

UNIVERSIDAD DON BOSCO

FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA



“DISEÑO DE FACTIBILIDAD TECNICA Y ECONOMICA DE GENERACION DE ELECTRICIDAD. EN APROVECHAMIENTO HIBRIDO DE ENERGIA EOLICA Y SOLAR A NIVEL MINIENERGETICO.”

PARA OPTAR EL GRADO DE
INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR:
MAURICIO ARTURO SIBRIAN BARAHONA

ASESOR
ING. WILFREDO GUZMAN

DICIEMBRE – 2005
SOYAPANGO EL SALVADOR CENTROAMERICA

UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA



ING. WILFREDO GUZMAN
Asesor

ING. MANUEL FERNANDEZ MARENCO

Jurado

ING. RICARDO B. GONZALEZ NAJERA

Jurado

ING. CARLOS A. LOPEZ B.

Jurado

UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA



ING. FEDERICO MIGUEL HUGUET RIVERA

Rector

PBRO. VICTOR BERMUDEZ

Vicerrector Académico

LIC. MARIO OLMOS

Secretario General

ING. ERNESTO GODOFREDO GIRON

Decanato de la Facultad de Ingeniería

ING. MOISES GUERRA

Director de Escuela de Eléctrica

AGRADECIMIENTOS

A DIOS TODOPODEROSO

Por la existencia diaria que me ha permitido y de la oportunidad de haber completado mis estudios universitarios, y que siempre me brinde entendimiento para poder guiar mi vida

A MIS PADRES

Que desde pequeño guiaron mis pasos con tanto sacrificio, así de los consejos que me brindaron y que siempre confiaron en que alcanzaría mi meta.

A MI ESPOSA

Por su apoyo incondicional en lo moral, económico y de su inmensa paciencia a mi persona, así como el de haberme dado unos hijos lindos y maravillosos.

A MIS HIJOS

Que son una parte especial de mi vida y que sepan que los quiero mucho.

A MIS HERMANOS

Por su gran apoyo y de su constante animación, de los momentos alegres y tristes que compartimos, de la unidad que existe entre nosotros.

A TODOS MIS FAMILIARES Y AMIGOS

Que de una u otra manera siempre me brindaron su amistad y que siempre apreciare los momentos de apoyo.

INDICE

	<u>Página</u>
Introducción.....	i - iii
Agradecimientos.....	iv
Capitulo I	
1. Presentación de Energía de Fuentes No Convencionales y la utilización de Energía Renovable como Condición de un Futuro Próximo.....	1
1.1. Energías Renovables.....	1
1.2. Fuentes Renovables.....	2
1.2.1. Energía Hidráulica.....	2
1.2.2. Energía Mareomotriz.....	3
1.2.3. Energía Eólica.....	4
1.2.4. Energía Biomasa.....	4
1.2.5. Energía Solar.....	5
1.3. Fuentes No Renovables.....	5
1.3.1. Energía Nuclear.....	5
1.3.2. Carbón.....	5
1.3.3. Petróleo.....	6
1.3.4. Gas Natural.....	6
1.4. Fuentes Convencionales.....	7
1.4.1. Energía Nuclear.....	7
1.4.2. Combustibles Gaseosos.....	7
1.4.3. Energía Hidráulica.....	7
1.4.4. Carbón.....	7
1.4.5. Petróleo.....	7
1.5. Fuentes No Convencionales.....	7
1.5.1. Energía Geotérmica.....	7
1.5.2. Energía Solar.....	8

1.5.3. Energía Eólica.....	8
1.5.4. Biogás.....	7
1.5.5. Energía Nuclear.....	8
1.6. Principales Beneficios de la Obtención de energía	
Eléctrica de Fuentes Renovables.....	8
1.6.1. Reducción de Emisiones Gaseosas.....	8
1.6.2. Mejoras en la Calidad y el acceso al agua potable....	9
1.6.3. Recuperación de Tierras Degradadas.....	9
1.6.4. Reducción de la Contaminación Atmosférica ocasionada por el transporte.....	10
1.6.5. Beneficios Socioeconómicos.....	10
1.7. Situación Actual y Futuras de las Renovables.....	10
1.7.1. Actualmente los Aspectos más Importantes a considerar sobre las Energías Renovables.....	10
1.7.2. Futuro de las Renovables.....	11
1.8. Diferencias entre Energía Renovable y Energía Convencional.....	12
Capitulo II	
2. Breve Historia de los Sistemas Solar y Eólica.....	14
2.1. El Sol.....	14
2.1.1. Diagramas del sol.....	15
2.1.2. El sol en números.....	16
2.1.1. Radiación que llega a la Tierra.....	17
2.2. Historia.....	20
2.3. La Energía Solar.....	23
2.3.1. Cómo Funciona la Energía Solar.....	23
2.3.2. Importancia de los Sistemas Solares.....	24
2.3.3. La Situación en el Mundo.....	25
2.3.4. Aplicaciones de Energía Solar en algunos lugares de El salvador	25
2.3.5. Energía Renovable es más Barata.....	26

2.3.6. Usos posibles de la Energía Solar.....	27
2.3.7. Ventajas de los Sistemas Solares.....	27
2.3.8. Sistemas con Acumuladores sin Inversor.....	29
2.3.9. Consumidores de Baja Tensión.....	29
Ventajas.....	30
Desventajas.....	30
2.3.10. Sistemas con acumuladores y con Inversor.....	30
2.3.11. Consumidores de Tensión Normal.....	30
Ventajas.....	31
Desventajas.....	31
2.4. Ejemplos de Aplicación de Sistemas Solares.....	31
2.5. Generalidades de la Electrificación Solar Fotovoltaica.....	32
2.5.1. La Energía Solar.....	32
2.5.2. La Energía Solar es Fácil.....	32
2.6. La Energía Eólica.....	33
2.6.1. Historia.....	33
2.6.2. Pioneros de la Energía Eólica.....	35
2.7. Cómo se Genera el Viento.....	36
2.8. Comportamiento de la velocidad del viento en el tiempo.....	37
2.9. Comportamiento de la velocidad del viento con la altura.....	37
2.10. Potencia y Energía.....	38
2.11. Medición y Características del viento.....	38
2.12. Tecnología Eólica.....	39
2.13 El rendimiento de los aerogeneradores.....	41
2.14 Las Turbinas Micro-eólicas.....	42
2.15. Instalación de un sistema Eólico.....	43
2.16. Rentabilidad.....	43
2.17. Beneficios y Usos de la Escala Mini.....	45
2.17.1. Beneficios de la Escala Mini.....	45
2.17.2. Usos de a Escala Mini.....	46
2.18. Generadores de pequeña Potencia.....	46

Capitulo III

3. Estudio del sistema Hibrido de Energía Solar y Eólica.....	48
3.1. Energía Solar y Eólica en Viviendas Rurales.....	48
3.2. Sistemas Híbridos.....	50
3.2.1. Expectativas.....	51
3.2.2. Estado Comercial.....	51
3.3. Solar Fotovoltaica + Energía Eólica.....	52

Capitulo IV

4. Descripción de los componentes Sistema Híbrido Solar - Eólico	
4.1. Placas Fotovoltaicas.....	54
4.1.1. Marca “Solares”.....	55
4.1.2. Paneles solares fotovoltaicos marca SIEMENS.....	57
4.1.3. Paneles solares fotovoltaicos marca PHOTOWATT.....	57
4.1.4. Paneles solares fotovoltaicos marca ASTROPOWER....	58
4.1.5. Panel solar SM55.....	58
4.2. Reguladores.....	59
4.2.1. Reguladores SUNSAVER MORNINGSTAR.....	60
4.2.2. Reguladores solares ISOFOTON ISOLER.....	60
4.3. Baterías ó Acumuladores.....	61
4.3.1. Baterías estacionarias MAC.....	65
4.3.2. Baterías Solares DYNASTY.....	66
4.3.3. Baterías estacionarias DYNASTY.....	67
4.3.4. Baterías HAWKER.....	68
4.4. Inversores.....	69
4.4.1. TRIPP - LITE APS Alternate Power Systems (inversores / cargadores).....	71
4.4.2. Inversores marca ATERSA.....	73
4.5. Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos.....	78
4.5.1. Método Horas Sol Pico (hsp).....	78
4.5.2. Energía de un Módulo.....	78
4.5.3. Pérdidas en Sistemas Fotovoltaico.....	78

4.5.4.	Determinación de la cantidad de módulos.....	79
4.5.5.	Secuencia de instalación.....	79
4.6.	Producción de Energía Eléctrica a través de Sistemas	
	Convertidores de Energía Eólica.....	80
4.6.1.	Teoría Fundamental de los Aerogeneradores de Eje Horizontal.....	80
4.6.2.	Torcimiento y conicidad.....	85
4.6.3.	Desempeño operacional de un aerogenerador.....	86
4.6.4.	Orientación al viento y regulación de velocidad.....	88
4.6.5.	Precio aproximado de Generadores de Baja Potencia...	89
Capitulo V: “ Consideraciones Generales para el Diseño del Sistema Híbrido.”		
5.1.	Etapas en el Proceso de Diseño e Implementación de los Sistemas Híbridos.....	93
5.1.1.	Consideraciones Básicas.....	93
5.1.2.	Aspectos Socio-Culturales.....	96
5.1.3.	Información Geográfica.....	96
5.1.4.	Medición de Parámetros de Interés e Instrumentación de un Sistema Híbrido.....	96
5.1.5.	Identificación de las Variables de Interés.....	97
5.1.6.	Integración del SAD.....	99
5.1.6.1.	Sensores.....	99
5.1.7.	Equipo de Medición.....	102
5.1.8.	Consideraciones Generales.....	102
5.1.9.	Programa del Sistema de Adquisición de Datos.....	103
5.1.10.	Programación de los datos de salida.....	103
5.1.11.	Verificación de su funcionamiento antes de la instalación.....	105
5.1.12.	Instalación y Verificación de la Operación SAD.....	106
5.1.13.	Operación del SAD.....	106
5.2.	Evaluación de un Sistema Híbrido.....	106

5.2.1. Parámetros Derivados.....	106
5.2.2. Índices de Funcionamiento del Sistema Híbrido.....	108
5.3. Aspectos económicos para el Sistema Híbrido.....	109
5.3.1. Programa de simulación y evaluación de Sistemas Híbridos.....	109
5.3.2. Definición de los parámetros.....	110
5.3.3. Metodología de análisis.....	111
5.3.4. Método del valor presente neto (VPN).....	111
5.3.5. Tasa de retorno o rendimiento (TIR).....	112
5.3.6. Relación beneficio/costo (R B/C).....	112
5.3.7. Periodo de recuperación de la inversión (PR).....	112
5.4. Aplicaciones de Sistema Fotovoltaico	113
5.5. Aplicaciones de Sistema Eólico	122
5.6. Aplicaciones de Sistema Híbrido.....	125
5.7. Comparación de Costos.....	135
5.7.1. Comparación de costos entre sistemas renovables.....	135
5.7.2. Comparación de costos entre Sistema Híbrido y Sistema convencional.....	135
5.8. Análisis de Rentabilidad.....	136
ANEXOS	
Gráficas de Radiación Solar en El Salvador	
Gráficas de Horas Sol Pico	
Gráficas de Velocidad del Viento	
Vientos Superficiales en El Salvador	
Programa SWERA (datos de viento octubre 2005)	
Catalogo de precios de los componentes del sistema	
Gráficas de la encuesta realizada en el Municipio de Soyapango	
Sistema Híbrido para una vivienda típica a nivel Micro-energético.	
 Capítulo VI: “ CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.”	
6.1 Conclusiones.....	140

6.2 Recomendaciones.....	141
Bibliografía.....	I

Capítulo 1: “Presentación de Energía de Fuentes No convencionales y la Utilización de Energía Renovable como Condición de un Futuro Próximo.”

1.1.- Energías Renovables

Las energías renovables se caracterizan porque en sus procesos de transformación y aprovechamiento en energía útil no se consumen ni se agotan en una escala humana. Entre estas fuentes de energías están: la hidráulica, la solar, la eólica y la mareomotriz. Además, dependiendo de su forma de explotación, también pueden ser catalogadas como renovables la energía proveniente de la biomasa y la energía geotérmica. Ver Figura 1.1

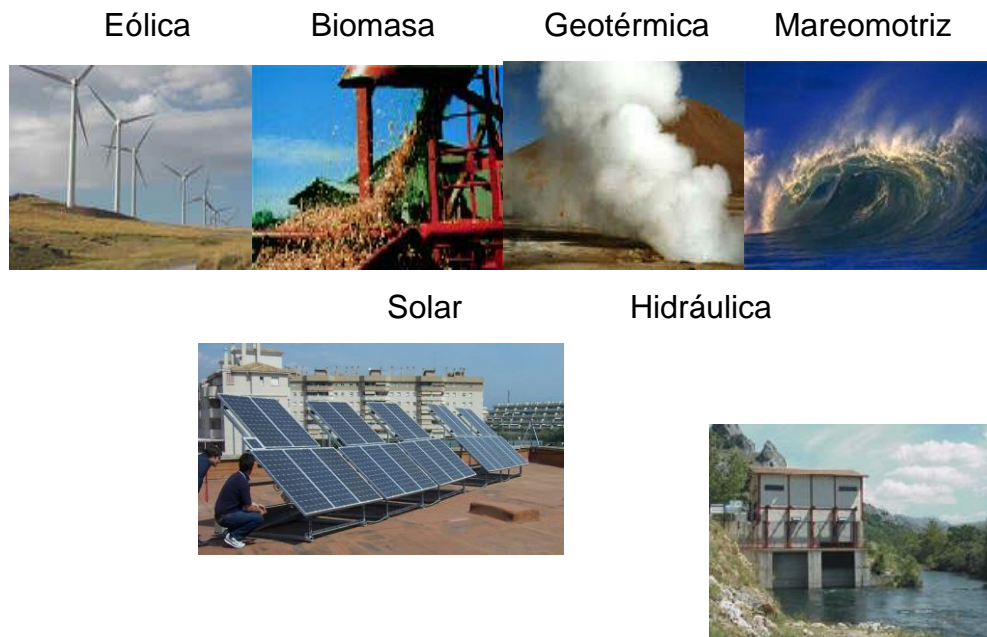


Figura 1.1. Energías Renovables

Las energías renovables suelen clasificarse en convencionales y no convencionales, según sea el grado de desarrollo de las tecnologías para su aprovechamiento y la penetración en los mercados energéticos que presenten. Dentro de las convencionales, la más difundida es la hidráulica a gran escala. Como energías renovables no convencionales (ERNC) se consideran la eólica, la solar y la mareomotriz. Además, existe una amplia gama de procesos de aprovechamiento de

la energía de la biomasa que pueden ser catalogados como ERNC. De igual manera, el aprovechamiento de la energía hidráulica en pequeñas escalas se suele clasificar en esta categoría.

Las ERNC, al ser autóctonas y, dependiendo de su forma de aprovechamiento, así como la de generar impactos ambientales significativamente inferiores que las fuentes convencionales de energía, pueden contribuir a los objetivos de seguridad de suministro y sustentabilidad ambiental de las políticas energéticas. La magnitud de dicha contribución y la viabilidad económica de su implantación, depende de las particularidades en cada país de elementos tales como el potencial explotable de los recursos renovables, su localización geográfica y las características de los mercados energéticos en los cuales competirían.

A continuación enumeramos las diferentes fuentes de energía.

- Energía hidráulica
- Energía mareomotriz
- Energía eólica
- Energía de biomasa
- Energía solar
- Energía nuclear
- Energía geotérmica
- Energía térmica:

* Carbón

* Petróleo

* Gas natural

1. 2.- Fuentes Renovables

1.2.1.- La energía hidráulica, es el aprovechamiento de la energía potencial acumulada en el agua, esto provoca el movimiento de ruedas hidráulicas o turbinas, para producir electricidad, es una forma clásica de obtener energía, Fig.(1.2).

Aproximadamente del 20% de la electricidad usada en el mundo viene de esta fuente. Es un recurso natural disponible en las zonas que presentan suficiente cantidad de agua. Para su desarrollo se necesitan construir pantanos, presas, canales de derivación, y la instalación de grandes turbinas y equipamiento para producir electricidad. En nuestro territorio nacional éste recurso genera el 34% de energía eléctrica..



Fig.1.2 Energía Hidráulica.

1.2.2.- Energía mareomotriz, esta energía es proporcionada por las mareas la cual se aprovecha para producir electricidad. Esta es una energía muy limpia, pero plantea algunos problemas por resolver, sobre todo a la hora de construir grandes instalaciones, por el impacto visual y estructural sobre el paisaje costero, y un efecto negativo sobre la flora y la fauna. Fig. (1.3)



Fig.1.3 Energía Mareomotriz.

Este tipo de energía que proviene de las olas está aún en proceso de investigación. Otro inconveniente que tiene es que los responsables políticos y económicos no confían en este recurso energético para destinar un mayor presupuesto a la investigación.

1.2.3.- Energía eólica. Los molinos de viento se han usado desde hace muchos siglos para moler el grano, bombear agua, u otras tareas que necesitan energía. Fig.(1.4). Actualmente, estos molinos de viento se usan para producir electricidad, sobre todo en áreas expuestas a vientos frecuentes, de más de 4 m/s, para el arranque, y hasta 12 m/s para su potencia nominal.



Fig.1.4 Energía Eólica.

1.2.4.- Energía de biomasa, incluye la madera, plantas de crecimiento rápido, algas cultivadas, restos de animales, etc. Fig. (1.5)



Fig. 1.5 Energía Biomasa.

La biomasa puede ser usada directamente como combustible. La mitad de la población del mundo sigue dependiendo de la biomasa como principal fuente de energía. Pero tiene algunos problemas como: la deforestación, desertificación, degradación de la fuentes de agua, etcétera. También se puede usar la biomasa

para preparar combustibles líquidos y gaseosos. Se están haciendo numerosos experimentos con distintos tipos de plantas para aprovechar de la mejor forma esta energía.

1.2.5.- Energía solar, la cual procede del sol y es una fuente directa o indirecta de casi toda la energía que usamos. Ver Figura 1.6



Fig. 1.6 Instalación de un sistema solar

1.3.- Fuentes No Renovables

1.3.1.- Energía nuclear, es la fuente energética de mayor poder, aunque no la más rentable. Sus dos principales problemas son:

- Desechos radioactivos de larga vida y el alto desarrollo demoleador en caso de accidente.
- El estudio de su impacto ambiental debe llevarse a cabo, analizando todo el proceso de producción de la energía nuclear.

1.3.2.- Carbón, es una de las principales fuentes de energía. Procede de plantas que quedaron enterradas hace 300 millones de años. Es fácil de obtener y utilizar, pero al ritmo actual que llevamos las reservas se agotarán para el 2300 aproximadamente ⁽¹⁾. El carbón es el combustible fósil más abundante en el mundo. Se encuentra sobre todo en el Hemisferio Norte. Y los mayores depósitos de carbón están en América del Norte, Rusia y China.

(1) Fuente: http://html.rincondelvago.com/fuentes-de-energia_4.html

Hay distintos tipos de carbón los cuales son los siguientes: turba, lignito, hulla y antracita. Cuantas más altas son las presiones y temperaturas, se origina un carbón mas compacto y rico en carbono y con mayor poder calorífico.

La minería del carbón y su combustión causan importantes problemas ambientales y tienen también consecuencias negativas para la salud humana.

Las minas tienen un gran impacto visual y los líquidos que se desprenden son muy contaminantes por lo general.

1.3.3.- Petróleo, es un líquido formado por una mezcla de hidrocarburos. En las refinerías se separan del petróleo distintos componentes como gasolina, gasoil, fuel-oil y asfaltos, que son usados como combustibles. También se separan otros productos de los que se obtienen plásticos, fertilizantes, pinturas, pesticidas, medicinas y fibras sintéticas.

El petróleo se forma cuando grandes cantidades de microorganismos acuáticos mueren y son enterrados entre los sedimentos del fondo de los pantanos, en un ambiente muy pobre en oxígeno. Cuando estos sedimentos son cubiertos por otros que van formando estratos rocosos que los recubren, aumenta la presión y la temperatura, se forma el petróleo.

Alrededor de la mitad del petróleo mundial se encuentra en Oriente. Y se puede decir que hay reservas para unos 50 años ⁽²⁾.

El petróleo causa una contaminación tanto al usarlo como al producirlo y transportarlo.

1.3.4.- Gas natural, se extrae en las mismas zonas en donde se encuentra el petróleo o las bolsas de petróleo. Se encuentra en la parte superior de la bolsa petrolífera. Su uso principal es como combustible doméstico.

(2) Fuente: http://html.rincondelvago.com/fuentes-de-energia_4.html

El gas natural esta formado por un pequeño grupo de hidrocarburos, fundamentalmente el metano con una pequeña cantidad de propano y butano. El propano y el butano se separan del metano y se usan como combustible para cocinar y calentar. El metano se usa como combustible tanto en viviendas como en industrias, y este es distribuido normalmente por conducciones de gas a presión. El gas se agotara en el 2150 ⁽³⁾.

1.4.- Fuentes Convencionales

1.4.1.- Energía nuclear, esta energía ha sido anteriormente descrita de una manera breve en las fuentes no renovables. Es convencional por la tecnología y su aceptación en el mercado en países desarrollados.

1.4.2.- Combustibles gaseosos, de los que se obtiene energía térmica.

Las fuentes que vienen a continuación ya han sido explicadas todas anteriormente, las cuales son:

- 1.4.3. Energía hidráulica
- 1.4.4. Carbón
- 1.4.5. Petróleo

1.5.- Fuentes No Convencionales

1.5.1.- Energía geotérmica, es aquella que se obtiene del calor natural interno de la Tierra y que puede ser extraída y utilizada a partir del agua, gases y vapores calientes, o a través de fluidos inyectados artificialmente. Ver Fig.(1.7). En lo particular nuestro país abastece el 22% de la generación total de energía eléctrica.

(3) Fuente: http://html.rincondelvago.com/fuentes-de-energia_4.html

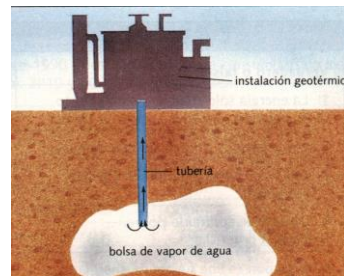


Fig.1.7 Energía Geotérmica.

1.5.2.- Energía solar, esta energía ha sido descrita anteriormente en las fuentes renovables.

1.5.3.- Energía eólica, ha sido descrita también en las fuentes renovables.

1.5.4.- Biogás, esta palabra es una mezcla de metano y CO₂ en proporciones variables: 50 al 70% de metano y 50 al 30% CO₂. Se obtiene a partir de la descomposición en un ambiente en el que no hay oxígeno de los residuos orgánicos, como los productos de desecho vegetales o el estiércol animal.

Es un combustible económico y renovable; se utiliza en vehículos de motor, y para usos industriales y domésticos. El biogás tiene mucha importancia en los países en desarrollo, y en los industrializados está aumentando el interés por este combustible para intentar reducir la dependencia actual del petróleo.

1.5.5.- Energía Nuclear, la energía Nuclear es la fuente energética de mayor poder, aunque no la más rentable. Aquí en El Salvador no hacemos uso de éste recurso, por lo que no es una fuente convencional.

1.6.- Principales Beneficios de la obtención de Energía Eléctrica de Fuentes Renovables

1.6.1- Reducción de emisiones gaseosas

El principal beneficio ambiental de las energías renovables es que reducen las emisiones gaseosas provenientes de la combustión de residuos fósiles. Actualmente hacen que, 1,500 millones de toneladas de dióxido de carbono no lleguen a la atmósfera y también producen una reducción no cuantificada de los gases promotores de la lluvia ácida: dióxidos de azufre y nitrógeno.

Para el año 2020 se estima que entre 6,000 a 9,000 millones de toneladas de CO₂ no serán emitidos a la atmósfera gracias a las fuentes renovables de energía implementadas ⁽⁴⁾. La diferencia en la estimación se debe a que los 6,000 millones de toneladas corresponden a un escenario futuro con las mismas políticas energéticas que en la actualidad, la estimación del ahorro de 9,000 millones de toneladas corresponde a un escenario con una conciencia ecológica mayor a la de la actualidad con la consecuente promoción estatal de las energías renovables.

1.6.2.- Mejoras en la calidad y el acceso al agua potable

En muchas regiones del planeta la falta de agua potable es un problema sustancial para las poblaciones que allí habitan, los problemas se deben a la escasez o a la falta de medios de acceso al agua potable.

Los emprendimientos hidroeléctricos pueden proveer fuentes de agua, las pequeñas turbinas de viento hace años que se utilizan para bombear agua subterránea, la siembra de cultivos con valor energético pueden reducir la erosión del suelo y además requieren menos agroquímicos que los cultivos tradicionales.

1.6.3.- Recuperación de tierras degradadas

El cultivo de especies con alto valor energético en tierras degradadas por sucesivas prácticas agrícolas previas ayuda a recuperar las condiciones del suelo.

(4) Fuente: http://html.rincondelvago.com/fuentes-de-energia_4.html

1.6.4.- Reducción de la contaminación atmosférica ocasionada por varios factores.

El Transporte urbano, rural, fábricas, centrales termo eléctricas y otros, contribuyen tanto a las emisiones nacionales atmosféricas como también a los problemas locales de calidad del aire. El uso de fuentes de energía renovables reduciría la polución urbana atmosférica, esto también ocurriría si todas las unidades utilizaran como fuente **de energía la electricidad.**

1.6.5.- Beneficios Socioeconómicos

- ❖ Diversificación y aseguro del suministro de energía, aumento de las posibilidades de la estabilidad del precio.
- ❖ Provisión de oportunidades de trabajo en áreas rurales, minimizando la urbanización.
- ❖ Promoción de la descentralización de los mercados energéticos.
- ❖ Ayuda al desarrollo económico de diferentes regiones por la reducción de la importación de combustible.
- ❖ Aceleración de la llegada de electricidad a comunidades rurales en países en desarrollo

1.7.- Situación Actual y Futuras de las Fuentes Renovables

1.7.1.- Actualmente los aspectos más importantes a considerar sobre las energías renovables son:

Muchos países que han firmado el protocolo de Kyoto (aunque este no se haya llevado a la práctica todavía) intentarán cumplir los retos que este propone, uno de estos retos es llegar a emitir la misma cantidad de CO₂, en los años 2008 – 2012

que emitían en el año 1990. La única forma de lograr esto es mediante el incremento del uso de energías renovables, o la creación de nuevas fuentes.


A pesar de la joven etapa de desarrollo en que se encuentran las energías renovables en la actualidad muchas de estas se están volviendo competitivas con respecto a las fuentes tradicionales. Hay que tener en cuenta que los costos de la generación convencional de energía no incluyen los costos ambientales. En muchos casos las objeciones a las energías renovables están basadas en la ignorancia. Hay una necesidad general de educar a la población en temas energéticos más específicamente en renovables.

1.7.2.- Futuro de las renovables:

La demanda global de energía va a crecer significativamente a corto plazo, por el aumento de la población mundial. Si esta demanda es satisfecha en su totalidad con fuentes de energía tradicionales se producirán grandes daños al ambiente. Por lo que en el futuro las energías renovables deberán desarrollarse más para complementarse a las energías convencionales. Actualmente las renovables proveen aproximadamente el 20% del total de la energía primaria eléctrica según datos del World Energy Council "WEC", ⁽⁵⁾ pero se espera que este porcentaje aumente de manera considerable por lo que se tendrán más en cuenta los impactos ambientales de estas formas de obtener energía. Se sabe que en la actualidad sobre los impactos ambientales de las fuentes renovables, estos son reversibles, de incidencia local, y pueden ser atenuados con algunos métodos conocidos que deberán ser aplicados para minimizar estos impactos.

(5) Fundado en 1923. WEC se abarca sobre de 90 comités nacionales autónomos del miembro alrededor del globo. La misión es "promover la fuente y el uso sostenibles de todas las formas de energía para la ventaja más grande de todos".

1.8.- Diferencias entre Energía Renovable y Energía Convencional:

Renovables	Convencionales
	
Son limpias	Contaminan
Sin residuos	residuos
Inagotables	Son limitadas
Autóctonas	exterior
Equilibran desajustes interterritoriales	importada

Ventajas Estratégicas:

Energías Renovables	Energías Convencionales
Las energías renovables son autóctonas	Los combustibles fósiles existen sólo en un número limitado de países
Las energías renovables evitan la dependencia exterior	Los combustibles fósiles aumentan las importaciones energéticas en la UE

Ventajas Socioeconómicas:

Energías Renovables	Energías Convencionales
Las energías renovables crean cinco veces más puestos de trabajo que las convencionales.	Las energías tradicionales crean muy pocos puestos de trabajo respecto a su volumen de negocio.
Las energías renovables contribuyen decisivamente al equilibrio interterritorial porque suelen instalarse en zonas rurales.	Las energías tradicionales se sitúan en general cerca de zonas muy desarrolladas.
Las energías renovables han permitido a España desarrollar tecnologías propias.	Las energías tradicionales utilizan en su gran mayoría tecnología importada.

Diferencias Medio Ambientales:

Energías Renovables	Energías Convencionales
Las Energías Renovables no producen emisiones de CO ₂ y otros gases contaminantes a la atmósfera	Las energías producidas a partir de combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón) sí producen CO ₂
Las energías renovables no generan residuos de difícil tratamiento	La energía nuclear y los combustibles fósiles generan residuos que suponen durante generaciones una amenaza para el medio ambiente
Las energías renovables son inagotables	Los combustibles fósiles son finitos

Capítulo 2: “ Breve Historia de los Sistemas Solar y Eólica. “

2.1.- El sol

Es una masa de materia gaseosa y se considera el elemento más importante en nuestro sistema solar. Es el objeto más grande y contiene aproximadamente el 98% de la masa total del sistema solar. Se requerirían ciento nueve Tierras para completar el disco solar, y su interior podría contener más de 1.3 millones de Tierras. La capa exterior visible del Sol se llama la fotosfera y tiene una temperatura de 6,000°C (11,000°F). Esta capa tiene una apariencia manchada debido a las turbulentas erupciones de energía en la superficie.

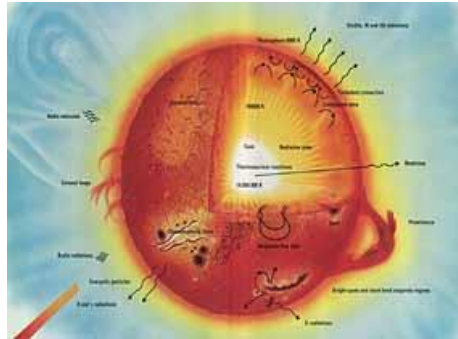


Fig. 2.1. El Sol

La energía solar se crea en el interior del Sol. Es aquí donde la temperatura (15,000,000° C; 27,000,000° F) y la presión (340 millardos de veces la presión del aire en la Tierra al nivel del mar) son tan intensas que se llevan a cabo las reacciones nucleares. Estas reacciones causan núcleos de cuatro protones ó hidrógeno para fundirse juntos y formar una partícula alfa ó núcleo de helio. La partícula alfa tiene cerca de 0.7 por ciento menos masa que los cuatro protones. La diferencia en la masa es expulsada como energía y es llevada a la superficie del Sol, a través de un proceso conocido como convección, donde se liberan luz y calor. La energía generada en el centro del Sol tarda un millón de años para alcanzar la superficie solar. Cada segundo se convierten 700 millones de toneladas de

hidrógeno en *cenizas* de helio. En el proceso se liberan 5 millones de toneladas de energía pura; por lo cual, el Sol cada vez se vuelve más ligero.

2.1.1. Diagrama del Sol

La cromosfera está sobre la fotosfera. La energía solar pasa a través de ésta región en su trayectoria de salida del Sol. Fig. 2.1. Las Fácúlas y destellos se levantan a la cromosfera. Las Fácúlas son nubes de hidrógeno brillantes y luminosas las cuales se forman sobre las regiones donde se forman las manchas solares. Los destellos son filamentos brillantes de gas caliente y emergen de las regiones de manchas solares. Las manchas solares son depresiones oscuras en la fotosfera con una temperatura promedio de 4,000°C (7,000°F).

La corona es la parte exterior de la atmósfera del Sol. Es en ésta región donde aparecen las *erupciones solares*. Las erupciones solares son inmensas nubes de gas resplandeciente que se forman en la parte superior de la cromosfera. Las regiones externas de la corona se estiran hacia el espacio y consisten en partículas que viajan lentamente alejándose del Sol. La corona se puede ver sólo durante los eclipses totales de Sol.

El sol aparentemente ha estado activo por 4,600 millones de años y tiene suficiente combustible para permanecer activo por otros cinco mil millones de años más. Al fin de su vida, el Sol comenzará a fundir helio con sus elementos más pesados y comenzará a hincharse, por último será tan grande que absorberá a la Tierra. Después de mil millones de años como gigante rojo, de pronto se colapsará en una pequeña blanca -- será el final de una estrella como la conocemos. Puede tomarle un trillón de años para enfriarse completamente.

El sol esta a una distancia de 149,490,000 kilómetros de la Tierra.

2.1.2. EL SOL EN NUMEROS	
Masa (kg)	1.989e+30
Radio ecuatorial (km)	695,000
Densidad media (grs/cm ³)	1.410
Temperatura media en la superficie	6,000°C
Período Rotacional (días)	25-36*
Edad (miles de millones de años)	4.5
Velocidad de escape (km/seg)	618.02
Luminosidad (ergios/seg)	3.827e33
Componentes químicos principales:	
Hidrógeno	92.1%
Helio	7.8%
Oxígeno	0.061%
Carbono	0.030%
Nitrógeno	0.0084%
Neón	0.0076%
Hierro	0.0037%
Silicio	0.0031%
Magnesio	0.0024%
Azufre	0.0015%
Otros	0.0015%

* El período de rotación del Sol en la superficie varía desde aproximadamente 25 días en el ecuador hasta 36 días en los polos. Un poco mas abajo, bajo la zona de convección, todo parece rotar con un período de 27 días.

2.1.3.- Radiación que llega a la Tierra.

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 las partículas de polvo, moléculas y gotitas 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.

Esta radiación solar sufre ciertas transformaciones al incidir sobre la atmósfera, En el mejor de los casos, el valor en la superficie terrestre llega a ser 1.000 W/m^2 . La densidad energética y la energía utilizable de este recurso es muy baja, y debido a ello su empleo está muy condicionado y depende de la temperatura que se va a utilizar.

de modo que es necesario manejar algunos conceptos específicos para los diversos tipos de radiación. Las siguientes definiciones ayudan a aclarar estos conceptos.

Se conoce como radiación directa, la que se recibe directamente del Sol, sin sufrir ninguna dispersión atmosférica. La radiación extra-terrestre es, por tanto, radiación directa. La radiación difusa es la que se recibe del Sol, después de ser desviada por dispersión atmosférica. Ver Fig. 2.2.

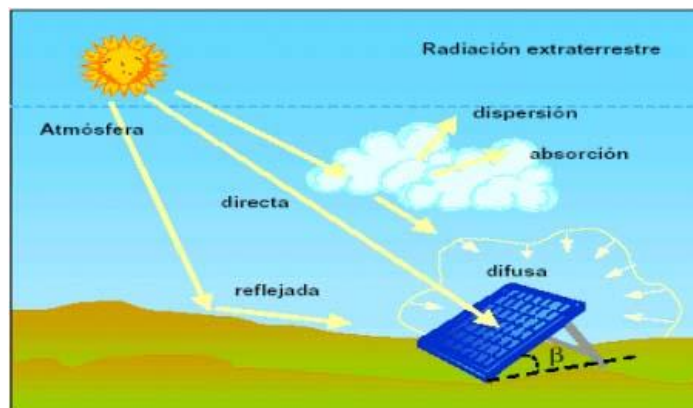


Fig. 2.2: Transformaciones de la radiación solar

Es radiación difusa la que se recibe a través de las nubes, así como la que proviene del cielo azul. De no haber radiación difusa, el cielo se vería negro, aun de día, como sucede por ejemplo en la Luna. Por otro lado, se conoce como radiación terrestre la que proviene de objetos terrestres, por ejemplo, la que refleja una pared blanca, un charco o un lago, etc.

Se conoce como radiación total, la suma de las radiaciones directa, difusa y terrestre que se reciben sobre una superficie. Por ejemplo, sobre una pared o una ventana, incide la radiación directa del Sol, la difundida por las nubes y por el cielo y, además, puede entrar la luz reflejada por algún otro objeto frente a la pared o ventana.. Por tanto, la radiación global es la suma de la directa más la difusa.

El Sol, fuente de vida y origen de las demás formas de energía que el hombre ha utilizado desde los albores de la Historia, puede satisfacer todas nuestras necesidades, si aprendemos cómo aprovechar de forma racional la luz que continuamente derrama sobre el planeta. Ha brillado en el cielo desde hace unos cinco mil millones de años, y se calcula que todavía no ha llegado ni a la mitad de su existencia.

Se calcula que durante el año, el Sol arrojará sobre la Tierra cuatro mil veces más energía que la que vamos a consumir.

La medición de la radiación directa más la radiación difusa, se utiliza aparatos de medición, y dicho con anterioridad a continuación se mencionan algunos:

El Piranómetro.

El método más aceptado comúnmente, es el uso de un piranómetro. Un piranómetro, es un instrumento para medir la irradiancia global (directa más difusa), usualmente sobre una superficie horizontal. El dibujo siguiente muestra distintas clases de piranómetros. (ver Figura 2.3)



Fig. 2.3 Piranómetros

El tipo más común de piranómetro consiste en dos sensores de temperatura, uno de ellos expuesto a la radiación solar y ennegrecido y el otro, protegido de la radiación. Si los dos sensores se encuentran en condiciones similares en todo, menos en el hecho de estar expuestos a la radiación, habrá una diferencia de temperatura entre ellos. La hipótesis de trabajo de un piranómetro, es que la irradiancia es directamente proporcional a la diferencia de temperatura entre ambos sensores. Para evitar ruido en las lecturas, causado por el viento y otros factores meteorológicos, el sensor expuesto a la radiación (y a veces también el otro) suelen estar protegidos por un hemisferio de vidrio. Este hemisferio, de características ópticas adecuadas, permite el paso de la radiación, pero evita el enfriamiento por viento, lo cual alteraría la lectura.

El Piroheliómetro.

Otro instrumento para medir radiación solar es el piroheliómetro(ver Figura 2.4). El piroheliómetro es un instrumento que se enfoca directamente al Sol para medir exclusivamente la radiación que proviene de él y de sus alrededores cercanos. Es decir, es un instrumento que mide radiación directa. A diferencia del piranómetro, que suele instalarse fijo, el piroheliómetro debe contar con un sistema de movimiento de relojería para seguir el Sol con gran precisión. A continuación se muestran distintos tipos de piroheliómetros.



Fig. 2.4 Piroheliómetros

Hoy en día, se tienen mapas de radiación solar. Ver anexos

2.2.- Historia

En 1839 Edmund Becquerel, físico francés, descubre el efecto FV: en una celda electrolítica compuesta de 2 electrodos metálicos sumergidos en una solución conductora, la generación de energía aumentaba al exponer la solución a la luz. El físico francés Edmond Becquerel fue el primero en describir el efecto fotovoltaico en 1839, cuando tan solo tenía 19 años, aunque permaneció como inexplorado por los próximos tres cuartos de siglo.

1870 Heinrich Hertz estudió el efecto en los sólidos en esta década, produciendo celdas fotovoltaicas que convertían la luz en electricidad con 1% al 2% de eficiencia.

1873 Willoughby Smith descubre la fotoconductividad de selenio.

1877 W.G. Adams y R.E. Day observan el efecto fotovoltaico en selenio sólido. Construyen la primera celda de selenio.

1904 Albert Einstein publica su trabajo acerca del efecto fotovoltaico.

1918 un científico polaco llamado Czochralski desarrolló una forma de hacer crecer el silicio mono-cristalino, un paso importante en el desarrollo de las celdas solares.

1921 Albert Einstein gana el Premio Nobel por sus teorías explicativas del efecto fotovoltaico.

1951 El gran paso en la comercialización fotovoltaica se produjo tras el desarrollo del procedimiento Czochralski, que permitió generar cristales de silicio de alta pureza.

1951 El desarrollo de la unión p-n crecida posibilita la producción de una celda de germanio monocristalino.

1954 Los investigadores de los Laboratorios Bell (Murray Hill, NJ) D.M. Chapin, C.S. Fuller, y G.L. Pearson publican los resultados de su descubrimiento celdas solares de silicio con una eficiencia del 4,5%.

1955 Se comercializa el primer producto fotovoltaico, con una eficiencia del 2% al precio de \$25 cada celda de 14 mW.

1958 El 17 de marzo se lanza el Vanguard I, el primer satélite artificial alimentado parcialmente con energía fotovoltaica. El sistema FV de 0,1 W duró 8 años.

1963 En Japón se instala un sistema fotovoltaico de 242 W en un faro.

1973 La Universidad de Delaware construye "Solar One", una de las primeras viviendas con EFV (Energía Fotovoltaica). Las placas fotovoltaicas instaladas en el techo tienen un doble efecto: generar energía eléctrica y actuar de colector solar (calentado el aire bajo ellas, el aire era llevado a un intercambiador de calor para acumularlo).

1974-1977 Se fundan las primeras compañías de energía solar. El Lewis Research Center (LeRC) de la NASA coloca los primeras aplicaciones en lugares aislados. La potencia instalada de EFV supera los 500 kW.

1978 El NASA LeRC instala un sistema FV de 3.5-kWp en la reserva india Papago (Arizona). Es utilizado para bombear agua y abastecer 15 casas (iluminación, bombeo de agua, refrigeración, lavadora). Es utilizado hasta la llegada de las líneas eléctricas en 1983, y partir de entonces se dedica exclusivamente al bombeo de agua; conectado a la red eléctrica general suministra energía para 2000-2500 casas.

1992 Instalado un sistema 1980 La empresa ARCO Solar es la primera en producir más de 1 MW en módulos FV en un año.

1981 "Solar Challenger", un avión abastecido por EFV, vuela. Se instala en Jeddah, Arabia Saudita, una planta desalinizadora por ósmosis-inversa abastecida por un sistema FV de 8-kW.

1982 La producción mundial de EFV supera los 9.3 MW. Entra en funcionamiento la planta ARCO Solar Hisperia en California de 1-MW.

1983 La producción mundial de EFV supera los 21.3 MW, y las ventas superan los 250 millones de \$. El Solar Trek, un vehículo alimentado por EFV con 1 kW atraviesa Australia; 4000 km en menos de 27 días. La velocidad máxima es 72 km/h, y la media 24 km/h. ARCO Solar construye una planta de EFV de 6-MW en California, en una extensión de 120 acres FV de 0.5-kW en Lago Hoare, Antártida, con baterías de 2.4-kWh. Se utiliza para abastecer a equipamiento de laboratorio, iluminación, Pcs e impresoras y un pequeño horno microondas.

1996 El "Ícaro", un avión movido por EFV sobrevuela Alemania. Las alas y la zona de cola están recubiertas de 3000 células super eficientes con una superficie de 21 m².

Hoy, la tecnología solar ya no pertenece a la ciencia ficción. Los paneles solares son ahora usados en una amplia gama de aplicaciones que va desde alimentación de calculadoras hasta la provisión de energía a barcos y casas. La demanda ha subido al 25% por año en los últimos 15 años.

2.3.- LA ENERGIA SOLAR

2.3.1.- Como funciona la energía solar. El efecto fotovoltaico es la conversión directa de la luz solar en corriente eléctrica, ver figura 2.5. Un proceso conocido desde hace muchos años. Con el desarrollo de las celdas solares modernas de silicio, las partículas de luz que penetran las celdas provocan actividad de los electrones que resultan en el flujo de una corriente eléctrica a través de un circuito.



Fig. 2.5 Luz solar a corriente eléctrica.

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

Los conjuntos de células se orientan hacia el Sur para aprovechar más la radiación solar, y son conectadas a un sistema de almacenamiento (baterías) y de conversión de la corriente.

Cuanto mayor es la intensidad de la luz, mayor es la corriente que una celda genera. La corriente se mueve a través de una serie de celdas, llamadas módulos, hacia una batería donde se almacena. El almacenamiento en baterías le asegura al usuario la

disponibilidad cuando es necesaria, de día o de noche. Usualmente se agrega un controlador entre los módulos y la batería para evitar la sobrecarga. Unidos, este equipo forma un sistema PV (photo voltaico) diseñado para producir 12 o 24 V de corriente continua (DC).

Mediante el uso de un inversor, la corriente de continua (DC) se transforma en corriente de alterna (AC). Los inversores de DC a AC ahora proveen salidas desde los 100 a los 20,000 watts con un factor de conversión mayor al 90% y con potencia más limpia que la que puede dar la red. Ver Fig. 2.6



Fig. 2.6 Componentes de un sistema fotovoltaico.

Se pueden conectar toda cantidad de módulos PV en una serie para cumplir con su necesidad de carga. La serie puede ser expandida en forma sencilla agregando módulos para adaptarse a sus necesidades futuras. Una vez que son instalados, los módulos no requieren mantenimiento. Una limpieza ocasional con agua es todo lo que se necesita.

Esto significa que usted puede hacer funcionar sus equipos o maquinaria de la misma forma que usted lo haría normalmente. Se consigue nuevamente seguridad, confort y conveniencia, no importa cuan remota sea su ubicación. Los módulos PV tienen un record de confiabilidad de servicio extremo. Han provisto de electricidad por más de 25 años a vehículos espaciales y satélites permanentes. Ahora ICP Solar Technologies le ofrece a los hogares remotos la seguridad y confiabilidad de un sistema PV como alternativa a costo eficiente a los generadores hogareños o a la construcción de líneas de potencia.

2.3.2.- Importancia de los sistemas solares

El consumo de energía en los países sube cada año aproximadamente en un 10 por ciento.

2.3.3.- La situación en el mundo

En otros países, la situación de generación y suministro eléctrico es mejor, pero algunas veces depende de centrales atómicas y térmicas, tampoco es sustentable. La energía solar adquiere a nivel internacional cada vez mayor importancia. Hay suficientes recursos para obtener centrales hidráulicas y solares. Hay principalmente suficiente sol para el aprovechamiento de esta forma de energía lucrativa. Debido a que, cualquier instalación solar térmica o fotovoltaica puede durar mucho tiempo y sin mayor mantenimiento, se la aprovecha en todo el mundo.

2.3.4.- Aplicaciones de energía solar en algunos lugares de El Salvador

A continuación se mencionan algunos lugares de la implementación del sistema solar, cuyo beneficio es la de reducir el consumo de energía eléctrica con el uso de recursos convencionales, y a mediano plazo el ahorro económico y su aportación al medio ambiente con la aplicación del sistema solar.

- * Hotel Terraza: diseñado para economizar aproximadamente 210,000 KWh.
- * Caserío “ Río Los Bueyes “ del municipio de Berlín en Usulután: planta de energía solar, que permite la introducción de agua potable a la comunidad, por medio de una bomba que lleva el agua de un pozo hacia un tanque.
- * Escuela del cantón El Sitio, Arcatao.
- * Modelo experimental de sistema de iluminación fotovoltaico instalado en la

Universidad Centroamericana “ José Simeón Cañas “.

- * Comunidad El Alto, municipio de Potonico, departamento de Chalatenango, zona norte de El Salvador. Electrificación rural.

2.3.5.- Energía renovable es mas barata

Todas las formas de energía usadas que consumen o convierten un cierto producto inicial, que no se autorenova se llaman no renovables: en el caso del petróleo usamos este líquido hasta terminar el recurso (dentro de pocos años).

Las energías renovables como energía solar, energía eólica, energía hidráulica no se acaban y además no contaminan el ambiente, y por lo tanto son más saludables.

Sin embargo el costo de la inversión inicial para el aprovechamiento de energías renovables es alto, pero calculando el tiempo de funcionamiento, costo de distribución y mantenimiento, más el costo del recurso llegamos a que posee rentabilidad.

En muchos casos dimensionando bien las instalaciones y aprovechando financiamiento público, se puede tener la energía renovable más barata que la convencional.

Por ejemplo la inversión para una casa, comprando un motor-generator sale inicialmente más barato, que la adquisición de un sistema solar, pero los paneles solares fotovoltaicos funcionaran 20 hasta 30 años sin mayor mantenimiento ⁽⁶⁾, el motor-generator tal vez 2 hasta 3 años (con alto costo de mantenimiento y después hay que invertir otra vez en un nuevo motor-generator); la energía del sol es gratuita, el combustible cuesta.

Los recursos usados para generar luz en la casa en zonas rurales son queroseno, pilas y baterías. Especialmente los sistemas solares domésticos (solar home systems) tienen una serie de ventajas en relación a otras fuentes:

- No hay producción de gases tóxicos.
- No hay peligro de incendios.
- Se dispone de una luz de mejor calidad.
- Se garantiza la continuidad del suministro de energía.
- No se bota o contamina el medio ambiente con las pilas secas viejas (que son venenosas).

(6) Fuente: <http://www.codeso.com/FVFunc06.htm>

- En caso de usar baterías de carro que se recargan en el pueblo, el sistema solar es más barato y se hace más fácil su manejo.
- En relación al motor-generator, no ocasiona ruido, no se gasta en combustible, ni en mantenimiento; no se enciende toda una planta grande para un televisor y un foco.

2.3.6.- Usos posibles de la energía solar.

En una lista parcial de posibles usos de la energía solar, figuran:

- Refrigeración
- Calentamiento de agua
- Destilación
- Generación de energía
- Fotosíntesis
- Cocinas
- Evaporación
- Acondicionamiento de aire
- Secado

2.3.7.- Ventajas de los sistemas solares

Se genera la energía eléctrica a base de los rayos del sol:

- el sol es una fuente de energía renovable. No se invierte en ella.
- No contamina el medio ambiente, tampoco hay ruido.
- No se gasta en combustibles, aceites, tiempo y costo de movilización.
- Los paneles solares no necesitan mantenimiento: un motor-generator necesita mantenimiento, hay que pagar mano de obra y repuestos.
- Los paneles fotovoltaicos duran alrededor de 30 años ⁽⁷⁾: un motor-generator funciona de uno hasta dos años, entonces se ahorra el costo de un nuevo motor-generator cada dos o tres años.

(7) Fuente: <http://www.codeso.com/FVFunc06.htm>

- Se puede aumentar el sistema solar en el futuro (porque son módulos), mientras el tamaño del motor-generator es fijo.
- El manejo del sistema solar es fácil: se enciende la carga y no se tiene que salir para arrancar y apagar el motor.

Hay dispositivos como lámparas especiales, radiograbadoras o televisores b/n que trabajan directamente con bajo voltaje. Estos equipos pueden ser conectados directamente a la batería.

1 Panel con una potencia de 55 W (vatios) produce 12 V (voltios) con 4 A (amperios) pico. Esto es equivalente a la potencia de un " foco normal " de 40 watt.

Como se acumula la energía recibida durante el día en baterías, se puede conectar los dispositivos (por ejemplo lámparas) por el tiempo necesario. De 4 a 6 horas.

Este tiempo es limitado y depende de la cantidad de paneles fotovoltaicos instalados (que funcionan como generadores), de la cantidad de baterías (que funcionan como acumuladores) y de la cantidad de cargas conectadas (que funcionan como consumidores).

Parámetros mínimos y máximos para generar energía con el sistema solar.

Los paneles producen energía cuando hay sol o luz (suficientemente fuerte para producir sombras claras), aunque llegan a su máxima potencia cuando hay pleno

sol. Hay 6-8 horas de sol máxima por día, pero se calcula un promedio de 4.98 horas de sol diario en época de invierno, porque hay nubes oscuras o lluvia; y de 5.33 horas en verano. Además, se debe tomar en cuenta la traslación del sol, entonces llega menos energía solar a la superficie del panel por el ángulo entre el panel y el sol. Ver anexos ⁽⁸⁾

Un foco normal se puede encender por casi 3 horas (promedio).

Usando un "foco de ahorro de energía", que puede ser una lámpara fluorescente, se puede encenderlo dos y media veces más tiempo que el "foco normal": por 6 horas.

(8) Fuente: Da tos correspondiente al año 2004, proporcionado por la UCA

2.3.8.- Sistemas con acumuladores sin inversor (corriente continua)

Componentes: Ver fig. 2.7

- Panel solar fotovoltaico (generador)
- Regulador (protector de batería contra descarga profunda y sobrecarga)
- Batería o acumulador (reserva de energía)
- Fusible, interruptor y lámpara fluorescente (instalación de consumo)

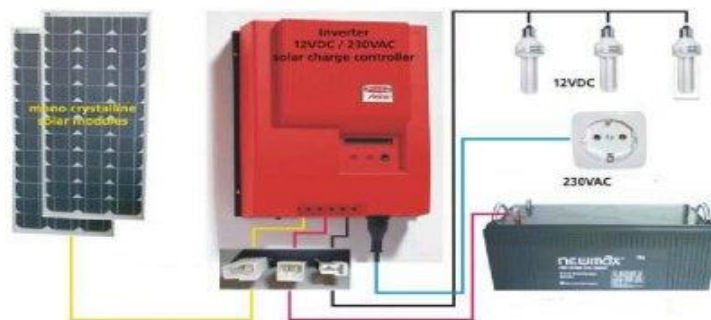


Fig. 2.7 Componentes para un sistema sin inversor

2.3.9.- Consumidores de baja tensión (12 volt CD)

Equipos que se puede conectar directamente a un sistema solar de 12 voltios (corriente continua DC):

- Lámpara fluorescente especial de 12 V dc, 20 W.
- Radiograbadora (de baterías o pilas).
- Televisor blanco y negro o a colores (con conector a 12 V dc para el carro).
- Refrigeradora a 12 V dc.
- Foco halógeno de 12 V dc.
- Licuadora de 12 V dc.
- Ventilador de 12 V dc.
- Bomba de agua de 12 V dc.
- Equipo de radiocomunicación.
- Computadoras Notebook con adaptador especial.
- Cargador de pilas y baterías (especial a 12 V dc).
- Cercas eléctricas para el ganado.

Ventajas acumuladores sin inversor (CD ,sistema normal)

- Una ventaja es la de no tener que adquirir el inversor APS (menos costo). El equipo APS es un invertidor electrónico, que principalmente transforma la tensión de 12 voltios dc a una tensión de 120 voltios alternos.
- Posibilidad de conexión directa.
- Fácil de instalar.

Desventajas:

Los equipos de 12 voltios son un poco más caros que los mismos equipos de 120 voltios y no se les puede comprar en cualquier sitio o almacén.

2.3.10.- Sistemas con acumuladores y con inversor (corriente alterna)

Componentes:

- Panel solar fotovoltaico (generador).
- Regulador (protector de batería contra descarga profunda y sobrecarga).
- Batería o acumulador (reserva de energía).
- Inversor (transforma la de corriente continua a corriente alterna de 120 voltios).

- Fusible, interruptor y lámpara fluorescente.

2.3.11.- Consumidores de tensión normal (120 Voltios corriente alterna)

Equipos que se puede conectar a través de un Inversor APS (de 12 V dc a 120 V ac) a un sistema solar:

- Bomba de aire (pequeña potencia)
- Radio.
- Televisor.
- Frizzer normal.
- Licuadora normal.
- Secadora normal.
- Adaptador.
- Reloj electrónico.
- Equipos médicos, etc.
- Cargador de pilas y baterías, etc

Ventajas de consumidores 120 Voltios alternos:

- se puede adquirir con facilidad equipos para 120 voltios ac.
- Los equipos de 120 voltios ac son un poco más baratos que los mismos de 12 voltios dc y se les puede comprar en cualquier sitio o almacén.
- Posibilidad de conexión normal.

Desventajas:

- Hay que adquirir el Inversor APS.

El equipo APS es un invertidor electrónico, que principalmente transforma la tensión de 12 voltios continua a una tensión de 120 voltios alterna.

2.4.- Ilustración de una aplicación de los sistemas solares

La siguiente fotografía muestra uno de los beneficios que tiene la aplicación de los sistemas solares: Véase Fig. 2.8.



Corporación para el Desarrollo Sostenible

Fig. 2.8 Bombeo de agua.

2.5.- Generalidades de la electrificación solar fotovoltaica

2.5.1.- La energía solar.

El aprovechamiento de la energía solar como fuente de energía, por sí ya es sustentable, porque usa como fuente de energía los rayos solares y protege entonces al medio ambiente, pero la sostenibilidad también debe incluir un bajo costo de operación y la garantía que el sistema funciona a largo plazo sin mayores costos o dependencias.

2.5.2.- La energía solar es Fácil

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

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

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

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

No tiene que preocuparse de problemas de aumento de consumo, porque los sistemas son modulares.

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

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

Sustentable, porque la fuente de energía es el sol, no contamina el ambiente, ni consume combustibles, tiene larga vida útil (los paneles más de 25 años) y se puede aumentar el número de módulos, no requiere mayor mantenimiento.

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

Desde el punto de vista medioambiental, este tipo de energía, tiene sobre todo efectos positivos, por ejemplo, para un sistema fotovoltaico de 1 KW:

- ✓ Evita que 150 lbs de carbón mineral sean extraídas.
- ✓ Evita que 300 lbs de CO₂ ingresen en la atmósfera.
- ✓ Impide que 105 galones de agua sean consumidos.
- ✓ Impide que NO_x y SO₂ sean descargados en el ambiente.

2.6.- LA ENERGIA EOLICA

2.6.1.- Historia

El aprovechamiento del viento para generar energía es casi tan antiguo como la civilización. La primera y la más sencilla aplicación fue la de las velas para la navegación.

Hace dos mil quinientos años ya podemos encontrar referencias escritas de la existencia de molinos en la antigua Persia. Durante veinticinco siglos, para moler el grano o para bombear agua, el viento ha movido las aspas de los molinos.

En el Siglo XX el hombre comienza a utilizar la energía eólica para producir electricidad pero en principio sólo para autoabastecimiento de pequeñas instalaciones.

En la década de los noventa comienza el desarrollo de esta energía cuando se toma conciencia de la necesidad de modificar el modelo energético basado en los combustibles fósiles y la energía nuclear, por los problemas que estos causan al medio ambiente. Fig. 2.9

En los últimos diez años del Siglo XX y, gracias a un desarrollo tecnológico y a un incremento de su competitividad en términos económicos, la energía eólica ha pasado de ser una utopía marginal a una realidad que se consolida como alternativa futura y, de momento complementaria, a las fuentes contaminantes.



Fig. 2.9 Energía Eólica.

Charles F. Brush (1849-1929) Inventó por ejemplo una dinamo muy eficiente de corriente continua utilizada en la red eléctrica pública. Durante el invierno de 1887-88

Brush construyó la que hoy se cree es la primera turbina eólica de funcionamiento automático para generación de electricidad.

Era un gigante, la más grande del mundo- con un diámetro de rotor de 17 m y 144 palas fabricadas en madera de cedro.

La turbina funcionó durante 20 años y cargó las baterías en el sótano de su mansión. A pesar del tamaño de la turbina, el generador era solamente un modelo de 12 kW. Esto se debe al hecho de que las turbinas eólicas de giro lento del tipo americano de rosa de vientos no tienen una eficiencia media particularmente alta. Fue el danés Poul la Cour quien más tarde descubrió que las turbinas eólicas de giro rápido con pocas palas de rotor son más eficientes para la producción de electricidad que aquéllas de giro lento.

Poul la Cour (1846-1908), fue uno de los pioneros de la moderna aerodinámica, y construyó su propio túnel de viento para realizar experimentos.

La Cour se preocupaba del almacenamiento de energía y utilizaba la electricidad de sus turbinas eólicas para producir electrólisis y obtener así hidrógeno para las lámparas de gas de su escuela.

El principal inconveniente que esto suponía es que tuvo que sustituir las ventanas de varios de los edificios de la escuela en diversas ocasiones, pues el hidrógeno explosionaba debido a las pequeñas cantidades de oxígeno que había en él.

Poul la Cour también publicó la primera revista de electricidad eólica del mundo.

En 1918 unas 120 empresas públicas locales tenían un aerogenerador, generalmente del tamaño de 20 a 35 kW, haciendo un total de 3 megavatios de potencia instalada.

Estas turbinas cubrían alrededor de un 3 por ciento del consumo de electricidad de Dinamarca en aquel momento. Sin embargo, el interés danés en la energía eólica decayó en los años siguientes, aunque una crisis de suministro durante la Segunda Guerra Mundial hizo que se afianzara.

2.6.2.- Pioneros de la energía eólica: 1940-1950

Durante la segunda guerra mundial, la compañía danesa de ingeniería F.L. Smidth construyó diversos aerogeneradores bi y tripala. Sí, de hecho los fabricantes daneses han fabricado realmente aerogeneradores bipala, aunque el denominado

"concepto danés" se refiere a una máquina tripala. Todas estas máquinas (al igual que sus predecesoras) generaban CA (corriente alterna).

Esta máquina F.L. Smidth tripala de la isla de Bogø, fabricada en 1942, ya se parece más a una máquina "danesa". Formaba parte de un sistema eólico-diesel que regía el suministro eléctrico de la isla. Probablemente hoy discutiríamos el aspecto que tiene la torre de hormigón, pero esta máquina jugaba un papel realmente importante en el programa de estudio de la energía eólica en Dinamarca. En 1951, el generador de CC fue sustituido por un generador asíncrono de CA (corriente alterna), haciendo que esta segunda turbina generase así CA.

La máquina Tvind



Fig. 2.10 Máquina Tvind.

Una excepción importante a la regla de las máquinas pequeñas era la máquina Tvind de 2 MW, una máquina totalmente revolucionaria Fig.(2.10). La máquina tiene un diámetro de rotor de 5.4 m, girando a velocidad variable con un generador síncrono y con una conexión indirecta a la red, utilizando electrónica de potencia. La máquina todavía funciona perfectamente.

2.7.- Como se genera el viento

La energía eólica tiene una procedencia directa de la energía solar. Está producida por el calentamiento diferencial del Sol en los mares, valles y montañas, lo que provoca diferentes niveles de calentamiento y presión en la atmósfera. El desplazamiento del aire tiende a eliminar estos desequilibrios de presión, produciendo así el viento.

Se sabe que cuando el sol irradia la tierra, calienta el suelo cerca de la superficie, éste a su vez calienta el aire que está sobre él. El aire caliente es menos denso que el aire frío y sube. El aire frío fluye para tomar el lugar del aire caliente, éste aire frío se comienza a calentar, el aire caliente ascendente se enfría y cae de nuevo a tierra completando la célula convectiva. Este ciclo se repite una y otra vez. Fig. (2.11) El viento es más fuerte y frecuente a lo largo de las costas marítimas debido al calentamiento diferencial entre la tierra y el agua.

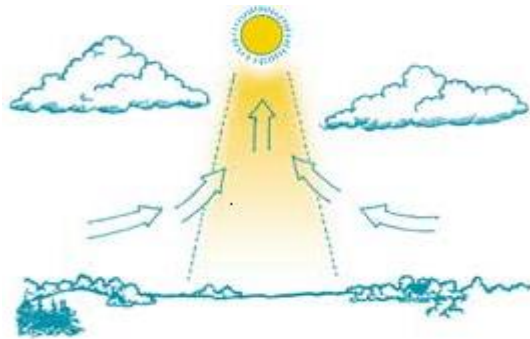


Fig. 2.11 Mecanismo de generación de viento.

En la noche se invierte el flujo debido a que la tierra se enfría más rápido que el agua. Las velocidades del viento pueden duplicarse a medida que el flujo se acelera en la pendiente de la colina. Ver Fig. (2.12)

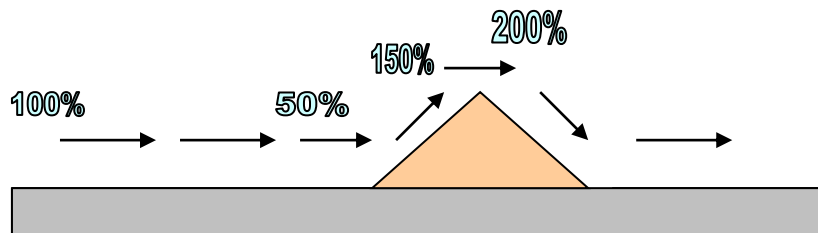


Fig. 2.12 Variación de la velocidad del viento sobre una colina.

Interesan pues, zonas llanas, descubiertas de vegetación alta. Además se deben aprovechar las alturas locales relativas, pues la masa de viento se acelera al llegar a ellas.

2.8.- Comportamiento de la Velocidad del Viento en el Tiempo.

El viento es un recurso intermitente: calmado un día, muy fuerte al siguiente.

Debido a que la velocidad del viento fluctúa, es necesario promediar la velocidad del viento durante un periodo de tiempo, generalmente de un año. Se tiene también que, el promedio puede variar hasta un 25% de un año a otro. Por lo que los meteorólogos aconsejan registrar datos durante 10 años o más.

Los efectos de los vientos convectivos locales son mayores durante el verano, cuando los vientos son ligeros y el calor del sol es intenso.

2.9.- Comportamiento de la Velocidad del Viento con la Altura.

La velocidad del viento y su potencia, varía directamente con la altura sobre el suelo. La velocidad del viento incrementa con la altura a una mayor tasa sobre terrenos escabrosos y a una tasa pequeña sobre una pradera. La fricción, es otro factor que ocasiona disminución en la velocidad del viento, debido a árboles y edificios. Por lo que se sugiere medir el viento a la altura propuesta por la turbina para evitar extrapolaciones que podrían reflejar condiciones reales.

2.10.- Potencia y Energía

Potencia es la tasa de cambio con respecto al tiempo a cual la energía es producida o suministrada. Tenemos que:

$$\text{Potencia} = \text{Energía} / \text{Tiempo} \quad \text{ó} \quad \text{Energía} = \text{Potencia} \times \text{Tiempo} \quad \text{ec.}[2.1]$$

Un cuerpo en movimiento posee energía cinética y el viento es aire en movimiento.

$$KE = \frac{1}{2} \times \text{masa} \times (\text{velocidad})^2 \quad \text{ec.}[2.2]$$

Donde la velocidad representa la velocidad del viento. La masa de aire moviéndose a través de un área por unidad de tiempo esta dado por la densidad del aire (ρ) Kg/m³ y la velocidad del viento m/s.

$$\text{Masa} = \rho \times \text{velocidad} \times \text{Área} \quad \text{ec.}[2.3]$$

De manera que la potencia total del viento en esa área es:

$$\text{Potencia} = \frac{1}{2} \times \rho \times (\text{velocidad})^3 \times \text{Área} \quad \text{ec.}[2.4]$$

Para potencia eólica a diferentes velocidades de viento, es conveniente hablar de potencia por unidad de área (P/A):

$$P/A = \frac{1}{2} \times \rho \times (\text{velocidad})^3 \quad \text{ec.}[2.5]$$

Podemos observar en la expresión que con pequeños cambios de velocidad pueden dar diferencias relativamente grandes de potencia.

2.11.- Medición y Características del Viento

Lo que se pretende medir es la velocidad del viento, es decir, la masa de aire que se traslada de un punto a otro en un tiempo transcurrido.

En la medición, se debe tener el cuidado de, utilizar aparatos que sean confiables y la de instalarlos en una posición adecuada en los edificios. Estos aparatos son llamados, anemómetros. La toma de datos debe ser durante las horas diurnas y nocturnas, en los meses de invierno y verano. El periodo mínimo de medición es de un año.

Hay distintos tipos de anemómetros: de copa, de propela, alambre caliente y laser doppler.

Los árboles y edificios reducen drásticamente la energía disponible para una turbina de viento. Por lo que se sugiere, que como regla general: El disco del rotor de la turbina debe estar por lo menos 5 mts. arriba de cualquier obstrucción.

Se debe evitar a toda costa lugares como el fondo e quebradas, barrancos o depresiones al pie de las colinas.

2.12.- Tecnología Eólica

Aerogenerador es el nombre que recibe la maquina empleada para convertir la fuerza del viento en electricidad. Los aerogeneradores se dividen en dos grupos: los de eje horizontal, los más utilizados y eficientes; y los de eje vertical.

El aerogenerador de eje horizontal, empleado mayoritariamente en parques, consta de tres partes básicas:

- **El rotor**, incluye el buje y las palas, generalmente tres. Fig.(2.13)

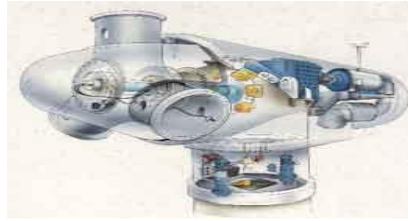


Fig. 2.13. Rotor

- **La góndola**, dónde se sitúan el generador eléctrico, los multiplicadores, el eje de baja velocidad está conectado a un *multiplicador de giros*, del que sale un *eje de alta velocidad* que gira con velocidad mayor (resultante del producto de la del eje de baja velocidad por el multiplicador de giros). En el eje de alta velocidad hay un *generador eléctrico* que produce la energía eléctrica canalizada por los cables a la red; y sistemas hidráulicos de control, orientación y freno. Tienen la doble función de regular la potencia en función de la velocidad del viento instantánea (haciendo funcionar la turbina lo más cerca posible de su potencia nominal) y de interrumpir el funcionamiento de la maquina en caso de viento excesivo. Además, consta de un control continuo del paralelismo entre el eje de la maquina y la dirección del viento. Fig.(2.14)

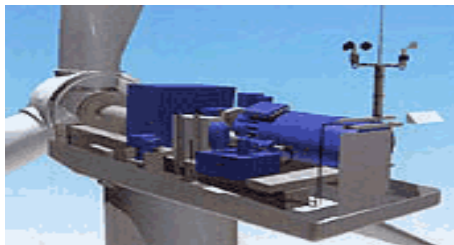


Fig. 2.14. Góndola

- **La torre**, que debe ser tubular, ya que las de celosía no se emplean en la actualidad. Fig. (2.15)



Fig. 2.15. Torre

Los aerogeneradores Fig. 2.16 han pasado en tan sólo unos años de una potencia de 25 kW a los 1,500 kW, pero ya están a punto de aparecer con potencia hasta los 1,650 kW.

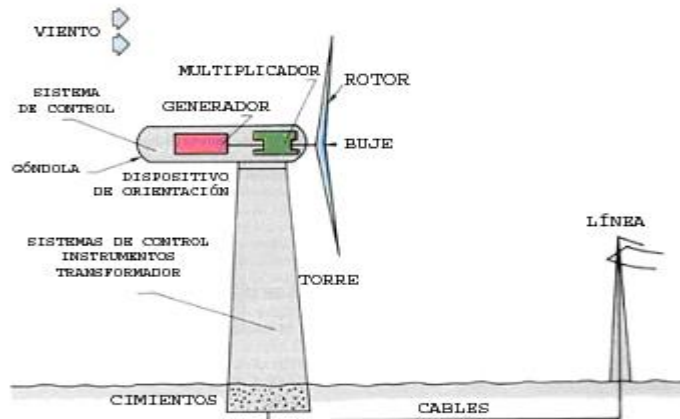


Fig. 2.16. Esquema de aerogenerador y de una instalación eólica

2.13 El rendimiento de los aerogeneradores

El rendimiento de las máquinas eólicas depende de la *intensidad del viento*: a igualdad de diámetro de las palas, al aumentar la velocidad del viento, la potencia teóricamente extraíble aumenta de manera más que proporcional.

Por lo tanto, antes de decidir instalar un sistema eólico es indispensable conocer bien las características del viento en el lugar en el que se piensa instalar los aerogeneradores. Estos conocimientos se obtienen realizando preventivamente un

atento estudio de la frecuencia, de la velocidad, de la duración y de la dirección del viento.

La intensidad del viento depende de las características orográficas del terreno. Una circunstancia fundamental es la rugosidad del terreno: en llanura o en el mar el viento sopla con intensidad mayor que en el campo o en los alrededores de las ciudades. Otro elemento a tener en cuenta es la altura del terreno: cuanto más se sube mayor es la velocidad del viento

*** Parámetros mínimos y máximos para generar energía eléctrica con sistema eólico.**

Las maquinas eólicas funcionan dentro de parámetros mínimos y máximos de la velocidad del viento. En línea general:

- Pueden ser activados con viento variable de 2 a 4 m/s (**velocidad de cut-in**)
- Cuando el viento alcanza la velocidad de 10–14 m/s (**velocidad de corte o nominal**), se activa un dispositivo de control de la potencia.
- Se paran cuando la velocidad del viento supera los 20-25 m/s (**velocidad de cut-off**).

2.14. Las Turbinas Micro-Eólicas

A. Características de las turbinas

La mayoría de los micro generadores eólicos es del tipo de tres palas de eje horizontal con rotor a barlovento respecto a la torre (el viento encuentra primero las palas y luego el soporte).

La mayor parte de las turbinas mini eólicas utiliza palas fabricadas con poliéster reforzado con fibra de vidrio, y tienen un brazo direccional para orientar el rotor en

dirección del viento, con alternadores de imán permanente, sencillos y robustos. El tamaño reducido no permite colocar los motores con orientación del rotor en dirección del viento como los que tienen las turbinas de tamaño mayor.

Entre las turbinas de eje vertical, la maquina Savonius se utiliza fundamentalmente para el bombeo del agua, y a veces también para la producción de energía eléctrica. Se trata de una maquina muy robusta y sencilla desde el punto de vista constructivo y de funcionamiento. Tiene la ventaja de tener un fuerte par de arranque, que le permite el arranque incluso con viento débil, en cambio es poco adecuada para vientos fuertes.

Otra turbina de eje vertical es la Darrieus: tiene palas de tipo aerodinámico, se caracteriza por una gran sencillez de construcción y por un gran rendimiento. El régimen de rotación es muy elevado, en cambio, el par de arranque es muy bajo y no permite a esta maquina de arrancar espontáneamente

Los generadores eólicos actuales necesitan una velocidad media anual no inferior a los 4 metros por segundo, y preferiblemente superior a los 6.

A la hora de elegir el lugar del aerogenerador es importante tener en cuenta los fenómenos de turbulencia que se crean en los alrededores por la presencia de construcciones, árboles u obstrucciones de diferente naturaleza, que puedan provocar una disminución del rendimiento de las maquinas

2.15.- Instalación de un sistema eólico.

La figura 2.17 muestra la instalación de un sistema eólico ubicado a una residencia.

La explotación de la energía eólica se lleva a cabo en la actualidad fundamentalmente para la generación de electricidad que se vende a la red y ello se hace instalando un conjunto de molinos que se denomina parque.

En la actualidad, por ejemplo, España los parques que se están inaugurando tienen normalmente una potencia instalada que oscila entre los 10 y los 50 MW.

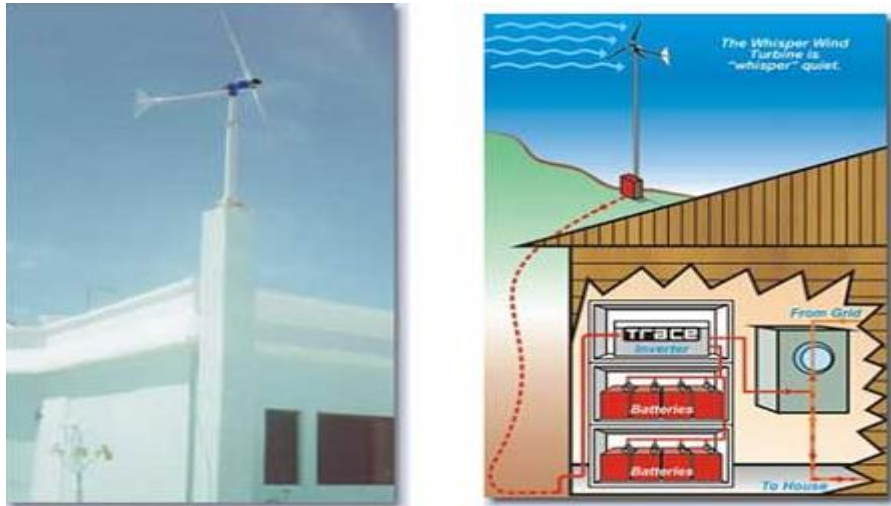


Fig. 2.17. Instalación de un sistema eólico de una residencia.

2.16.- Rentabilidad

Los grandes avances de la tecnología eólica que han producido un notable descenso del precio de los aerogeneradores (en torno al 30 por ciento desde 1990) y la mejora de las condiciones de la venta de la energía producida a la red han propiciado un espectacular crecimiento del sector.

Se ha observado que desde hace tres años hasta la actualidad, los costos por inversión se han reducido hasta el 42%.

La partida más importante en los costos de puesta en funcionamiento de un parque es la de los aerogeneradores que suele suponer el 75 por ciento.

Tenemos como por ejemplo: El actual parque eólico español que tiene una potencia instalada de 3.337 MW

- Evita la emisión de 6.120.000 toneladas/año de CO₂
- Sustituye 760.000 Toneladas Equivalentes de Petróleo (TEP)
- Genera electricidad para 1.700.000 de familias.

Cabe mencionar la importancia que tiene también la instalación de sistemas eólicos en zonas aisladas, como por ejemplo, el Refugio Montaña Muller, que tiene su propio sistema eólico para la generación de electricidad. Fig. 2.18



Fig. 2.18. Refugio Montaña Muller con su propio sistema eólico.

Algunas ideas de las posibilidades de la energía eólica en este campo son:

- Clínicas rurales: generación para iluminación y frío.
- Escuelas rurales: iluminación, televisión radio y proyectores.
- Son muchos los beneficios que puede reportar
- Programas de electrificación rural: ya en cooperación con los gobiernos en planes de electrificación. Por lo general acumulando en baterías y dando cobertura al bombeo de agua, iluminación televisión
- Actuaciones de emergencia: provee de luz refrigeración y sistemas de comunicación
- Suministro de agua: para poblaciones con suministro lejano, o con periodos de sequía, permitiendo almacenaje
- Creación de taller: confección de telas, taller mecánico, carpintería, etc. que puede proporcionar una actividad económica a los beneficiarios y formar para futura búsqueda de trabajo en la ciudad.

2.17.- Beneficios y usos de la escala mini

2.17.1.- Beneficios de la escala mini

Atendiendo a las virtudes y la problemática mostrada anteriormente, se puede concretar cuál puede ser el impacto de la energía mini-eólica:

Las virtudes de esta energía del viento se pueden resumir como:

- Es una fuente de energía segura y totalmente renovable.
- No produce emisiones a la atmósfera ni genera residuos, por su sencillez.
- Se trata de instalaciones móviles de tamaño muy reducido. Su instalación es sencilla y así como su desmantelación, permitiendo la recuperación de la zona.(generalmente inferiores a los 6 meses).
- Rápido tiempo de construcción. Instalaciones sencillas. Obras civiles con menor complejidad.
- Beneficio económico por el hecho de aprovechar un recurso autóctono. Puede constituir una fuente de riqueza en zonas aisladas, promoviendo nuevas actividades artesanales, de taller y económicas.
- Respecto a otras fuentes de energías renovables, la tecnología necesaria para una instalación eólica básica es sencilla, por lo que permite la autofabricación, mantenimiento y sostenibilidad, más allá de las instalaciones de energía solar fotovoltaica, y de ciertas hidráulicas, y de la biomasa para fines no térmicos.
- No requiere de tendidos de evacuación eléctrica, ahorrando este impacto por subestación y trazado de una línea.

2.17.2. Usos de la escala mini

Los pequeños sistemas de generación eólica pueden dividirse en “micro”, por debajo del centenar de vatios, según la fuente que clasifique, y “mini”, entre la escala centenas y decenas de millar de Watt. Como se ha comentado, no existe un acuerdo formal consensuado en este aspecto, si bien hemos desglosado los “micro” como aquellos menos de 100W, y los “mini” entre 100W y 10Kw.

Sistemas Micro:

Son aquellos de muy baja potencia, es decir, de unos 100 vatios. Son especialmente utilizados por sus características en:

- sistemas móviles de comunicación o alumbrado
- Luces de emergencia
- Carga de pequeñas baterías
- Señales y luces marítimas
- Sistemas de comunicación, etc.

Sistemas Mini:

Los sistemas *mini* abarcarían de 100 watt hasta los 10kW. Estos sistemas pueden proveer de energía campamentos, granjas, pequeñas poblaciones, etc.

2.18.- GENERADORES DE PEQUEÑA POTENCIA

La mayoría están diseñados para embarcaciones marinas e instalaciones de recreo, se colocan sobre mástiles o sobre tejados. Es posible obtener una potencia concreta bajo encargo.

En la tabla siguiente, muestran las características específicas para un aerogenerador Bornay.⁽⁹⁾

AEROGENERADOR BORNAY DE 1500 y 3000 W						
POTENCIA	VOLTAJE	DIAMETRO	VELOCIDAD ARRANQUE	VELOCIDAD POTENCIA NOMINAL	PESO	PRECIO
1500 W	24 V.	2.86 m	3.5 m/s	12 m/s	42	

					Kg.	
3000 W	24 V.	4 m	3,5 m/s	12,5 m/s	105 g.	

(9) Fuente: www.infoeolica.com/

Capítulo 3: “ Estudio del Sistema Híbrido de Energía Solar - Eólica. “

3.1.- Energía Solar y Eólica en Viviendas Rurales.

Los paneles solares y generadores eólicos reemplazan con éxito a los grupos electrógenos (que precisan combustibles, lubricantes y repuestos), Fig. 3.1 y contrariamente a ellos, no requieren mantenimiento.



Fig. 3.1 Sistema híbrido solar – eólica. Utilizado para recopilar dato de las velocidades de viento.

En electrificación de viviendas, el equipo consta de paneles solares, y/o generador eólico, regulador de carga y baterías. Los modelos (con sus distintas potencias) y las cantidades de estos elementos dependen del consumo que se tendrá, es fundamental entonces, para no subdimensionar, ni sobredimensionar los equipos, saber que artefactos (lámparas, electrodomésticos, etc.) serán conectados al sistema y cuantas horas (en promedio) estarán funcionando, esto es: obtener el consumo real diario que tendrá el sistema. Adicionalmente, para dimensionar el sistema correctamente, se deben tener en cuenta márgenes de seguridad, los cálculos se deben realizar para que: la energía sea suficiente para cubrir las necesidades en época invernal (período de menor insolación), en el caso de los generadores solares, y/o para cubrir las épocas de vientos suaves en los equipos eólicos.

También es factible la instalación de un sistema híbrido (solar + eólico), diversificando el riesgo de que alguna de las dos fuentes no genere al máximo. Para reducir el costo y tamaño de una instalación es conveniente utilizar elementos de bajo consumo. En iluminación, por ejemplo, se recomienda el uso de lámparas tubos fluorescentes, que iluminan igual que las lámparas comunes con una cuarta o quinta parte de consumo.

Existe la posibilidad de transformar los 12 Vdc de corriente continua que generan los paneles (y se almacena en baterías) en 120 Vac de corriente alterna, por medio de la utilización de inversores.

Para realizar calefacción y/o calentamiento de agua para uso doméstico o piscinas, hay diversos sistemas, más o menos sofisticados, a los que corresponden distintos rendimientos. Para enunciar algunos, podemos mencionar las alfombras de caucho, colectores planos, tubos de vacío, etc. Cada uno está ideado para un determinado uso y rendimiento. El ahorro que se produce (de gas, electricidad o combustible que se utiliza normalmente) es de entre un 60 y un 100 %, dependiendo del sistema y lugar de instalación. Ciertamente hay determinados principios de instalación que permiten una mayor eficacia. El primero es la posición de los colectores, deberán orientarse mirando hacia el norte ya que el Sol, en nuestro hemisferio, irradia calor y luz desde el Ecuador hacia el sur. Las energías alternativas son LA OPCION a los sistemas que generan energía con recursos no renovables. Los módulos fotovoltaicos tienen una vida útil comprobada de 20 años (puesto que los fabricados en la década del setenta siguen funcionando), y por ensayos de laboratorio se ha estimado que la misma puede llegar hasta los 60 años, sin necesidad de mantenimiento. Los generadores eólicos de última generación tienen mantenimiento muy bajo y espaciado. Otra importante ventaja es la modularidad de los sistemas, es decir, que si aumentan los requerimientos de electricidad, basta con aumentar la cantidad de módulos y/o generadores eólicos, sin necesidad de reemplazar los instalados previamente.

3.2.- Sistemas Híbridos

¿Qué es un Sistema Híbrido?

Un sistema híbrido es la integración de dos o más tecnologías (solar, eólica, biomasa, microhidráulica, etc), con la finalidad de satisfacer los requerimientos energéticos a un costo competitivo. Actualmente más de dos mil millones de personas no tienen acceso al servicio eléctrico convencional ⁽¹⁰⁾. También se tendrán que esperar más de 20 años para ser conectado al servicio eléctrico convencional. Esto se debe a que viven en terrenos de difícil acceso, sin caminos, y ningún otro tipo de infraestructura.

A menudo el dimensionado de la instalación fotovoltaica o de la instalación eólica, por si sola, está por debajo del margen de seguridad que garantizaría la cobertura del suministro eléctrico todo el año, ya sea por razones económicas o bien porque se dispone de otra fuente de generación eléctrica que complementará la generada por la instalación.

Incluso aun teniendo el dimensionado correcto se producen puntas de consumo muy por encima de lo habitual, o simplemente, hay un período anormalmente largo de tiempo nubloso o sin aire para mover nuestros aerogeneradores. Y hay necesidades inaplazables (el bombeo de agua para una granja, el congelador lleno de alimentos, toma de datos, etc.), que hay que garantizar en cualquier situación.

Por tanto, hay casos en que es recomendable disponer de algún sistema de generación auxiliar que permita hacer frente con seguridad a los períodos anteriormente citados. Asimismo garantizaremos un estado de carga aceptable de las baterías y una prolongación de su vida útil. Aproximadamente de 4 a 5 años.

(10) Fuente: http://www.inersol.com/Sistemas_Hibridos.htm

3.2.1.- Expectativas.

Las expectativas, las podemos resumir de manera siguiente:

- Disponibilidad y servicio de calidad
- Económicamente viable para muchas localidades.
- Utilización de las fuentes renovables de energía disponible y amigable con el ambiente.

3.2.2.- Estado comercial.

La demanda de la tecnología de sistemas híbridos existe y está en aumento. Sin embargo, la penetración en el mercado es indecisa. De hecho, sin el apoyo público muy pocos sistemas híbridos se tendrían instalados en el mundo.

Podemos mencionar las barreras que ocasionan la introducción al mercado:

- a) Barreras Tecnológicas.
- b) Barreas No tecnológicas.

Barreras Tecnológicas.

Algunos aspectos claves que requieren mejoras son:

- Herramientas de diseño para sistemas híbridos, se requiere software de diseño y simulación de sistemas híbridos.
- Normas y especificaciones para el diseño y construcción de sistemas híbridos, durante los últimos años, se han realizado mejoras significativas y se han estandarizados como especificaciones para los sistemas fotovoltaicos, y que se utilizan también para sistemas híbridos. Pero no todos los aspectos se han cubierto, por ejemplo, estrategias de control en los sistemas híbridos.
- Desarrollo de herramientas de evaluación para el diseño de estrategias de control, apenas existen.

- Parámetros técnicos, económicos y ambientales del almacenamiento de energía, en la realidad la vida promedio de las baterías en los sistemas son de 4 a 5 años, lo cual provoca un mayor costo que el estimado en el diseño. Ambos tipos de baterías (plomo y cadmio) son metales pesados, los cuales son tóxicos. Si no existe un reproceso y un reciclado muy cuidadoso, será una desventaja desde el punto de vista ecológico.
- Disponibilidad de componentes en sitios remotos, por la dificultad de acceso al lugar.
- Flexibilidad en el diseño del sistema, una mezcla de baterías nuevas y viejas debe evitarse tanto como sea posible.

Barreas No Técnicas.

Los aspectos de mayor importancia son.

- Carencia de una estructura de cooperación entre los proveedores de subsistemas, no existe comunicación regular entre los diferentes proveedores.
- Punto de vista del cliente sobre los efectos del sistema híbrido, es necesario dar a conocer información del sistema híbrido a los clientes potenciales lo más pronto posible.
- Dificultades de financiamiento.
- Carencia de métodos y regulaciones por la medición eficaz, la mayoría de los sistemas híbridos solo poseen medidores de almacenamiento, pero no del control de consumo.

Los sistemas auxiliares que analizaremos en este capítulo son los sistemas fotovoltaicos con: sistemas eólicos.

3.3.- Solar Fotovoltaica + Energía Eólica

Se contempla esta posibilidad, cuando en el lugar de la instalación hay presencia de viento y sol. Estas condiciones no se dan en todas partes, por lo que es necesario

conocer con detalle el potencial eólico y solar de un lugar antes de decidirse por esta opción.

Uno de los sistemas de generación está formado por un aerogenerador que, a través de un rectificador / regulador de carga, se encarga de suministrar la energía producida a las baterías.

En paralelo, se encuentra un sistema modular de paneles fotovoltaicos que mediante su regulador de carga se conectan también a la batería. El tiempo total de carga completa de baterías con dicho grupo es de 12 horas. Ver Fig 3.2

Sistemas Mixtos de Electrificación con Energía Solar y Eólica

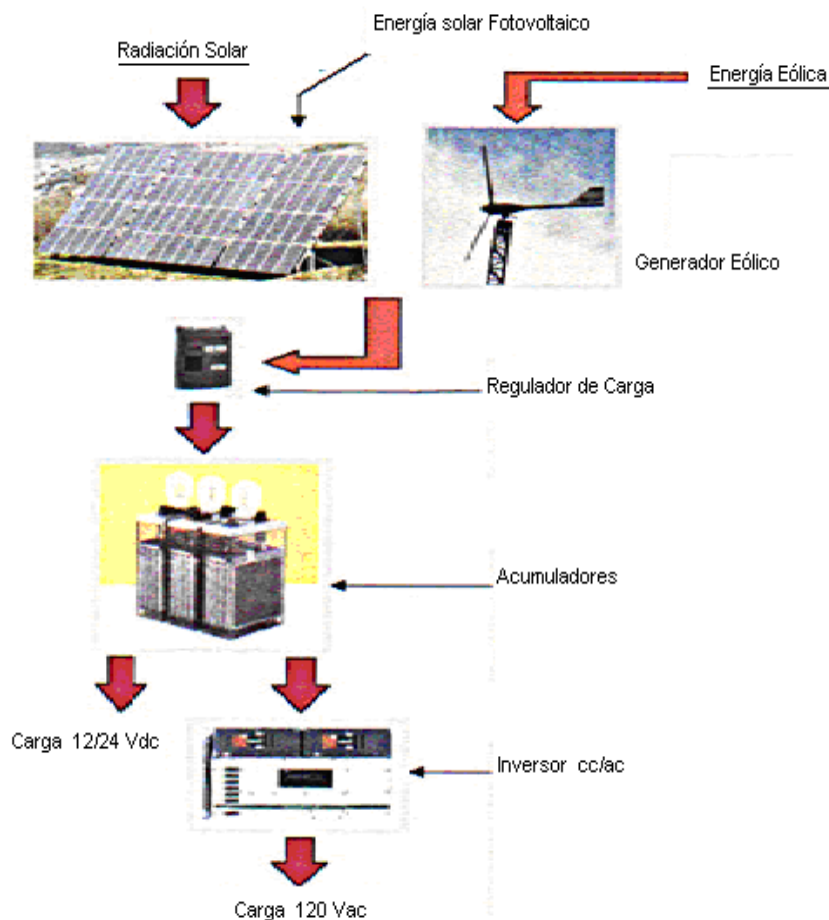


Fig. 3.2. Esquema de Sistema Híbrido Solar y Eólico

Capítulo 4: “Descripción de los componentes del Sistema Híbrido.”

4.1. Placas Fotovoltaicas



Figura 4.1 Paneles solares tipo suelo

Son dispositivos fundamentales ya que son los encargados de captar y transformar la energía solar en energía eléctrica. (Ver figura 4.1.) Estas deben tener las características siguientes:

- Capacidad de absorber una parte de la radiación solar para que la generación de pares electrón-hueco sea suficiente
- Que posea un campo eléctrico interno que separe las dos cargas impidiendo su posterior recombinación
- Las cargas separadas deben ser capaces de viajar a través de la lámina hasta los electrodos superficiales desde donde pasan al circuito.

Se fabrican módulos a manera que estas se puedan conectarse en serio o paralelo para obtener tensiones y corrientes que nos proporcionen la potencia adecuada.

Otros aspectos a tener en cuenta:

- El modulo fotovoltaico proporcione energía eléctrica en días nublados
- La elevación del lugar donde se instala no tiene ninguna relación con la eficiencia del sistema, solamente considerar el espacio entre el modulo y los soportes.
- La inclinación del panel fotovoltaico, que debe ser de 15° en verano y 60° en invierno con respecto a la horizontal. (Ver figura 4.2.) Ajustar el módulo directamente al sol. Inclinarse de tal manera que el ángulo de inclinación este correctamente en la hora del mediodía. Orientarlo hacia el sur, esto es válido únicamente en el hemisferio norte.

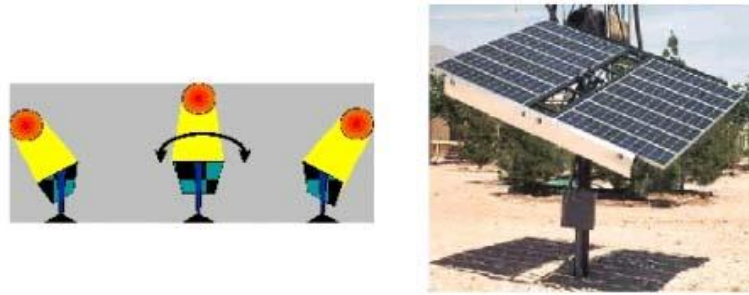


Figura 4.2. Placa fotovoltaica con sus respectivas inclinaciones.

Todas las placas fotovoltaicas poseen la misma función, difieren unas de otras en la calidad de materiales y tecnología de las células fotovoltaicas.

A continuación, mencionaremos algunas marcas:

4.1.1. Marca “Solares”.

La siguiente figura 4.3 muestra sus respectivas partes de un módulo:

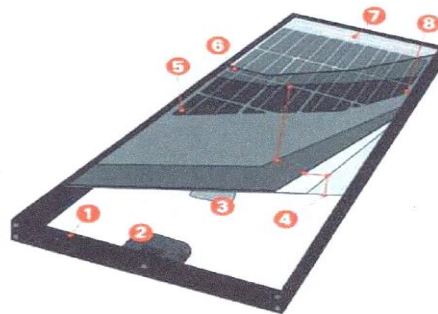


Figura 4.3. Panel marca Solares.

- 1.- Marco reforzado: es el marco soporte de todos los elementos del modulo.
- 2.- Caja de conexiones a prueba de intemperie: sirve para no retener el agua y el polvo en los bornes de interconexión con otras placas o la salida de tensión hacia los circuitos.
- 3.- Etiqueta identificativa de características: Marca, modelo, serie de fabricación, potencia, tensión, corriente, temperaturas, etc.
- 4.- Encapsulamiento de las células: material protector de las células contra la intemperie.

- 5.- Células solares: son las que producen la energía eléctrica.
- 6.- Vidrio de protección mecánica externa: Vidrio templado de bajo contenido de hierro para la protección contra impactos y las inclemencias del tiempo.
- 7.- Barras de distribución eléctrica: Barras de interconectado eléctrico entre las células.
- 8.- Separación de seguridad entre células y marco.

Las características generales de estos módulos se presentan en la tabla 4.1

Características Generales

Tensión del modulo (circuito abierto / Punto máxima potencia)	42.2 V / 35.1 V
Intensidad del módulo (corto circuito / Punto máxima potencia)	4.8 A / 4.55 A
Potencia del modulo (nominal / mínima)	160 W / 150 W
Temperatura de funcionamiento	-25 °C a 70 °C
Temperatura de funcionamiento (almacenamiento de batería)	-25 °C a 50 °C
Angulo e inclinación del tejado	0° - 45°
Carga de soporte de fijación	660 lb
Distancia mínima al borde del tejado	90 cm a 1.80 cm
Garantía del modulo	25 años
Tipo de modulo	BP 3160 ó BP 4160

Tabla 4.1. Características generales del modulo tipo BP 3160 ó BP 4160

4.1.2. Paneles solares fotovoltaicos marca SIEMENS

Tabla 4.2. Especificaciones generales

Modelo	Watts	Amp. pico Corriente Corto- circuito Icc	Volt. Pico Tensión de Circuito Abierto Voc	Amp. Imáx Corriente Máxima potencia	Volt. Vmáx Tensión de Máxima Potencia
2 JF	35 W	2.4 A	22 V	2.10 A	17.0 V
M 55	53 W	3.4 A	21.7 V	3.04 A	17.4 V
4 JF	75 W	4.8 A	22 V	4.40 A	17.0 V

4.1.3. Paneles solares fotovoltaicos marca PHOTOWATT

Tabla 4.3. Especificaciones generales

Modelo	Watts	Amp. pico Corriente Corto- circuito Icc	Volt. Pico Tensión De Circuito Abierto Voc	Amp. Imáx Corriente Máxima potencia	Volt. Vmáx Tensión de Máxima Potencia	Tamaño Longitud Ancho Espesor
PW500	50 W	2.82 A				
PW750	75 W	4.40 A				50*23*2 cm
PW1000	100W	5.80 A				54*28*2 cm

4.1.4. Paneles solares fotovoltaicos marca ASTROPOWER

Tabla 4.4. Especificaciones generales

Especificaciones Técnicas.						
Modelo	Watts	Amp. pico Corriente Corto-circuito Icc	Volt. Pico Tensión de Circuito Abierto Voc	Amp. Imáx Corriente Máxima potencia	Volt. Vmáx Tensión de Máxima Potencia	Tamaño Longitud Ancho Espesor (cm)
A 55	55 W	3.40 A	16.2 V			77.8*66*3.5
A 100	100W	6.33 A	17.3 V			
A 130	130W	7.54 A	17.3 V			147*66*3.5

4.1.5. Panel solar SM55

Tabla 4.5. Especificaciones generales

Especificaciones técnicas	
Máxima Potencia , Watts	53 W
Voltaje de Circuito Abierto (Voc)	21.7 V
Corriente de Circuito Abierto (Isc)	3.35 A
Voltaje a Plena Carga	17.4 V
Corriente a Plena Carga	3.05 A
Dimensiones físicas	1293x330x36mm
Peso	5.7 kg
Número de celdas	36



Fig. 4.4. Panel solar SM 55

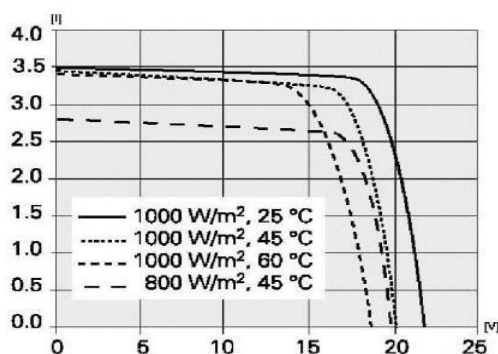


Fig. 4.5. Curva voltaje vs. corriente del SM 55.

4.2. REGULADORES

Los reguladores tienen como función principal la protección de los acumuladores contra sobrecarga (ver figura 4.6), la flotación (mantener los acumuladores cargados en una tensión media alta) y el de desconexión de los consumidores cuando las baterías estén vacías.



Figura 4.6. Reguladores

A continuación algunas marcas de reguladores:

4.2.1. Reguladores SUNSAVER MORNINGSTAR



Figura 4.7. Regulador SUNSAVER MORNINGSTAR

Tabla 4.6. Especificaciones generales

Modelo SUNSAVER	VOLTS Tensión nominal Automático	AMPS Imáx Corriente máxima generación	AMPS Imáx Corriente máxima consumo
6 L	12 V	6.5 A	6.5 A
10 L	12 / 42 V	10 A	10 A
20 L	12 / 24 V	20 A	20 A

4.2.2. Reguladores solares ISOFOTON ISOLER

Tabla 4.7. Especificaciones generales

Modelo	Tensión Nominal Automático (volts)	Corriente Máxima Generación (Amp máx)	Corte Alto (U máx)	Corte Flotación (U flot)
I 10	12/24 V	10 A	14.8 V	14 V
I 20	12/24 V	20 A	14.8 V	14 V
I 30	12/24 V	30 A	14.8 V	14 V

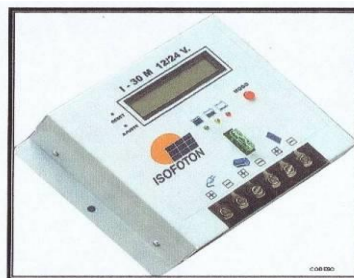


Figura 4.8. Regulador Isofoton Isoler

4.3. BATERÍAS O ACUMULADORES



Figura 4.9. Banco de baterías

Estas baterías tienen que ser estacionarias y de ciclo profundo. Las estacionarias tienen por lo general placas más delgadas, por lo que poseen más superficie activa y más espacio para el electrolito. Resultando un rendimiento mayor en relación a las baterías de carro y además hay menos descarga interna, que permite guardar la energía en las baterías sin recarga por más tiempo. (Ver figura 4.9.)

Tipos de baterías estacionarias de ciclo profundo

Acido abiertas o de mínimo mantenimiento.

- Tienen la ventaja de poder ser rellenadas con agua destilada
- Como desventaja tienen que tener un mínimo mantenimiento

Acido selladas o libres de mantenimiento.

- Ventaja: no necesita mantenimiento
- Desventaja: muchas veces una vida más corta que las de mantenimiento, porque por su válvula escapa cierta cantidad de vapor de agua y hidrógeno. Una vez evaporado el electrolito, la celda se seca y se daña.

GEL selladas o libre mantenimiento

- Ventaja: no necesita mantenimiento, son protegidas contra salida de ácido
- Desventaja: no soportan una corriente mayor de lo especificado

AGM selladas o AGM libre de mantenimiento.

- Tiene las dos ventajas anteriores. Además catalizan hasta un 95% del hidrógeno y oxígeno gasificado, otra vez en agua y logran así una vida útil más larga
- Desventaja: su costo es más elevado

Baterías de ciclo profundo

Están diseñadas para utilizar la mayoría de su capacidad antes de ser recargadas. Están disponibles en varios tamaños y tipos. Las más comunes son las baterías de electrolito líquido no selladas.

Las baterías no selladas, se llenan de agua destiladas hasta cubrir las placas (hasta el nivel indicado, de lo contrario rebalsaría) antes de recargar la batería. Sólo deberá utilizarse agua destilada, ya que cualquier impureza reducirá el rendimiento y la vida de la batería.

Las baterías son indispensables, debido al requerimiento de electricidad por la noche o por varios días nublados.

No se debe usar una batería de carro en un sistema fotovoltaico, ya que la capacidad de almacenamiento se disminuye en los primeros 20 ciclos de carga y descarga, incluso la mejor no superaría los 50 ciclos.

Una batería automotriz esta diseñada para dar arranques cortos y soportar un consumo muy alto en un espacio de tiempo muy corto. Las baterías de ciclo profundo son las más indicadas, ya que soportan multitud de cargas y descargas. Están mantienen una potencia estabilizada de 300 a 1500 ciclos de carga y descarga.

Una autonomía normal se considera tres días con un consumo normal de la instalación. Para una estimación aproximada de la capacidad de la batería se necesita seguir los siguientes cálculos:

Paso 1: Presupuesto de la energía requerida por la instalación con los días de autonomía. Ejemplo: si 500 vatios hora fuese la energía demandada y tres días de ausencia de sol, entonces sería: $500 \times 3 = 1500$ w por hora en su rendimiento.

Paso 2: Capacidad útil medida en vatio hora. Como al descargar la batería pierden cierto rendimiento debido a su ciclo de vida, usando un rendimiento de 70% y continuando con el ejemplo anterior: $1500 / 0.7 = 2,142.8$ vatios por hora de batería útil.

Paso 3: Convertir la capacidad de vatios hora en amperios (capacidad/voltaje). Siguiendo el ejemplo: $2,142.86 \text{ vatios} / 12 \text{ V} = 178.57$ Amperios horas seria la capacidad de la batería.

Por lo que se recomienda adquirir la mejor batería adecuada a sus necesidades. Las baterías deben de ser del mismo tipo, capacidad y misma fecha de fabricación.

Estimación para el requerimiento de las baterías.

Para determinar el tamaño apropiado de la batería, es necesario computar el número de amperios hora que se usará entre ciclo de carga. Cuando conozca la cantidad de amperios hora, haga que el de las baterías tenga aproximadamente el doble de este valor. Esto asegura que la batería no se descargue excesivamente y extiende la vida de las baterías.

La siguiente tabla 4.8 ayudará a estimar los amperios horas (A/H) que consumen diferentes tipos y tamaños de cargas. El uso de la tabla es de la manera siguiente:

- Empezamos de izquierda con la línea del aparato o la potencia adecuada
- Desde arriba en la columna que indique el tiempo que ese aparato funcionara entre ciclos de cargas.
- La intersección de líneas y columnas indicara los amperios hora que se consumirá

		Tiempo en minutos					
DISPOSITIVO	Watts	5	15	30	60	120	240
Luz fluorescente	10	0.06	0.2	0.3	0.7	1.3	2.7
TV a color	200	1	2	4	8	17	34
Licuadaora	400	2	4	8	17	34	67
Tostadora	1000	4	11	23	46	93	185
Microondas	1200	5	14	28	57	114	227
Cocina	4000	17	26	95	191	384	765
Refrigeradora	500	3	5	10	21	40	84
Amperios horas							

Tabla 4.8. Estimación de amperios horas para diferentes cargas.

Como conectar la batería

Se pueden crear bancos de grandes tamaños conectando juntas varias baterías. Hay tres maneras de hacerlo. Las baterías pueden conectarse en serie, en paralelo, o en serie/paralelo.

Conexión en serie

Cuando las baterías se conectan con el terminal positivo de una al negativo de la siguiente, están en serie. Un grupo de baterías en serie tendrá el amperaje hora indicada de una sola batería, pero un voltaje igual a la suma de los voltajes de las baterías individuales.

Conexión en paralelo

Las baterías están conectadas en paralelo cuando todos los terminales Positivos de un grupo de baterías están conectados y a su vez todos los Terminales están conectados entre si.

En paralelo, las baterías tendrán el mismo voltaje de una sola batería y el amperaje hora igual a la suma del de las baterías individuales.

Conexión en Serie y Paralelo

Como lo indica su nombre, es una combinación de ambas de las técnicas indicadas mas arriba.

Las baterías son el tanque de combustible del inversor. Mientras mas grandes las baterías, mayor tiempo puede el inversor operar antes que sea necesaria la recarga. Un banco de baterías demasiado pequeño resultara en una corta vida de la batería y un rendimiento decepcionante del sistema.

Instalación de Baterías y seguridad:

Usted debe proteger su batería, así el sistema funcionara bien y seguro. Mantenga las baterías agrupadas en un banco de baterías alejadas de las zonas de transito habitual, en un lugar seco, libre de polvo y de los agentes externos (lluvia, goteras, etc.). La temperatura para el mejor funcionamiento de la batería es de 25 °C. También hay que procurar tener los bornes de las baterías bien limpios y preferentemente recubiertos de vaselina para que el rendimiento de esta no disminuya y así evitar el sulfatamiento de dichos bornes.

Algunas marcas de baterías:

4.3.1. Baterías estacionarias MAC

MODELO	AMPS hora Capacidad en Ah @ 10 h	VOLTS nominal Vn	AMPS Imáx Corriente máx. permitida Imáx	VOLTS Vmáx Tensión máxima Vmáx	CELDAS Celdas en serie	TAMAÑO Longitud / ancho/ altura
UPS 60	60 Ah	12 V	* A	14,4 V	6	234*169*200 mm
UPS 100	100 Ah	12 V	* A	14,4 V	6	342*167*193 mm
UPS 130	130 Ah	12 V	* A	14,4 V	6	507*220*211 mm
UPS 150	150 Ah	12 V	* A	14,4 V	6	507*270*217 mm



Figura 4.10. Baterías
MAC

ESPECIFICACIONES TECNICAS

Placas con aleaciones Pb - **Cd**
 Voltaje de carga de flotación: 13.5 a 13.8 VDC a 26.7 °C
 Voltaje de igualación: 13,8 a 14.4 VDC a 26.7 °C
 Material del recipiente: Polipropileno
 Material del separador: Polietileno
 Tapones herméticos con atenuador de llama en
 Policronato
 Borne en forma de "L" con perforación

Tabla 4.9. Especificaciones generales y técnicas.

Baterías Estacionarias

4.3.2. Baterías Solares DYNASTY

Especificaciones

Aplicables en equipos que requieren un soporte de energía durante largos periodos de tiempo. Componentes internos construidos con aleaciones de PB – Cd, suministrando :

- Menor resistencia al paso de la energía.
- Mayor resistencia a la sobrecarga.
- Mejor rendimiento en aceptación de carga.
- Mayor tiempo de almacenamiento
- . * Diseño de placa radical – reforzado, facilitando la entrega de energía y reduciendo la gasificación del electrolito.
- . * Placas gruesas para almacenar gran cantidad de energía y baja corrosión a la destrucción de sus componentes.
- . * Baja concentración de ácido sulfúrico, el cual protege los componentes internos de la corrosión.
- . * Separadores de cobre con alta resistencia mecánica para una mayor seguridad y prevención de fallas en el acumulador.
- . * Temperatura de trabajo y gasificación de electrolito baja, proporcionando un mantenimiento mínimo.
- . * En condiciones normales de operación su vida útil puede alcanzar los (5) años.
- . * A acumuladores sellados térmicamente.

Aplicaciones

UPS., Inversores, Equipos de comunicación, Plantas telefónicas, Sistemas de alarmas, Sistemas de alumbrado de emergencia, Paneles solares, Cercas eléctricas, Equipos médicos, Electrodomésticos portátiles, Cajeros automáticos, etc.

4.3.3. Baterías estacionarias DYNASTY

MODELO	AMPS hora Capacidad en Ah @ 10 h	VOLTS nominal Vn	AMPS Imáx Corriente máx. permitida Imáx	VOLTS Vmáx Tensión máxima Vmáx	CELDAS Celdas en serie	TAMAÑO Longitud / ancho/ altura
UPS 60	60 Ah	12 V	* A	14,4 V	6	234*169*200 mm
UPS 100	100 Ah	12 V	* A	14,4 V	6	342*167*193 mm
UPS 130	130 Ah	12 V	* A	14,4 V	6	507*220*211 mm
UPS 150	150 Ah	12 V	* A	14,4 V	6	507*270*217 mm

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
<p>Placas con aleaciones Pb - Cd Voltaje de carga de flotación: 13.5 a 13.8 VDC a 26.7 °C Voltaje de igualación: 13,8 a 14.4 VDC a 26.7 °C Material del recipiente: Polipropileno Material del separador: Polietileno Tapones herméticos con atenuador de llama en Policronato Borne en forma de "L" con perforación</p>

Tabla 4.10. Especificaciones generales y técnicas.

4.3.4. Baterías HAWKER



Fig. 4.11. Acumuladores marca Hawker.

La figura 4.11. muestra el banco de baterías del tipo OPzS con un voltaje de 2V/celda y una capacidad de 1799 A-h a C-100, conectados en serie para proveer un voltaje nominal de 24 Vdc (ver figura 4.12) , sus contenedores son transparentes lo que permite apreciar el nivel del electrolito y tener un control sobre este.

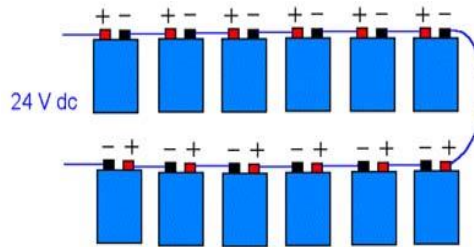


Fig. 4.12 Conexión de baterías.

Estas baterías son de plomo-antimonio-ácido por lo que son de ciclo profundo (profundidad de descarga de 50%, según ISO FOTON), el electrolito con que trabaja es ácido sulfúrico diluido, cuyas especificaciones de trabajo se presentan en la tabla 4.11.

Densidad del electrolito, celda completamente cargada.	1.240 ± 0.010 a 20 °C , en nivel máximo 1.260 ± 0.010 a 20 °C, en nivel mínimo.
Intervalo de llenado	Aprox. 3 años, bajo condiciones normales de carga-flotación, a 20 °C.
Coeficiente de temperatura de la densidad del electrolito.	0.0007 por °C:

Punto de congelamiento del electrolito.	45 °C (densidad de referencia 1.240) Celda completamente cargada.
	De 5 a 10 °C (densidad de referencia 1.100)Celda completamente descargada

Tabla 4.11. Especificaciones del electrolito.

En el rellenado de las baterías se debe usar agua desionizada y destilada, cuya conductividad eléctrica debe ser menor a 10 ms/cm para asegurar que las reacciones químicas no se vean afectadas por impurezas.

El banco de baterías se encuentra contiguo a los dispositivos de control por lo que las pérdidas en el cableado baterías - regulador y regulador-inversor son despreciables. La caseta de control permanece con las ventanas abiertas para asegurar una ventilación adecuada que evite la acumulación de gases debido a la operación de las baterías.

En las baterías OPzS la capacidad nominal C-100 es la tasa de descarga en 100 horas con una temperatura inicial de 20 °C hasta llegar a un voltaje nominal de 1.8 V por celda.

4.4. INVERSORES

La función principal del inversor es la de convertir una corriente continua, procedente de baterías o de la célula fotovoltaica, es una corriente alterna. El inversor fabricara una onda de salida normalmente a 120V (aunque también los hay a 240V) con una frecuencia de 60Hz.

Esta forma de onda de salida podrá ser senoidal pura, senoidal modificada o cuadrada.

Los onduladores senoidales sirven para alimentar todo tipo de cargas, mientras que otros onduladores con otra forma de onda tienen ciertas limitaciones dado su efecto en cargas inductivas o capacitivas, también cabe destacar los ruidos o interferencias

que pueden causar un mal funcionamiento con equipos de telecomunicaciones, etc. La ventaja que ofrecen estos onduladores es más bien económica ya que pueden ser la mitad de baratos que los onduladores senoidales para una potencia similar.

Cable a utilizar

Lo recomendable es utilizar solamente cables de cobre en la instalación de energía solar fotovoltaica, estos se pueden dividir en rígido y flexible. Nosotros recomendamos el uso del cable flexible por su manejo al instalar.

La elección correcta del tipo de cable va a garantizar un uso seguro y eficiente de su sistema, un cable demasiado delgado causa una pérdida de potencia, además puede sufrir un calentamiento excesivo y llegar a producir un incendio. Un cable excesivamente grueso solamente le va a repercutir en el factor económico, ya que el cable correcto será más barato.

4.4.1 TRIPP - LITE APS Alternate Power Systems (inversores / cargadores)

MODELO	VOLTS CD Voltaje de entrada continua V (CD)	VOLTS CA Voltaje de entrada / salida V (CA)	WATTS Energía continua de salida	WATTS Energía de cresta	No. de receptáculos de 15 A	TAMAÑO Alto/ ancho/ profundidad en cm	PESO
APS 512	12 V	120 V	500 W	1200 W	2	17.78*17.78*25.40	7.2 kg
APS 912	12 V	120 V	900 W	1800 W	2	18.10*21.59*41.91	11.8 kg
APS 1012	12 V	120 V	1000 W	2000 W	2	18.10*21.59*41.91	11.8 kg
APS 1024	24 V	120 V	1000 W	2000 W	2	18.10*21.59*41.91	17.3 kg
APS 2012	12 V	120 V	2000 W	4000 W	HW *	18.10*21.59*41.91	18.6 kg
APS 2024	24 V	120 V	2000 W	4000 W	HW *	18.10*21.59*41.91	18.6 kg
APS 2424	24 V	120 V	2400 W	4800 W	HW *	18.10*21.59*41.91	18.6 kg
APS 2448	48 V	120 V	2400 W	4800 W	HW *	18.10*21.59*41.91	18.6 kg
APS 3636	36 V	120 V	3600 W	7200 W	HW *	18.10*21.59*41.91	25.9 kg
APS 5048	48 V	220/120 V	5000 W	10.000 W	HW * * Hardwire conexión directa con cable	*	* kg

Tabla 4.12. Especificaciones generales

Proporcionan Una fuente de energía alternativa para todo uso (TRIPP-LITE APS)



Figura 4.13. Reguladores Tripa-lite Aps

La más reciente adición a la serie Power Verter APS de Trip Lite , estos equipos tienen un cargador de batería de 3 etapas y una salida de alto rendimiento, que los hacen los más avanzados y completos inversores/cargadores de batería integrados de hoy en día. Las unidades APS están idealmente configuradas para suministrar una alimentación ininterrumpida a computadoras, ventiladores, luces, bombas de agua sumergibles y otros equipos durante largos periodos de tiempo. Se pueden usar como sistemas UPS de largo tiempo de respaldo o como fuentes de alimentación de emergencia.

El avanzado circuito de inversor en las nuevas unidades APS produce una más eficaz conversión de CC a CA, y disminuye la pérdida de energía por más de un 33% en comparación con los modelos competitivos.

Las nuevas unidades APS también aceptan un número ilimitado de baterías de 6 o 12 voltios de pila húmeda o de las suministradas por el usuario. Esto le permite a los usuarios determinar el tiempo de función de los equipos conectados en base al número de baterías que se hayan conectado, Más aun, un potente recargador de batería de 3 etapas recarga las baterías conectadas más rápido que los cargadores convencionales y protege contra el peligro de sobrecargar las baterías para garantizar una mayor vida de servicio de las baterías.

4.4.2. Inversor marca ATERSA

Inversor modelo Tauro BC 1524 (Fig. 4.14), que tiene la función de transformar los 24 Vdc a 110 Vac. Realmente el inversor transforma a 220 Vac pero dispone de una derivación central que permite obtener los 110 Vac.

Este inversor tiene como salida una señal senoidal pura de 60 Hz lo que permite que maneje cargas de todo tipo (resistivas, capacitivas e inductivas). También tiene la ventaja de ser un sistema modular y expansible, es decir, que la potencia del sistema puede crecer conectando inversores en paralelo.



Fig. 4.14. Inversor Tauro BC 1524.

El inversor originalmente está diseñado para trabajar con un sistema de disipación por convección natural ya que es un modelo orientado a funcionar en ambientes con polvo en suspensión, donde una ventilación forzada no es apropiada ya que los ductos se obstruyen fácilmente. Controlar la temperatura repercute en que se pueda obtener más potencia por un tiempo de trabajo mayor que el mostrado en la gráfica de fábrica (ver figura 4.15).

El inversor Tauro en su parte frontal (panel de control) consta con dos pulsadores, un potenciómetro de ajuste de la sensibilidad y cuatro indicadores luminosos del estado que facilitan la utilización del inversor y proporcionan información del funcionamiento del sistema.

Uno de los pulsadores es el MARCHA/PARO que sirve para la puesta en arrancar y detener el funcionamiento del inversor, y el otro es el MANUAL/AUTOMATICO que sirve para seleccionar el modo de trabajo del inversor.

En modo manual pone de inmediato en marcha el equipo y siempre está generando 220 Vac, aunque no tenga carga.

En el modo automático detecta la potencia de consumo conectada de forma automática, y si no detecta se detiene automáticamente.

Una vez parado el inversor realiza pulsos de tensión en la salida de la línea aproximadamente cada segundo, y si detecta la conexión de algún consumo, el inversor se pone en funcionamiento.

Cada 15 segundos aproximadamente, se genera un impulso largo que genera 220 Vac durante 2 segundos, lo que permite activar posibles consumos complejos que no se pueden detectar con los impulsos cortos.

El potenciómetro sirve para regular la sensibilidad del arranque automático. Para realizar este ajuste, previamente, hay que conectar el consumo mínimo que se desee detectar y girar el potenciómetro al mínimo en sentido contrario a las agujas del reloj hasta que el led del modo de trabajo pase de estado intermitente lento a intermitente rápido.

Los cuatro indicadores presentan información sobre el modo de trabajo, la tensión de la batería, sobrecarga y temperatura, la información presentada se resume en la tabla 4.13.

El inversor restablece automáticamente su funcionamiento después de las siguientes condiciones de protección: baja tensión de batería, cortocircuito en la salida, sobrecarga y sobre-temperatura.

En la actualidad, con los componentes del sistema híbrido, se presenta el problema de escasez de los paneles solares por su gran demanda que ha adquirido. Tal razón sus costos se han elevado un poco, pero a finales del año 2007, ya se tendrá suficientes paneles solares para la demanda y su precio en el mercado será de una reducción bastante considerable.⁽¹⁾ Con respecto a los demás dispositivos se tiene la accesibilidad de obtenerlos en nuestro país. Por ejemplo, “Tecnosolar”(Tel 2502-4487).

(1) Fuente: Arquitecto Gersón Castillo de la empresa PHONIX de Alemania.

LED\INDICADOR	MODO DE TRABAJO	BATERIA	SOBRECARGA	TEMPERATURA
APAGADO	Equipo parado. Este estado se da solo al instalar el equipo.	Tensión de batería muy baja. Paro del inversor	Potencia de consumo optima.	Temperatura optima de trabajo.
INTERMITENTE LENTO	Modo automático. Consumo no conectado. Generando pulsos de test de línea.	Tensión de batería baja, próxima al límite mínimo permitido.	Potencia de consumo superior a 2/3 de la potencia nominal. El inversor sigue en funcionamiento.	Temperatura próxima al límite máximo permitido.
INTERMITENTE RAPIDO	Modo automático .Generando 220Vac.Consumo conectado.			
ENCENDIDO CONTINUO	Modo manual. Generando continuamente 220Vac	Tensión de batería optima de trabajo.	Exceso de potencia de consumo durante demasiado tiempo. Indica paro del inversor durante 30 segundos, momento en el que inicia un nuevo intento de arranque	Exceso de temperatura. Indica paro del inversor. al enfriarse pasara a intermitente y volverá a arrancar.

Tabla 4.13. Indicadores del Tauro BC 1524.

Las especificaciones eléctricas y técnicas se resumen en la siguiente tabla 4.14:

Especificaciones Eléctricas	
Potencia Nominal @ 20 °C	1500 VA
Tensión Nominal de Entrada	24 Vcd
Rango Tensión de Entrada	20-32 Vcd
Desconexión Automática Baja Tensión	21.9-23.2 Vcd
Potencia Pico de Arranque	+ 300%
Intensidad máxima de Pico de Arranque DC	180 A
Forma de Onda	Senoidal pura
Tensión Nominal de Salida	220 V
Rango Tensión de Salida	+ 7 %
Frecuencia Nominal de Salida	60 Hz
Rango Frecuencia de Salida	+ - 5%
Distorsión Armónica Media	< 4 %
Rendimiento Máximo	93 %
Sensibilidad para Arranque Automático	9 W
Consumo en Vacío Generando 220 Vac	.39 A / 24 V
Consumo Medio en automático	48 mA
Consumo Mínimo en automático	33 mA
Sistema de Aislamiento Transformador	Toroidal VDE-0550
Especificaciones Físicas	
Sistema de Refrigeración(por convección)	Natural
Rango de Temperatura de Trabajo	-5 < T < 40 °C
Humedad Relativa Máxima sin condensación	< 95 %

Dimensiones (en mm.)	425x250x195
Peso	17Kg
Índice de Protección	IP20
Material envolvente	Aluminio pintado con resina EPOXI
Tornillería	Acero Inox

Tabla 4.14. Especificaciones del Tauro BC 1524.

La salida de potencia del inversor para más de 90 minutos es de 900 VA máximo continuo, siendo la salida nominal de 1500 VA para un corto tiempo, (figura 4.15.)

Esto se debe al calentamiento gradual que sufre el inversor al entregar potencia, si se entrega una potencia mayor de 900 VA por un periodo de tiempo largo, provocará que la temperatura interna del inversor aumente hasta llegar al límite, en donde se activará la protección de temperatura. Los elementos que contribuyen a este efecto en mayor parte son los transistores tipo MOSFET, conectados al disipador de calor. Cabe mencionar que se le puede adaptar un ventilador que fuerza la disipación del calor, esto hace que el sistema pueda manejar un poco más de potencia, sin que se active la alarma de temperatura.

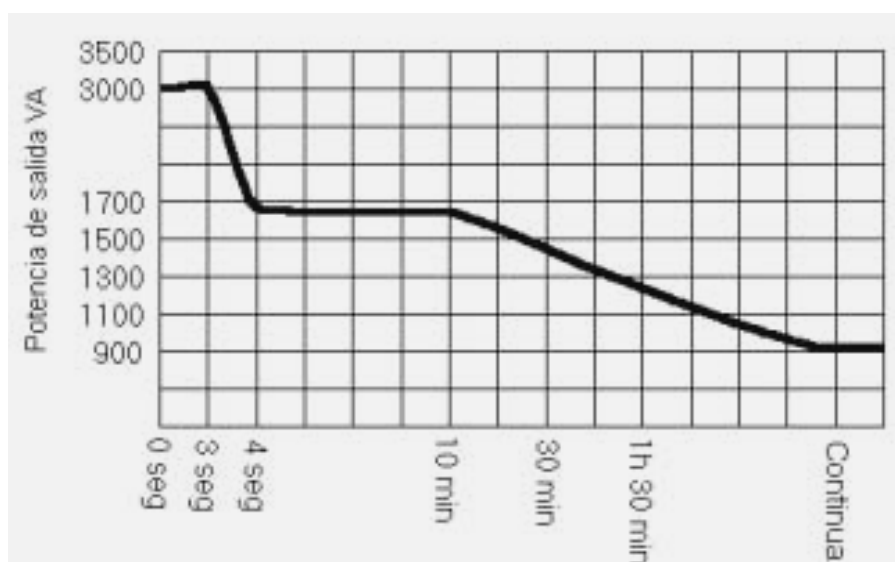


Fig. 4.15. Curva de potencia vrs. tiempo del inversor.

4.5. Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos.

4.5.1. Método Horas Sol Pico (hsp)

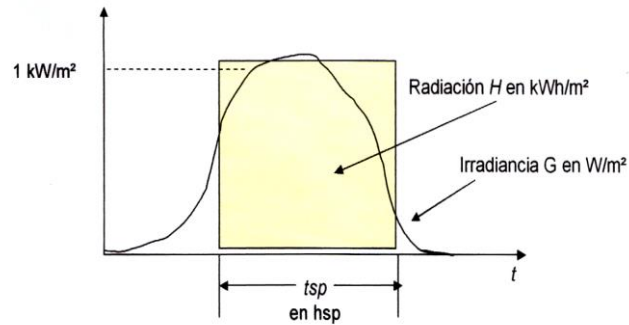


Figura 4.16 Método horas sol pico

Ejemplo: Santa Tecla tiene radiación $H = 5 \text{ kWh/m}^2\text{d}$ corresponde a $T_{sp} = 5 \text{ hsp/d}$

$$T_{sp} / \text{hsp} = H / (\text{kWh/m}^2)$$

$$1 \text{ hsp} \text{ corresponde a } 1 \text{ kW/m}^2 \cdot 1 \text{ h} = 1 \text{ kWh/m}^2$$

4.5.2. Energía de un modulo solar

$$E = P_{fm} \cdot T_{sp} \text{ (sin perdidas)}$$

Donde:
E: Energía eléctrica del modulo
P_{fm}: Potencia máxima del modulo
T_{sp}: Tiempo solar pico

Los módulos producen su potencia nominal a 1000 w / m^2

Ejemplo: $P_{fm} = 150 \text{ w}$; $H = 5 \text{ kWh/ m}^2\text{d}$ a 5 hsp/d ; $E = ?$

Solución:

$$E = P_{fm} \cdot T_{sp} = (150 \text{ w})(5 \text{ hsp})$$

$$E = \mathbf{750 \text{ wh/d}} \text{ (sin perdidas)}$$

4.5.3. Pérdidas en sistemas fotovoltaicos

Se debe considerar varios factores a la hora de calcular la capacidad del sistema:

Módulos		10%
Inversor		8%
Batería		17%
Regulador		0%
Pérdida total	(ht)	35%

4.5.4. Determinación de la cantidad de módulos.

$$N = E_c / (P_{fm} \cdot T_{sp} \cdot \eta)$$

Donde: Ec: Energía de los consumidores
Pfm: Potencia máxima del modulo
Tsp: Tiempo solar pico
η: Rendimiento total

Ejemplo: Ec = 11.3 kwh/d ; Pfm = 110 w ; Tsp = 5 hsp; η = 65%; N = ?

Solución: N = Ec / (p_{fm} . T_{sp} . η) = 11.3 kwh/d / (110 w)(5 hsp)(0.65)

$$N = 31 \text{ módulos}$$

En conclusión, la ecuación para determinar el número de módulos es bastante aceptable, cabe mencionar que para los próximos cálculos de diseño, mostraremos otra manera de determinarlos.

4.5.5. Secuencia de instalación

- i) Cimentación. Se puede hacer de dos formas: con pernos de anclaje o con pernos de expansión. Si se usan pernos de expansión, la fijación se hace en el momento de la instalación de la estructura.
- ii) La preparación de las herramientas y que todos los componentes estén presente.
- iii) Ensamblaje mecánico y eléctrico, ensamblaje de los soportes.

- iv) Montaje del marco de soporte en las cimentaciones.
- v) Montaje de los módulos en el marco de soporte.
- vi) Interconexión eléctrica y el cableado.



Figura 4.17 Instalación del panel solar.

4.6. Producción de Energía Eléctrica a través de Sistemas Conversores de Energía Eólica.

4.6.1. Teoría Fundamental de los Aerogeneradores de Eje Horizontal.

Los principios de los rotores aerodinámicos de eje horizontal respecto a la cantidad de energía cinética del viento que estos pueden transformar en energía mecánica, se basan en la teoría de momentum axial. Básicamente, esta teoría considera que un rotor en movimiento es visto por el flujo eólico como un “ disco poroso “ que experimenta una fuerza axial o de “ empuje “ por efecto del viento incidente. La figura 4.18, ilustra este concepto, donde V_1 es la velocidad del Viento en condiciones no perturbadas y V_T es la velocidad del viento justo antes del plano de rotación del rotor.

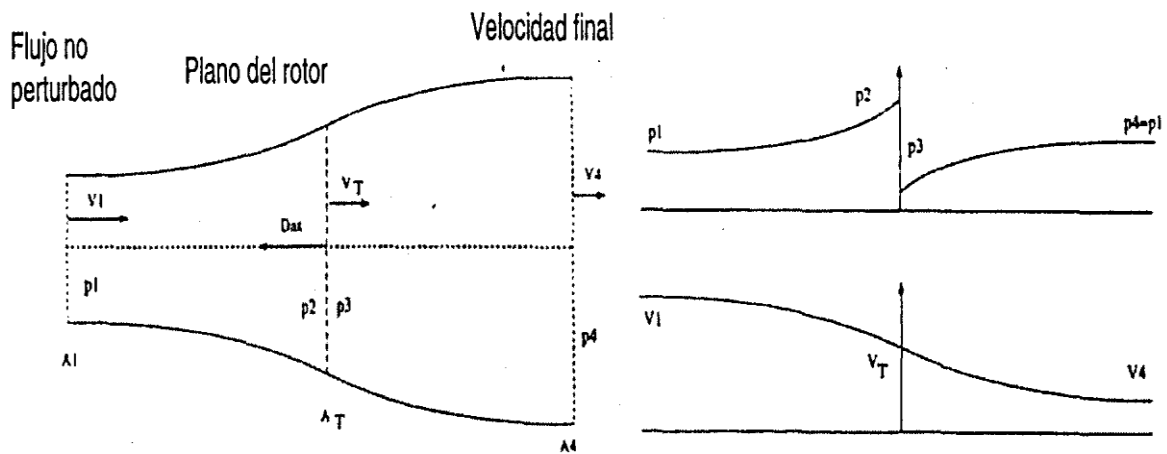


Figura 4.18. Teoría del momentum axial

El flujo eólico que incide sobre el rotor experimenta una fuerza en sentido contrario a la fuerza de empuje sobre el rotor, lo que hace que la velocidad del viento disminuya. Esa Disminución se asocia con un factor de inducción axial dado por:

$$A = (V_1 - V_T) / V_1 \quad [1]$$

Por otra parte, se define un coeficiente de potencia dado por :

$$C_R = P_R / P_D = P_R / \frac{1}{2}\rho A_T V_1^3 \quad [2]$$

Donde :

P_R es la potencia mecánica disponible en la flecha del rotor aerodinámico

P_D es la potencia del viento disponible sobre el área del barrido del rotor

ρ es la densidad del aire

A_T es el área del barrido del rotor

V_1 es la velocidad del viento (no perturbada) a la altura del centro del rotor

Combinando las ecuaciones de conservación de masa, de momentum y de energía, el científico Alemán Alfred Betz encontró una relación para el coeficiente de potencia y el factor de inducción axial, esta es:

$$C_R = 4a(1-a^2)$$

[3]

De acuerdo con los cálculos de Betz, el coeficiente de potencia máximo se obtiene para un factor de inducción axial igual a $1/3$ y corresponde a 0.5926 (coeficiente de Betz). Esto significa que un rotor de eje horizontal no puede extraer más del 59.26% de la potencia del viento disponible en su área de barrido. En realidad, existen algunos factores de pérdida que no fueron considerados para dicho cálculo y que llevan a valores cercanos al 50% para los mejores casos (v.g., fricción, rotación de la estela detrás del aspa).

Entonces, para obtener la máxima eficiencia de un rotor aerodinámico para aerogeneradores de eje horizontal, su diseño debe buscar que el factor de inducción axial (a) sea lo más cercano posible a $1/3$ sobre todo el disco del rotor. Para lograr esto, las aspas se construyen con perfiles aerodinámicos de acuerdo con lo siguiente.

Fuerzas que actúan sobre un perfil aerodinámico.

La figura 4.19. muestra un rotor y un elemento de aspa construido con base de perfil aerodinámico. Supongamos que el elemento de aspa se presenta al viento con un ángulo de paso θ (formado por la cuerda del elemento de aspa y el plano de rotación). La velocidad del viento V_v hará que el rotor gire y por lo tanto un elemento de aspa se moverá con una velocidad lineal de magnitud ωr (donde ω es la velocidad angular y r el radio al elemento de aspa). Entonces, la velocidad de viento relativa V_r (tal y como la vería un observador que se moviera con el aspa) “entra” al perfil con un ángulo Φ , definido como ángulo de entrada de flujo. El ángulo $\alpha = \Phi - \theta$ es un parámetro muy importante respecto al desempeño del rotor ya que este, entre otros factores, depende la fuerza que experimentan los elementos de una aspa y por consecuencia el rotor en su conjunto.

La fuerza sobre un elemento de aspa se descompone en una fuerza de arrastre dD en la misma dirección de la velocidad relativa y en una fuerza de sustentación.

dL , perpendicular a la velocidad relativa. La fuerza de sustentación tiende a impulsar el rotor, mientras que la fuerza de arrastre tiende a frenarlo. La fuerza resultante para

cada elemento de aspas esta dada por la diferencia de las componentes de dD y dL sobre el plano de rotación del rotor, es decir :

$$dF = dL \sin\theta - dD \cos\theta \quad [4]$$

Obviamente, dD y dL también dependen de la geometría del perfil aerodinámico y están dadas por:

$$dD = \frac{1}{2}C_d(\alpha) \rho V_r^2 \text{ cdr} \quad dL = \frac{1}{2}C_L(\alpha)\rho V_r^2 \text{ cdr} \quad [5] , [6]$$

Donde: C_L es un coeficiente de sustentación específico del perfil aerodinámico.
 C_D es un coeficiente de arrastre específico del perfil aerodinámico
 c es la cuerda del perfil en el elemento del aspa
 ρ es la densidad del aire

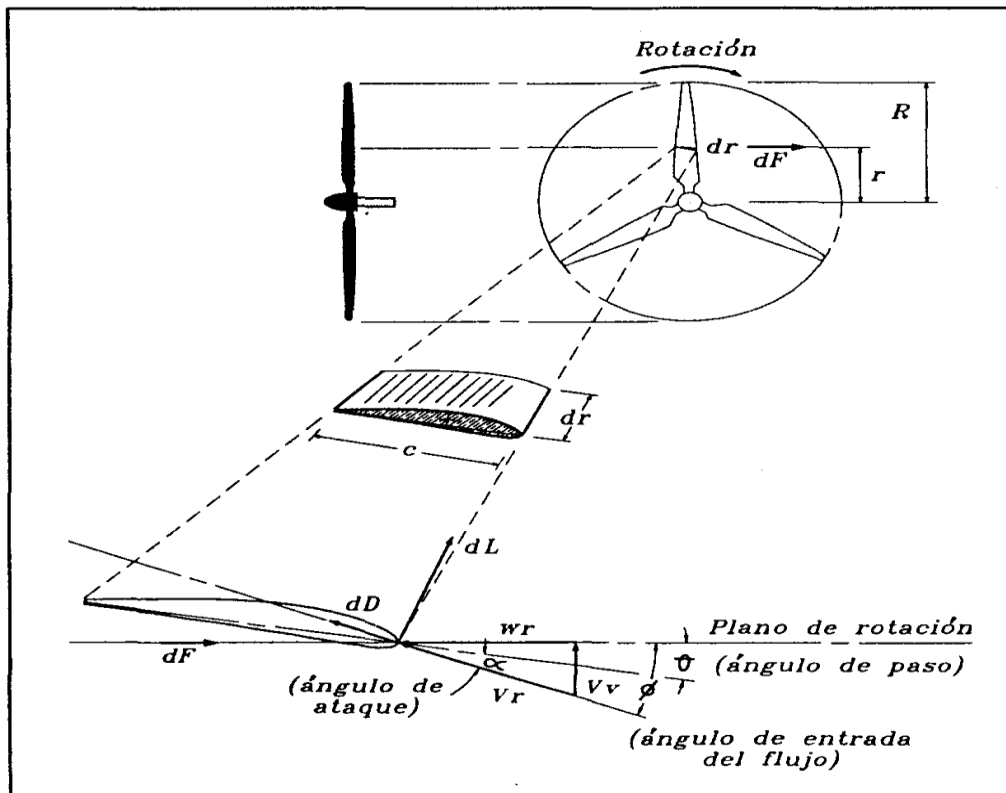


Figura 4.19. Fuerzas que actúan sobre un rotor aerodinámico de eje horizontal
 Los coeficientes de sustentación y de arrastre de un perfil aerodinámico se determinan en un túnel de viento y son función del Angulo de ataque y del número

de Reynolds. A su vez, el número de Reynolds es una medida del tipo de flujo (laminar o turbulento) y para un elemento de aspa esta definido por:

$$Re = cVr / u \quad [7]$$

Donde **c** es la cuerda del elemento de aspa y **u** es la viscosidad dinámica del aire ($1.45 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, a 20°C , 1 atm).

Otro parámetro importante en el desempeño de rotores es la relación de velocidad de punta de aspa, definida como:

$$\lambda = \omega r / V_{CR} \quad [8]$$

Donde:

ω es la velocidad angular del rotor.

R es el radio del rotor

V_{CR} es la velocidad del viento referida al centro del rotor (m/s)

El concepto de “solidez” de los rotores esta dado por:

$$\sigma = A_e / A_b \quad [9]$$

Donde:

A_e es el área efectiva del rotor (la parte que ocupa la proyección de las aspas sobre el plano del rotor).

A_b es el área de barrido del rotor.

Los rotores de baja solidez operan a velocidades angulares relativamente altas y tienen un par de arranque bajo, mientras que los de alta solidez operan con velocidad angular relativamente baja y tienen un par de arranque alto.

Se pueden lograr rotores eficientes con las siguientes combinaciones:

- Valor alto de λ valor bajo de σ
- Valor bajo de λ valor alto de σ
- Valores intermedios de ambos parámetros

El primer caso corresponde a rotores de velocidad relativamente alta y con pocas aspas de forma esbelta (adecuado para aerogeneradores). El segundo caso corresponde a rotores de velocidad relativamente baja y con varias aspas (adecuado para aerobombas).

La figura 4.20. muestra el coeficiente de potencia C_R en función de la relación de velocidad de punta de aspa λ para rotores con perfiles aerodinámicos de diferentes relaciones C_L/C_D .

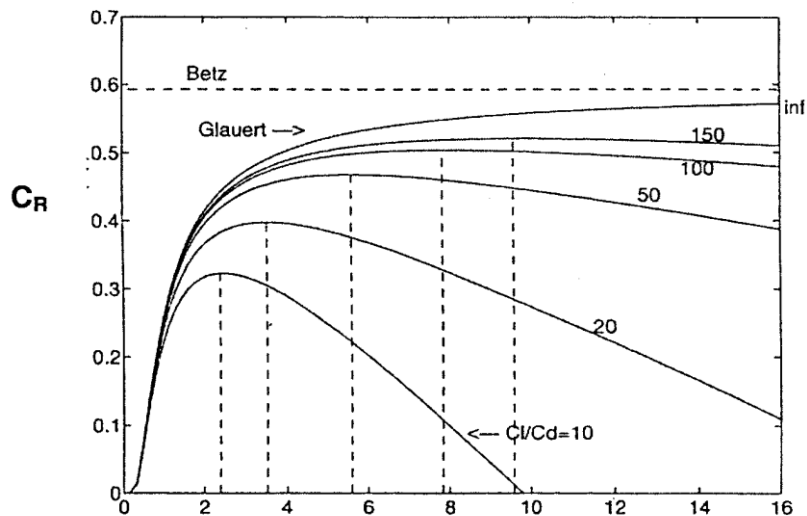


Figura 4.20. Relación entre C_R y λ para diferentes perfiles aerodinámicos.

4.6.2. Torcimiento y conicidad

Para una velocidad de viento dada, la velocidad lineal de los elementos de aspa, igual a la magnitud del producto de la velocidad angular por el radio (ωr) pero en sentido contrario, cambia a lo largo del aspa (a medida que el radio al elemento del aspa se incrementa). Por lo tanto, si el ángulo de paso (θ) se mantuviera constante a lo largo del aspa (i.e., igual para todos los elementos de aspa) el ángulo de ataque (α) para cada elemento de aspa disminuiría a medida que estos se ubican más alejados del rotor.

Para lograr las mejores condiciones de operación del rotor a su velocidad nominal de diseño, es importante que el ángulo de ataque (α) se mantenga lo mas cercano posible a su valor óptimo a lo largo de toda el aspa . Por esta razón, en el diseño geométrico del aspa, el Angulo de paso se cambia en función del radio a lo que se le

llama **torcimiento** Asimismo, la cuerda del perfil también se cambia a lo largo del aspa (**conicidad**). La figura 4.21. muestra estos conceptos.

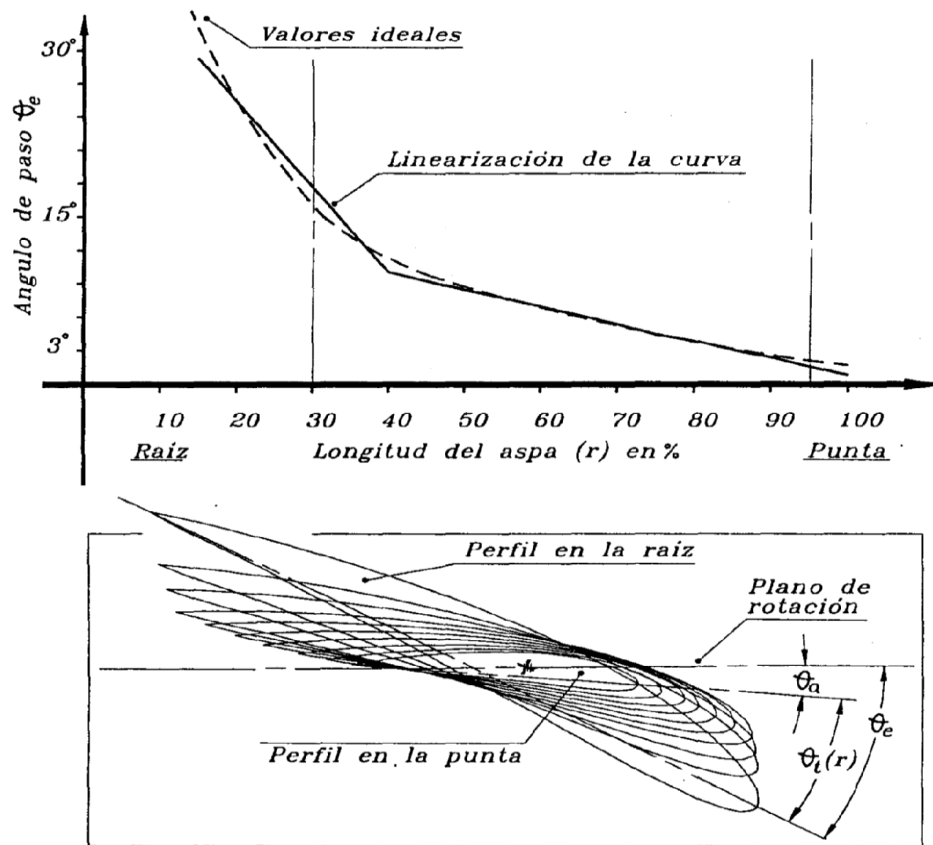


Figura 4.21. Concepto de torcimiento y conicidad.

4.6.3. Desempeño operacional de un aerogenerador

En operación normal (viento libre) los rotores de los aerogeneradores están expuestos a flujos “ no estacionarios “ (turbulencia, ráfagas) en mayor o menor medida, dependiendo del sitio de instalación. Su respuesta (potencia de salida) a la velocidad del viento estacionaria (velocidad promedio del viento en intervalos de 10 minutos) varia en rangos más o menos estrechos (ver figura 4.22.). Mediante un método estadístico conocido como el “ método de bins “ se obtiene la curva de potencia de un aerogenerador, misma que se utiliza para estimar la cantidad de producción de electricidad que este podría generar al operar en un régimen de viento dado. La figura 4.23. muestra una curva de potencia de un aerogenerador de 500 Watts.

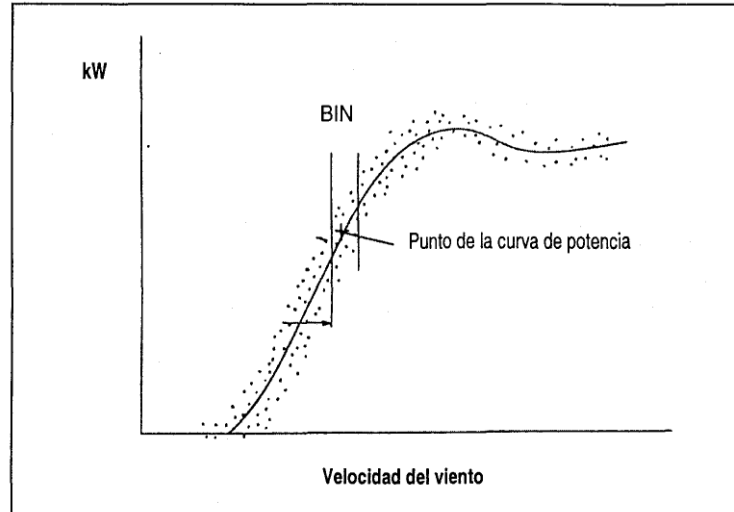


Figura 4.22. Ejemplo de dispersión del desempeño de un aerogenerador

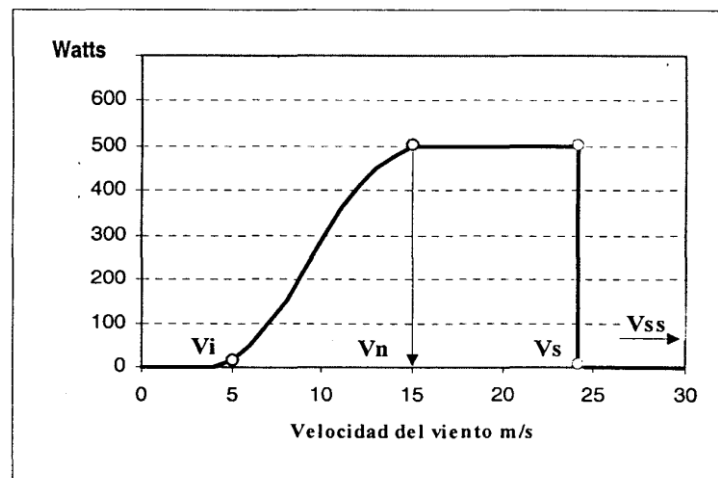


Figura 4.23. Ejemplo de la curva de potencia de un aerogenerador

En estas curvas, existen tres puntos de referencia importantes:

- **Vi** es la velocidad a la que el aerogenerador empieza a producir electricidad
- **Vn** es la velocidad a la que se alcanza la potencia nominal del generador eléctrico
- **Vs** es la velocidad a la que el aerogenerador debe efectuar un paro forzado (u operar los dispositivos de protección por sobre-velocidad) para evitar daños permanentes

- **V_{ss}** es la velocidad por arriba de la cual el aerogenerador se puede dañar aun cuando los elementos de protección estén hayan funcionado, o aun cuando el aerogenerador este parado.

4.6.4. Orientación al viento y regulación de velocidad

Por debajo de la velocidad nominal (inclusive) el plano del rotor de un aerogenerador debe presentarse, en la mayor medida posible de manera perpendicular a la dirección del viento. Esto ultimo con el propósito de extraer la mayor cantidad de energía posible. Por otra parte, por arriba de la velocidad nominal, la potencia de salida del aerogenerador se debe regular, ya que de lo contrario el generador eléctrico (y otros subsistemas) se podrían dañar.

En varios de los modelos de aerogeneradores pequeños, se utiliza una veleta para orientar el aerogenerador al viento. A partir de la velocidad nominal, la veleta también puede ser utilizada para regular la velocidad de rotación del rotor (y por consecuencia su potencia de salida), dejando que el aerogenerador se desoriente con relación al viento. Esto da lugar al diseño de mecanismos hasta ciertos puntos complejos.

Asimismo, también se utilizan otras técnicas para regular la potencia de salida del rotor, tales como colocar contrapesos cercano a la punta de aspas flexibles, o bien el método “ tilt “ que consiste en permitir que el rotor del aerogenerador se incline con relación a su plano de rotación. En la siguiente figura 4.24. muestra la fotografía de un aerogenerador con su respectiva veleta.



Figura 4.24 Aerogenerador con veleta para su orientación.

El siguiente cuadro tabla 4.15. muestra algunos precios aproximados de los aerogeneradores, de acuerdo a sus capacidades de potencia:

4.6.5. PRECIO APROXIMADO DE GENERADORES DE BAJA POTENCIA						
POTENCIA NOMINAL (12/24 V DC)		PRECIO ORIENTATIVO (\$.)				
180 W		814				
300 W		855				
500 W		1680				
1000 W		2475				
3000 W		5988				

AEROGENERADOR BORNAY DE 1500 ó 3000 W						
POTENCIA	VOLTAJE	DIAMETRO	VELOCIDAD ARRANQUE	VELOCIDAD POTENCIA NOMINAL	PESO	PRECIO (\$)
1500 W	24 V.	2,86 m	3,5 m/s	12 m/s	42 Kg.	3327.34
3000 W	24 V.	4 m	3,5 m/s	12,5 m/s	105 g.	5130.33

Tabla 4.15. Cuadro de precios

A continuación tenemos de algunas imágenes y figuras para construcción e instalación del aerogenerador:

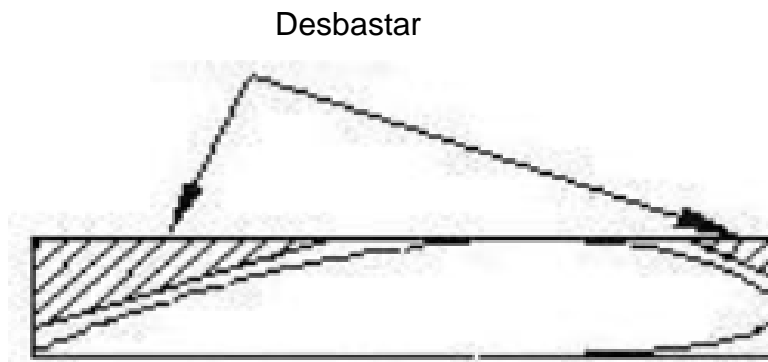


Figura 4.25. Zona de desbaste en sección de madera en bruto del alabe.

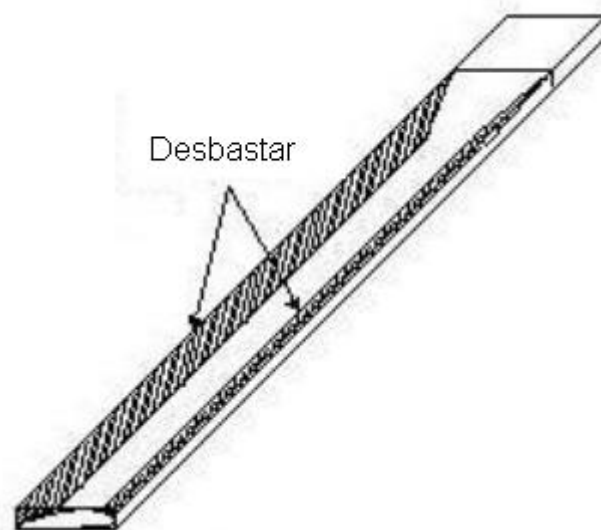


Figura 4.26. Esquema de desbaste en la madera.



Figura 4.27. Cepillado de desbaste del alabe



Figura 4.28. Generador de la turbina de viento.

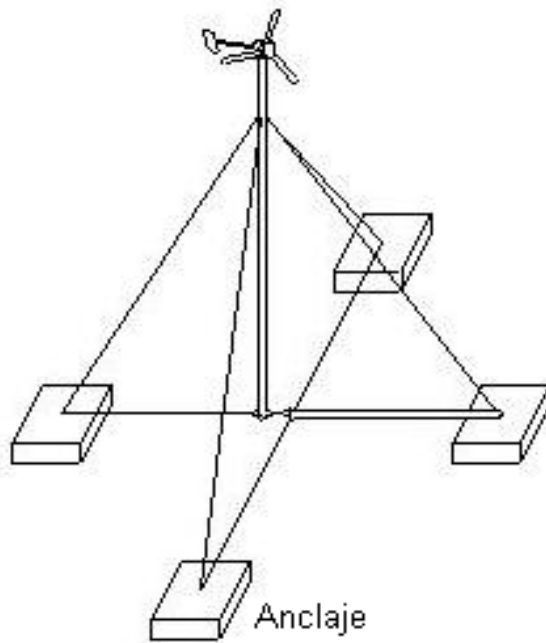
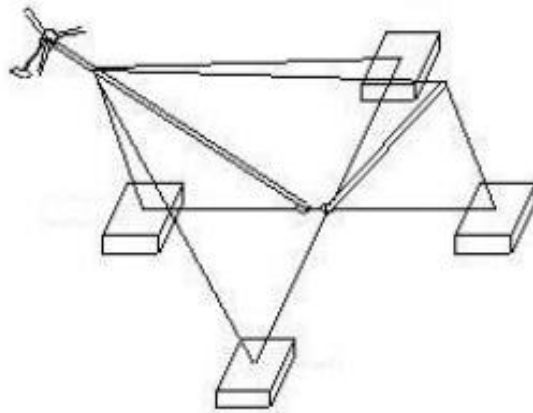


Figura 4.29. Aerogenerador elevado e instalado.

Capítulo 5: “Consideraciones Generales para el diseño del Sistema Híbrido.”

5.1. Etapas en el Proceso de Diseño e Implementación de los Sistemas Híbridos.

La aplicación de esta alternativa energética requiere de características específicas del sitio y, una selección óptima del equipamiento y/o componentes que conforman el sistema en su conjunto.

5.1.1. Consideraciones Básicas.

En primera instancia, obtener y/o contar con información completa sobre la magnitud y temporalidad de los recursos solar y eólico en el sitio, así como sobre la magnitud de las necesidades y/o expectativas de electricidad de los usuarios y su capacidad económica actual, en nuestro caso para requerimiento doméstico y alumbrado.

El proceso de diseño e implementación de los sistemas híbridos para generar electricidad, implica:

- Ingeniería básica,
- Ingeniería detalle y
- Construcción de la obra

Ingeniería básica.

Es el estudio detallado sobre las características y magnitud de las cargas a alimentar, además de la información de mediciones temporales (irradiancia, velocidad y dirección del viento), así establecer un patrón temporal. **(Ver anexo: Programa SWERA)**. Con ello, se lleva a cabo un cálculo de la capacidad nominal del sistema híbrido, considerando la capacidad operacional y la de almacenamiento. Incluye: capacidad nominal de cada una de las fuentes (solar y eólica); capacidad nominal y la profundidad de descarga de las baterías; capacidad y características del inversor; características generales del equipo y la medición de la energía generada.

Una vez determinado el tamaño del sistema, el siguiente paso consiste en la selección y especificación de cada uno de los componentes que formaran parte del sistema, que generalmente son:

- ◆ Aerogeneradores.
- ◆ Módulos fotovoltaicos.
- ◆ Banco de baterías.
- ◆ Inversor.
- ◆ Controlador de carga.
- ◆ Equipo de protección eléctrica.
- ◆ Equipo de medición.

El siguiente diagrama muestra cada uno de los componentes que forman el sistema.

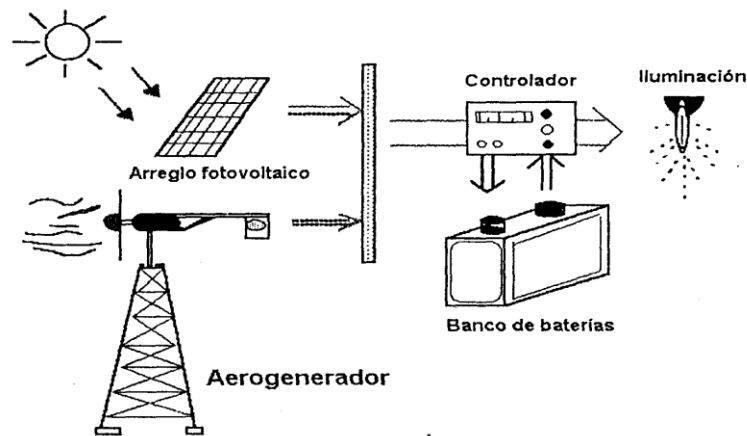


Figura 5.1 Diagrama esquemático de un sistema híbrido.

Con la información que hasta ahora se tiene, ya se podrá cuantificar el monto de la inversión que demandara el sistema. (se tiene que considerar características propias del lugar).

Se realizara un estudio de prefactibilidad técnico-económico del sistema, calculando el costo por kwh y el tiempo de recuperación de la inversión, según el análisis se puede en un momento dado replantear el proyecto.

Ingeniería de detalle.

Se habla de la ubicación física y el área requerida para la ubicación de los equipos y el de control (baterías, tablero, inversores y otros), para ello se requiere de los aspectos siguientes:

- ◆ Seguridad y protección física del equipo.
- ◆ Seguridad física a terceros.
- ◆ Facilidad de maniobra, instalación y mantenimiento del equipo.
- ◆ Magnitud de las caídas de voltaje en los alimentadores.
- ◆ Dirección de los vientos y,
- ◆ La orientación de los arreglos fotovoltaicos.

Se debe agregar las especificaciones para la adquisición de las torres para soporte aerogeneradores y de los arreglos fotovoltaicos. También de la obra civil, como cimentaciones, canalizaciones eléctricas, puntos de puesta de tierra, etc.

Para la obra eléctrica, se considera:

- ✓ Diagrama unifilar de la instalación.
- ✓ El calculo de alimentadores, protecciones y tubería.
- ✓ Calculo de las caídas de voltaje en los alimentadores.
- ✓ Especificación de rutas y calibre de los alimentadores.
- ✓ Distribución física del equipamiento en el cuarto de control.

Para la ejecución del proyecto se debe elaborar:

- ✓ Programa de actividades.
- ✓ Planos de construcción.
- ✓ Especificación de materiales y equipos.
- ✓ Estimación de tiempo de ejecución y,
- ✓ Estimación de costos.

Construcción de la Obra.

Es la responsabilidad de lograr efectivamente, en tiempo y forma, la implementación del sistema híbrido hasta la entrega.

En términos generales es la ejecución de la obra civil y eléctrica para operar:

- ✓ Aerogeneradores.
- ✓ Arreglos fotovoltaicos.
- ✓ Banco de baterías.
- ✓ Tablero de control y protección.
- ✓ Sistema de monitoreo.



Figura 5.2 Tablero de control y protección

5.1.2. Aspectos Socio-Culturales.

Se necesita de un estudio estadístico (encuestas) para obtener información cualitativa y cuantitativa, para la aceptación (ejemplo, en lo domestico, que aparatos eléctricos son de mayor prioridad para su conexión; implementar programas para la educación de los recursos renovables). Ver en anexos, la grafica que representa la encuesta del nivel de aceptación del sistema híbrido en el municipio de soyapango.

5.1.3. Información Geográfica.

Esto requiere de mapas geográficos para la ubicación del lugar del proyecto, y así analizar los mapas de los recursos solar y eólica.

5.1.4. Medición de Parámetros de Interés e Instrumentación de un Sistema Híbrido.

La instrumentación se basa en un sistema de adquisición de datos (SAD).

Se toma como referencia dos normas de la International Electrotechnical Commission (IEC), estan son: la norma IEC 61724 Photovoltaic System Performance Monitoring (mediciones, datos y análisis); y la norma IEC 61400-12 Wind Turbine Generator Systems – part 12 (lecturas para turbinas de viento).

Se debe de realizar un diagrama eléctrico o configuración que quede identificado los elementos que componen el sistema, ver figura 5.2, así como de la forma que operaran.

En El Salvador no existen normas establecidas, para ello deben existir leyes, impuestas por El Ministerio del Medio Ambiente. En la actualidad generalmente se apoyan de las normas IEC.

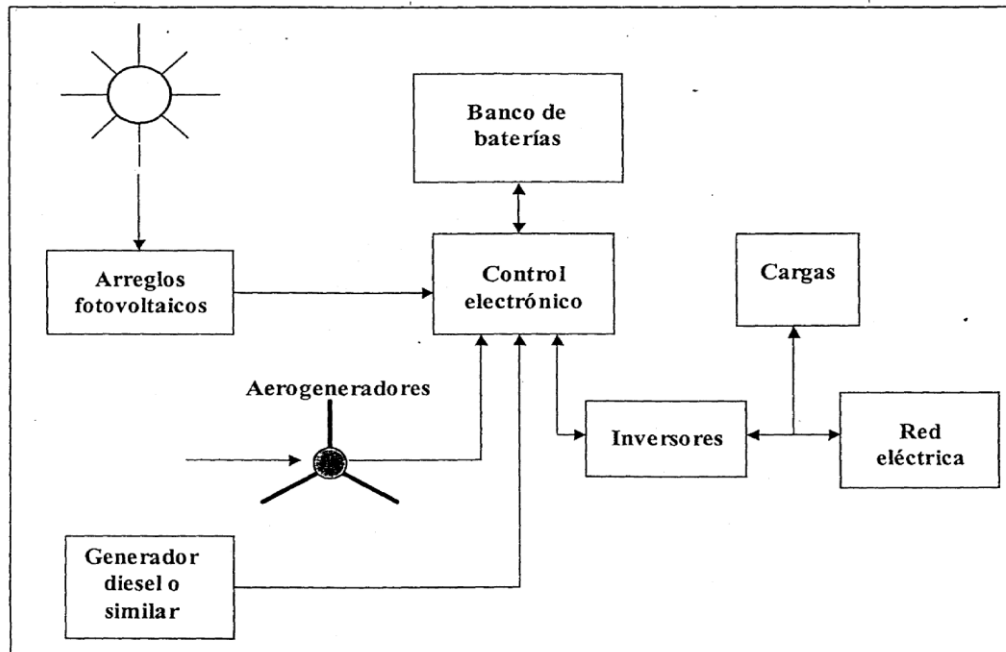


Figura 5.3 Diagrama de bloques del sistema híbrido.

Para instrumentar el sistema híbrido, se tiene los siguientes pasos:

- ✓ Identificar las variables a medir.
- ✓ Integrar el sistema de adquisición de datos (SAD).
- ✓ Realizar el programa de adquisición de datos.
- ✓ Realizar el ensamble de SAD.
- ✓ Verificar el funcionamiento antes de su instalación.
- ✓ Realizar la instalación y verificar la operación de sistema híbrido.

5.1.5. Identificación de las Variables de Interés.

Para facilitar la identificación de las variables, ver el diagrama de la figura 5.4 y así obtener todas las variables que se medirán, luego se hará una lista de las variables a monitorear. La lista debe contener: el nombre de la variable, símbolo, unidades y el rango de medición. En la tabla 5.1 se muestra la lista de las variables propuestas en un sistema híbrido.

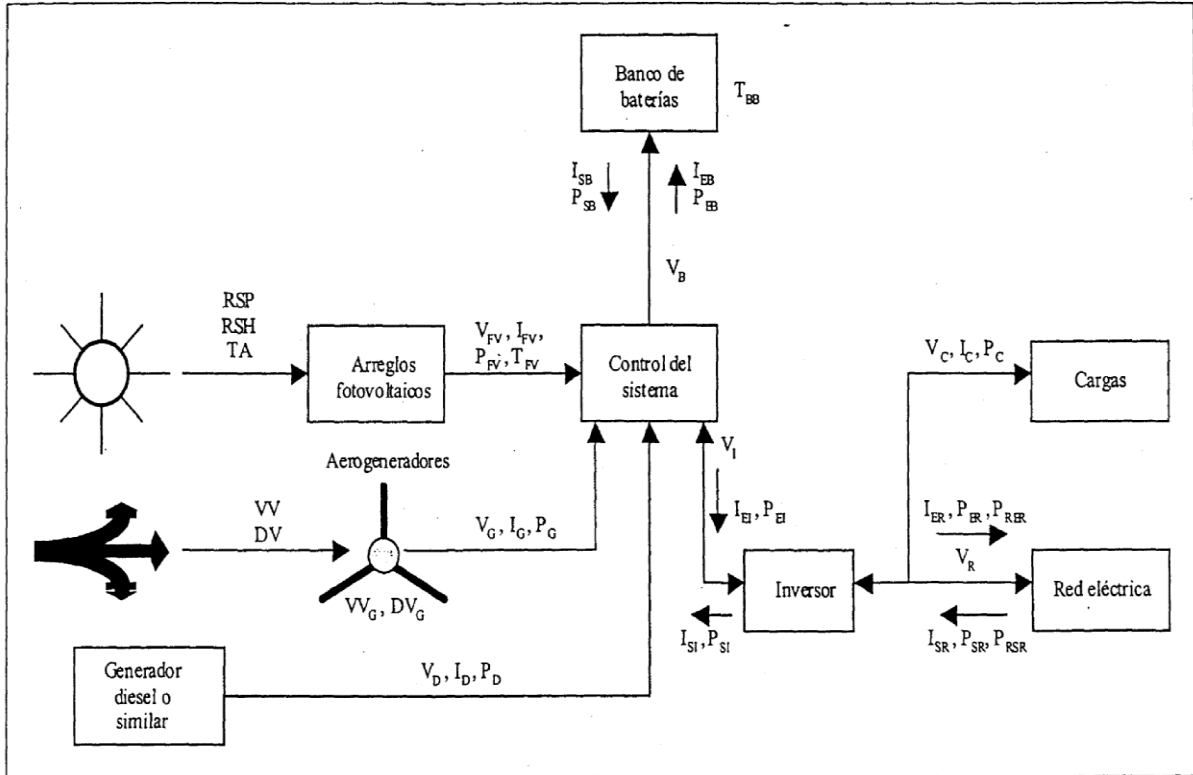


Figura 5.4. Diagrama de identificación de variables de interés.

Tabla 5.1. Lista de las variables a medir en un SH.

Variable	Símbolo	Unidades
Climatológicas		
Irradiación solar en el plano de los paneles fotovoltaicos	RSP	W/m
Irradiación solar en el plano horizontal	RSH	W/m
Temperatura ambiente	TA	°C
Velocidad del viento	V V	m/s
Dirección del Viento	D V	grados N
Arreglos fotovoltaicos		
Voltaje de salida de los arreglos	VFV	V
Corriente de salida de los arreglos	IFV	A
Potencia de salida de los arreglos	PFV	W
Temperatura de los paneles fotovoltaicos	TFV	°C
Aerogeneradores		
Voltaje de salida de los aerogeneradores	VG	V
Corriente de salida de los aerogeneradores	IG	A
Potencia de salida de los aerogeneradores	PG	W
Velocidad del viento a la altura de los aerogeneradores	V VG	m/s
Dirección del viento a la altura de los aerogeneradores	DVG	grados N

Banco de baterías		
Voltaje de operación del banco de baterías	VB	V
Corriente de entrada al banco de baterías	IEB	A
Corriente de salida del banco de baterías	ISB	A
Potencia que entra al banco de baterías	PEB	W
Potencia que sale del banco de baterías	PSB	W
Temperatura de banco de baterías	TBB	°C
Carga		
Voltaje de la carga	VC	V
Corriente hacia la carga	IC	A
Potencia entregada hacia la carga	PC	W
Inversor		
Voltaje del inversor	VI	V
Corriente de entrada al inversor	IEI	A
Corriente de salida al inversor	ISI	A
Potencia de entrada al inversor	PEI	W
Potencia de salida al inversor	PSI	W
Fuente de respaldo (grupo electrógeno)		
Voltaje de salida	VD	V
Corriente de salida	ID	A
Potencia de salida	PD	W
Red eléctrica		
Voltaje de línea de la red	VR	V
Corriente entregada a la red	IER	A
Variable	Símbolo	Unidades
Corriente consumida de la red	I SR	A
Potencia real entregada a la red	PER	W
Potencia reactiva entregada a la red	PRER	VAR
Potencia real consumida de la red	PSR	W
Potencia reactiva consumida de la red	PRSR	VAR

5.1.6. Integración del SAD.

Se debe seleccionar el equipo de medición y sus accesorios, así como los sensores a utilizar para la medición de variables.

5.1.6.1. Sensores.

Existen muchas marcas de sensores en el mercado y de muy buena calidad.

A continuación se dan algunas características para los diferentes sensores:

- **Anemómetro.** El que generalmente utilizamos es de copas, con respuesta de bajo voltaje en CA, velocidad de inicio de 0.78 m/s, precisión de 0.1 m/s en el rango de 5 a 25 m/s y permite velocidades hasta de 90 m/s.
- **Veleta para dirección de viento.** La veleta debe tener una velocidad de respuesta de 1 m/s, 352ª eléctricos y 8ª sin respuesta o menos, de tipo potenciométrico y linealidad de 1%, que permite un voltaje de excitación acorde con el que pueda proporcionar el equipo de medición, respuesta estable y suave ante cambios de viento y precisión de $\pm 5^a$ o menos.
- **Piranómetro.** Lo recomendable sería utilizar un piranómetro de tipo termopila, sin embargo, su costo es relativamente alto. En caso de no poder adquirir un piranómetro de este tipo, se podrá utilizar un piranómetro de tipo celda o silicio. Este último piranómetro deberá tener las siguientes características: rango típico de 3%, rango espectral de 400 a 1100 nm y mediciones hasta 2000 W/m², respuesta menor a 1 seg., rango de temperatura de -30 a 70ª C, dependencia de la temperatura de hasta $\pm 0.15\%$ / °C y error de coseno hasta 80ª menor al 10%.
- **Sensor de temperatura ambiente.** Generalmente se selecciona una sonda basada en un termistor por ser de bajo costo, sin embargo, existen otras opciones que aún son mejores, pero de mayor costo. Si se selecciona una sonda, ésta deberá tener una precisión típica de $\pm 0.2^a$ C y un rango de medición entre -35 a 70ª C.
- **Sensores de temperatura de panel y banco de baterías.** Para estas mediciones se utilizan termopares adhesivos tipo T, con rango de medición entre -60 a 150ª C y una precisión de 0.2% en todo el rango y 0.1% en el rango de 0 a 40ª C.

- **Sensores de corriente.** Para estos sensores se tienen identificados dos tipos de sensores, los conocidos como shunts y los transductores de corriente de efecto Hall. Los primeros son de tipo invasivos y sólo para mediciones de corriente directa, son de bajo costo y no se recomiendan para medir corrientes cuando se tienen inversores en el sistema. Los Transductores de efecto may son de tipo no invasivo y de mucho más alto costo que los shunts, sirven para medir tanto CD como CA. La principal característica que deben de tener estos transductores es una precisión de 0.5% en todo el rango de medición. Los sensores invasivos presentan mayor problema para su integración al SH y no presentan aislamiento, a diferencia de los transductores de corriente que presentan aislamiento tanto en la entrada como en la salida.
- **Sensores de Voltaje.** Para realizar las mediciones de voltaje se recomienda utilizar transductores de voltaje que presenten aislamiento en la entrada y la salida, que tengan una precisión de 0.5% en todo el rango de medición y midan los valores RMS (verdaderos) de los voltajes tanto de CA como de CD. Existen en el mercado modelos que permiten medir tanto voltajes en CA y CD (esto es, señales entre 0 y 5000 Hz). Si el presupuesto es limitado, sólo mediciones de voltajes menores o iguales a 12 Vcd se pueden utilizar divisores resistivos, para valores mayores de 12 Vcd no se recomienda debido a que se induce un valor de voltaje muy grande al sistema al no tenerse aislamiento en la señal.
- **Sensores de Potencia.** Para las mediciones de potencia en corriente directa, la normal IEC 61724 establece que pueden ser calculadas a partir de las muestras instantáneas de voltaje y corriente. Un punto importante que la norma aclara es que se incurre en un error si se calculan las potencias en corriente directa a través del producto de los promedios obtenidos. Para mediciones de potencia en corriente alterna, se recomienda utilizar transductores de potencia que midan al menos dos de los parámetros siguientes: potencia efectiva, potencia reactiva, potencia aparente o factor de

potencia. Con dos de ellos que se tengan se pueden calcular posteriormente los demás. La precisión de la medición de los transductores debe ser de por lo menos 0.5%.

5.1.7. Equipo de Medición.

Se requieren de algunas características generales, tales como:

- De marca reconocida y de presencia en el mercado de por lo menos de 3 años
- Confiabilidad y precisión en las mediciones.
- Reloj en tiempo real para temporizar las mediciones.
- Con memoria auto-contenida que permita la operación desatendida de por lo menos de un mes.
- Con software de soporte para programación y recuperación de información.
- Que ofrezca facilidad tanto de programación como de conexión de diferentes sensores.
- Con manuales de programación, operación y del software.
- Con fuente ininterrumpida para garantizar operación continua y desatendida.
- Con suficientes canales de medición que permita la conexión de los diferentes sensores o que cuente con expansor de canales de entrada.
- Que cuente con un gabinete para instalación que lo proteja de humedad, corrosión y polvo.
- Que con capacidad de telecomunicación, si el lugar donde esta instalado el SH esta alejado del centro de trabajo.

5.1.8. Consideraciones Generales.

Los termopares a utilizar (mediciones de temperatura de panel y banco de baterías) requieren de conectores especiales y de cable para aumentar su longitud y poderse conectar al SAD.

Se debe considerar los soportes para los anemómetros, la veleta y los piranómetros.

Los sensores que posean un gabinete para su protección. Y sus respectivos manuales (además una hoja de calibración).

Elaborar una lista de sus componentes y el diagrama de conexión de los sensores en el SAD.

5.1.9. Programa del Sistema de Adquisición de Datos.

Intervalos de muestreo.

La norma IEC 61400-12 establece que la velocidad y dirección del viento deben ser medidas cada 2 segundos y la norma IEC 61724 establece que el resto de las variables deben ser medidas cada minuto.

5.1.10. Programación de los datos de salida.

El SAD deberá generar los datos de salida: promedios, mínimos, máximos, muestra, etc de cada una de las variables medidas.

Se sigue las instrucciones para la programación y para ello se realiza una lista de las variables a generar, el tipo de dato y las unidades. En la tabla 5.2 se muestra un ejemplo de la lista.

El tiempo recomendado para generar los datos es de 10 minutos o hasta una hora. Y apoyarse de registros históricos.

Tabla 5.2. Lista de los datos finales a generar para un SH general.

Variable	<u>Dato generado</u>	<u>Símbolo</u>	<u>Unidades</u>
Fecha	corriente	-	-
Hora	corriente	-	-
Irradiación solar en el plano de los paneles	promedio	RSP	W/m ²
Irradiación solar horizontal	promedio	RSH	W/m ²
Temperatura ambiente	promedio	TA	°C
Velocidad del viento	promedio	VV	m/s
Dirección del viento	Resultante vectorial	DV	Grados N
Desviación estándar de la velocidad del viento	Desviación estándar	σ VV	m/s

Voltaje de salida de los arreglos	promedio	V_{fv}	V
Corriente de salida de los arreglos	promedio	I_{fv}	A
Potencia de salida de los arreglos	promedio	P_{fv}	W
Temperatura de los paneles fotovoltaicos	promedio	T_{fv}	°C
Voltaje de salida de los aerogeneradores	Promedio	V_g	V
Corriente de salida de los aerogeneradores	Promedio	I_g	A
Potencia de salida de los aerogeneradores	Promedio	P_g	W
Velocidad del viento a la altura de los aerogeneradores	Promedio	VV_g	m/s
Dirección del viento a la altura de los aerogeneradores	Resultante vectorial	DV_g	Grados N
Desviación estándar de la velocidad del viento	Desviación estándar	VVG	m/s
Voltaje de operación del banco de baterías	Promedio	V_B	V
Corriente de entrada al banco de baterías	Promedio	I_{eb}	A
Corriente de salida del banco de baterías	Promedio	I_{sb}	A
Potencia que entra al banco de baterías	Promedio	P_{eb}	W
Potencia que sale del banco de baterías	Promedio	P_{sb}	W
Temperatura del banco de baterías	promedio	T_{bb}	°C
Voltaje de la carga	Promedio	V_c	V

Corriente hacia la carga	Promedio	I_c	A
Potencia entregada a la carga ¹⁾	Promedio	P_c	W
Potencia reactiva entregada hacia la carga ²⁾	Promedio	P_{rc}	VAR
Voltaje del inversor	Promedio	V_1	V
Corriente de entrada al inversor	Promedio	I_{e1}	A
Corriente de salida del inversor	Promedio	I_{s1}	A
Potencia de entrada al inversor	Promedio	P_{E1}	W
Potencia de salida del inversor	Promedio	P_{s1}	W
Velocidad del viento a 10 metros	Máximo	VV	M/s
Velocidad del viento a la altura de los aerogeneradores	Máximo	VVg	m/s
Corriente de salida de los aerogeneradores	Máximo	I_g	A
Potencia de salida de los aerogeneradores	Máximo	P_g	W
Voltaje de operación del banco de baterías	Máximo	V_b	V
<p>1) Si la medición es de corriente alterna, entonces este dato corresponde a la potencia real entregada a la carga</p> <p>5) Este dato se registrará solo cuando se hagan mediciones de potencia en corriente alterna</p>			

5.1.11. Verificación de su funcionamiento antes de la Instalación.

En el caso que no hubiese aparatos para medir sensores. Por ejemplo la veleta de dirección se podrá revisar manualmente; orientando la veleta como si el viento viniera del Este, el sensor deberá marcar 90° aproximadamente, 180° si viene del Sur y 270° si es del Oeste. Para el caso de la radiación solar, los valores esperados son desde 0 hasta 1200 w/m². En el caso del anemómetro, si se hace girar el sensor con la mano, podrán verse lecturas de 2 a 5 m/s aproximadamente. Así se logrará detectar errores.

5.1.12. Instalación y Verificación de la Operación SAD.

Los gabinetes deben estar fijados y colocados a la menor distancia de los sensores, para evitar ruidos, caídas de voltaje o de una mala instalación.

El piranómetro debe estar cerca de los paneles, para evitar diferencias en la radiación captada. Los anemómetros y las veletas deben estar libres de obstáculos alrededor de ellos.

5.1.13. Operación del SAD.

Se deberán tener archivos para cada registro mensual. Este debe tener un nombre del lugar del Sistema Híbrido y un número consecutivo de eventos de recuperación.

Los registros se almacenan en diskettes o CD. Realizar una bitácora de eventos aleatorios (fallas, reparaciones, cambio de sensores).

5.2. Evaluación de un Sistema Híbrido.

La evaluación requiere de obtención de datos y parámetros de diseño del Sistema Híbrido.

El diagrama eléctrico simplificado del sistema deberá completarse con los datos básicos (valores nominales) de los componentes del sistema, incluyendo sus conexiones entre sí.

Realizar un censo de carga para poder dimensionar el sistema.

5.2.1. Parámetros Derivados

Se relacionan con el balance de energía y el funcionamiento del sistema. Los parámetros derivados se muestran en la tabla 5.3.

Para calcular cualquier tipo de energía, se usa la siguiente ecuación:

$$E = P \times T \quad (1)$$

Donde E: energía - Kwh

P: potencia - Kw

T: tiempo - horas

Radiación global. Los valores de radiación diaria promedio (H_d), son calculados de la irradiancia obtenida por medio de:

$$H_d = 24 \times T_x \sum G / \sum T_x 1000 \quad - \text{Kwh/m}^2.\text{d} \quad (2)$$

Energía neta enviada al dispositivo de almacenamiento.(E_{nab}):

$$E_{nab} = E_{ab} - E_{sb} \quad (3)$$

Energía neta entregada por el dispositivo de almacenamiento.(E_{nsb}):

$$E_{nsb} = E_{sb} - E_{ab} \quad (4)$$

Energía total de entrada al sistema:

$$E_i = E_f + E_v + E_b \quad (5)$$

Energía total de salida del sistema:

$$E_s = E_c + E_a \quad (6)$$

Fracción total de energía de entrada del arreglo fotovoltaico:

$$F_f = E_f / E_i \quad (7)$$

Fracción total de energía de entrada del aerogenerador:

$$F_v = E_v / E_i \quad (8)$$

Eficiencia con la que la energía de todas las fuentes es transmitida a la carga:

$$\eta_c = E_{sh} / E_{ih}$$

La eficiencia de energía del componente esta establecida como la energía que sale dividida la energía que entra.

La eficiencia global del resto de los componentes esta dada por:

$$\eta_g = (E_c + E_{nab} - E_{nsb}) / (E_f + E_v + E_{nsb})$$

Tabla. 5.3. Parámetros derivados

Parámetro	Símbolo	Unidad
Meteorológicos.		
Radiación global diaria o directa, en el plano del arreglo	$H_{l,d}$	$KWh \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$
Cantidades eléctricas de energía.		
Energía neta del arreglo	$E_{A,t}$	KWh
Energía neta del aerogenerador	$E_{E,t}$	KWh
Energía neta a la carga	$E_{L,t}$	KWh
Energía neta de entrada al almacenamiento	$E_{TSN,t}$	KWh
Energía neta de salida del almacenamiento	$E_{FSN,t}$	KWh
Energía neta de salida del respaldo	$E_{BU,t}$	KWh
Energía neta de salida a red de distribución	$E_{TUN,t}$	KWh

Energía total de entrada al sistema híbrido	$E_{in, t}$	KWh
Energía total de salida al sistema híbrido	$E_{use, t}$	KWh
Fracción fotovoltaica del total de energía de entrada al sistema híbrido	$F_{A, t}$	Adimensional
Fracción eólica del total de energía de entrada al sistema híbrido	$F_{E, t}$	Adimensional
Eficiencia de la carga	n_{LOAD}	Adimensional
Funcionamiento de componentes del resto del sistema		
Eficiencia del resto del sistema	n_{BOS}	Adimensional
Índices de funcionamiento del sistema híbrido		
Rendimiento del arreglo fotovoltaico ¹⁾	Y_A	$h - d^{-1}$
Rendimiento del aerogenerador ¹⁾	Y_E	$h - d^{-1}$
Rendimiento final del sistema híbrido ¹⁾	Y_f	$h - d^{-1}$
Rendimiento de referencia del arreglo fotovoltaico ¹⁾	Y_{rA}	$h - d^{-1}$
Rendimiento de referencia del aerogenerador ¹⁾	Y_{rE}	$h - d^{-1}$
Perdidas de captura del arreglo fotovoltaico ¹⁾	L_{cA}	$h - d^{-1}$
Perdidas de captura del aerogenerador ¹⁾	L_{cE}	$h - d^{-1}$
Perdidas del resto del sistema ¹⁾	L_{BOS}	$h - d^{-1}$
Relación de Funcionamiento	R_P	$h - d^{-1}$
Eficiencia media del arreglo fotovoltaico	N_{af}	Adimensional
Eficiencia media del aerogenerador	N_{ef}	Adimensional
Eficiencia total del sistema híbrido	N_t	Adimensional
<p>1) Las unidades $h - d^{-1}$ se pueden describir mejor como: $(KWh - d^{-1}) \text{ ACTUAL} / (KW) \text{ NOMINAL}$</p>		

5.2.2. Índices de Funcionamiento del Sistema Híbrido.

Se hace mención al rendimiento, las pérdidas y las eficiencias. Los rendimientos son cantidades de energía normalizadas a la potencia nominal del arreglo. Las eficiencias del sistema son normalizadas por el área del arreglo. Las pérdidas son las diferencias entre los rendimientos.

5.3. Aspectos económicos para el Sistema Híbrido.

La metodología más común para evaluar proyectos de generación eléctrica se basa en los costos de generación en Kwh (\$). Sin embargo existen otros parámetros, indicadores de la rentabilidad, entre ellos: valor presente neto, relación beneficio costo y tasa interna de retorno.

5.3.1. Programa de simulación y evaluación de Sistemas Híbridos: Fotovoltaico-Viento

Nombre	Instituto o Compañía	Tipo de Simulación	Descripción
Hybrid2	NREL, USA	PV-Wind	-cálculos rápidos simula series de tiempo -realiza análisis económico -modela flujos de energía
HOMER	NREL, USA	PV-Wind Evalua Economía	-optimización económica -modelos básicos de energía
RAPSIM	MUERI, Australia	PV-Viento	-cálculos rápidos -modelos básicos -análisis económicos -solo simulación
PVS	Fraunhofer ISE Alemania	PV y Batería	-uso sencillo -modelos básicos -solo simulación
TALCO	Fraunhofer ISE, Alemania	PV-Viento Herramienta de Optimización	-modelos de baterías detallado -optimización económica -optimización técnica -series de tiempo + flujos de energía

MATLAB/ SIMULINK	Curtin University, Australia	Programa flexible	-uso sencillo -software flexible -solo simulación
RETScreen	CEDRL, Varenes, Canada	Diferentes aplicaciones De PV Herramienta de simulación	-usa archivos de Excel para diferentes tipos de aplicaciones de fotovoltaico -realiza análisis económico -utiliza modelos básicos
RPM_SIM	NREL USA	Viento Fotovoltaico - Batería	-Utiliza VisSim como ambiente -configuración por módulos -programable

Tabla 5.4. Programa de simulación y evaluación de sistemas híbridos.

Los parámetros que deben considerarse para determinar la prefactibilidad económicas de sistemas híbridos, de generación eléctrica incluyen: costos de inversión, costos de operación y mantenimiento, precio de venta de la energía, material de reposición, valor de rescate al termino de la vida útil de la planta, potencia instalada factor de planta, tasa de rendimiento mínima atractiva y vida útil del sistema.

5.3.2. Definición de los parámetros.

Costos de inversión

Estas dependen de las tecnologías que se estén utilizando. Dentro de este parámetro se incluye el equipo principal: módulos fotovoltaicos, baterías y el inversor; aerogenerador y torre. Adicionalmente, transporte, montaje e instalación. Los valores se pueden obtener directamente del fabricante o distribuidor.

Costos de operación y mantenimiento

Son relativamente bajos. Solo requiere de vigilancia periódica de un operador con previa capacitación; mantenimiento preventivo de todo el equipo.

Precio de venta de la energía

El precio de venta debe establecerse tomando como referencia las tarifas eléctricas de dicho lugar.

Material de reposición

Recae en la sustitución principalmente de las baterías y el inversor, ya que es el equipo que ofrece menor periodo de vida útil de todo el sistema

Valor de rescate

Se refiere al valor que pueda tener la unidad al término de la vida útil estimada del equipo, considerada para el estudio económico.

Generación de energía eléctrica

Esto depende generalmente de la potencia instalada total y factor de planta global.

Vida útil del sistema

El periodo de vida útil de un sistema híbrido se estima de 20 años.

5.3.3. Metodología de análisis.

Los métodos más comunes para evaluar proyectos, incluyen:

- Valor presente neto (VPN),
- Relación beneficio/costo (R B/C),
- Tasa interna de retorno (TIR), y
- Periodo de recuperación de la inversión (PR)

5.3.4. Método del valor presente neto (VPN).

Consiste en determinar la equivalencia en el momento actual de los flujos de efectivo que genera el proyecto a una tasa específica de interés por ciento. Si el valor presente neto es positivo el proyecto es rentable, esta metodología requiere del precio de venta de la energía. Cuando los flujos de efectivos de un proyecto son constante durante su periodo de vida útil, el VPN se determina con la siguiente ecuación:

$$VPN = So + Si(P/A, i\%, n)$$

Donde:

So : Costo inicial

Si : Flujo efectivo neto

$$(P/A, i\%, n) = (1 + i)^n - 1 / i(1 + i)^n$$

La representación anterior significa que, conociendo el valor presente, se va a calcular el valor anualizado en un periodo de vida útil (n), y a una tasa de interés (i).

5.3.5. Tasa de retorno o rendimiento (TIR).

Es la tasa de interés que reduce a cero el valor presente neto (VPN) de una serie de ingresos y desembolsos.

En términos económicos representa el porcentaje o la tasa de interés que se gana sobre el saldo no recuperado de la inversión, en cualquier punto del tiempo de la vida del proyecto. El proyecto es rentable si la TIR es mayor o por lo menos igual a la tasa de rendimiento mínima atractiva.

El cálculo de la TIR requiere por lo general una solución de ensayo y error, se hace manualmente, mediante la ecuación de VPN de una serie de flujos de efectivos igualándola a cero, o con calculadoras financieras o software como Microsoft Excel.

5.3.6. Relación beneficio/costo (R B/C).

Es el cociente de los ingresos por concepto de venta del o los productos durante la vida útil del proyecto y los gastos que incluyen: costos de inversión, combustible, costo de operación, de mantenimiento y material de reposición. Si la relación beneficio/costo es mayor o igual a 1, el proyecto se considera rentable.

$$R\ B/C = \text{VPN de ingresos totales} / \text{VPN de costos totales}$$

5.3.7. Periodo de recuperación de la inversión (PR).

El periodo de pago se define como el lapso de tiempo requerido para recuperar el costo inicial de una inversión a partir de los flujos netos de cajas producidos por ella para una tasa de interés igual a cero. Entonces el periodo de pago o recuperación se define como el valor **n** que satisface la ecuación.

$$S_0 = \sum S_i$$

Este método tiene limitantes, tales como:

- No considerar el efecto del tiempo sobre el valor de la moneda.
- No considerar las consecuencias de la inversión que siguen el periodo de recuperación, incluyendo la longitud y el momento de los flujos de efectivo y la vida esperada de la inversión.

Todas las aplicaciones realizadas anteriormente para los distintos sistemas, no requieren de equipos de transferencia, debido a que no estarán conectados a la red del sistema convencional. Por la razón de que estos sistemas son de pequeñas capacidades de producción de energía eléctrica.

Con respecto a las protecciones, se coloca una caja térmica para los aparatos de corriente alterna, debido a que estos formarán un circuito aislado a la red. La capacidad de la protección dependerá de la carga.

Las protecciones para el inversor y baterías dependen directamente del regulador.

Con respecto a los paneles solares estos poseen un vidrio resistente a prueba de golpes; los aerogeneradores traen internamente protecciones de vientos para las excesivas velocidades, y así los dispositivos no sufrirán daños.

5.7.- COMPARACION DE COSTOS

5.7.1.- Comparación de Costos entre Sistemas Renovables

Costos por Sistemas			
Generación por Kwh / mes	Sistema Fotovoltaico	Sistema Eólico	Sistema Híbrido
34.41	\$2,454.00	\$5,465.34	\$3,874.00
69.41	\$4,367.00	\$7,088.00	\$6,582.00
103.69	\$5,953.00		\$8,600.34

El cuadro anterior nos muestra que claramente el sistema eólico posee mayor factor económico. Con respecto al sistema híbrido sus costos son un poco mayor que el sistema solar, pero que hablando técnicamente tiene mayor ventaja, debido a que el sistema tendrá un servicio continuo y seguro.

5.7.2.- Comparación de Costos entre Sistema Híbrido y Convencional

Energía Kwh / mes	Sistema Híbrido costo mensual \$	Sistema Convencional costo mensual \$
34.41	12.91	3.39
69.41	21.94	6.84
103.69	28.66	10.21

Es obvio que la nueva tecnología tiene un costo más elevado que la convencional, pero a largo plazo, será lo contrario, debido a que el sistema híbrido su cuota es fija, en cambio, con el uso convencional, éste va teniendo un incremento cada año.

El siguiente cuadro especifica actualmente el valor Kwh en \$. Tanto en lo convencional, como el aproximado para el sistema híbrido.

	Kwh (\$)
Sistema Híbrido	0.332105
Sistema Convencional	0.087158

5.8. Análisis de Rentabilidad

En este caso utilizaremos el método de Relación Beneficio/Costos, que consiste en el cociente del total de ingreso del sistema híbrido y los costos totales de la misma. Si el resultado es mayor o igual a 1, entonces el proyecto es rentable.

Para realizar el siguiente cuadro, se analizaron los recibos de Caess de hace cuatro años hasta la actualidad, y se pudo observar que aproximadamente se tiene un incremento de \$ 0,011 ctv

5.8.1. Analizaremos la rentabilidad del sistema híbrido para el primer diseño que generará energía de 34.41 Kwh / mes.

INGRESOS

Años	Kwh / mes (energía)	Costo por Kwh (\$)	Costo Kwh por mes (\$)	Costo Kwh más 13% IVA	Costo Kwh por año (\$)	Subsidio (aproximado)
1	34.41	\$0.087158	\$3.00	\$3.39	\$40.67	\$72.00
2	34.41	\$0.098981	\$3.41	\$3.85	\$46.18	\$78.00
3	34.41	\$0.110804	\$3.81	\$4.31	\$51.70	\$84.00
4	34.41	\$0.122627	\$4.22	\$4.77	\$57.22	\$90.00
5	34.41	\$0.134450	\$4.63	\$5.23	\$62.73	\$96.00
6	34.41	\$0.146273	\$5.03	\$5.69	\$68.25	\$102.00
7	34.41	\$0.158096	\$5.44	\$6.15	\$73.77	\$108.00
8	34.41	\$0.169919	\$5.85	\$6.61	\$79.28	\$114.00
9	34.41	\$0.181742	\$6.25	\$7.07	\$84.80	\$120.00
10	34.41	\$0.193565	\$6.66	\$7.53	\$90.32	\$126.00
11	34.41	\$0.215388	\$7.41	\$8.52	\$102.28	\$135.00
12	34.41	\$0.237211	\$8.16	\$9.39	\$112.64	\$144.00
13	34.41	\$0.259034	\$8.91	\$10.25	\$123.00	\$153.00
14	34.41	\$0.280857	\$9.66	\$11.11	\$133.37	\$162.00
15	34.41	\$0.302680	\$10.42	\$11.98	\$143.73	\$171.00
16	34.41	\$0.324503	\$11.17	\$12.84	\$154.09	\$180.00
17	34.41	\$0.346326	\$11.92	\$13.70	\$164.46	\$189.00
18	34.41	\$0.368149	\$12.67	\$14.57	\$174.82	\$198.00
19	34.41	\$0.389972	\$13.42	\$15.43	\$185.18	\$207.00
20	34.41	\$0.411795	\$14.17	\$16.30	\$195.54	\$216.00
					\$2,144.04	\$2,745.00
TOTAL					\$4,889.04	

COSTOS

Sistema híbrido	\$3,874.00
Mtto Baterías c/ 5 años	\$1,215.00
Instalación 10% del sistema	\$387.40
TOTAL	\$5,476.40

Utilizando la relación del método tenemos:

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{costos}} = \frac{\text{Ingresos}}{\text{costos}} = \frac{4889.04}{5476.4} = \mathbf{0.89} \quad (\text{Es menor que } 1)$$

Podemos decir que NO es rentable, pero dentro de un par de años, cuando el costo del combustible sea más alto y la tecnología sea más bajo, entonces si lo será.

5.8.2. Analizaremos la rentabilidad del sistema híbrido para el segundo diseño que generará energía de 69.41 Kwh / mes.

INGRESOS

Años	Kwh / mes (energía)	Costo por Kwh (\$)	Costo Kwh por mes (\$)	Costo Kwh más 13% IVA	Costo Kwh por año (\$)	Subsidio (aproximado)
1	69.41	\$0.087158	\$6.05	\$6.84	\$82.03	\$72.00
2	69.41	\$0.098981	\$6.87	\$7.76	\$93.16	\$78.00
3	69.41	\$0.110804	\$7.69	\$8.69	\$104.29	\$84.00
4	69.41	\$0.122627	\$8.51	\$9.62	\$115.42	\$90.00
5	69.41	\$0.134450	\$9.33	\$10.55	\$126.54	\$96.00
6	69.41	\$0.146273	\$10.15	\$11.47	\$137.67	\$102.00
7	69.41	\$0.158096	\$10.97	\$12.40	\$148.80	\$108.00
8	69.41	\$0.169919	\$11.79	\$13.33	\$159.93	\$114.00
9	69.41	\$0.181742	\$12.61	\$14.25	\$171.06	\$120.00
10	69.41	\$0.193565	\$13.44	\$15.18	\$182.18	\$126.00
11	69.41	\$0.215388	\$14.95	\$17.19	\$206.31	\$135.00
12	69.41	\$0.237211	\$16.46	\$18.93	\$227.21	\$144.00
13	69.41	\$0.259034	\$17.98	\$20.68	\$248.12	\$153.00
14	69.41	\$0.280857	\$19.49	\$22.42	\$269.02	\$162.00
15	69.41	\$0.302680	\$21.01	\$24.16	\$289.92	\$171.00
16	69.41	\$0.324503	\$22.52	\$25.90	\$310.83	\$180.00
17	69.41	\$0.346326	\$24.04	\$27.64	\$331.73	\$189.00
18	69.41	\$0.368149	\$25.55	\$29.39	\$352.63	\$198.00
19	69.41	\$0.389972	\$27.07	\$31.13	\$373.54	\$207.00
20	69.41	\$0.411795	\$28.58	\$32.87	\$394.44	\$216.00
					\$4,324.84	\$2,745.00

TOTAL	\$7,069.84
--------------	-------------------

COSTOS

Sistema híbrido	\$6,582.00
Mtto Baterías c/ 5 años	\$2,673.00
Instalación 10% del sistema	\$526.56

TOTAL	\$9,781.56
--------------	-------------------

Utilizando la relación del método tenemos:

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{costos}} = \frac{\text{Ingresos}}{\text{costos}} = \frac{7069.84}{9781.56} = \mathbf{0.72} \quad (\text{Es menor que } 1) \\ \text{NO es rentable}$$

5.8.3. Analizaremos la rentabilidad del sistema híbrido para el tercer diseño que generará la energía de 103,69 Kwh / mes.

INGRESOS

Años	Kwh / mes (energía)	Costo por Kwh (\$)	Costo Kwh por mes (\$)	Costo Kwh más 13% IVA	Costo Kwh por año (\$)	Subsidio (aproximado)
1	103.69	\$0.087158	\$9.04	\$10.21	\$122.55	\$72.00
2	103.69	\$0.098981	\$10.26	\$11.60	\$139.17	\$78.00
3	103.69	\$0.110804	\$11.49	\$12.98	\$155.79	\$84.00
4	103.69	\$0.122627	\$12.72	\$14.37	\$172.42	\$90.00
5	103.69	\$0.134450	\$13.94	\$15.75	\$189.04	\$96.00
6	103.69	\$0.146273	\$15.17	\$17.14	\$205.67	\$102.00
7	103.69	\$0.158096	\$16.39	\$18.52	\$222.29	\$108.00
8	103.69	\$0.169919	\$17.62	\$19.91	\$238.91	\$114.00
9	103.69	\$0.181742	\$18.84	\$21.29	\$255.54	\$120.00
10	103.69	\$0.193565	\$20.07	\$22.68	\$272.16	\$126.00
11	103.69	\$0.215388	\$22.33	\$25.68	\$308.20	\$135.00
12	103.69	\$0.237211	\$24.60	\$28.29	\$339.43	\$144.00
13	103.69	\$0.259034	\$26.86	\$30.89	\$370.66	\$153.00
14	103.69	\$0.280857	\$29.12	\$33.49	\$401.88	\$162.00
15	103.69	\$0.302680	\$31.38	\$36.09	\$433.11	\$171.00
16	103.69	\$0.324503	\$33.65	\$38.69	\$464.34	\$180.00
17	103.69	\$0.346326	\$35.91	\$41.30	\$495.57	\$189.00
18	103.69	\$0.368149	\$38.17	\$43.90	\$526.79	\$198.00
19	103.69	\$0.389972	\$40.44	\$46.50	\$558.02	\$207.00
20	103.69	\$0.411795	\$42.70	\$49.10	\$589.25	\$216.00
					\$6,460.78	\$2,745.00

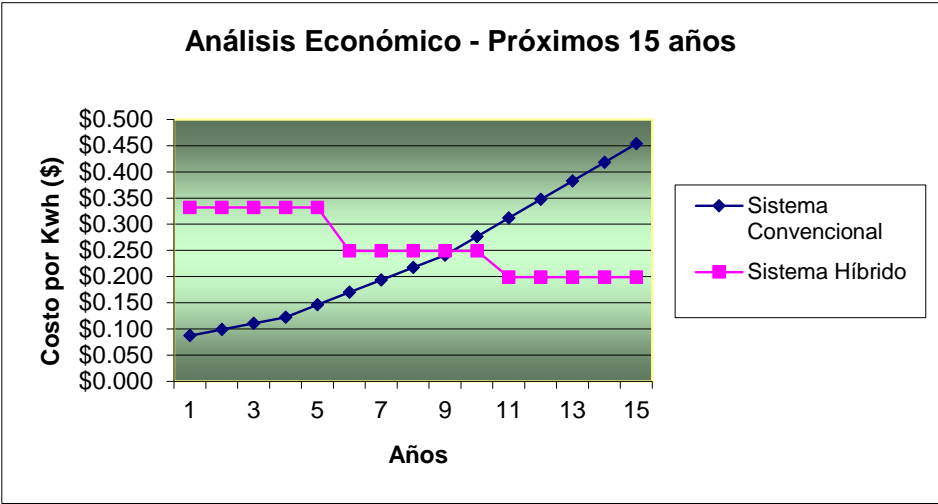
TOTAL	\$9,205.78
--------------	-------------------

COSTOS

Sistema híbrido	\$8,600.34
Mtto Baterías c/ 5 años	\$4,131.00
Instalación 10% del sistema	\$516.02
TOTAL	\$13,247.36

Utilizando la relación del método tenemos:

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{costos}} = \frac{\text{Ingresos}}{\text{costos}} = \frac{9205.78}{13247.36} = \mathbf{0.69} \quad (\text{Es menor que } 1) \\ \text{NO es rentable}$$



El gráfico mostrado anteriormente, nos presenta la tendencia de los costos de generación eléctrica por Kwh para los próximos 15 años. Podemos observar que los costos de energía eléctrica usando el sistema convencional, sufren incrementos en el transcurso de los años debido a los costos de los precios de importación de los combustibles derivados del petróleo. En cambio, el sistema híbrido que es una tecnología nueva del futuro, inicialmente tiene un costo elevado, pero su aceptación en el mercado hace que sus costos se reduzcan aproximadamente de 20 a 25% cada 5 años. El cruce de las dos curvas nos implica que en un promedio de 9 años, la nueva tecnología podrá competir con el sistema convencional.⁽²⁾

(2) Fuente: TV y prensa, a través de empresas privadas extranjeras y Ministerio de Economía

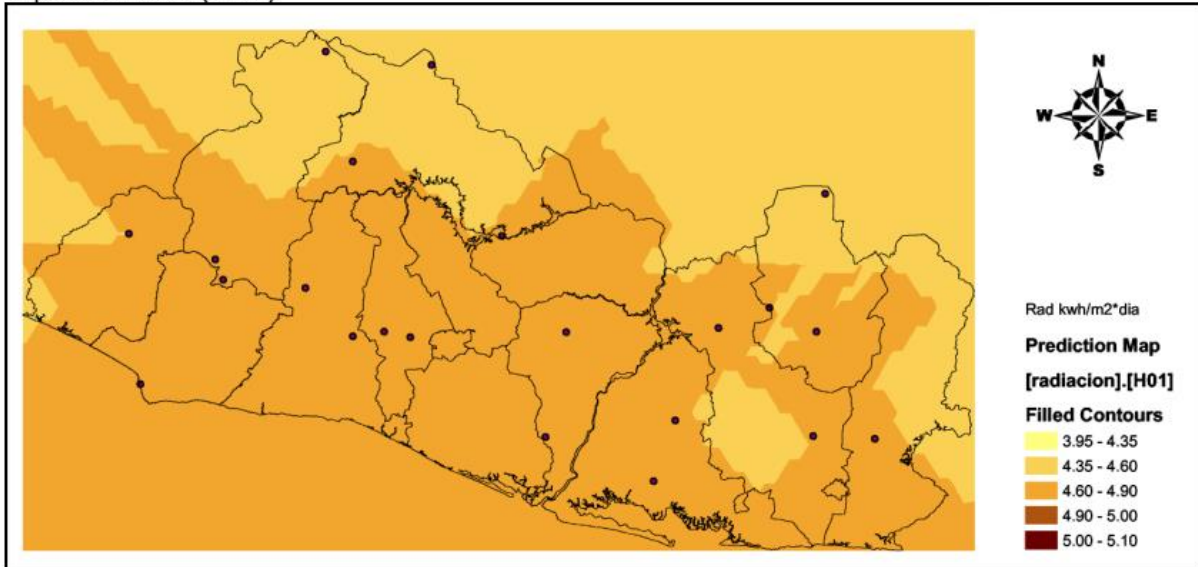
Convencional	Híbrido	Años
Costo por Kwh (\$)	Costo por Kwh (\$)	
\$0.087	\$0.332	1
\$0.099	\$0.332	2
\$0.111	\$0.332	3
\$0.123	\$0.332	4
\$0.146	\$0.332	5
\$0.170	\$0.249	6
\$0.194	\$0.249	7
\$0.217	\$0.249	8
\$0.241	\$0.249	9
\$0.276	\$0.249	10
\$0.312	\$0.199	11
\$0.347	\$0.199	12
\$0.383	\$0.199	13
\$0.418	\$0.199	14
\$0.454	\$0.199	15

ANEXOS

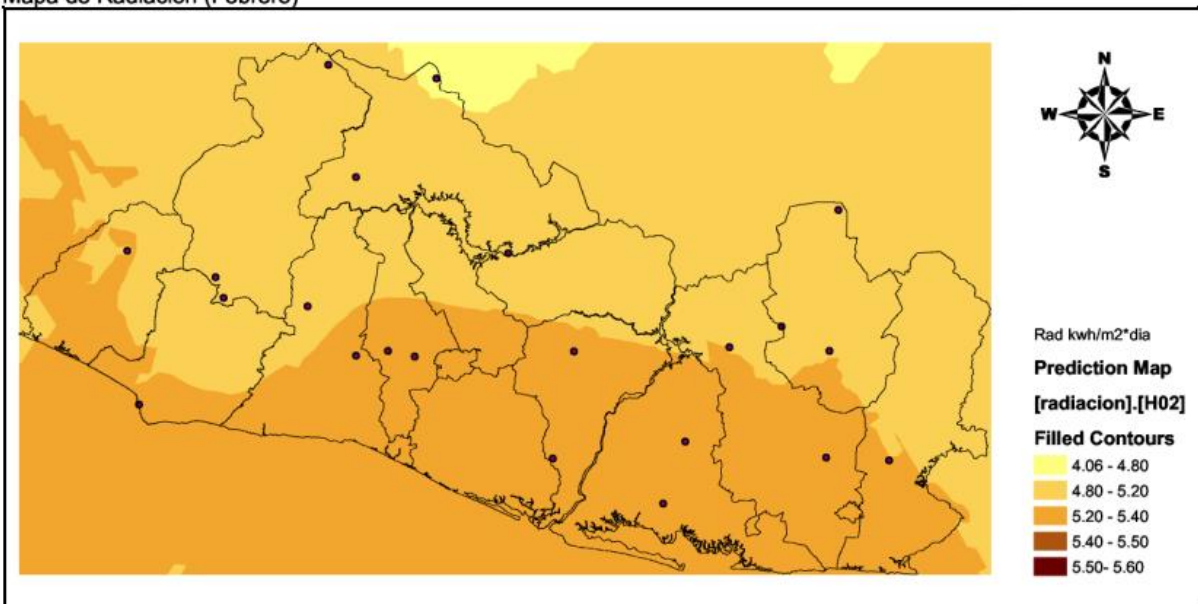
- **Gráficas de Radiación Solar en El Salvador**
 - **Gráficas de Horas Sol Pico**
 - **Gráficas de Velocidad del Viento**
 - **Vientos Superficiales en El Salvador**
- **Programa SWERA (datos de viento octubre 2005)**
- **Catalogo de precios de los componentes del sistema**
- **Gráficas de la encuesta realizada en el Municipio de Soyapango**
- **Sistema Híbrido para una vivienda típica a nivel Micro-energético**

MAPAS DE RADIACION SOLAR EN EL SALVADOR (Enero a Junio / 2005)

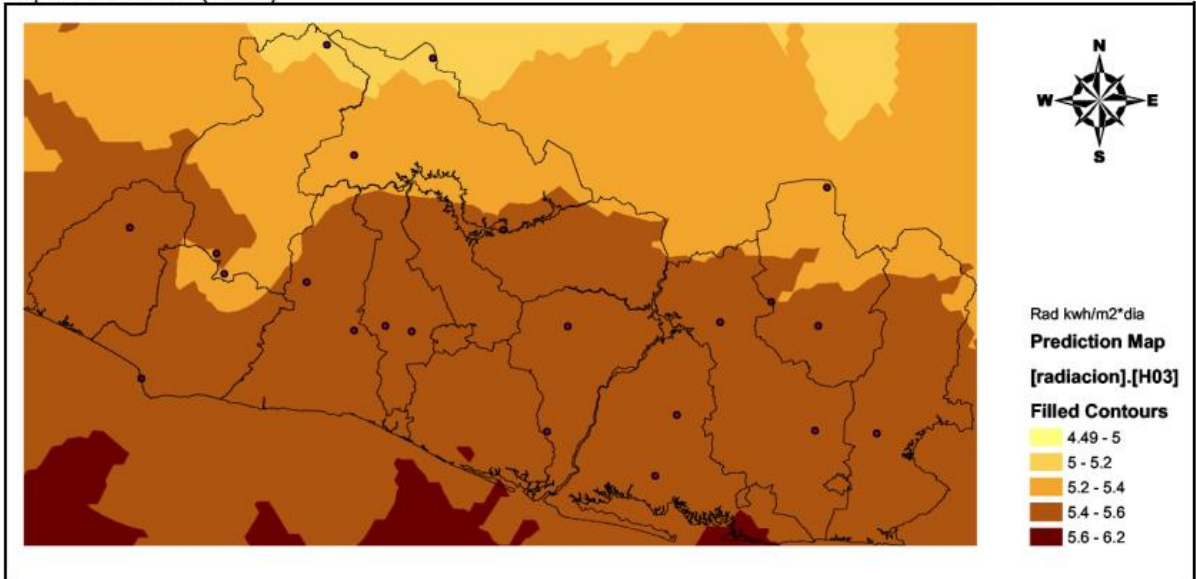
Mapa de Radiación (Enero)



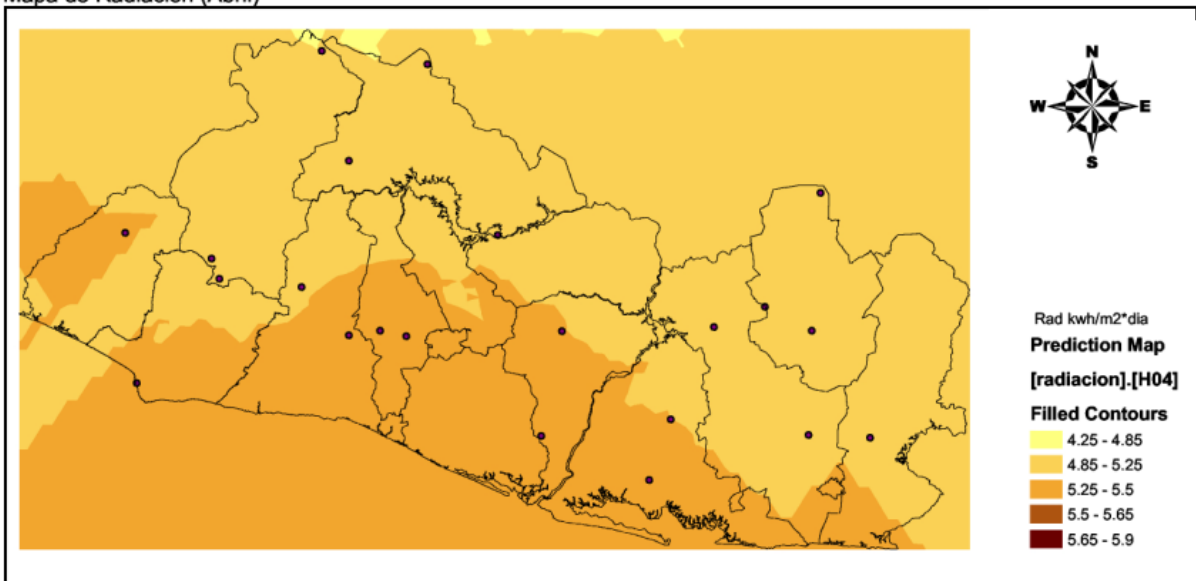
Mapa de Radiación (Febrero)



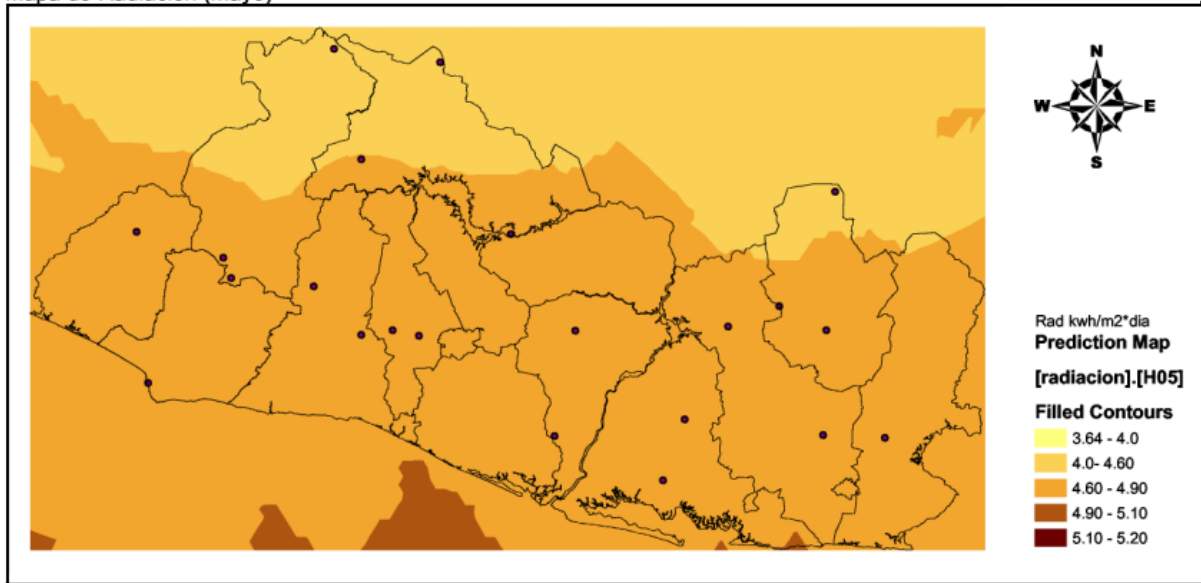
Mapa de Radiación (Marzo)



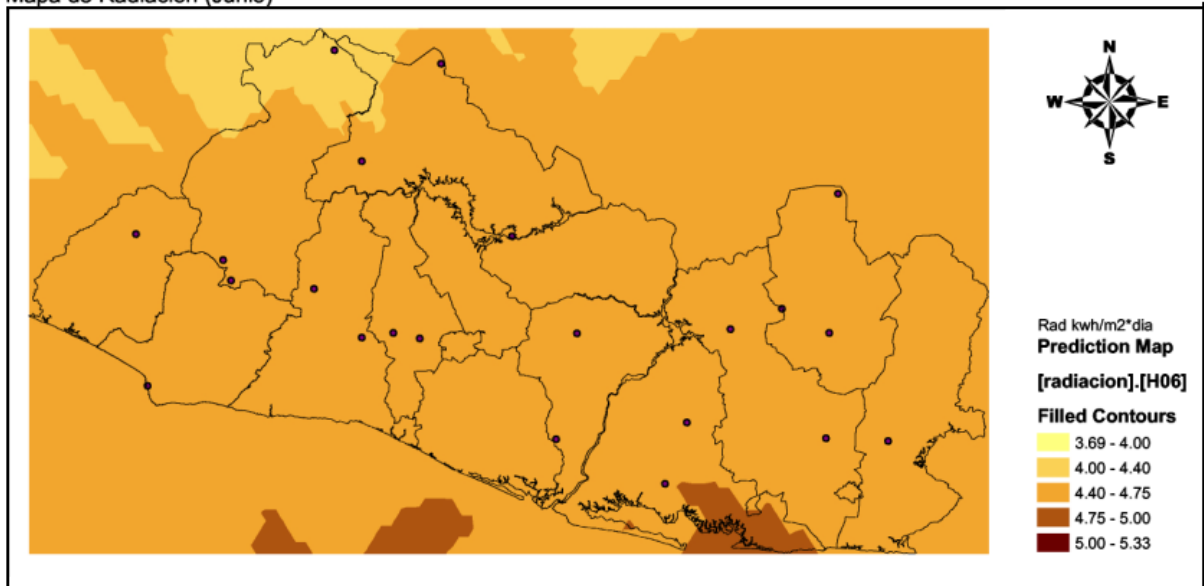
Mapa de Radiación (Abril)



Mapa de Radiación (Mayo)



Mapa de Radiación (Junio)



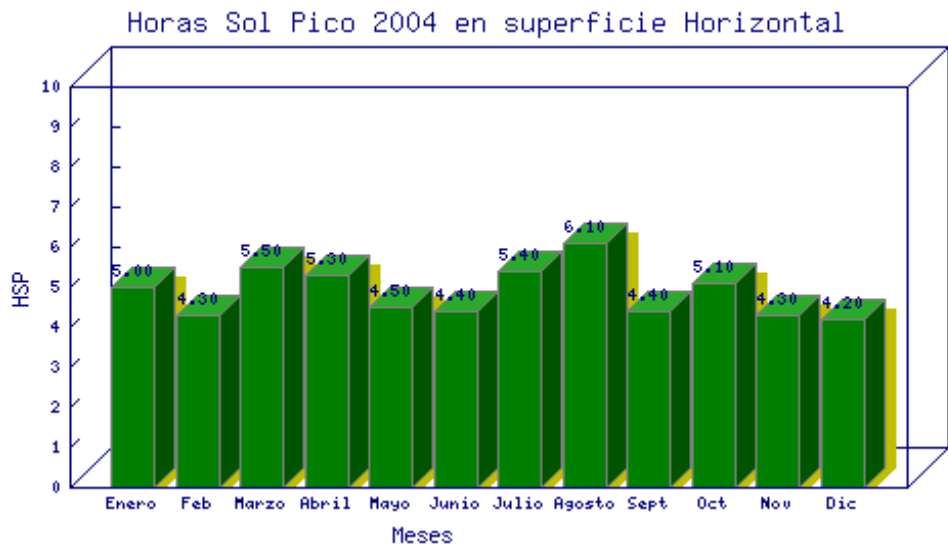
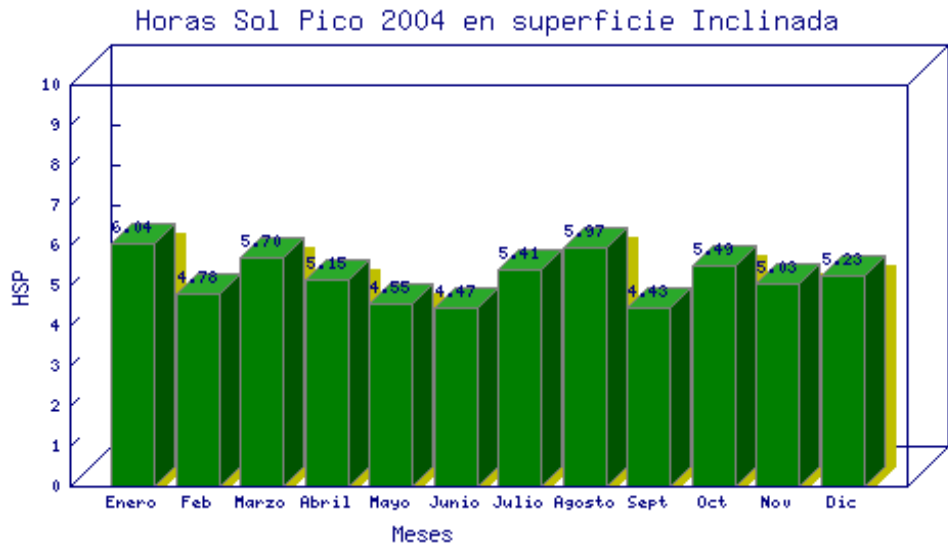
Fuente proporcionada por:



GRAFICAS DE HORAS SOL PICO - UCA (Enero - Diciembre / 2004)

Año: 2004

Meses:	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	
	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	



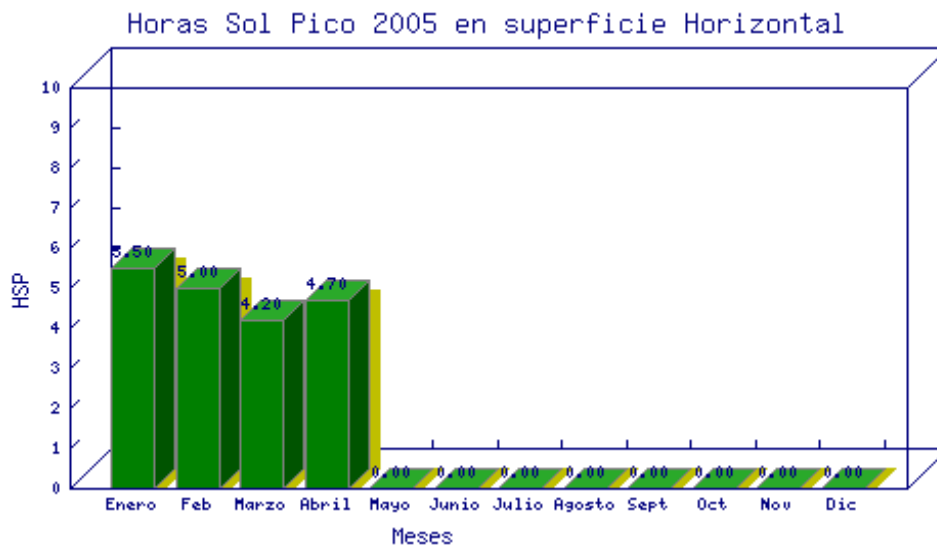
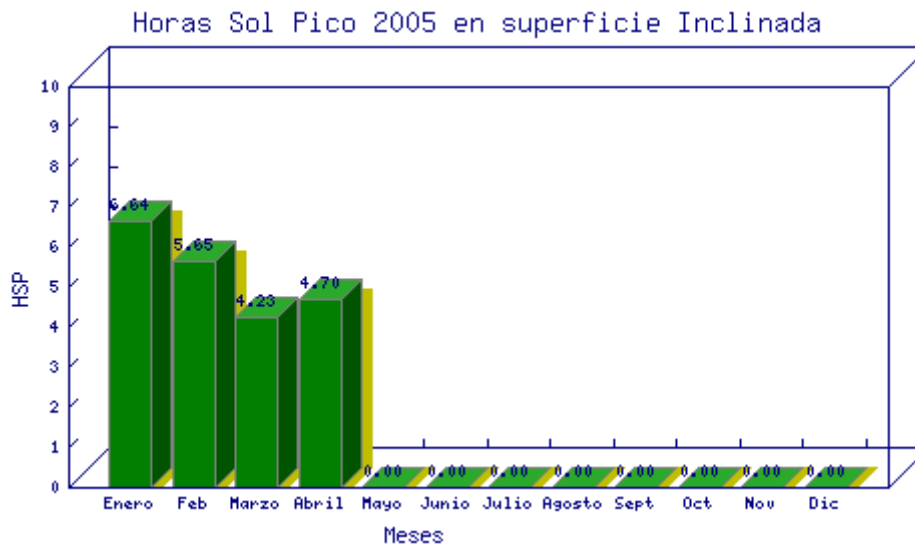
Datos actualizados al 6 de Abril de 2004 a las 16:56:00. Realizado en la UCA

Promedio: 5.18 (inclinada) ; Promedio: 4.87 (horizontal)

GRAFICAS DE HORAS SOL PICO (Enero - Abril / 2005)

Año: 2005

Meses: Enero Febrero Marzo Abril

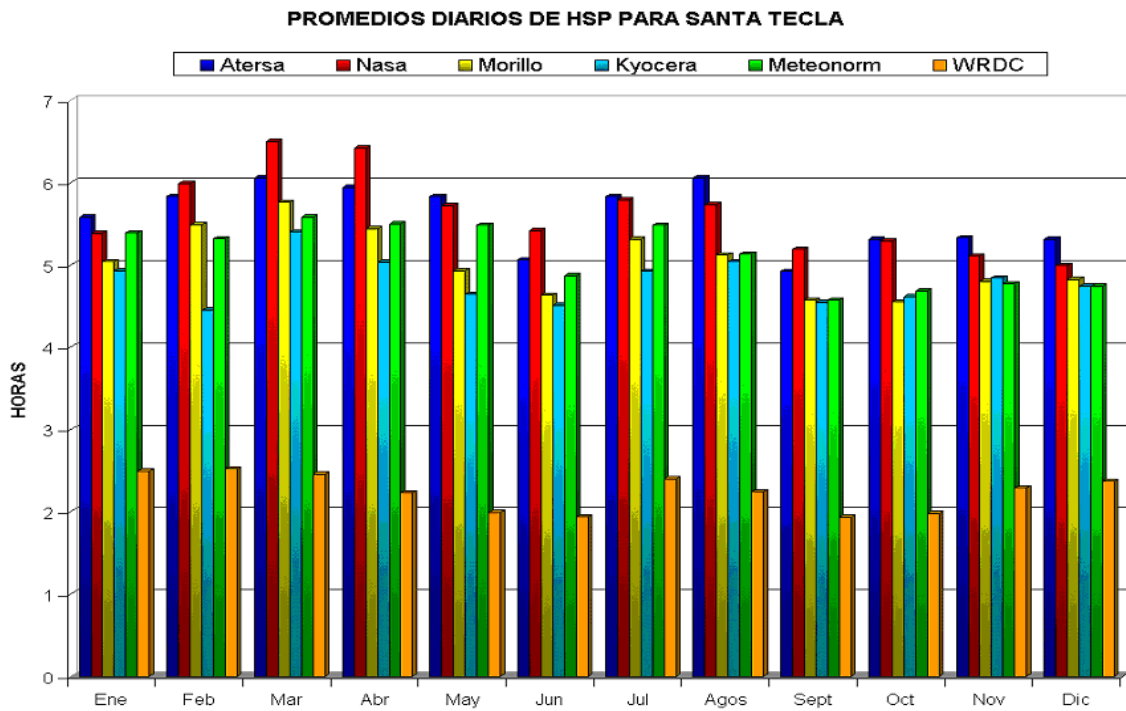


Datos actualizados al 6 de Abril de 2005 a las 16:56:00.

Realizado en la UCA

Promedio: 5.32 (inclinada) ; Promedio: 4.85 (horizontal)

Radiación en El Salvador: 5 kWh/m².

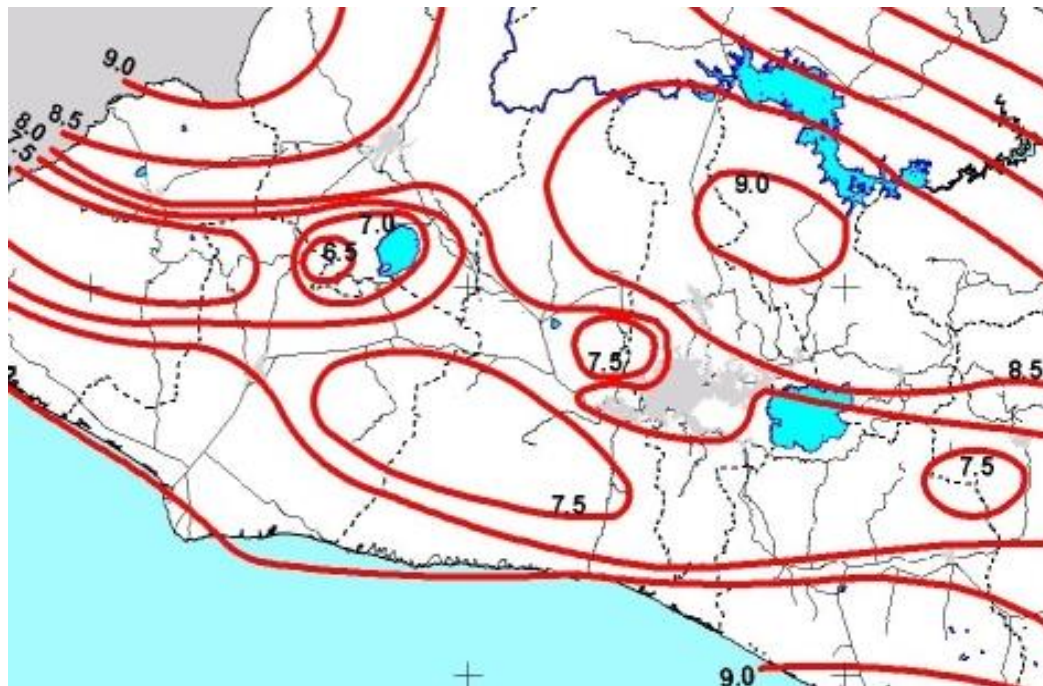
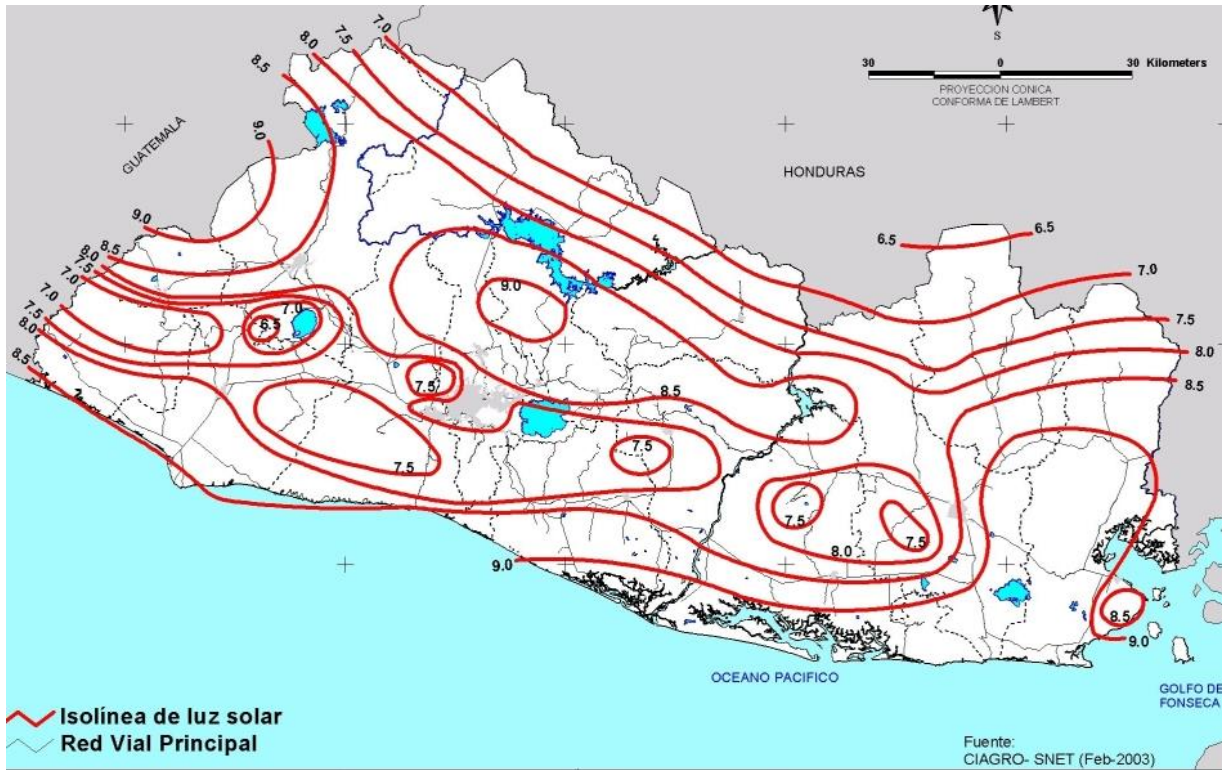


Fuente proporcionada por la UCA - 2003

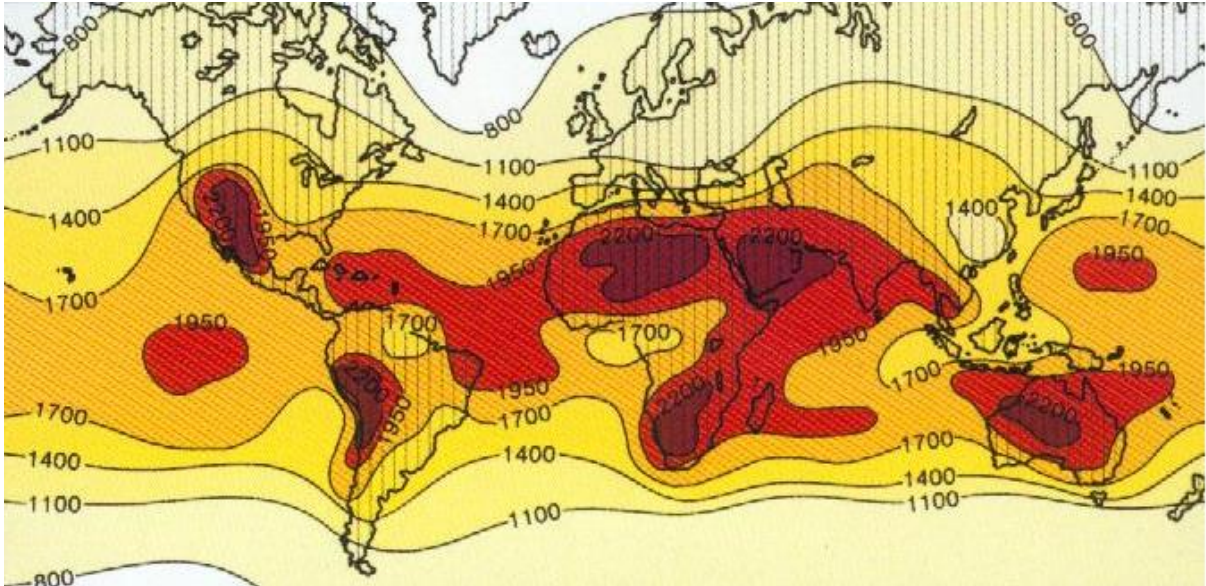


Instituto de Medio Ambiente
y Recursos Naturales





Luz Solar Promedio Anual (horas/día) en El Salvador



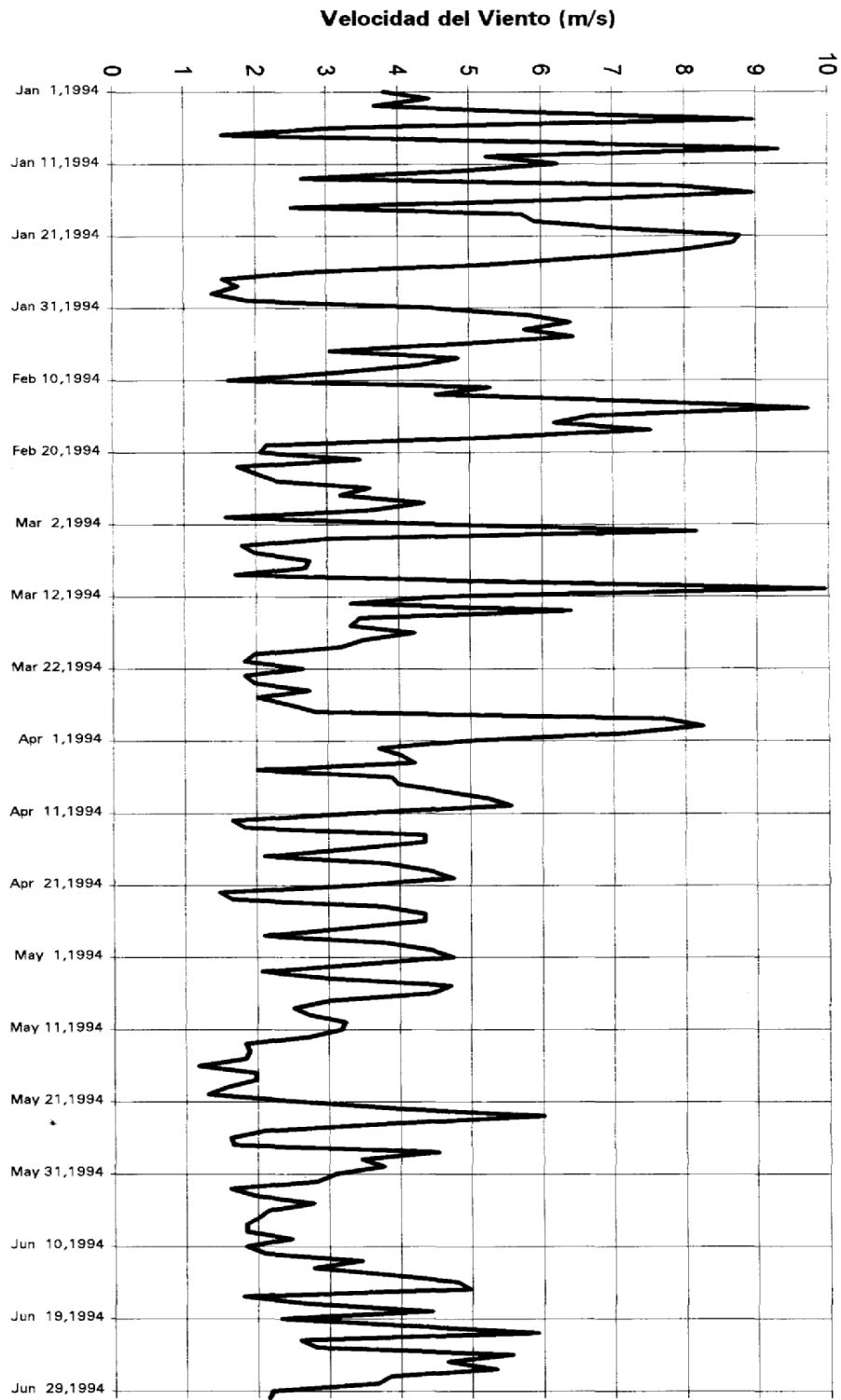
RADIACION EN NUESTRO PLANETA



ZONAS DE RADIACION

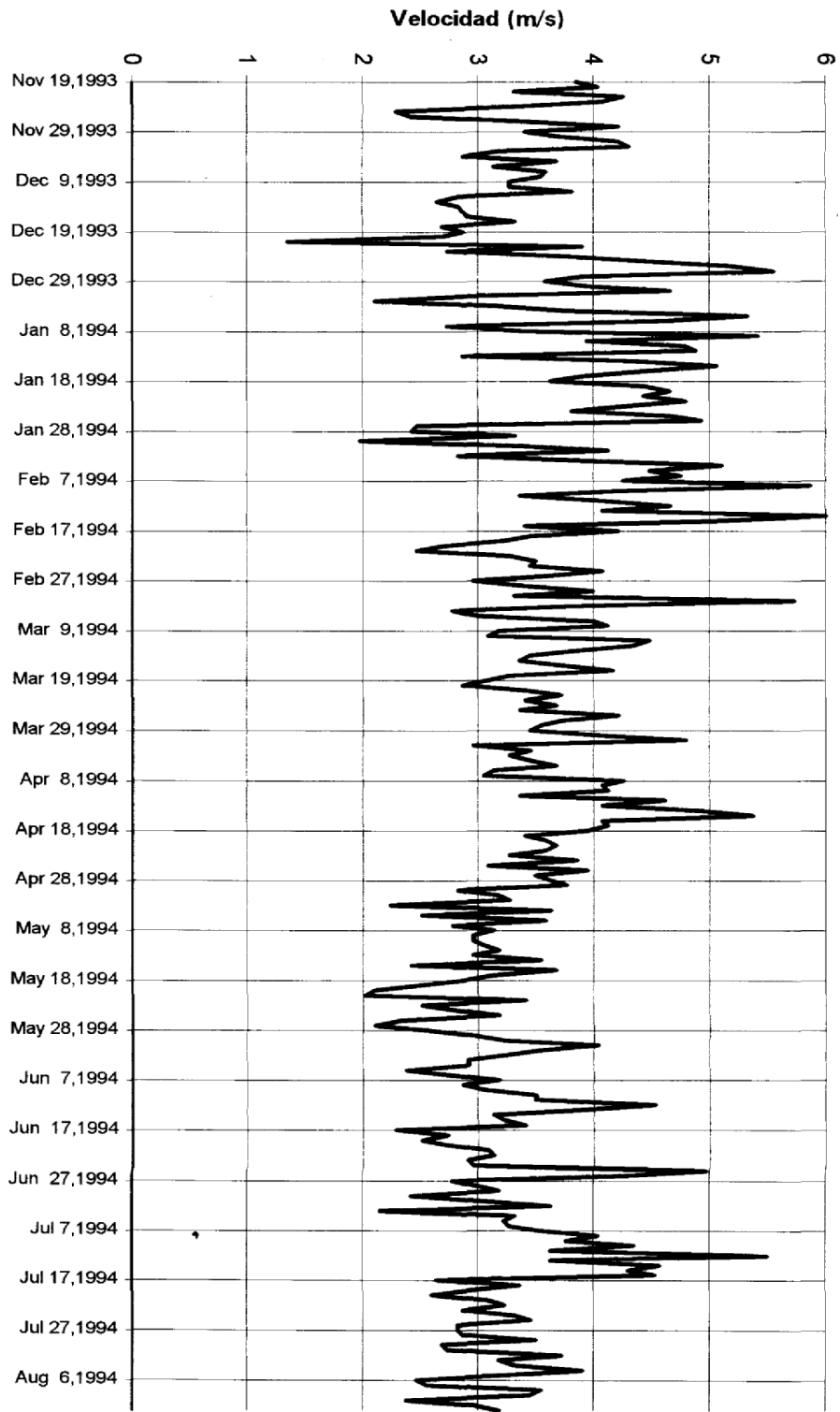
	Zona de alta radiación
	Zona de media radiación
	Zona de baja radiación
	Zona de pobre radiación

GRAFICAS DE VELOCIDAD DE VIENTO “LOS NARANJOS”

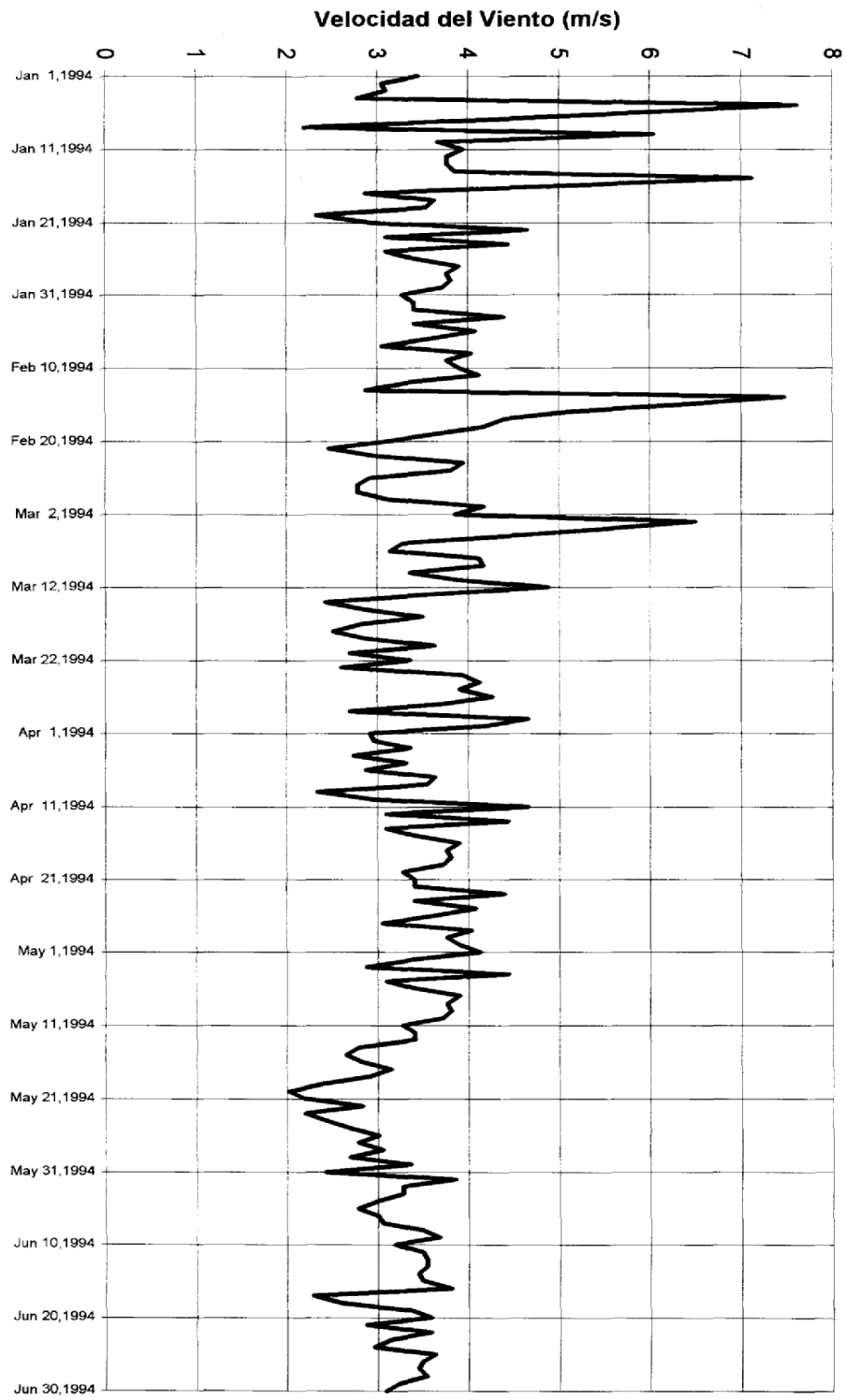


Velocidad promedio : 4.019 m/s

GRAFICAS DE VELOCIDAD DE VIENTO "LOLOTIQUE"



GRAFICAS DE VELOCIDAD DE VIENTO "ZARAGOZA"



LOS VIENTOS SUPERFICIALES EN EL SALVADOR

**Centro de Predicción Climática, Servicio Meteorológico,
Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET)
Febrero de 2002**

INTRODUCCION

En El Salvador los vientos tienen características altamente locales con los que se generan, debido al contraste de temperatura entre mar y tierra y entre valle y montaña. Con frecuencia estos flujos son alterados por sistemas de mesoescala (400 km) y/o sinóptica (1000 km). Debido a ello la cobertura de medición del viento en el país resulta insuficiente.

Los campos de vientos (velocidad y rumbo), representados en los distintos mapas a continuación, han sido trazados considerando los registros a 10 metros de altura de 16 estaciones meteorológicas con períodos de 6 a 19 años que funcionaron entre los años 70 y 80.

Por lo anterior y considerando que en una atmósfera, el viento aumenta con la altura, en los mapas presentan los campos de las velocidades medias y rumbo dominante mensuales. Las flechas vacías con borde azul ↓ son vientos con componente norte y las flechas llenas de color rojo ↑ indican los vientos con componente sur. En el caso de que existan dos rumbos dominantes a la vez, se insinúa el de menor escala espacial. Representa también las velocidades media y rumbo dominante anual, además las velocidades máximas absolutas registradas.

VIENTO MEDIO Y RUMBO DOMINANTE ANUAL

En general, existe un predominio alternado de la dirección de los vientos durante el año con componente norte asociado a los frentes fríos durante la época seca de noviembre a abril y con componente sur relacionados con la brisa marina durante la época lluviosa de mayo a octubre.

Las velocidades medias en el año son alrededor de los 12 km/h en las zonas montañosas al norte del país, disminuyendo hacia los valles interiores y luego se

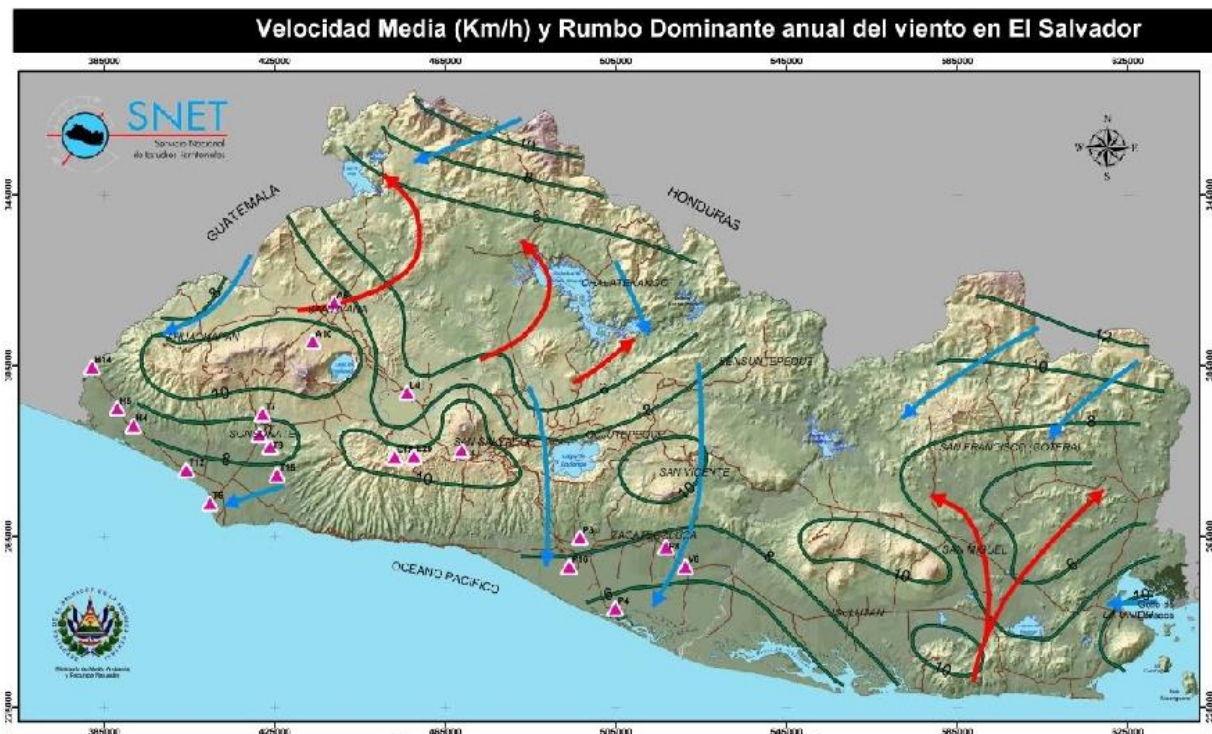
incrementan en las montañas costeras para terminar disminuyendo en la planicie adyacente al mar con vientos cerca de los 8 km/h.

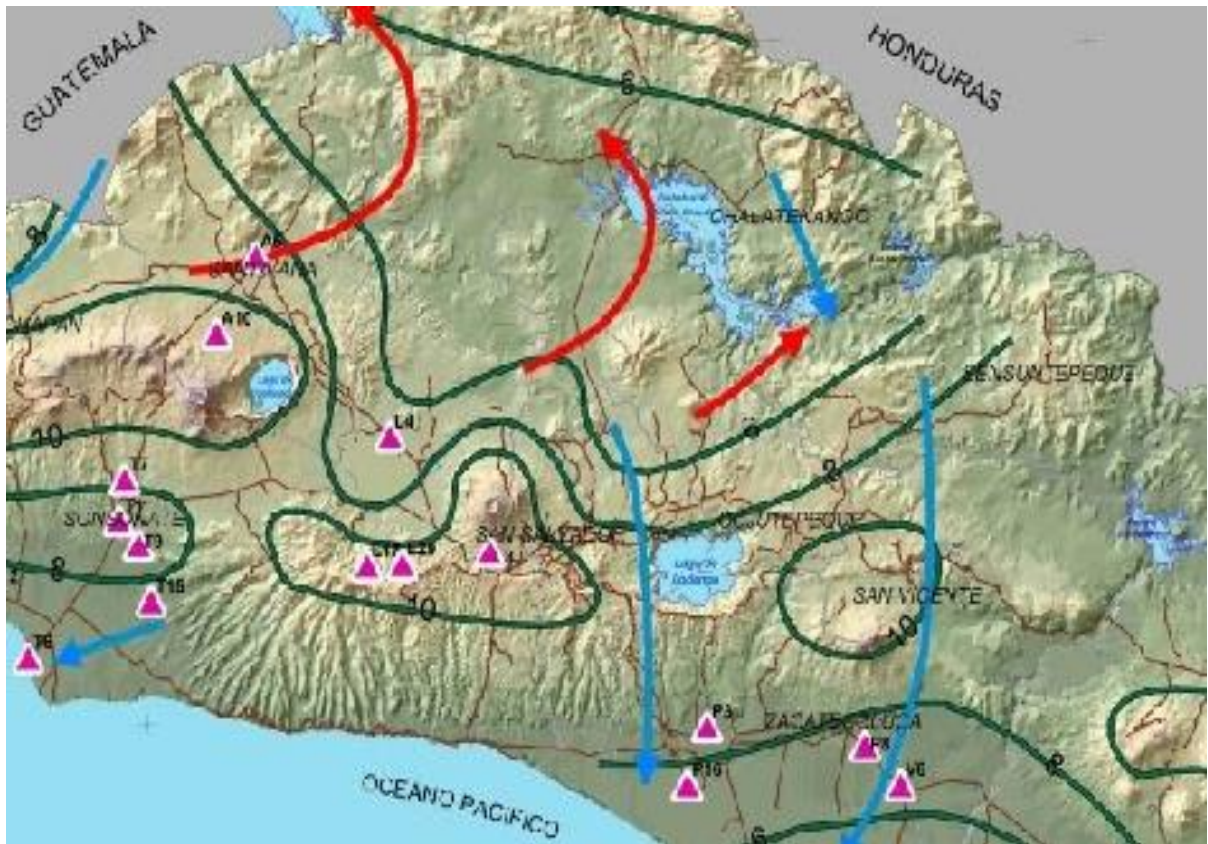
VIENTOS MAXIMOS ABSOLUTOS

Los vientos máximos absolutos están más asociados a las ráfagas durante las tormentas de mayo a octubre que a las de los “Nortes”, en la época seca, pero, las velocidades máximas debidas a los “Nortes” son más persistentes con duración de varios días.

Se han registrado en el país vientos de hasta 91 km/h (Planes de Montecristo) en la zona montañosa al norte del territorio nacional, las velocidades máximas absolutas aumentan hacia los valles interiores, contrario a las velocidades medias, hasta un máximo registrado de 116 km/h en el Aeropuerto de Ilopango ubicado; luego disminuyen en la zona costera hasta alrededor de los 95 km/h.

Informe elaborado por el Sr. Tomás Rivas Pacheco.





Haciendo un acercamiento en el mapa, podemos observar que en la zona que corresponde a San Salvador, la velocidad promedio es de 10 Km/h durante todo el año.

“ PROGRAMA SWERA “.

El programa SWERA, es otra fuente de información para poder adquirir datos de los mapas geográficos del lugar, nuestro caso El Salvador y determinar los parámetros como lo es: radiación solar, horas sol pico, velocidades del viento, etc. Datos que integrarán la parte de la ingeniería básica dentro de las etapas del proceso de Diseño e implementación del sistema Híbrido. A continuación detallaremos los pasos a seguir para el uso del programa. El programa se puede obtener de la Internet, la dirección del correo electrónico se encuentra en la página de la bibliografía.

Iniciando SWERA Geospatial Toolkit

1. Click en el botón Start
2. Seleccione All Programas
3. Seleccione SWERA GST
4. Click SWERA_GST

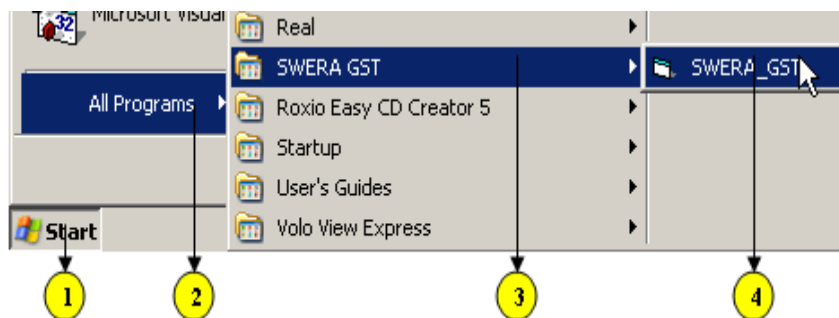


Figure 1 Open Geospatial Toolkit

Cargando la Aplicación

Cuando inicia la aplicación, este muestra un cuadro: SWERA con un mapa mundial. Luego haga click en cualquier parte dentro del cuadro.



Figure 2 Initial splash screen

El inicio de interfase se muestra en la figura 3.

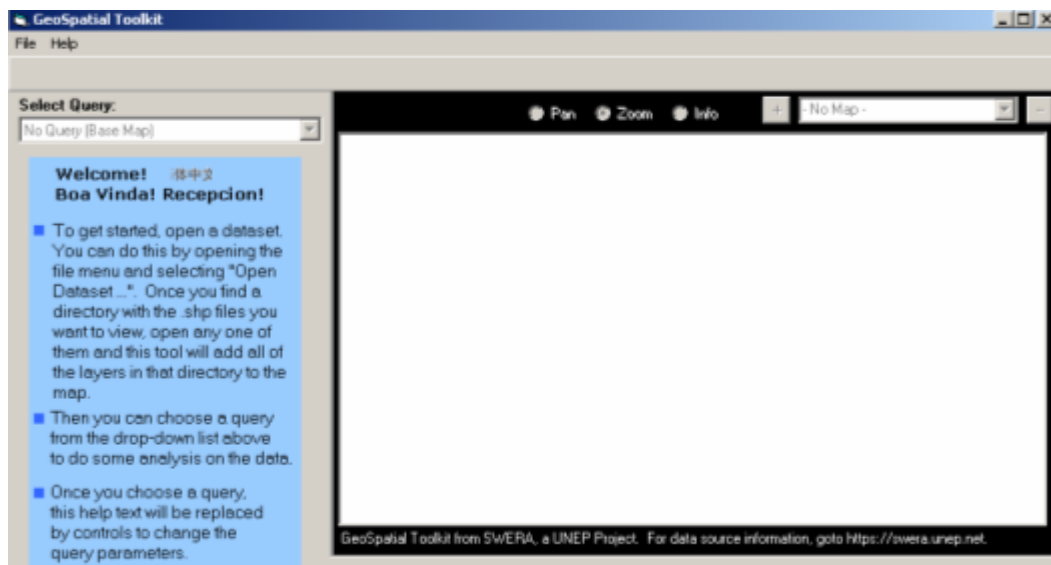


Figure 3 Initial interface

Load Data

1. Click en **File**
2. Click en **Open Dataset** como se muestra en la figura 4.

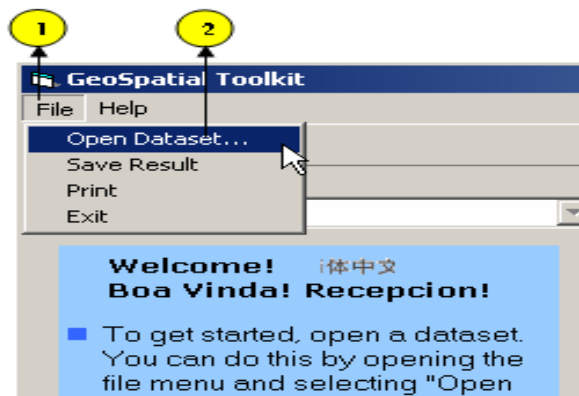


Figure 4 Initial data loading page

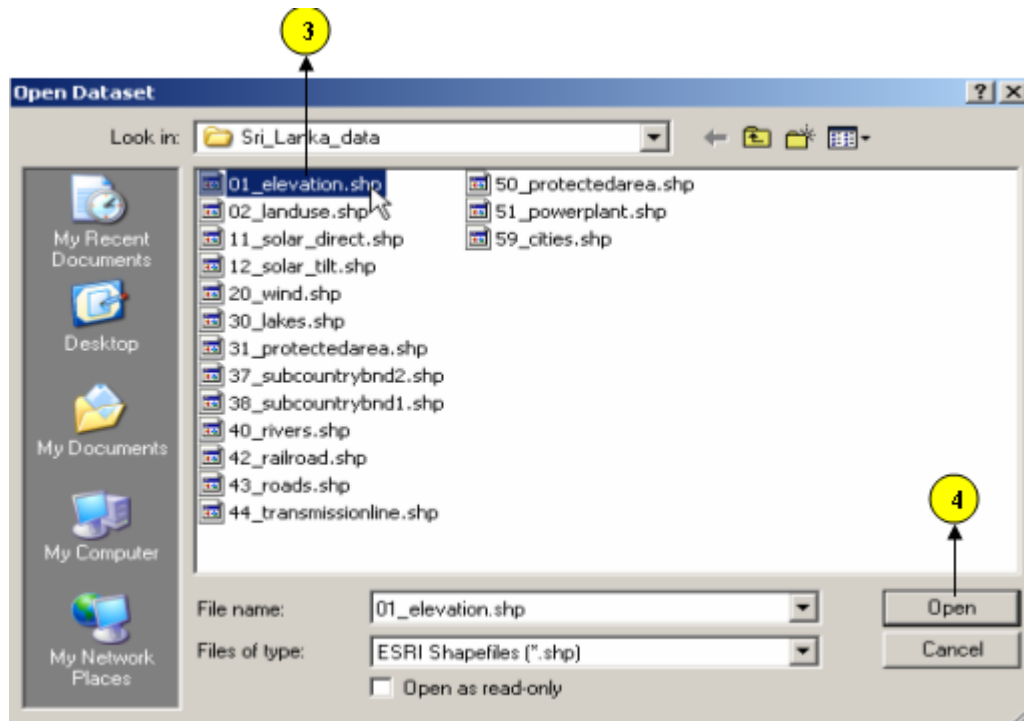


Figure 5 List of data layer shape files

3. Se observa un f6lder(El salvador) que contiene los archivos, como se muestra en la figura 5
4. Click en **Open** para cargar el archive seleccionado.

La figure 6 muestra el mapa despu6s de haber cargado los datos.

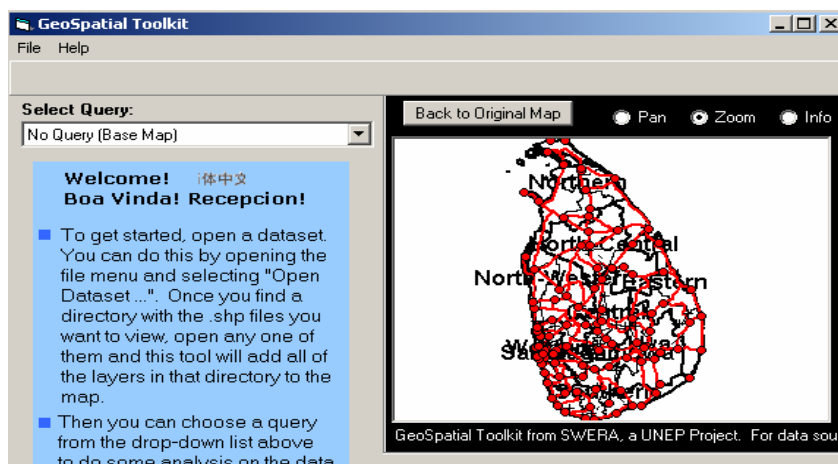


Figure 6 Initial map view after loading the data

Usando la Interfase

A continuación se muestra el cuadro para explicar cada una de las funciones.

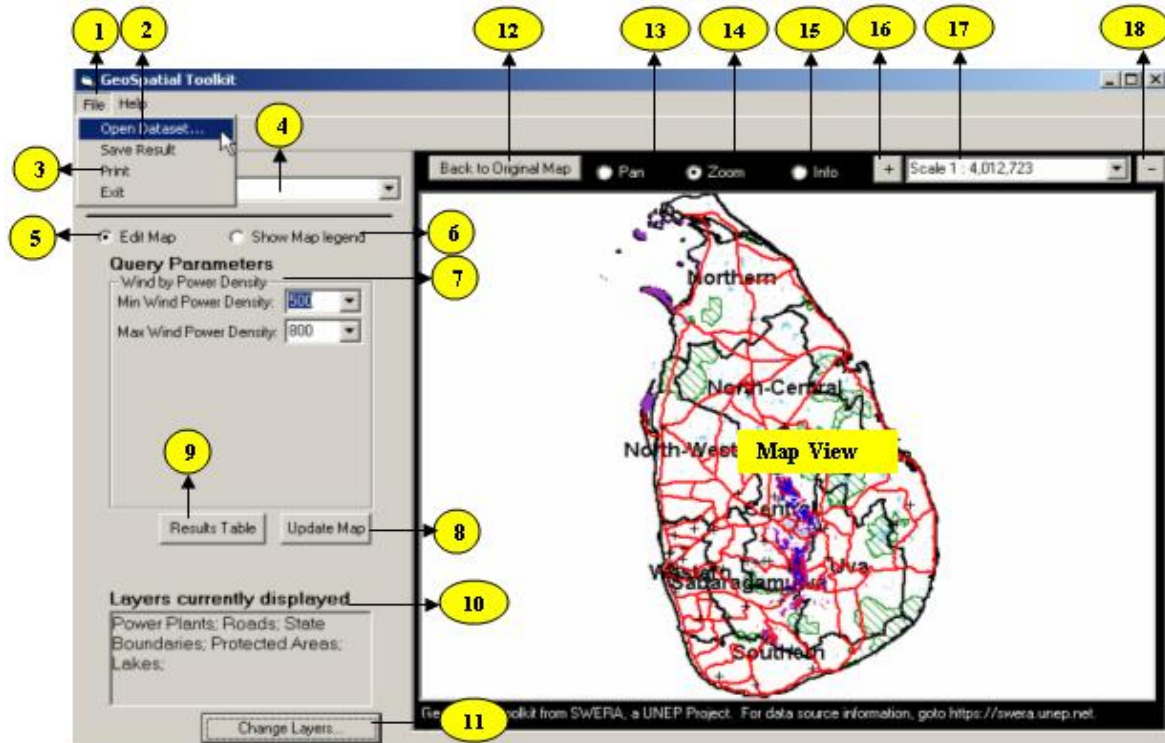


Figure 7 User Interface Elements

1. Open Dataset

Este se refiere a la carga de datos, para seguir con el programa

2. Save Result

Este menu guarda los resultados, para poder usarlos posteriormente.

3. Print

Imprime los datos del mapa con la ayuda de una impresora

4. Select Query

Se lista un conjunto de archivos, seleccionando uno para su analisis.

5. Edit Map

Esta opción muestra el mapa con sus respectivos analisis

6. Show Map Legend

Muestra la leyenda del mapa en forma más específica

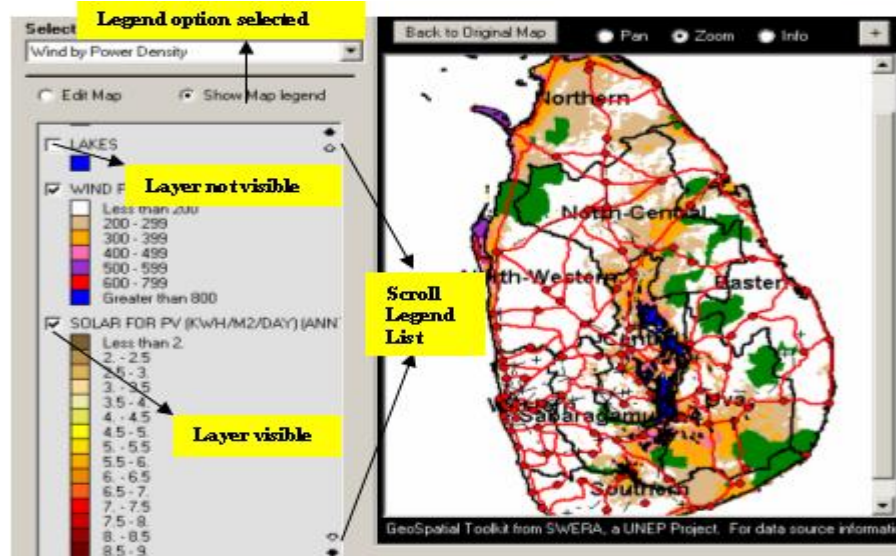


Figure 8 Legend elements

7. Query Parameters

Son todos los parámetros seleccionados que se necesita para su análisis.

8. Update Map

Este botón se utiliza para ejecutar los parámetros seleccionados.

9. Results Table

Muestra dentro de un cuadro un resumen de resultados del analisis.

10. Layers Currently Displayed

Genera una lista para adicionar información y visualizándose en el mapa

11. Change Layers

El **Change Layers** sirve para cambiar información.

1. Click en **Update Map** y luego **cancel** para salirse del cuadro

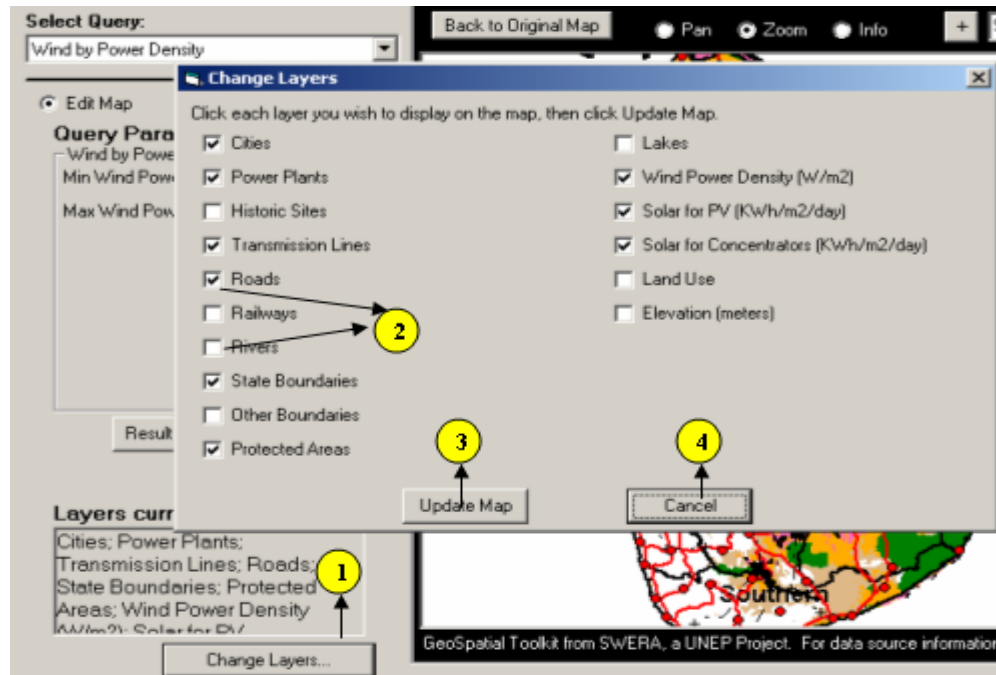


Figure 9 Change Layers pop-up form elements

12. Back to Original Map

13. Pan

Se usa para mover el mapa

1. Select the **Pan** option. (Note: The cursor will turn into a hand symbol.)
2. Then click on the map, hold down the mouse button, and drag the mouse in any direction. The map will be panned in the indicated direction.

14. Zoom

Aumenta o disminuye el tamaño del mapa.

15.Info

16.Zoom In command (+)

17.Mapa a escala

18.Zoom Out command (-)

Wind and Solar Energy Analysis Queries

Este es el tema que utilizaremos para comprender el programa del uso de GsT. Para ello ver los siguientes pasos:

Query 1: No Query (Base Map)

Muestra que el mapa esta vacío y que esta listo para agregarle información

Query 2: Wind by Power Density

Expresa la generación de la energía eólica en terminus de clases y sus respectivos rangos desde 1 hasta 7. Las clases se basan en promedios y sus unidades dadas en watts por metro cuadrado (W/m^2). Ver la tabla 1.

Table 1. Wind Power Class and Density at 50 m Above Ground Level

Wind Power Class	Wind Power Density (W/m^2)	Resource Potential (Utility Scale)
1	0 – 200	Poor
2	200 – 300	Marginal
3	300 – 400	Fair
4	400 – 500	Good

5	500 – 600	Excellent
6	600 – 800	Outstanding
7	> 800	Superb

La tabla nos ayuda para seleccionar los parámetros mínimos y máximos para el análisis de la aplicación.

1. Seleccionar 'Wind by Power Density' query como se muestra en la figura 11.

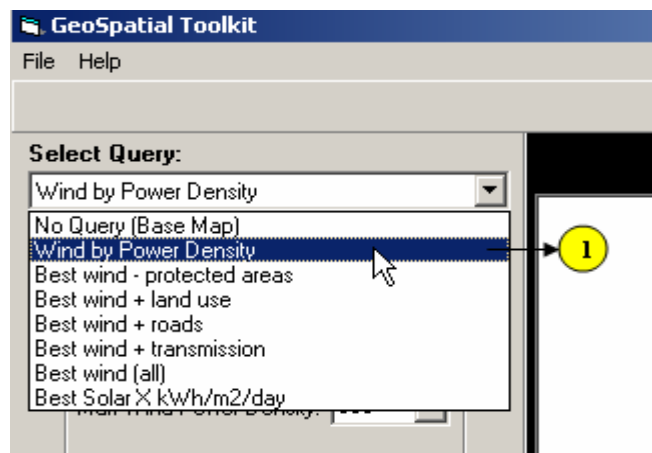


Figure 11 Select Wind by Power Density

2. Seleccione Query Parameters para introducir el valor mínimo, como se muestra en la figura 12.
3. Luego introduzca el valor máximo.
4. Click en **Update Map** para correr el programa y poder verlo en el mapa

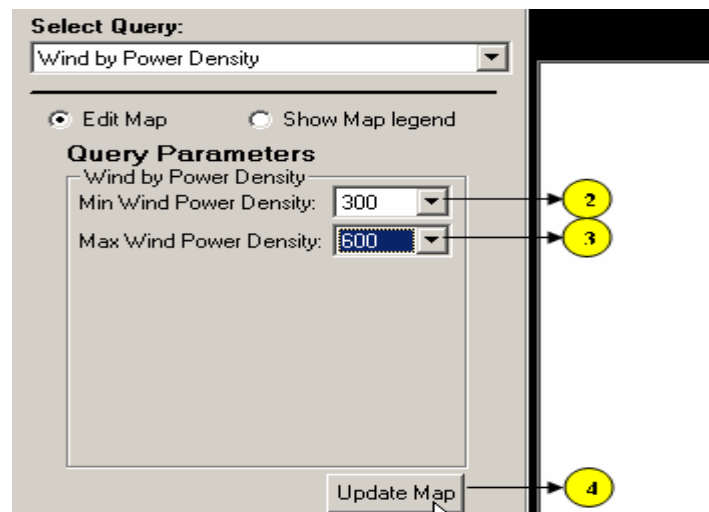
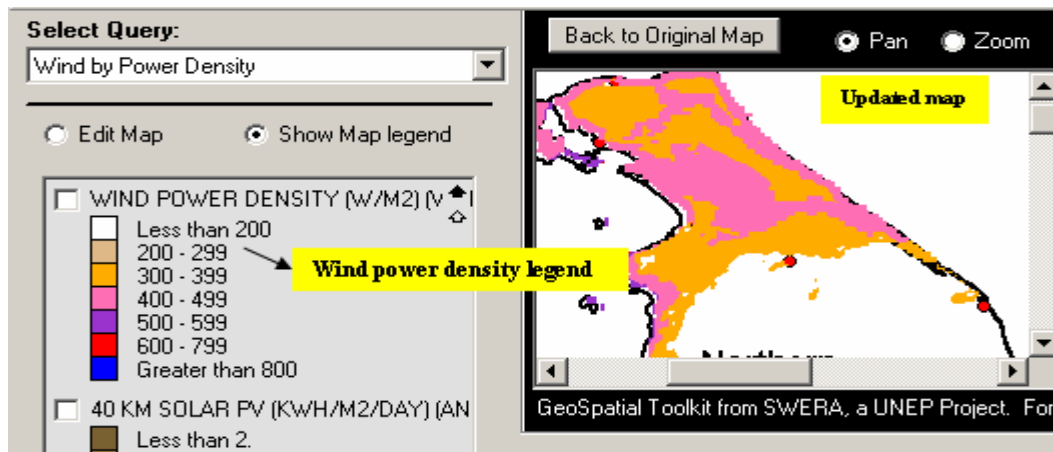


Figure 12 Select Query Parameters

La figure 13 muestra el mapa con su respectiva información.



5. Click en **Results Table** para observar un cuadro resumen de la información, como lo muestra la figura 14.

Area (sq km)	Description
7,094.36	Wind Power Density between 300 and 400
917.03	Wind Power Density between 500 and 600
3,231.41	Wind Power Density between 400 and 500
158.52	Wind Power Density between 600 and 800

Figure 14 Query result form

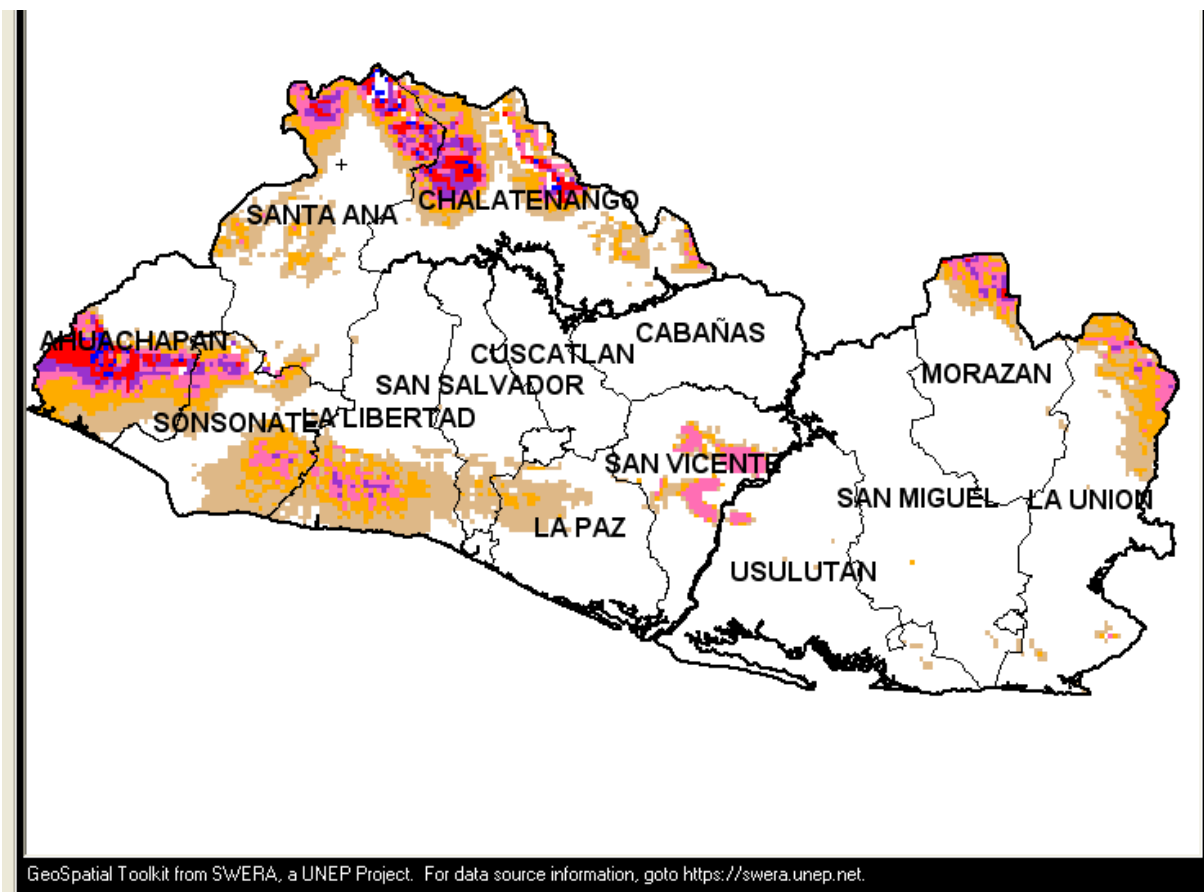
Otras aplicaciones

Query 3: Best Wind - Protected Areas

Query 4: Best Wind + Land Use

Query 5: etc.

A continuación se muestra el mapa que corresponde a la densidad de viento con datos correspondiente al 25 de octubre de 2005.



Query Results	
1,283,10 sq km	Wind Power Density ≥ 300 and < 400
3,99 sq km	Wind Power Density ≥ 400 and < 500

Energia Alternativa de México
 Catalogo General de productos
 06 62
 Precios en Dolares + IVA

Tel.- + 52(899)923

Fax.- + 52(899)923 02

FOTOCELDAS BP Y SOLAREX

25 años de garantía & UL 1703				Precio lista	
MODELO	DESCRIPCION	PESO lb	Mexico	USA	
BP Solar Modules-Single crystalline					
BP 41705	170 watts,24 vdc	34	\$835.00	\$795.00	
BP 485U	85 watts, 12 volts	18	\$445.00	\$424.00	
BP Solar Modules-Poly crystalline					
BP 3160B-SiN	160 watts, 24 volts conector MC	34	\$720.00	\$685.00	
BP 3150B-SiN	150 watt, 24 volt, conector MC	34	\$680.00	\$647.00	
BP 3125B-SiN	125 watts, 12 volts,j-box	27	\$575.00	\$547.00	
BP 380U-SiN	80 watts, 12 volts, j-box	22	\$425.00	\$395.00	
BP 365U	65 watts, 12 volts, j-box	22	\$355.00	\$338.00	
BP 350U-SiN	50 watts, volts, j-box	18	\$290.00	\$276.00	
BP SX 30U	30 watts, 12 volts, j-box	11	\$260.00	\$247.00	
BP SX 20U	20 watts, 12 volts, j-box	10	\$220.00	\$210.00	
BP SX 10U	10 watts, 12 volts, j-box	8	\$18.00	\$112.00	
MC Connector for BP & Solarex modules					
MC Connector - 2.5 meter for series connections		1	\$13.00	\$12.00	
MC Connector 5 meter for series connections		1	\$17.00	\$15.00	
MC Connector 10 meter for series connections		1	\$23.00	\$21.00	
MC Connector - Parallel, 23" includes 2F & 2M Y harness		1	\$55.00	\$49.00	

INVERTIDORES

			Precio lista		
Invertidores PROwatt	Descripcion	Peso lb	Mexico	USA	
PROwatt 150			\$54.00	\$49.00	
PROwatt 300			\$79.00	\$72.00	
PROwatt 600			\$149.00	\$135.00	
PROwatt 1000			\$339.00	\$308.00	
PROwatt 1750			\$518.00	\$471.00	
PROwatt 3000			\$795.00	\$723.00	

Centros de Poder Pulse Diseñados para Trace				
UL listed. Incluyen: 250 amp breaker, AC entrada/salida, bypass breaker, 60 amp, Controlador PWM, 500 amp shunt y grounding block			Precio lista	
Modelo	Descripcion	Peso lb	Mexico	USA
PC250			\$1,675.00	\$1,523.00
PC500			\$2,235.00	\$2,032.00
Invertidores PROSINE				
Modelo	Descripcion	Peso lb	Mexico	USA
PRO-sine 2.5/12			\$2,860.00	\$2,600.00
PRO-sine 2.5/24			\$2,990.00	\$2,730.00
PRO-sine 3.0/12			\$3,300.00	\$3,000.00
PRO-sine 3.0/24			\$3,630.00	\$3,300.00
PRO-sine 1.0/12			\$1,034.00	\$940.00
PRO-sine 1.0/24			\$1,133.00	\$1,030.00
PRO-sine 1.8/12			\$1,485.00	\$1,350.00
PRO-sine 1.8/24			\$1,628.00	\$1,480.00
PRO-sine Temp Sensor			\$33.00	\$30.00
Pro-sine ACS Remote Panel			\$275.00	\$250.00
PRO-Sine Remote Panel			\$55.00	\$50.00
PRO-Sine 2.0 KW 12V			\$2,200.00	\$2,000.00
PRO-Sine 2.0 KW Promo			\$2,089.00	\$1,899.00
SMA-America Utility Intertie Inverters		Peso lb	Mexico	USA
Sunny Boy 1800 UL	Utility Intertir Inverter		\$2,686.00	\$2,442.00
Sunny Boy 1800 D	With display		\$2,860.00	\$2,600.00
Sunny Boy 2500 UL	Utility Intertir Inverter	78	\$3,282.00	\$2,984.00
Sunny Boy 2500 D	with display	78	\$3,456.00	\$3,142.00
Sunny Boy disconnect	600 VDC	6	\$297.00	\$270.00
SB Control Light		4	\$734.00	\$667.00
SB Control		6	\$1,265.00	\$1,150.00
SB Control Plus		8	\$2,521.00	\$2,292.00
Power Line Carrier	SB NLM-N	1	\$184.00	\$167.00
SMA RS-232-N	RS232 data port	1	\$193.00	\$175.00
SMA RS-485-N	RS485 data port	1	\$193.00	\$175.00
Xantrex PV Series Inverters		Peso lb	Mexico	USA
5208-5 KW	Uti Inverter, 3 phase 2	85	\$7,118.00	\$6,471.00
10208-10 KW	Uti Inverter, 3 phase 2	94	\$9,760.00	\$8,873.00
15208-15 KW	Uti Inverter, 3 phase 2	191	\$13,442.00	\$12,220.00
20208-20 KW	Uti Inverter, 3 phase 2	205	\$16,997.00	\$15,452.00
30208-30 KW	Uti Inverter, 3 phase 2	400	\$23,088.00	\$20,989.00

			Precio lista	
		Peso lb	Mexico	USA
Exeltech XP series Inverters and accessories				
XP 125 watt 12 volt	True shine Wave	2	\$248.00	\$225.00
XP 125 watt 24 volt	True shine Wave	2	\$270.00	\$245.00
XP 250 watt 12 volt	True shine Wave	5	\$468.00	\$425.00
XP 250 watt 24 volt	True shine Wave	5	\$468.00	\$425.00
XP 1100 watt 12 volt	True shine Wave	12	\$823.00	\$748.00
XP 1100 watt 24 volt	True shine Wave	12	\$898.00	\$816.00
XP 1100 watt 48 volt	Plus 25 DROP SHIP FEE	12	\$1,073.00	\$975.00
Low Idle Current Option Kit	for XP 1100 s - field installable		\$15.00	\$14.00
Exeltech MX series Power System				
1 KW MX 12 V	True shine Wave		\$2,027.00	\$1,843.00
2 KW MX 12 V	True shine Wave		\$3,016.00	\$2,742.00
3 KW MX 12 V	True shine Wave		\$4,005.00	\$3,641.00
4 KW MX 12V	True shine Wave		\$4,994.00	\$4,540.00
5 KW MX 12V	True shine Wave		\$5,983.00	\$5,439.00
1 KW MX 24V	True shine Wave		\$2,148.00	\$1,953.00
2 KW MX 24V	True shine Wave		\$3,258.00	\$2,962.00
3 KW MX 24V	True shine Wave		\$4,368.00	\$3,971.00
4 KW MX 24V	True shine Wave		\$5,478.00	\$4,980.00
5 KW MX 24V	True shine Wave		\$6,588.00	\$5,989.00
6 KW MX 24V	True shine Wave		\$8,380.00	\$7,618.00
7 KW MX 24V	True shine Wave		\$9,490.00	\$8,627.00
8 KW MX 24V	True shine Wave		\$10,600.00	\$9,636.00
9 KW MX 24V	True shine Wave		\$11,710.00	\$10,645.00
10 KW MX 24V	True shine Wave		\$12,819.00	\$11,654.00
1 KW MX48V	True shine Wave		\$2,371.00	\$2,155.00
2 KW MX48V	True shine Wave		\$3,703.00	\$3,366.00
3 KW MX48V	True shine Wave		\$5,035.00	\$4,577.00
4 KW MX48V	True shine Wave		\$6,367.00	\$5,788.00
5 KW MX48V	True shine Wave		\$7,699.00	\$6,999.00
6 KW MX48V	True shine Wave		\$9,713.00	\$8,830.00
7 KW MX48V	True shine Wave		\$11,045.00	\$10,041.00
8 KW MX48V	True shine Wave		\$12,377.00	\$11,252.00
9 KW MX48V	True shine Wave		\$13,709.00	\$12,463.00
10 KW MX48V	True shine Wave		\$15,041.00	\$13,674.00

Outback Power Inverter & Charge Controllers					
Modelo		Descripcion	Peso lb.	Mexico	USA
FX2024	inverter	2 KW inv/charger 24	60	\$1,975.00	\$1,795.00
FX2048	inverter	3 KW inv/charger 48	60	\$1,975.00	\$1,795.00
FX-DCC		DC Connections Cover		\$72.00	\$65.00
FX-DCA		DC adapter, for connect w/PSDC		\$50.00	\$45.00
FX-ACA		AC wiring extension		\$39.00	\$35.00
HUB-10, Comm Mngr		for FX & MX use w/MA	1	\$215.00	\$195.00
MX60 MPPT Chrg Cntrl		12-60 v in, 13-80v & 60		\$714.00	\$649.00
Invertidores Suntie Trace					
Modelo		Descripcion	Peso lb.	Mexico	USA
ST 1000				\$1,904.00	\$1,731.00
ST 1500				\$2,240.00	\$2,036.00
ST 2000				\$2,352.00	\$2,138.00
Fusibles y Accesorios para Heart					
Modelo		Descripcion			
M-HB-200T				\$78.00	\$71.00
M-HB-300T				\$96.00	\$87.00
Shunt				\$51.00	\$46.00
Shunt Doble				\$111.00	\$101.00
Twister Par de 25'				\$51.00	\$46.00
Twister Par de 50'				\$89.00	\$81.00
TC 2+2				\$145.00	\$132.00
Incharge 12				\$246.00	\$224.00
Incharge 24				\$246.00	\$224.00
Trace Serie W					
Invertidores de onda pura con 3 estados de carga de baterias, transferencia automatica de AC y con pantalla digital LCD Para sistemas independientes o interconectados al servicio electrico				Precio lista	
Modelo		Descripcion	Peso lb.	Mexico	USA
SW4024 UL			115	\$3,593.00	\$3,266.00
SW4048 UL			115	\$3,593.00	\$3,266.00
SW5548 UL			143	\$4,182.00	\$3,802.00
SW/PS Remote Control		SWRC/50 -50' Cable	5	\$325.00	\$295.00
SW/PS Remote Control		SWRC - 25' Cable	5	\$359.00	\$329.00
SWI		serie stack SW inverters	1	\$51.00	\$45.00
SWODE		SW Outdoor Enclosure	72	3.5	2.90
SWCB Conduit box		For SW inverter	8	\$101.00	\$94.00
SWI-PAR		To parallel stack SW inverters	1	\$387.00	\$345.00
SWCA		Comm,Adapter for SW	3	\$196.00	\$175.00
Inverter Bypass Switch		60 amp	8	\$110.00	\$99.00
Trace GTI		for SW on-grid inverters	25	\$494.00	\$449.00

Trace SW Plus series inverters & accessories				
Modelo	Descripcion			
Trace PS2512 inverter	Sinewave 24 volt		\$2,529.00	\$2,299.00
Trace PS2548 inverter	Sinewave 48 volt		\$2,529.00	\$2,299.00
Trace GSM	Generator start module	1	\$175.00	\$159.00
Trace SWI	to series stack SW inv.	1	\$50.00	\$45.00
Trace RC8/50R	for DR Inverters	2	\$76.00	\$69.00

Invertidores Trace Serie PS			Precio lista	
Modelo	Descripcion	Peso lb	Mexico	USA
PS 2512			\$2,381.00	\$2,165.00
PS2524			\$2,381.00	\$2,165.00
Box		3	\$103.00	\$94.00
Trace GSM		1	\$175.00	\$159.00

Invertidores Trace Series DR				
Invertidor de onda modificada disponibles con o sin cargador de baterias de 3 estados y transferencia automatica de AC				
Diseñado para localidades sin energia electrica o como Back up en aplicaciones residenciales o comerciales.				
DR1512	1.5 Kw Modified Sinewave	35	\$935.00	\$850.00
DR1524	1.5 Kw Modified Sinewave	35	\$935.00	\$850.00
DR2412	2.4 Kw Modified Sinewave	45	\$1,210.00	\$1,100.00
DR2424	2.4 Kw Modified Sinewave	45	\$1,210.00	\$1,100.00
DR 3624	3.6 Kw Modified Sinewave	49	\$1,485.00	
BTS/15	Sensor de temp de bateria para Invertidores DR y SR 15 ft	2	\$33.00	\$29.00
BTS/35	Sensor de temp de bateria para Invertidores DR y SR 35 ft	2	\$36.00	\$32.00
RC8/50R	Control remoto de encendido para DR	2	\$78.00	\$69.00
DRI	Kit para instalar dos Invertidores DR	2	\$96.00	\$85.00
DRCB	Caja conduit para Invertidores DR	3	\$78.00	\$69.00
DR-D	Invertidor DR solo para exhibicion		\$107.00	\$95.00
Trace T-240	Step Up Transformer	28		\$350.00

Invertidores Trace Series UX				
Modelo	Descripcion			
UX 612		16	\$655.00	\$595.00
UX612SB		16	\$765.00	\$695.00
UX 1112		17	\$875.00	\$795.00
UX1112SB		17	\$985.00	\$895.00
UX 1412		17	\$974.00	\$885.00
UX 1412SB		17	\$1,084.00	\$985.00

Invertidores Trace series TS			Precio lista	
Modelo	Descripcion	Peso lb.	Mexico	USA
TS 512		16	\$435.00	\$395.00
TS512SB		17	\$545.00	\$495.00
TS524		16	\$435.00	\$395.00
TS524SB		17	\$545.00	\$495.00
TS812		18	\$545.00	\$595.00
TS812SB			\$655.00	\$616.00
xPower 300			\$177.00	\$161.00
xPower 600			\$269.00	\$245.00
Trace Power Panels				
SW4024/S	Power Panel - single	217	\$5,495.00	\$4,995.00
SW4024/D	Power Panel - dual	334	\$9,895.00	\$8,995.00
SW4048/S	Power Panel - single	217	\$5,495.00	\$495.00
SW4048/D	Power Panel - dual	334	\$10,051.00	\$9,137.00
SW5548/S	Power Panel - single	248	\$6,265.00	\$5,695.00
SW5548/D	Power Panel - dual	396	\$10,995.00	\$9,995.00
DR1512/S	Power Panel - single	139	\$2,177.00	\$1,979.00
DR1512/D	Power Panel - dual	179	\$4,001.00	\$3,637.00
1524/S	Power Panel - single	139	\$2,067.00	\$1,879.00
DR1524/D	Power Panel - dual	178	\$3,882.00	\$3,529.00
DR2412/S	Power Panel - single	153	\$2,525.00	\$2,295.00
DR2412/D	Power Panel - dual	206	\$4,771.00	\$4,337.00
DR2424/S	Power Panel - single	149	\$2,525.00	\$2,295.00
DR2424/D	Power Panel - dual	196	\$4,771.00	\$4,337.00
DR3624/S	Power Panel - single	153	\$2,782.00	\$2,529.00
DR3624/D	Power Panel - dual	206	\$5,275.00	\$4,795.00
* Power Panels are stocked with PPO-C40 installed,The PPO-C40 price must be added to the Power Panel when ordering				
			Precio lista	
Trace Ground Fault Protection		Peso lb	Mexico	USA
PVGFP1		5	\$303.00	\$275.00
PVGFP2		5	\$358.00	\$325.00
PVGFP3		5	\$413.00	\$375.00
PVGFP4		5	\$468.00	\$425.00

Trace DC Disconnects				
DC250	250 Amo Discon w/Er	16	\$362.00	\$329.00
DC175	175 Amo Discon w/Er	16	\$362.00	\$329.00
GJ250	250 Amp Breaker	3	\$215.00	\$195.00
GJ175	175 Amp Breaker	3	\$215.00	\$195.00
DCBB	Neg./Ground bond Bloc	1	\$55.00	\$50.00
CD10	10 Amp Circuit Breaker	1	\$32.00	\$29.00
CD15	15 Amp Circuit Breaker	1	\$32.00	\$29.00
CD20	20 Amp Circuit Breaker	1	\$32.00	\$29.00
CD30	30 Amp Circuit Breaker	1	\$32.00	\$29.00
DC40	40 Amp Circuit Breaker	1	\$32.00	\$29.00
CD50	50 Amp Circuit Breaker	1	\$32.00	\$29.00
CD60	60 Amp Circuit Breaker	2	\$43.00	\$39.00
CD75	75 Amp Circuit Breaker	1	\$43.00	\$39.00
CD100	100 Amp Circuit Breaker	1	\$48.00	\$44.00

Trace Fuseblocks & Array Disconnects				
TFB110C	110 Amp Fuse & Holde	2	\$58.00	\$53.00
TFB200C	200 Amp Fuse & Holde	2	\$58.00	\$53.00
TFB300C	300 Amp Fuse & Holde	2	\$83.00	\$75.00
TFB400C	400 Amp Fuse & holde	2	\$83.00	\$75.00
TF110	110 Amp Fuse	1	\$20.00	\$18.00
TF200	200 Amp Fuse	1	\$20.00	\$18.00
TF300	300 Amp Fuse	1	\$42.00	\$38.00
TF400	400 Amp Fuse	1	\$42.00	\$38.00
TCB6-with Fuse	PV Array Combiner Box	8	\$219.00	\$199.00
PulseTCB10- w/o Fuse	PV Array Combiner Box	8	\$219.00	\$199.00
TCF Littlefuses for TCB10	5 Amp - per Box of 10	1	\$13.00	\$12.00
TCF Littlefuses for TCB10	6 Amp - per Box of 10	1	\$13.00	\$12.00
TCF Littlefuses for TCB10	8 Amp - per Box of 10	1	\$13.00	\$12.00
TCF Littlefuses for TCB10	10 Amp - per Box of 1	1	\$13.00	\$12.00
TCF Littlefuses for TCB10	15 Amp - per Box of 1	1	\$13.00	\$12.00
			Precio lista	

RV Power Products MPPT Charge Controllers				
Solar Boost 2000E 25 A MPPT Cntrlr w/dis		8	\$252.00	\$229.00
Wall Mount Box	for SB2000	1	\$31.00	\$28.00
Solar Boost 3048D	with Display	10	\$582.00	\$529.00
Solar Boost 3048L, 30 amp UL listed		10	\$27.00	\$479.00
Solar Boost 3048DL with display		10	\$615.00	\$559.00
Soar Boost 50L	50 amp UL listed	10	\$461.00	\$419.00
Solar Boost 50DL	with Display	10	\$549.00	\$499.00
Solar Boost 6024HL,60 A 48/60V input -24		13	\$560.00	\$509.00
Solar Boost 6024HDL with Display		13	\$648.00	\$589.00
Front Panel Display for SB50L, SB50DL		3	\$127.00	\$115.00
Front Panel Display for SB3048D, 3048DL		3	\$127.00	\$115.00
Front Panel Display FOR SB6024H		3	\$127.00	\$115.00
Batt Temp Sensor	for all Solar Boost contr	2	\$31.00	\$28.00
Remote Display - 25 cable for all but 2000E		5	\$120.00	\$109.00
Precio lista				
DC Voltaje Converters		Peso lb	Mexico	USA
Step Down Converter - 8 A out	60V max in to dic-24	3	\$143.00	\$130.00
Step Down Converter - 16 A	60V max in to dic-24	3	\$187.00	\$170.00
DC to DC 12/24 -20	20A Load	2	\$193.00	\$175.00
DC to DC 12/48 -10	10A Load	2	\$219.00	\$199.00
DC to DC 12/48 -10	10A Load	2	\$219.00	\$199.00
Voltaje Controlled Relay (AH)	12 - 48 volts,30 amps	2	\$132.00	\$120.00
Voltaje Controlled Relay (AL)	12 - 48 volts,30 amps	2	\$132.00	\$120.00
DC to DC 24/48-30	24-48 volts, 30 amps		\$501.00	\$455.00
Precio lista				
Lighting Protection		Peso lb.	Mexico	USA
LA-DC Lighting Arrestor	for DC System	2	\$50.00	\$45.00
LA-DC Lighting Arrestor	for AC System	2	\$50.00	\$45.00
LA-3-phase Lighting Ar	for 3 Phase System	2	\$50.00	\$45.00
B a t e r i a s				
Precio lista				
Modelo		Peso lb	Mexico	USA
2 Volt Single Cell- Seven year warranty				
Surrette 2V 1700 AH 2-KS-33		425	\$875.00	\$795.00
4-Volt 2-Cell -Ten year warranty				
Surrette 4V, 546 AH 4-CS-17PS		128	\$699.00	\$635.00
Surrette 4V, 1104 AH 4-KS-21PS		267	\$1,403.00	\$1,275.00
Surrette 4V, 1347 AH 4-KS 25PS		315	\$1,722.00	\$1,565.00

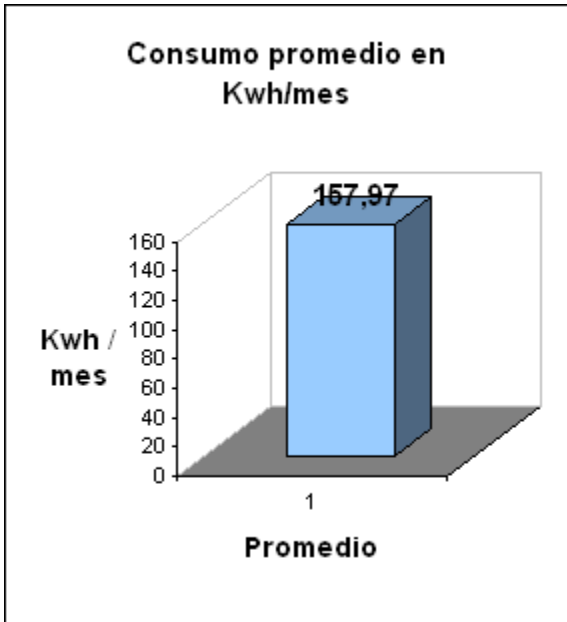
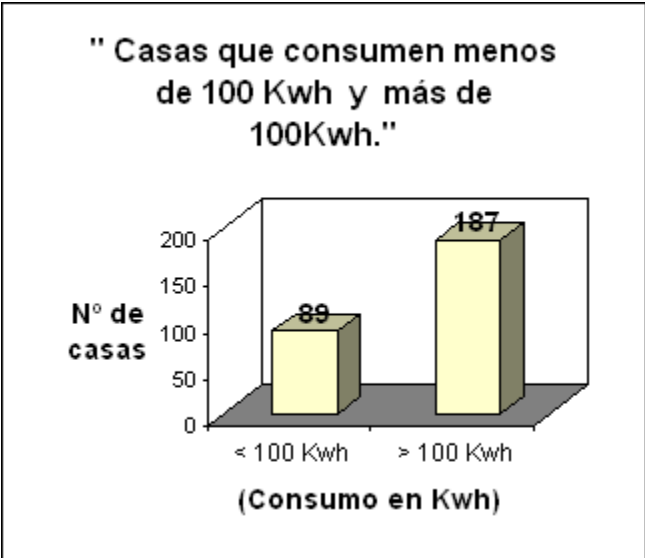
6 Volt 3-Cell -Seven year warranty				
Surrette 6V, 350 AH S-460	117	\$440.00	\$400.00	
Surrette 6V, 400 AH S-530	130	\$558.00	\$507.00	
Surrette 6V ,344 AH 6-HHG-31PS	125	\$546.00	\$496.00	
Surrette 6V, 410 AH 6-EHG-31PS	133	\$655.00	\$595.00	
6 Volt 3-Cell-Ten year Warranty				
Surrette 6V, 546 AH 6-CS-17PS	221	\$1,045.00	\$950.00	
Surrette 6V,683 AH 6-CS-21PS	271	\$1,304.00	\$1,185.00	
Surrette 6V, 820 AH 6-CS-25PS	318	\$1,494.00	\$1,358.00	
8 Volt 4-Cell-Seven year warranty				
Surrette 8V, 344 AH 8-HHG-31PS	167	\$728.00	\$662.00	
Surrette 8V, 410 AH 8-EHG-31PS	178	\$872.00	\$793.00	
8 Volt 4-Cell- Ten year warranty				
Surrette 8V, 546 AH 8-CS-17PS	294	\$1,474.00	\$1,340.00	
Surrette 8V, 820 AH 8-CS-25PS	424	\$1,992.00	\$1,811.00	
8-Volt 6-Cell-Ten year warranty				
Surrette 12V, 342 AH 12-CS-11PS	272	\$1,045.00	\$950.00	
		Precio lista		
Concorde Maintenance Fee Valve-Regulated Sealed Lead Acid Batteries		Peso lb	Mexico	USA
(orders under 300 must add 10%)				
Concorde PVX-2240	6 volt,220 AH	70	\$268.00	\$244.00
Concorde PVX-2580L	12 volt,255 AH	162	\$549.00	\$499.00
Concorde PVX-2120L	12 volt,210 AH	141	\$477.00	\$434.00
Concorde PVX-690T	12 volt,65 AH	54	\$164.00	\$149.00
Concorde PVX, 1040T	12 volt,104 AH	63	\$243.00	\$221.00
Concorde PVX-1080T	12 volt, 108 AH	73	\$265.00	\$241.00
Concorde PVX-340T	12 volt,34 AH	23	\$109.00	\$99.00
Concorde PVX-490T	12 volt, 49 AH	32	\$140.00	\$127.00
Concorde PVX-890T	12 volt, 89 AH	61	\$227.00	\$206.00

			Precio lista	
Battery / Inverter Cables		Peso lb	Mexico	USA
3 Batt.Cable 2/0 set UL Listed		3	\$65.00	\$59.00
5 Batt. Cable 2/0 set UL Listed		6	\$87.00	\$79.00
10 Batt. Cable 2/0 set UL Listed		12	\$142.00	\$129.00
3 Batt. Cable 4/0 set UL Listed		7	\$87.00	\$79.00
5 Batt.Cable 4/0 set UL Listed		10	\$118.00	\$106.91
10 Batt.Cable 4/0 set UL Listed		19	\$186.00	\$169.00
15 Batt. Cable 4/0 set UL Listed		29	\$274.00	\$249.00
Interconnects 12' 2/0 UL Lst,Black		0.5	\$13.00	\$11.00
Interconnects 14' 2/0 UL Lst,Black		0.5	\$14.00	\$12.60
Interconnects 14' 4/0 UL Lst,Black		1	\$32.00	\$29.00
Interconnects 18' 2/0 UL Lst,Black		2	\$20.00	\$18.00
Interconnects 18' 4/0 UL Lst,Black		4	\$24.00	\$22.00
			Precio lista	
		Peso lb	Mexico	USA
Iota Battery Chargers				
12.5 amp, 24 volt	DLS24-12.5		\$329.00	\$299.00
15 amp, 12 volt	DLS-15		\$162.00	\$147.00
30 amp, 12 volt	DLS-30		\$200.00	\$182.00
45 amp, 12 volt	DLS-45		\$213.00	\$194.00
75 amp, 12 volt	DLS-75		\$515.00	\$468.00
25 amp, 24 volt	DLS-24-250		\$392.00	\$356.00
40 amp, 24 volt	DLS-27-40		\$660.00	\$600.00
3 stage smart charger	IQ-3		\$39.00	\$35.00
30 amp transfer switch	ITS-30R		\$69.00	\$63.00
50 amp transfer switch	ITS-50R		\$172.00	\$156.00
24 V power supply	24 V, 50 amp		\$660.00	\$600.00

Iluminacion Thin-Lite				
Model	Descripcion	Peso lb	Precio lista	
			Mexico	USA
Lamparas Circulares fluorescentes				
110			\$71.00	\$65.00
Lamparas fluorescentes de un solo tubo				
111			\$42.00	\$38.00
115			\$42.00	\$38.00
Lamparas fluorescentes de doble tubo				
112			\$45.00	\$41.00
116			\$47.00	\$43.00
Lamparas fluorescentes Serie 190				
191			\$41.00	\$37.00
193			\$45.00	\$41.00
195			\$47.00	\$43.00
197			\$52.00	\$47.00
Lamparas fluorescentes Industriales y Comerciales				
183			\$42.00	\$38.00
Lamparas Fluorescentes para areas exteriores a prueba de agua				
162			\$72.00	\$65.00
Lamparas especiales				
LPS-118LT			\$291.00	\$265.00
LPS-135LT			\$291.00	\$265.00
Lamparas fluorescentes Serie ST 130				
130			\$43.00	\$39.00
134			\$45.00	\$41.00
Lamparas Incandescentes				
311			\$11.00	\$10.00
312			\$17.00	\$15.00
361			\$11.00	\$10.00

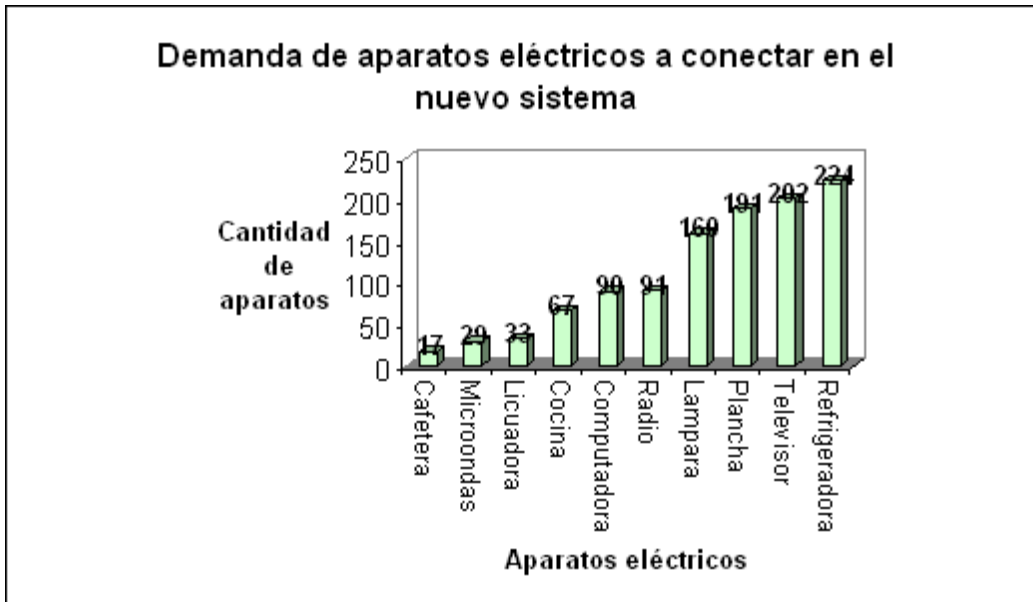
A continuación se muestran los gráficos de la encuesta realizada a las colonias del Municipio de Soyapango. Este posee un total de 233 colonias, por lo que tomo una muestra de 23 colonias y un promedio de 12 casas por colonia. Las preguntas fueron las siguientes:

1.- ¿ De cuánto es el consumo de su casa en energía eléctrica de los dos últimos meses.?



2.- ¿ Si adquiriera un sistema nuevo de energía eléctrica, a que dispositivo lo conectaría.? Marque con una "X" y elija cuatro aparatos eléctricos.

- | | | | |
|---------------|-----|------------------|-----|
| Lampara | ___ | Cocina eléctrica | ___ |
| Cafetera | ___ | Televisor | ___ |
| Refrigeradora | ___ | Licuadaora | ___ |
| Computadora | ___ | Radio | ___ |
| Microondas | ___ | Plancha | ___ |



3.- ¿ Estaría dispuesto a comprar un sistema nuevo (solar-viento) para obtener una parte de energía eléctrica adicional, si el sistema oscila entre los \$2,000 a \$6,000.? Marque con una "X"

SI ___ NO ___



Nota: Al inicio un 22% habían dicho que NO, pero haciéndoles conciencia de la situación que se vivirá en el futuro y el de su rentabilidad, llegamos a un 57%. Estos datos fueron muy importante para el diseño del sistema híbrido.

NOMINA DE COLONIAS ENCUESTADAS EN EL MUNICIPIO DE SOYAPANGO

Nº	COLONIA
1	Colonia Las Flores
2	Urbanización La Esperanza
3	Colonia Los Alpes
4	Colonia Bella Vista
5	Colonia La Coruña I
6	Colonia La Coruña II
7	Colonia Buena Vista
8	Urbanización Jardines del Boulevard
9	Colonia Monte Carmelo I
10	Residencial Las Mangolias
11	Reparto Las Arboledas
12	Reparto Guadalupe
13	Reparto Morazán II
14	Urbanización Los Santos I
15	Urbanización Bosques de Prusia
16	Urbanización Los Santos II
17	Colonia Divina Providencia
18	Urbanización Santa Gertrudis
19	Reparto San José I
20	Colonia Santa Barbara
21	Colonia La Floresta
22	Reparto Santa Cecilia
23	Urbanización Las Brisas II

SISTEMA HIBRIDO DE UNA VIVIENDA TIPICA A NIVEL MICROENERGETICO.

CANTIDAD	EQUIPO	POTENCIA (Kwh)	POTENCIA (Kwh) SUBTOTAL (D = A x C)	HORAS / DIA DE USO E	ENERGIA Kwh / día (F = D x E)
A	B	C			
6	LAMPARAS FLUORESCENTES	0,015	0,09	5	0,45
1	TELEVISOR	0,15	0,15	5	0,75
1	REFRIGERADORA	0,26	0,26	12	3,12
1	PLANCHA	1,1	1,1	0,35	0,385
1	RADIO	0,015	0,015	4	0,06
				TOTAL	4,765

El cuadro muestra que el sistema híbrido generará una potencia de 147.71 Kwh / mes

**CALCULO DE PANELES, AEROGENERADOR Y BATERÍAS PARA
UNA VIVIENDA TIPICA A NIVEL MICROENERGETICO.**

Consumo diario promedio es de :	4765	Wh / d	Utilizaremos para el sistema híbrido, generar un 82% con paneles solares y un 18% con aerogenerador
Un panel de 150 W produce con 6.5 horas de sol / d	633,75	Wh / d	Se multiplica el 65% la potencia del panel debido a pérdidas con factor de horas de radiacion solar diaria 150w X 65% X 6.5h = 633,75 Wh/d
Para la generacion de la energia se necesitan:	6	Paneles	Se divide la energia requerida 3907,3 Wh/d (82%) por energia diaria del panel 633,75 Wh/d 3907,3Wh/d / 633,75Wh/d = 6,1 paneles
Utilizando un aerogenerador de 1500 W	825,00	Wh / d	Se multiplica el 55% la potencia del aerogenerador 1500w X 55% = 825 Wh/d (complementaría el 100%)
Para la generación de la energía se necesitan:	1	Aero- generador	
Hay que almacenar (sistema de 12 V) la cantidad de :	397,1	Ah	Se divide la energia requerida 4765 Wh/d por la tension del sistema 12 V 4765 Wh/d / 12V = 397,08 Ah
Se necesita baterías estacionarias 12 V 104 Ah la cantidad	4	Baterías	Se divide la capacidad requerida 397,08 Ah por la capacidad de una batería 397,08Ah / 104Ah = 3,8 baterías
Se necesita baterias estacionarias 12 V 104 Ah la cantidad (con una reserva o respaldo de 1 día)	8	Baterías	Se multiplica la cantidad de baterías con el factor 2 para 1 dia de reserva 3,8 * 2 = 7,6 baterías

**COSTO DEL SISTEMA HIBRIDO PARA UNA VIVENDA TIPICA
A NIVEL MICROENERGETICO.**

6 Paneles solares fotovoltaicos de 150 W tienen un costo de	\$4.080,00
1 aerogenerador de 1500 W tiene un costo aproximado de:	\$3.327,33
8 Baterias estacionarias** de 12 V 104 Ah cuestan más o menos:	\$1.944,00
2 reguladores (protector de la bateria) de 12 V 30 A cuestan mas o menos :	\$300,00
Dos inversores APS uno 3000 W y el otro de 1750 W, 110 V AC tiene un costo de:	\$1.313,00
TOTAL	\$10.964,33

Capítulo 6: “ Conclusiones y Recomendaciones. “

6.1. Conclusiones

- El abastecimiento de energía eléctrica en nuestro país, observamos que un cierto porcentaje se produce mediante el uso de combustibles fósiles, y con una tendencia de mayor uso, mencionando que estos costos oscilan en función de las variables y comportamiento del mercado internacional. Tal es el caso de lo que acabamos de experimentar con el alza de tarifas en los combustibles en estos últimos meses.
- El uso excesivo y la falta de control del manejo de los combustibles fósiles, generan alta contaminación a la atmósfera, produciendo enfermedades generalmente del tipo respiratorio, en resumen, podemos hablar que es un factor que ocasiona un impacto negativo a nuestro medio ambiente.
- La demanda de energía en los últimos años ha ido aumentando considerablemente, debido al crecimiento poblacional. El grado de electrificación es mucho mayor en las zonas urbanas. El sector rural ha tenido un crecimiento lento, debido a que es mayor el costo en la colocación de una línea eléctrica para grandes kilómetros de distancia.
- El estudio es enfocado en el análisis para el sector urbano y específicamente en zonas residenciales, para lograr un mayor desarrollo del uso de las energías alternativas y tener un peso significativo en nuestro sistema energético del país.
- En El Salvador, se tiene una radiación solar bastante buena y suficiente para la implementación del sistema solar, ya sea en la zona urbana o

rural. Con respecto al sistema eólico, las velocidades de los vientos son muy variables, por lo que se dificulta su aplicación, pero se puede aprovechar aquellos vientos que se incrementan, entre los meses de octubre a febrero (y de algunos vientos fuertes debido a las tormentas de mayo a octubre.)

- Una dificultad importante que se tiene para la implementación del nuevo sistema de generación de energía eléctrica es la parte económica, por la razón de tener una rentabilidad a largo plazo.
- Finalmente, puede constatar que la implementación del nuevo sistema de generación de energía eléctrica, en nuestro caso particular, el sistema híbrido, se puede decir que, si cumple con la factibilidad técnica y, hablando económicamente, todavía no posee rentabilidad, pero con el gran beneficio de tener un servicio continuo y seguro. Además, estaremos apoyando con los proyectos que ayudan a reducir la crisis de contaminación a nuestro medio ambiente y disminuir la dependencia de los combustibles fósiles que se tiene a la hora de importarlos.

6.2. Recomendaciones

- ✓ Para la instalación del sistema híbrido, es necesario hacer un estudio minucioso del potencial eólico, auxiliándose de los anemómetros o de datos actualizados por parte del Instituto de Meteorología, así como de empresas e Instituciones que se dedican a estos tipos de proyectos. No así con el factor solar, por ser confiable en su existencia diaria.
- ✓ Se debe explotar el recurso renovable eólico, con pequeños proyectos como riego, bombeo de agua potable, etc. en lugares de zona rural y limitarse por zonas en la parte oriental, central y casi toda la zona occidental, debido a que los vientos son muy variantes.

- ✓ Es importante concientizar al pueblo salvadoreño del beneficio que se tiene al implementar el nuevo sistema de generación eléctrica, y para ello se debe contar con el apoyo del gobierno, para que Escuelas, Colegios e Instituciones puedan desarrollar estos temas y contribuir con el desarrollo socio-económico de la zona.
- ✓ Se debe tomar en cuenta que a la hora de diseñar un sistema solar - eólico, los paneles solares deben generar mayor porcentaje de energía eléctrica que el aerogenerador, esto con el fin de reducir los costos del sistema híbrido.
- ✓ Actualmente se recomienda la instalación del sistema solar para la generación de electricidad, debido a su rentabilidad económica. Dentro de algunos años se podría implementar el sistema híbrido.
- ✓ Invitar a las empresas privadas y públicas, para que fomenten capacitaciones para implementar esta nueva tecnología, ya que a nivel nacional se tiene gran escasez de profesionales en esta materia.
- ✓ Por último, todos aquellos proyectos de generación de energía eléctrica por medio de recursos renovables sean planteados a Instituciones Gubernamentales y No Gubernamentales como política de promoción de la nueva tecnología, para disminuir el impacto ambiental y los altos costos de la producción debido a la importación de los combustibles derivados del petróleo.

BIBLIOGRAFIA

- Energía Solar.
<http://www.codeso.com/FVFunc06.htm>
- Trabajo de graduación Universidad Don Bosco 1995
Factibilidad Técnica y económica de generación con energía eólica en El Salvador.
Ing. Juan Carlos Peraza e Ing. Julio Alberto Cáceres Villanueva.
- Energía Solar.
<http://www.inersol.com>
- Trabajo de Graduación Universidad Centroamericana “ José Simeón Cañas.”
Generadores Fotovoltaicos DC/AC: Proyecto “ E l Higueral.”
Ing. Salvador Alberto Campos Zepeda e Ing. Raúl Alexander Domínguez Argueta.
- Energía Solar.
<http://www.paginadigital.com.ar/articulos/2002rest/2002terc/tecnologia/sica91.html>
- Energía Eólica
www.infoeolica.com/ - 3k
- Energía Eólica
www.appa.es/dch/la_eolica.htm.
- Fuentes Renovables
http://html.rincondelvago.com/fuentes-de-energia_4.html

- Energía Eólica
<http://www.cecun.es/temas%20interes/medio%20ambiente/res&rue/htm/guia/eolica.htm>
- Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente (PNUMA)
www.unep.ch/conventions/
- Climate Change Secretariat.
secretariat@unfccc.int, [www/unfccc.int](http://www.unfccc.int)
- Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente (PNUMA)
www.mbendi.co.za/WEC/
- Instituto de Investigaciones Eléctricas. Gerencia de Energías Renovables.
Colonia Palmira. 62490 Temixco, Morelos México.
[e-mail: fmejia@iie.org.mx](mailto:fmejia@iie.org.mx)
- SWERA. Programa para obtener datos de mapa solar y eólico.
<http://swera.unep.net/swera/index.php>