperaturas entre dos focos y se trata de un motor térmico.

• **Pellet:** Tipo de combustible granulado alargado a base de madera.

• **Perihelio:** Punto de la órbita de un planeta alrededor del Sol donde el planeta tiene la mínima distancia con el Sol.

• **Pluviselva:** Denominación de la selva tropical lluviosa que se caracteriza por unas elevadas precipitaciones (2000 a 5000mm anuales) y una elevada temperatura media.

• **Relé**: Aparato destinado a producir en un circuito una modificación dada, cuando se cumplen determinadas condiciones en el mismo circuito o en otro distinto.

• **Silvicultura** (del latín silva, selva, bosque, y cultura, cultivo): Ciencia que se encarga del estudio de las técnicas que se aplican a las masas forestales, para obtener de ellas una *producción continúa de bienes y servicios demandados por la sociedad.*

• **Sistema de ignición:** Método para activar y controlar la combustión de un combustible en una cámara de combustión interna.

• **Sustrato:** Estrato que subyace a otro y sobre el cual puede influir.

• **Telegestión**: Sistema que controla y supervisa equipos y señales de entrada/salida situados en instalaciones distantes.

• **Termosifón:** Su funcionamiento se explica con las corrientes de convección naturales de los fluidos, en los que las partes calientes de los mismos tienden a ascender.

• **Zenit:** Intersección de la vertical de un lugar con la esfera celeste, por encima de la cabeza del observador.

REFERENCIAS DOCUMENTALES

[1] Montilla, Aníbal (2007, Marzo). *Energías Alternativas* [Documento en línea]. Disponible: http://www.monografias.com/trabajos44/energias-alternativas/energias-alternativas.shtml [Consulta: 2007, Noviembre 12]

[2] http://www.infoeolica.com/espana.html

[3] http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_e%C3%B3lica

[4] http://www.unet.edu.ve/~apuello/EDELCA.doc. Fuente: International Journal on Hydropower and Dams.

[5] Del Campo, F., Imaz, D. y otros. *Energía Hidráulica* [Documento en línea]. Disponible: http://www.tecnun.es/asignaturas/ecologia/trabajos/ehidraul/p2.htm [Consulta: 2007, Noviembre 12]

[6] http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_mareomotriz

[7] Santillana en red. www.kalipedia.com

[8] Barrero, Antonio. *Energías renovables para todos: Energía geotérmica.* España. Fundación de la Energía de la comunidad de Madrid. [Documento en línea]. Disponible: http://www.energias-renovables.com/Productos/pdf/cuaderno_GEOTERMICA.pdf [Consulta: 2007, Diciembre 17]

[9] http://www.textoscientificos.com/energia/biomasa

[10] Fernández, Jesús. *Energías renovables para todos: Energía de la Biomasa.* España. Fundación de la Energía de la comunidad de Madrid. [Documento en línea]. Disponible: http://www.energias-renovables.com/Productos/pdf/cuaderno_BIOMASA.pdf [Consulta: 2007, Diciembre 17]

[11] Rodríguez, Lorenzo. (2004). *Web Cursolar*. España. [Documento en línea]. Disponible: http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/index.htm [Consulta: 2008, Febrero 17]

[12] Halacy, Daniel, S. (1975). *La nueva era de la energía solar*. Argentina. Ediciones Marymar.

[13] http://es.wikipedia.org/wiki/Energia_solar

[14] Sánchez, Florentino. (2007). *Casa Bioclimática* [Documento en línea]. Disponible: http://www.ayudasenergia.com/energia-termica/casa-bioclimatica/casa-bioclimatica.html [Consulta: 2008, Enero 15]

[15] http://www.solarweb.net/solar-termica.php

[16] Pep Puig, Marta J. *Energías renovables para todos: Energía Solar Térmica.* España. Fundación de la Energía de la comunidad de Madrid. [Documento en línea]. http://www.energias-renovables.com/Productos/pdf/cuaderno_SOLARTERMICA.pdf [Consulta: 2007, Diciembre 17]

[17] http://urbanity.blogsome.com/2006/02/23/la-energia-eolico-solar/

[18] http://www.solucar.es/sites/solar/es/tec_iscc.jsp

[19]http://www.ubu.es/investig/aulavirtual/trabajos_07/Las_energias_en_nuestra_comarca/solar/habitualmente.htm

[20] Fernández, Alex (2006, Febrero). *Energía solar fotovoltaica: Una tecnología ecológica poco desarrollada pero de gran potencial* [Documento en línea]. Disponible: http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/energia_y_ciencia/2006/02/09/149277.php [Consulta: 2007, Noviembre 24]

[21] Molinero, Felipe. (2007, Abril). *Captadores solares*. Reportaje: Theknos, número 108. Colegio de Ingenieros Técnicos Industriales de Barcelona, CETIB [Documento en línea]. Disponible: http://www.cetib.cat/cat/public/informacio/versio-esp/reportaje0407.pdf [Consulta: 2008, Enero 5]

[22] www.ferialmarketwine.com

[23] www.sbp.de/es/html/solar/parabolrinne.html

[24] http://www.solener.com/intro.html

[25] Agenda Andaluza de la Energía. Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa. *Energía Solar Fotovoltaica general* [Documento en línea]. Disponible: http://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/agenciadelaenergia/portal/com/bin/contenidos/proyectos/areas/energiasRenovables/solar/solar_fotovoltaica/1200313515275_general_fotovoltaica_web_11_01_08.pdf [Consulta: 2008, Febrero 17]

[26] http://www.energianatural.com.ar/panelessolares01.html

[27] http://es.wikipedia.org/wiki/Panel_solar

[28] http://www.sitiosolar.com/paneles%20fotovoltaicas.htm

[29] http://teleobjetivo.org/blog/nueva-generacion-de-paneles-solares-baratos.html

[30] Gómez, R., Ramírez, A. y otros. (2007, Noviembre). *Caracterización morfológica de una película delgada de $CuInSe_2$* [Documento en línea]. Disponible:http://www.revista-nanociencia.ece.buap.mx/5nr2/7OlegCaracterizacion %20 morfologica.pdf [Consulta: 2008, Enero 11]

[31] Pep Puig, Marta J. *Energías renovables para todos: Energía Solar Fotovoltaica.* España. Fundación de la Energía de la comunidad de Madrid. [Documento en línea]. Disponible: http://www.energias-renovables.com/Productos/pdf/cuaderno_FOTOVOLTAICA.pdf [Consulta: 2007, Diciembre 17]

[32] www.construirydecorar.com

[33] Prosperi, M., Minelli, C. *Energía solar fotovoltaica y sistemas* [Documento en línea]. Disponible: http://www.radiaciones.net/Sections-req-viewarticle-artid-92-allpages-1-theme-Printer.html [Consulta: 2008, Enero 5]

[34] http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.com/2006/01/energia-solar-fotovoltaica.html

[35] Gasquet, Héctor L. (2007). *Manual sobre los sistemas fotovoltaicos* [Documento en línea]. Disponible: http://www.epsea.org/esp/energiaelectrica.html [Consulta: 2008, Febrero 15]

[36] http://erenovable.com/2008/01/02/energia-solar-para-una-desaladora-de-gran-canaria/

[37] http://www.rnv.gov.ve/noticias/?act=ST&f=28&t=40919

[38] http://erenovable.com/2007/12/05/cartel-publicitario-solar-que-genera-mas-de-lo-que-consume/

[39] http://www.lorentz.de/offgrid/es/empresa/novedades__venezuela/en

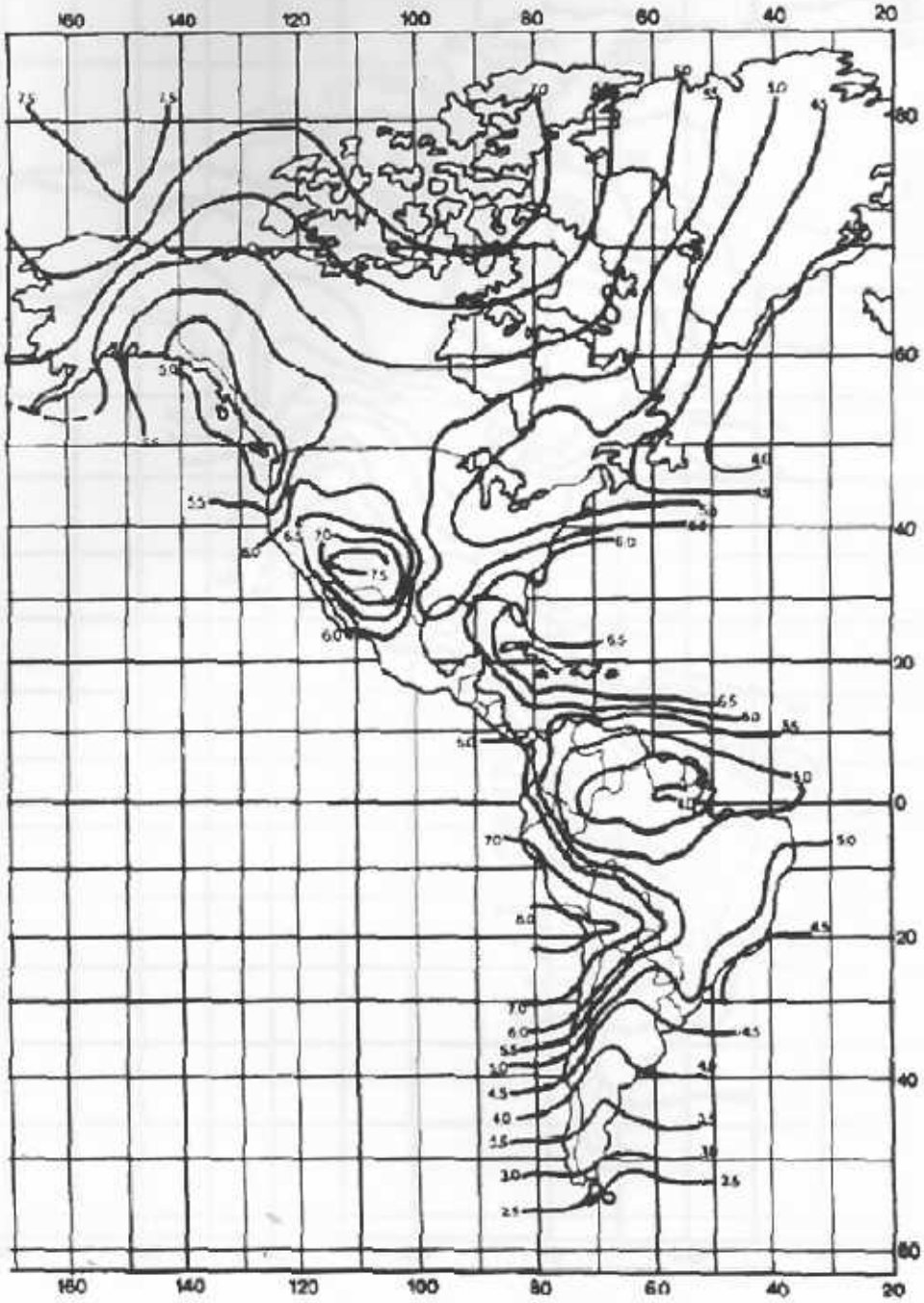
[40] http://www.trunzwatersystems.com/Venezuela.352.0.html?&L=3

[41] http://www.weatherbase.com/weather/weather.php3?s=061408&refer=http://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/sse.cgi?+s01#s01

[42] Escudero, Alberto. (2007, Octubre). *Sistemas de energía solar fotovoltaica para equipos de telecomunicaciones. Dimensionado* [Documento en línea]. Disponible: http://www.eslared.org.ve/tricalcar/15_es_energia_solar_comunicaciones_dimensionado_rc2%5B2%5D.pdf [Consulta: 2008, Febrero 8]

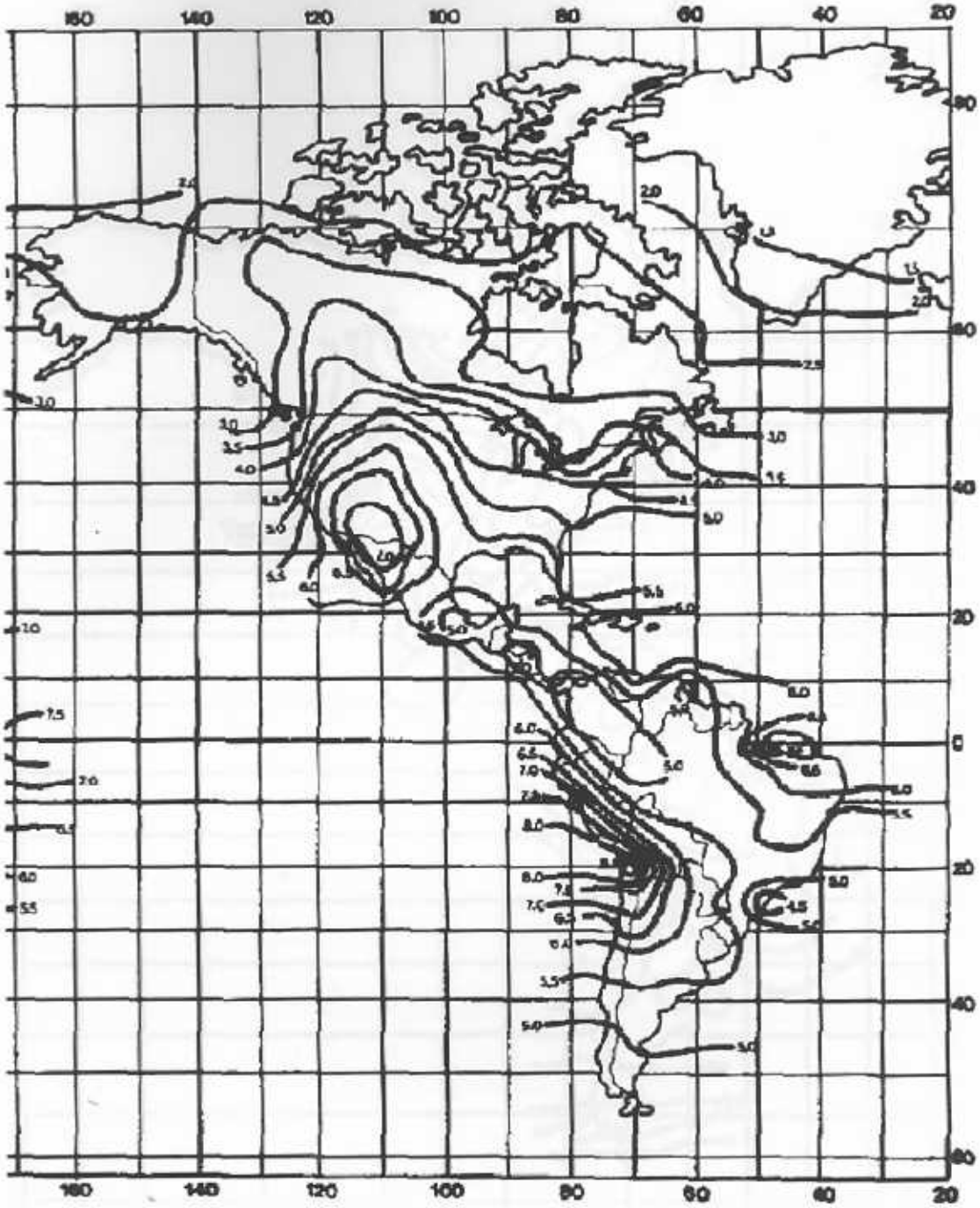
[43] Fortalecimiento de la Capacidad en Energía Renovable para América Central (FOCER). (2002, Septiembre). *Manual sobre energía renovable: SOLAR FOTOVOLTAICA*. San José, Costa Rica [Documento en línea]. Disponible: http://www.bun-ca.org/publicaciones/FOTOVOLT.pdf [Consulta: 2008, Marzo 31]

ANEXO 1: Mapas de Radiación solar en el Continente Americano.



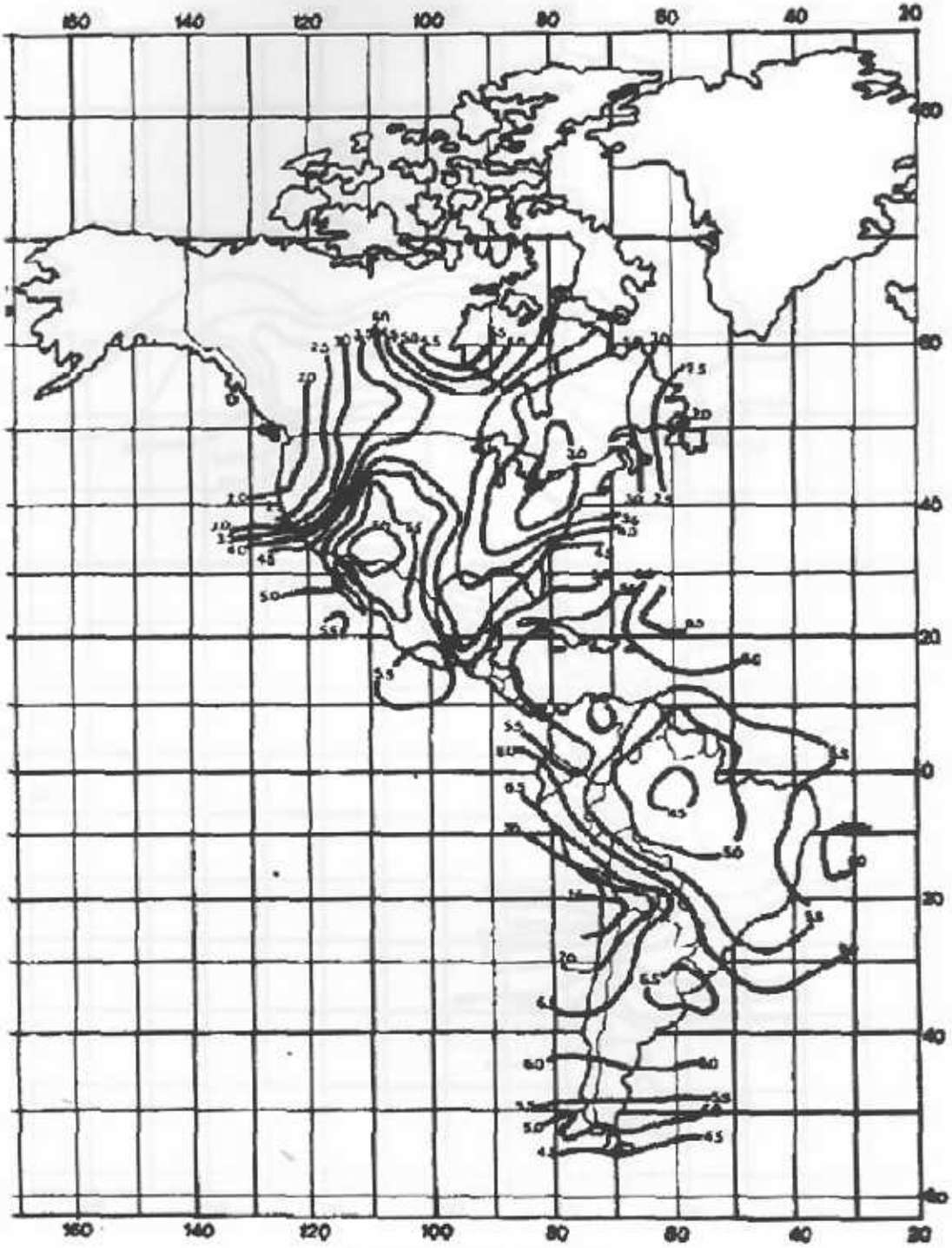
Inclinación: LATITUD
Norte del Ecuador: Primavera
Sur del Ecuador: Otoño

Anexo 1.1. Radiación solar promedio Primavera-Otoño



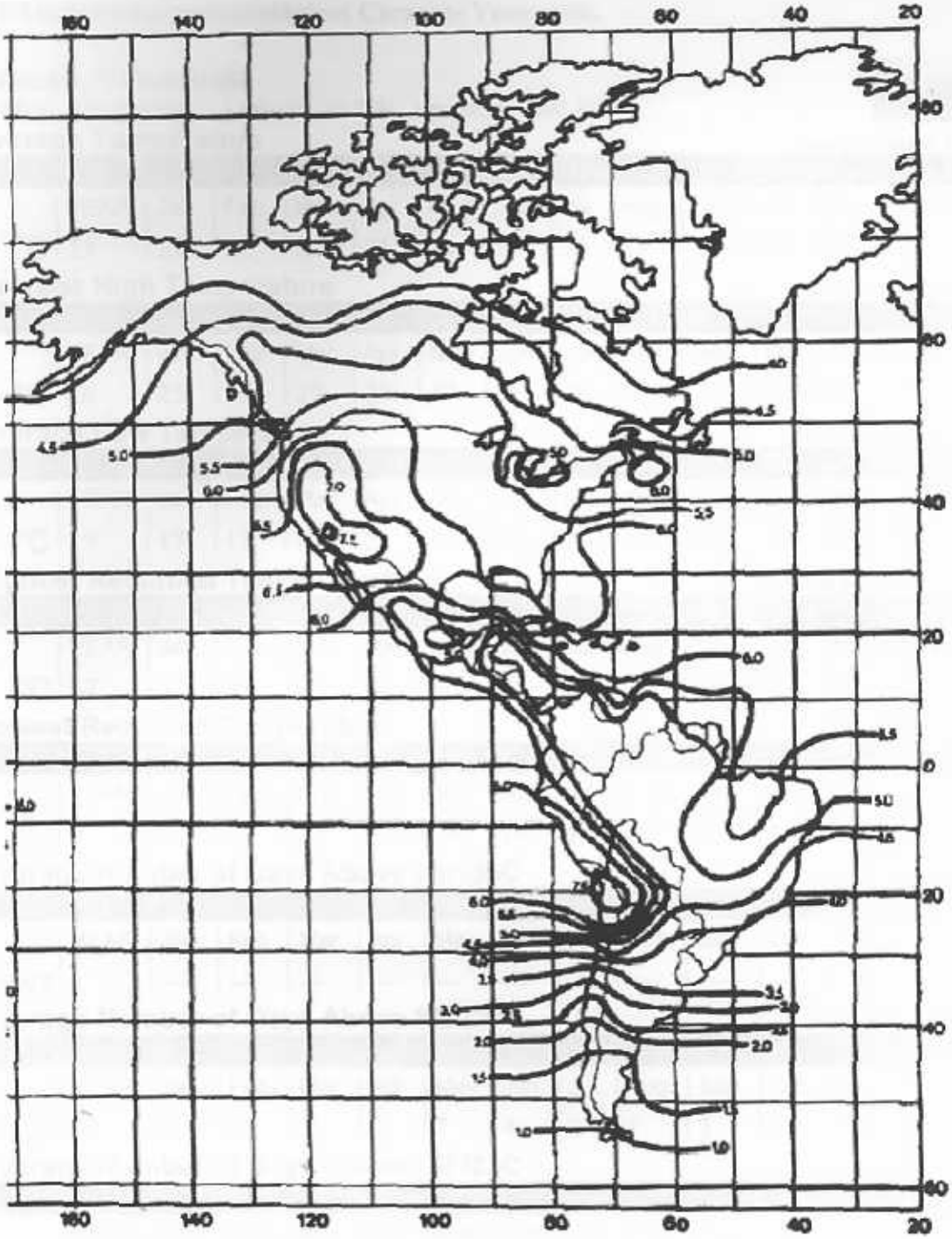
Inclinación: LATITUD
Norte del Ecuador: Otoño
Sur del Ecuador: Primavera

Anexo 1.2. Radiación solar promedio Otoño- Primavera



Inclinación: LATITUD
Norte del Ecuador: Invierno
Sur del Ecuador: Verano

Anexo 1.3. Radiación solar promedio Invierno- Verano



Inclinación: LATITUD
Norte del Ecuador: Verano
Sur del Ecuador: Invierno

Anexo 1.4. Radiación solar promedio Verano – Invierno

ANEXO 2: Datos meteorológicos Caracas- Venezuela.

Caracas, Venezuela

Elevation: 834 meters Latitude: 10 30N Longitude: 066 53W

Average Temperature

Years on Record: 17

	YEAR	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
°C	23	21	22	23	23	24	23	23	23	23	23	23	22

Average High Temperature

Years on Record: 17

	YEAR	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
°C	26	25	26	27	27	27	26	26	26	27	26	26	25

Average Low Temperature

Years on Record: 17

	YEAR	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
°C	19	17	18	18	20	21	20	20	20	20	20	19	18

Highest Recorded Temperature

Years on Record: 17

	YEAR	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
°C	37	32	35	35	37	36	35	37	36	36	33	32	32

Lowest Recorded Temperature

Years on Record: 17

	YEAR	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
°C	8	8	11	12	12	16	16	13	15	11	10	13	10

Average Number of Days Above 95F/35C

Years on Record: 17

	YEAR	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Days	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Average Number of Days Above 85F/29C

Years on Record: 17

	YEAR	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Days	43	1	3	7	9	7	4	2	1	3	3	2	1

Average Number of Days Below 75F/23C

Years on Record: 17

	YEAR	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Days	353	30	27	29	29	30	29	30	30	29	30	29	30

Average Number of Days Below 65F/18C

Years on Record: 17

YEAR	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.

Days	111	22	18	14	6	2	2	5	6	5	7	8	17

Average Number of Days With Precipitation Years on Record: 16

	YEAR	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Days	105	5	4	2	6	9	14	12	14	11	11	9	8

Average Number of Days With Thunderstorms Years on Record: 16

	YEAR	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Days	15	---	---	---	1	1	1	1	3	3	3	2	---

Average Number of Days With Fog Years on Record: 16

	YEAR	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Days	4	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Average Morning Relative Humidity Years on Record: 8

	YEAR	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
%	92	93	91	90	91	91	91	92	93	92	92	94	92

Average Evening Relative Humidity Years on Record: 11

	YEAR	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
%	65	63	59	57	61	63	67	67	70	68	70	71	67

Average Dew Point Years on Record: 10

	YEAR	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
°C	18	16	16	16	18	19	18	18	18	18	18	18	17

Average Wind Speed Years on Record: 10

	YEAR	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
km/h	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8	9	9

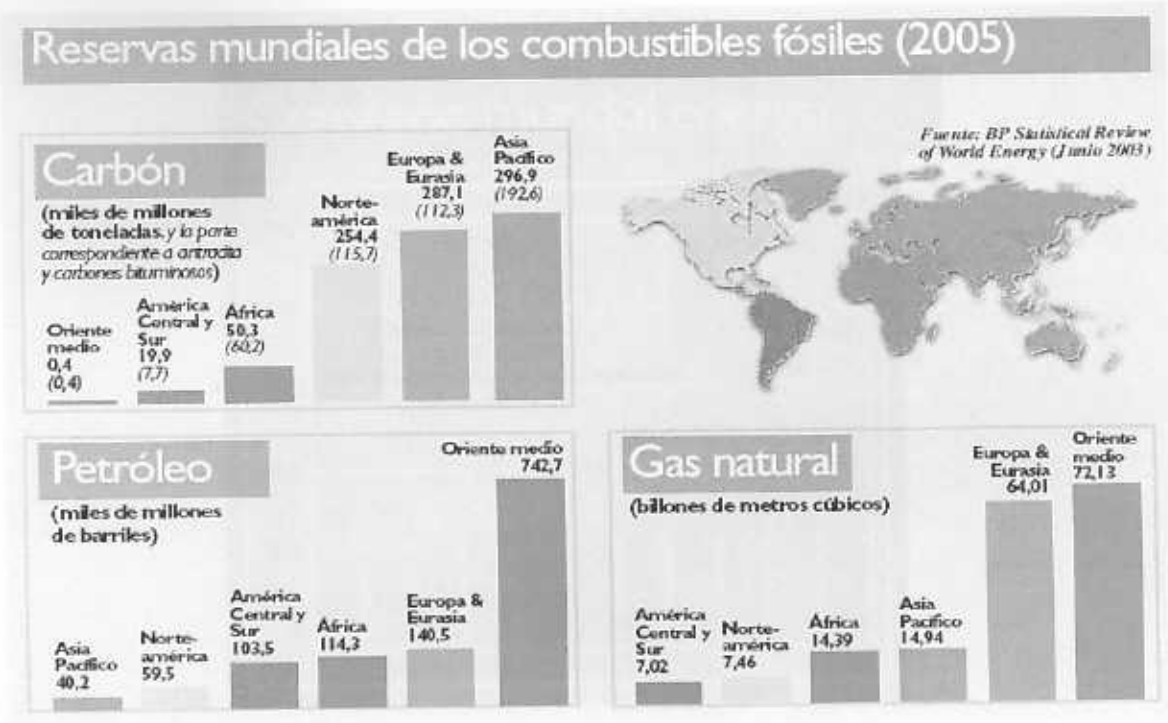
Average No. of Days With Blowing Dust/Sand Years on Record: 16

	YEAR	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Days	247	19	19	24	24	22	19	19	20	19	20	20	22

Average Number of Days With Smoke/Haze Years on Record: 16

	YEAR	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Days	244	19	19	23	24	21	18	19	20	19	20	20	22

ANEXO 3: Reservas mundiales de los combustibles fósiles.



ANEXO 4: Potenciales aprovechamientos de Energía Maremotriz.

ANEXO 5: Consumo mundial de Energía.

ANEXO 6: Impactos ambientales de la producción eléctrica.

Impactos Ambientales de la Producción Eléctrica

TECNOLOGÍAS	ECOPUNTOS
Minihidráulica	5
Eólica	65
Gas natural	267
Nuclear	672
Carbón	1.356
Petróleo	1.398
Lignito	1.735

Nota: el mayor número de ecopuntos supone mayor impacto.

Fuente: IDAE, CIEMAT, APPA y CC.AA.

ANEXO 7: Reservas probadas de los combustibles fósiles.

Reservas probadas de los combustibles fósiles (2005)

	RESERVAS	PRODUCCIÓN	CONSUMO
PETRÓLEO	1.200.700 MILL. DE BARRILES	81.088 MILES DE BARRILES DIARIOS	82.459 MILES DE BARRILES DIARIOS
GAS NATURAL	179.830.000 MILL. DE M3	2.763.000 MILLONES DE M3	2.749.600 MILLONES DE M3
CARBÓN	909.064 MILLONES DE TONELADAS	2.887.2 MILLONES DE TEP (*)	2.929.8 MILLONES DE TEP

(*) Tep: toneladas equivalentes de petróleo.
1 tonelada de carbón equivale a 0,7 tep.

Fuente: BP Statistical Review of World Energy (Junio 2006)

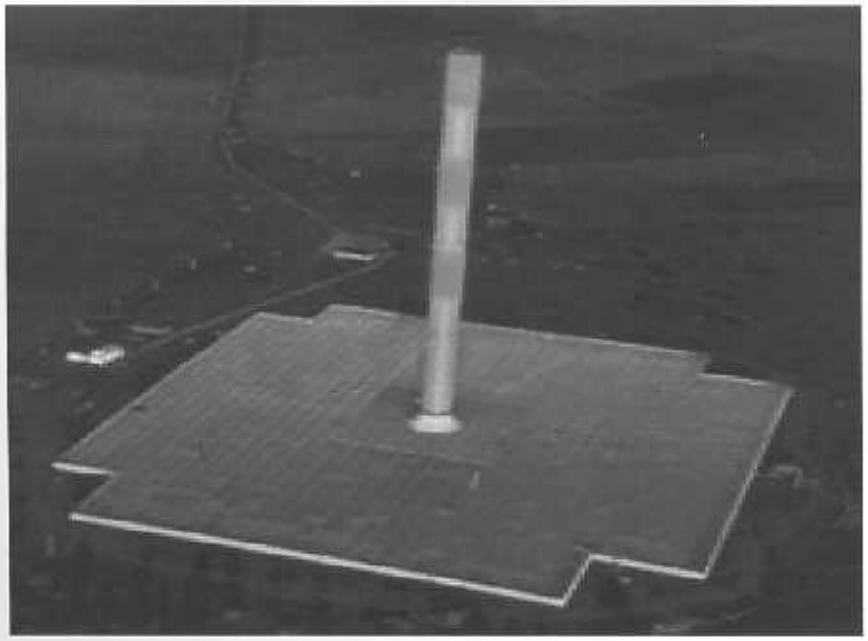
ANEXO 8: Grandes instalaciones solares fotovoltaicas.

Grandes instalaciones solares fotovoltaicas

	LOCALIZACIÓN	AÑO CONSTR.	POTENCIA (MW)
Moura	Moura, Portugal	2007	62
Trujillo	Cáceres, España	2006	20
Mühlhausen	Baviera, Alemania	2005	6,3
Espenhain	Leipzig, Alemania	2004	5
Hemau	Baviera, Alemania	2002	4
SMUD Rancho Seco	Sacramento, EEUU	varios	3,9
Passau	Baviera, Alemania	2006	3,3
Floriade	Amsterdam, Holanda	2002	2,3
Mering	Alemania	2006	1,7
Montes de Cierzo	Navarra, España	2002	1,2
Carmona	Sevilla, España	2006	1,2
Munich Trade Fair II	Munich, Alemania	2002	1
Munich Trade Fair I	Munich, Alemania	1997	1

ANEXO 9: Energía solar que llega a la atmósfera.

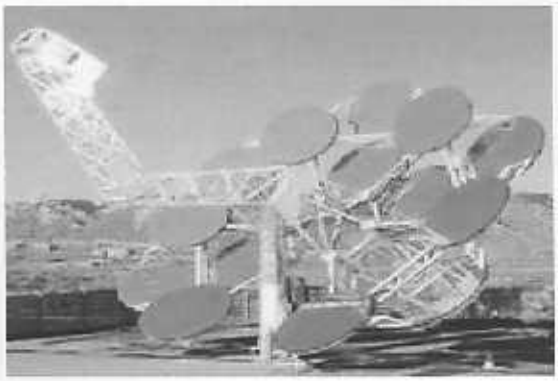
ANEXO 10: Planta Solar Térmica de Torre con Turbina de Viento.



ANEXO 11: Central Solar Termoeléctrica de Colectores Cilindroparabólicos (CCP).

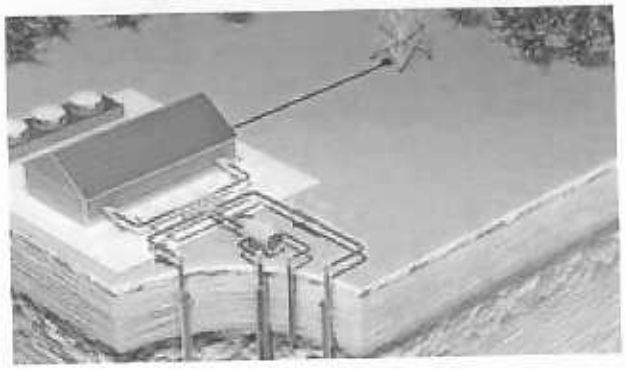
ANEXO 12: Central Solar Termoeléctrica de Torre.

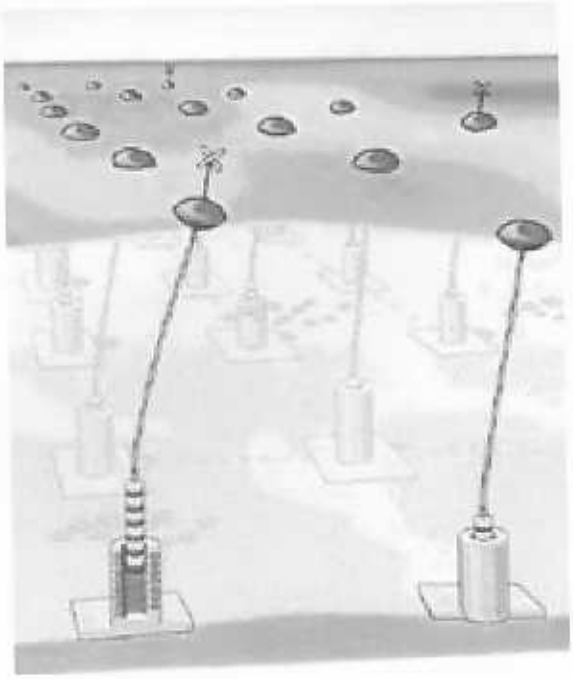
ANEXO 13: Central Solar Termoeléctrica de Disco Parabólico.



ANEXO 14: Parque eólico.

ANEXO 15: Central de Energía Geotérmica.



ANEXO 16: Central de Energía Maremotriz.

ANEXO 17: Central Eléctrica Undimotriz.