

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO.

En este capítulo se investiga y estudia conceptos básicos de los diferentes factores que se involucran en el aprovechamiento de las energías renovables como son la energía solar y la energía eólica, para la producción de energía eléctrica, se analizará cómo trabaja un sistema fotovoltaico y un sistema eólico, el funcionamiento de sus componentes, obteniendo así una fundamentación teórica elemental necesaria para el diseño que proponemos realizar, lo cual ayudará en lo posterior para su respectiva instalación.

1.1 Antecedentes Investigativos.

A la fecha de realización de esta investigación se encontró cuantiosa información acerca de este tema, lo cual se resume a continuación lo más resaltado. Alemania es desde 2004 el primer productor mundial de energía solar fotovoltaica (363 MW), superando a Japón (280 MW). En la UE el crecimiento medio anual es del 30%, y Alemania tiene más del 80% de la potencia instalada. (Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADas_renovables_en_Alemania).

No obstante, el modelo alemán se caracteriza por la fuerte presencia de pequeñas instalaciones con importantes ventajas derivadas fundamentalmente de las menores pérdidas debidas al transporte conocidas como pérdidas por transmisión o pérdidas negras. Los mayores proyectos de plantas solares en construcción se encuentran en España, Portugal, Australia y Estados Unidos.

En Ecuador, en la provincia de Pastaza, en la Comunidad de Sarayaku llegó la energía eléctrica a través de paneles solares y benefició a cerca de 1.500 habitantes. Además, se ha formado a un grupo de jóvenes de la comunidad como técnicos en la instalación solar y mantenimiento. Éste es un extracto del artículo publicado en el Diario El Telégrafo de Ecuador el 20 de septiembre de 2009.

En el 2009, según CRE Satelital Ecuador, el gobierno de Ecuador, a través del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable realizó la instalación de cuatro sistemas de electricidad con energía renovable en el Valle del Chota, en la provincia de Imbabura. Los cuales son el “Sistema de Iluminación del Coliseo”, compuesto por 10 luminarias de 250W (vatios) y 21 focos ahorradores de 20W.

El segundo es en la escuela “José María Urbina” donde se realizó un sistema de paneles solares fotovoltaicos. La instalación consiste en 17 paneles solares de 150W y 17 luminarias de 56W, con tecnología LED.

El tercero es en la población de Ambuquí el “Sistema de Alumbrado Público del Parque Central”, obra que incluye un sistema de generación fotovoltaica, compuesto por 48 paneles solares de 75W y 48 luminarias de 56W con tecnología LED, con esta instalación se ayudará mucho al mejoramiento del servicio eléctrico, el ornato de la Parroquia y la seguridad de la población.

La cuarta instalación es el “Sistema de Iluminación de la Cancha Deportiva” del Juncal, en la cual se encuentran operando 39 paneles de energía solar con capacidad para generar alrededor de 6 kW, lo que permitirá fomentar la práctica deportiva en horas de la noche.

En lo que se refiere a la apertura de este proyecto de investigación es satisfactorio decir que la misma ha sido aceptada en su totalidad, brindándonos el apoyo y colaboración necesaria para la realización de la investigación, porque este proyecto cumple con el objetivo principal de aportar al desarrollo de la localidad, haciendo uso de los recursos energéticos de la zona.

Desde luego un factor que no se menciona en esta información radica en el alto costo que representa la generación fotovoltaica, por dar un ejemplo: si analizamos a breves rasgos uno de estos proyectos podemos encontrar los siguientes costos de inversión en un sistema de 2,55 kW:

Tabla 1.1 COSTO DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA.

DISPOSITIVOS	COSTO UNITARIO	TOTAL
17 Paneles de 150 W	\$ 600	\$ 10200
12 Baterías	\$ 100	\$ 1200
Controlador de Carga	\$ 1000	\$ 1000
Inversor	\$ 500	\$ 500
Materiales de Instalación	\$ 1000	\$ 1000
	SUB TOTAL	\$ 13900

Elaborado por: Grupo de investigadores.

Además es conocido que se necesita una intensidad superior a 3[kWh/m²/día] de acuerdo a los requerimientos mínimos de un panel solar. Y que en la noche no generaría ninguna energía.

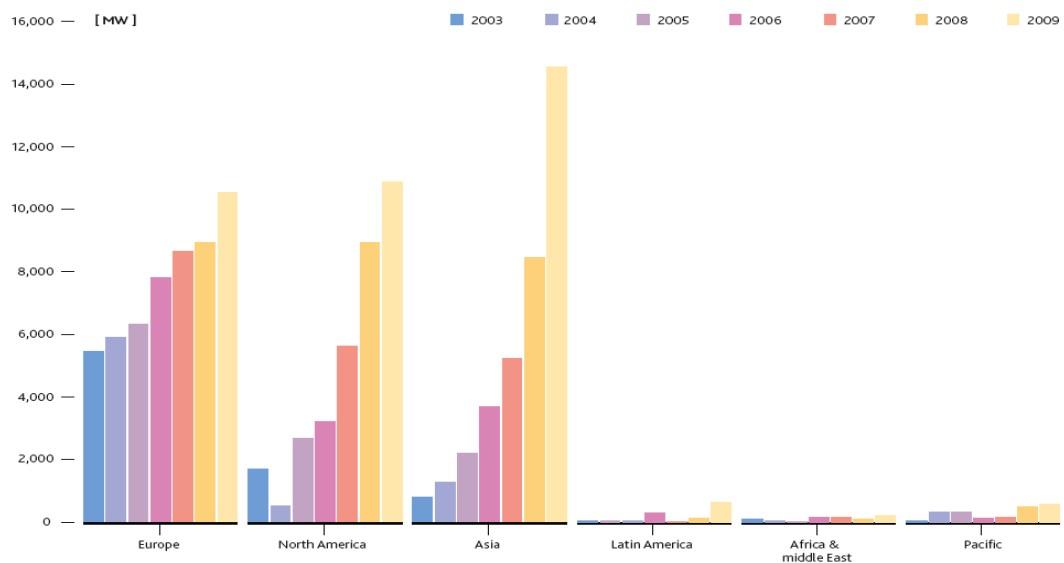
Lo que hace pensar que fusionarla con un sistema de generación eólico, que incluso, brindaría su servicio en la noche.

El mercado de la energía eólica se está desarrollando con tasas anuales de crecimiento alrededor del 30%, habiendo pasado de los 2.500 MW en el año 1992, a 94.000 MW a 1 de enero de 2008, con lo que se proporciona energía suficiente para satisfacer las necesidades de unos 50 millones de hogares, más de 120 millones de personas.

Europa lidera el mercado mundial de la energía eólica, tanto en lo que se refiere a la potencia instalada como a la industria del sector.

En la actualidad podemos afirmar que se han instalado plantas eólicas prácticamente en todas las áreas geográficas del continente. La producción de energía eléctrica en sistemas conectados a la red a través del uso de la energía eólica se está consolidando en muchos países europeos como una forma de diversificación de la actual estructura energética.

Figura 1.1 ANNUAL INSTALLED CAPACITY BY REGION 2003-2009.



Fuente: Global Wind Energy Council.

Según el informe anual de la consultora BTM Consulting, hubo un crecimiento de la potencia eólica en Europa, para el período comprendido entre 2007 y 2011, de 59.150 MW, seguida por América del Norte, con un incremento de 33.050 MW para el mismo período. Revisando los datos de la Agencia Internacional de la Energía del año 2005, se verifica lo pronosticado para España como el segundo país del mundo con mayor porcentaje de demanda de electricidad cubierta por energía eólica, habiendo alcanzado durante el año 2007 el 9,5 %, solo por detrás de Dinamarca con valores del 20,10%.

El primer parque eólico del Ecuador se inauguró en octubre del 2007 en la isla San Cristóbal del Archipiélago de Galápagos, con una potencia instalada de 2,4 MW. Y se espera que en 2010 esté en operación un segundo parque eólico ubicado en otra de las islas del Archipiélago de Galápagos, proyecto Baltra – Santa Cruz, con una potencia instalada de 3,2 MW. Dada la relevancia medioambiental del Archipiélago de Galápagos, el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) de Ecuador, se ha establecido como meta satisfacer toda la demanda eléctrica con energías renovables. Las expectativas de potencia instalada en generación eólica para el 2015 que perfila el MEER, se encuentran entre los 40 y 50 MW. (Fuente: http://www.tech4cdm.com/uploads/documentos/documentos_La_Energia_Eolica_en_Ecuador_fa0ef98a.pdf).

Tabla 1.2 OBJETIVO DE ENERGÍAS RENOVABLES EN 2015.

EXPECTATIVAS 2015	
Islas Galápagos	Cero combustibles fósiles (electricidad)
Energía eólica:	40-50 MW
Solar térmica:	50.000 sistemas residenciales
Solar FV-gran escala:	2-3 MW
Geotérmico	Desarrollo mínimo: 2 proyectos
Biogás (rellenos sanitarios)	3-4 MW

Fuente: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) de Ecuador.

Además, en 2009 se comenzó a trabajar en desarrollar el atlas eólico de Ecuador, con la finalidad de hacerlo accesible y publicarlo en la Web del MEER. A pesar de no disponer de la herramienta de evaluación del recurso eólico. Se prevé el desarrollo de proyectos eólicos en aquellas localizaciones en las cuales hay referencias históricas de vientos constantes, se han realizado estudios de factibilidad y están a la espera de financiación.

Tabla 1.3 PROYECTOS PREVISTOS DE GENERACIÓN EÓLICA EN ECUADOR.

OPORTUNIDADES EÓLICAS EN GALÁPAGOS	
San Cristóbal	2,4 MW (en operación desde octubre 2008)
Baltra	2,25 MW (proyectada hasta 12 MW)
OPORTUNIDADES EÓLICAS EN EL CONTINENTE	
Salinas	15 MW (privado)
Huascachaca	30 MW (publico)
Villonaco	15 MW (privado)
Las Chinchas	10 MW (privado)
Membrillo	45 MW (privado)
Electrificación rural (pequeña escala)	

Fuente: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) de Ecuador.

1.2 Medio Ambiente.

1.2.1 Concepto

Es el conjunto de elementos abióticos (energía solar, suelo, agua y aire) y bióticos (organismos vivos) que integran la delgada capa de la Tierra llamada biosfera, sustento y hogar de los seres vivos.

1.2.2 Factores Naturales.

Actualmente existen altos niveles de contaminación causados por el hombre, pero no sólo el hombre contamina, sino que también existen algunos factores naturales que benefician y también pueden perjudicar al medio ambiente. Algunos de éstos son:

1.2.2.1 Organismos Vivos.

Existen animales de pastoreo que son beneficiosos para la vegetación, como lo es la vaca que con sus heces abona la tierra, también existen animales como el chivo que con sus pezuñas y su forma de comer erosionan afectando la tierra.

1.2.2.2 Clima.

- La lluvia es necesaria para el desarrollo de la vida.
- El viento sirve en la dispersión de semillas, proceso beneficioso para la vegetación.
- La nieve quema las plantas, pero algunos tipos de vegetación como la araucaria requieren de un golpe de frío para que puedan fructificar.
- El calor y la luz del sol son elementos fundamentales en la fotosíntesis.

1.2.2.3 Relieve.

Existen relieves beneficiosos, como son los montes repletos de árboles, pero también los perjudiciales como son los volcanes que pueden afectar el terreno ya sea por la ceniza o por el riesgo de explosión magmática. El relieve lo forma cualquier irregularidad que se produce en la superficie terrestre.

1.2.3 El Ser Humano y el Medio Ambiente.

El ser humano es, en teoría, sólo una especie más. Sin embargo, su gran capacidad para explotar los recursos naturales y su dominio sobre la energía lo convierten en una especie diferente a las otras. La relación del ser humano con los ecosistemas en los que ha vivido ha ido cambiando a lo largo de su historia de acuerdo con el incremento en el número de hombres y mujeres sobre la Tierra y con el desarrollo de su tecnología. Del medio ambiente proceden todos los recursos que se utiliza para vivir: aire, agua, alimentos, energía, etc. Sin embargo, también los residuos y las consecuencias de nuestro desarrollo acaban en él. Al efecto que una determinada acción humana produce en el medio ambiente se le denomina **impacto ambiental**.

La construcción de una presa lleva asociado un importante cambio sobre el hábitat en el que se implanta (ver la figura 1.2). El impacto más claro es el que se produce sobre los peces que allí viven, ya que interrumpe su cauce natural; desaparecen las orillas, por lo que muchos animales dejan de criar. Incluso el aumento de la humedad atmosférica en torno al embalse condiciona la presencia de ciertas especies vegetales.

Figura 1.2 CONSTRUCCIÓN DE UN EMBALSE.



Fuente: http://www.cma.gva.es/areas/educacion_ambiental/educ/MANUALDE_1.PDF

Uno de los efectos más graves de la relación con la naturaleza es la **contaminación**. Desgraciadamente, no es extraño que cada cierto tiempo se produzcan vertidos de petróleo y sus derivados al mar. Sólo es cuestión de prestar un poco de atención a los medios de comunicación para conocer sus fatales consecuencias.

Durante toda la historia del ser humano, éste ha recurrido preferentemente a formas de energía no renovables, es decir, que tras su uso sistemático acabarán por agotarse, se puede destacar la madera procedente de la tala de árboles, el carbón o el petróleo.

Sin embargo, existen **energías renovables** que **se obtienen de fuentes inagotables, es decir, fuentes que no se gastan con su utilización, o que tardan un corto periodo de tiempo en regenerarse**. En la energía renovable se emplea la fuerza del viento (eólica), del agua (hidráulica), la radiación del sol (solar) o el poder calorífico de la materia orgánica (biomasa). En la gráfica se muestra un ejemplo de este tipo de energía.

Figura 1.3 EL VIENTO ES UNA FUENTE DE ENERGÍA INAGOTABLE.



Fuente: http://www.cma.gva.es/areas/educacion_ambiental/educ/MANUALDE_1.PDF

1.2.4 Desarrollo sostenible.

Parece ser que la relación del ser humano con la naturaleza no se ha desarrollado de la forma más correcta. En gran medida, esto se ha debido al desconocimiento de las consecuencias negativas en su modo de vivir.

A finales de los años ochenta surgió un concepto que hoy día tienen asumido la mayoría de los países y del cual depende nuestro futuro: el **desarrollo sostenible**. Este término se generaliza en el Informe Brundtland, también conocido como “Nuestro Futuro Común” (Comisión Mundial para el Desarrollo del Medio Ambiente de las Naciones Unidas, 1987).

El desarrollo sostenible **puede definirse como aquel modelo de desarrollo que busca satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la satisfacción de las necesidades de generaciones futuras.**

1.3 Energía Solar.

1.3.1 Historia.

La energía solar es para todos simplemente porque el sol brilla en todos los rincones del planeta. De hecho, la energía solar puede ser rastreada hace 2.500 años en la cultura griega, cuando comenzaron a diseñar sus casas para captar la radiación solar durante el invierno. Casi con total seguridad no fue la primera cultura humana en hacerlo. Después los romanos, que fueron los primeros en usar la energía solar en forma pasiva.

Posteriormente otras personas creerían descubrir por vez primera las ventajas de abrirse (o cerrarse) al Sol. Esta evolución en el aprovechamiento del Sol prosigue hoy con la invención de los paneles solares, celdas fotovoltaicas, etc.

El diseño de energía solar pasiva es un modo de calentar una casa simplemente por su diseño y ubicación. Tal vez no tenían vidrios en esas épocas, pero su arquitectura hacia posible usar los rayos solares para calentar dentro de las construcciones. Como resultado, no era necesario quemar leña para calentarse.

En 1861, Auguste Mouchout inventó el primer motor solar activo. Desafortunadamente, su elevado precio hizo imposible que se fabricara comercialmente. Menos de 20 años después, Charles Fritts invento las células solares que fueron después usadas en los paneles, calentadores, satélites y otros dispositivos.

Ya que lo que él invento era muy primitivo, otras personas experimentaron con la energía solar. Una de esas personas fue Albert Einstein quien ganó el Premio Nobel de física por sus investigaciones del efecto fotoeléctrico que es un fenómeno asociado con la generación de electricidad en las células solares.

En 1953, Bell Laboratories, que conocemos hoy en día como AT&T, desarrollo la primera célula solar de silicón capaz de generar una corriente eléctrica medible. Tres años después, las células solares costaban 300 dólares por watt. Con la Guerra fría y la carrera espacial, las células solares llegaron a estar en los satélites y los aviones.

Pero el evento más grande en el desarrollo de la energía solar ocurrió durante la crisis petrolera en 1973. Esto obligó al gobierno de los Estados Unidos a invertir en el desarrollo de las células solares creadas por Bell Laboratories 20 años antes. Para los noventas, el precio de la energía solar se mantuvo constante debido a que el precio del petróleo bajó. Los fondos solares fueron dirigidos a otras investigaciones, y pronto Estados Unidos se vio relegado en tecnología solar por Alemania y Japón.

En el 2002 por ejemplo, Japón instaló 25,000 paneles solares en los techos de las casas. Debido a esto el precio de los paneles solares cayó conforme la demanda crecía. Hasta el día de hoy la energía solar crece a un modesto ritmo del 30%. Si bien ha habido avances en materia solar, sus fundamentos siguen siendo los mismos. Los rayos solares son atrapados y después convertidos en electricidad.

1.3.2 Concepto.

Energía Solar es la energía que proporciona el sol a través de sus radiaciones y que se difunde, directamente o de modo difuso, en la atmósfera.

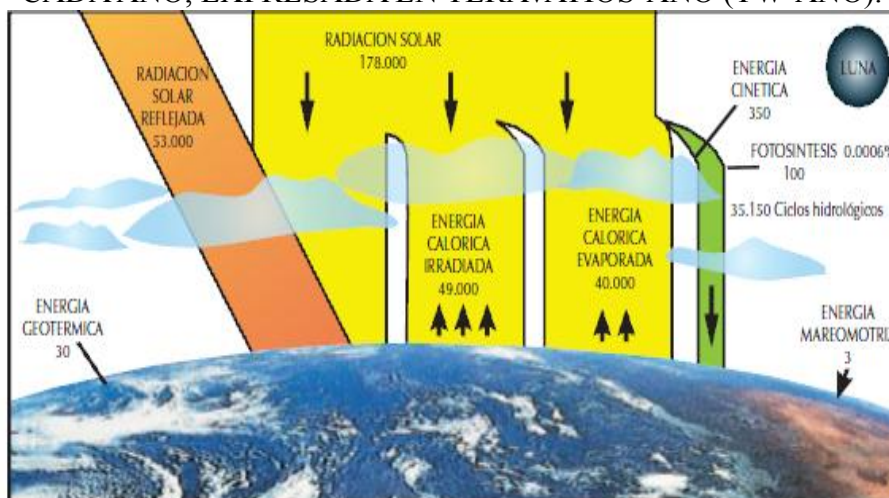
1.3.3 Insolación Promedio del planeta

El hecho de que la radiación solar sea homogénea a lo largo del año reduce en forma significativa el problema de variaciones aleatorias de este parámetro, lo que hace muy confiable y rentable el uso tecnológico de este recurso para diversas aplicaciones. Estas podrían clasificarse en dos tipos: solar fotovoltaico y solar térmico.

La energía solar que se recibe en la superficie de la tierra se ha calculado equivalente a 178 000 TW-año. En 1990 se calculaba que esta cantidad era 15 000 veces mayor que el consumo global.

No obstante, cerca del 30% de esta energía es reflejada en el espacio, 50% es absorbida, convertida en calor y reenviada a la superficie terrestre; de este 50%, 49 000 TW-año son reenviados como energía calorífica bajo la forma de radiación electromagnética y 40 000 TW-año como energía calórica propiamente dicha. (Fuente: Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica CONELEC).

Figura 1.4 ENERGÍA QUE INGRESA A LA TIERRA EN PROMEDIO CADA AÑO, EXPRESADA EN TERAVALIOS-AÑO (TW-AÑO).



Fuente: Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica (CONELEC).

Elaborado por: Davis Ged, 1990.

El 20% restante permite la formación de los vientos (~350 TW), alimentan de energía los ciclos hidrológicos (~35 000 TW) y tan solo una muy pequeña parte de la energía solar es utilizada por la fotosíntesis, gracias a la cual la biodiversidad planetaria existe (100 TW), este aprovechamiento de la radiación solar se puede visualizar en la figura 1.4. (Fuente: Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica CONELEC).

Para efectos de comparación, la energía geotérmica, considerada también renovable, y proveniente del proceso de formación cósmica, puede ser sustraída de la corteza terrestre hasta un valor de 30 TW-año. La energía de las mareas, creada por la atracción de la luna, puede también entregar una pequeña parte de la energía utilizable del orden de 3 TW-año.

Las estimaciones del potencial de las energías renovables (biomasa primaria, energía solar, energía hidráulica, energía eólica y energía geotérmica) muestran que su contribución se multiplicará por diez en el mediano plazo, pudiendo llegar hasta 10 o 15 TW-año. Este crecimiento de las energías renovables dependerá sobretodo de sus costos, de los impuestos a las energías no renovables y de las políticas energéticas.

1.3.4 Importancia.

Los hallazgos que llevaron a obtener diversos descubrimientos en los distintos tipos de energías renovables y no contaminantes hicieron que nuestra vida se torne un poco más fácil; lo mismo ocurrió con la energía solar, la misma que es una fuente de energía renovable que suplanta a miles de tipos de energías no renovables y justó allí radica la importancia de esta energía.

La energía solar funciona de muchas maneras, una de ellas es mediante los paneles solares de tipo fotovoltaicos, éstos se encargan de captar los rayos del sol con el objetivo de transformarlos mediante un proceso muy tecnológico en electricidad. De esta forma se pueden cubrir todas las necesidades básicas que un hogar posee, hasta incluso, en muchos países el uso de la energía solar se comercializa de forma muy rentable. Las viviendas que se alimentan de la energía solar y poseen paneles fotovoltaicos, utilizan la energía térmica obtenida de ellos con el fin de calentar agua, permitiendo así un gran ahorro de energía.

Con los avances tecnológicos y los procesos de investigación constantes la producción de paneles solares ha mejorado así como la explotación de energía solar, dándole la posibilidad a cualquier consumidor de convertirse tanto en usuario como inversionista.

De todas formas no todos podemos instalar un panel solar en nuestra casa, y es por eso que necesitamos asesoramiento profesional para estudiar las condiciones de luz y los costos entre otras cosas, por tal razón en poco tiempo la energía solar vendrá hacer una variante a la crisis energética mundial.

Los investigadores consideran que la energía solar es, inagotable, limpia, respetuosa con el ambiente, por lo que propone las bases de sistemas energéticos autosustentables.

1.3.5 Técnicas para capturar directamente la Energía Solar.

1.3.5.1 Energía Solar Fotovoltaica:

Se refiere a la electricidad producida por la transformación de una parte de la radiación solar con una célula fotoeléctrica (es un componente electrónico que, expuesto a la luz (fotones), genera una tensión). Varias celdas están conectadas entre sí en un módulo solar fotovoltaico. Y, después, varios módulos se agrupan para formar un sistema solar para uso individual o una planta de energía solar fotovoltaica, que son almacenadas en baterías, como se puede ver en la figura 1.5 que suministra una red de distribución eléctrica. El término “fotovoltaica” se refiere al fenómeno físico – el efecto fotovoltaico – o bien a la tecnología asociada.

Figura 1.5 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.



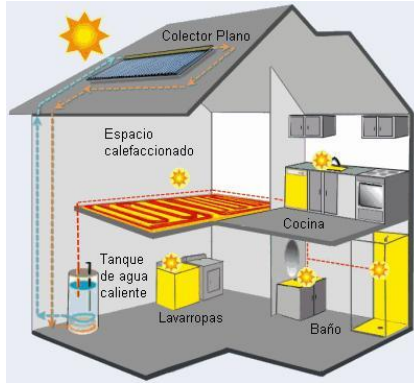
Fuente: <http://www.enesostenible.com/solarfotovoltaica.html>.

1.3.5.2 Energía Solar Térmica:

Consiste en utilizar el calor de la radiación solar. Se presenta en diferentes formas: centrales solares termodinámicas, agua caliente y calefacción, refrigeración solar, cocinas y secadores solares.

La energía solar termodinámica es una técnica que utiliza energía solar térmica para generar electricidad. Un sistema de calentamiento de agua se puede ver en la figura 1.6

Figura 1.6 ENERGÍA SOLAR TÉRMICA.



Fuente: <http://www.energiverde.com/wp-content/uploads/2011/01/Energia-solar-Termica-casa.JPG>

1.3.5.3 Energía Solar Pasiva:

El uso más antiguo de la energía solar consiste en beneficiarse del aporte directo de la radiación solar y es la llamada energía solar pasiva. Para que un edificio se beneficie con muy buena radiación solar, se debe tener en cuenta la energía solar en el diseño arquitectónico: fachadas dobles, orientación hacia el sur y superficies vidriadas, entre otros, como se pueden ver los grandes ventanales de la vivienda en la figura 1.7.

Figura 1.7 ENERGÍA SOLAR PASIVA.



Fuente: http://lopezagui.blogspot.com/2010_04_01_archive.html
Publicado por: Jechu y Paula

El aislamiento térmico desempeña un papel importante para optimizar la proporción del aporte solar pasivo en la iluminación de un edificio. Una casa o un edificio que posean energía solar pasiva estarán contribuyendo a un importante ahorro energético.

1.3.6 Recursos de Energía Solar en Ecuador.

El Ecuador es un país con características topográficas muy variadas, de gran diversidad climática y condiciones únicas que le confieren un elevado potencial de energías renovables y limpias, pues las condiciones de cobertura y satisfacción de la demanda que se presentan en la actualidad, demuestran un estrecho vínculo especialmente con la electrificación rural.

El diseño de políticas, estrategias y medidas para incentivar el mayor uso de estas energías limpias que promuevan el desarrollo especialmente en zonas rurales, se fundamenta en su cuantificación, disponibilidad y distribución estacional en el territorio.

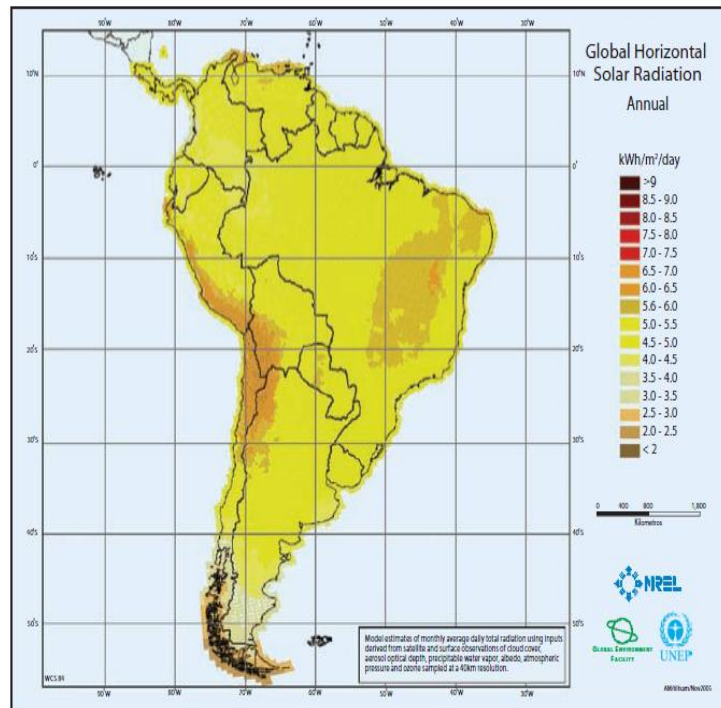
La utilización práctica de la energía solar, un recurso renovable y limpio, para generación Eléctrica, tiene como objetivos principales: la contribución a la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero, la disminución de la generación con energías no renovables con el consecuente ahorro en combustibles fósiles, y la posibilidad de llegar con electricidad a zonas alejadas de las redes de distribución.

La necesidad de contar con un documento técnico que cumpla con esta exigencia a fin de impulsar el uso masivo de la energía solar como fuente energética motivó al CONELEC a publicar, en agosto de 2008, el “Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica”, el mismo que fue elaborado por la Corporación para la Investigación Energética (CIE).

El Atlas incluye la cuantificación del potencial solar disponible y con posibilidades de generación eléctrica, mapas mensuales de radiación directa, global y difusa y sus correspondientes isohelias, con el fin de ubicar proyectos locales más específicos que permitan utilizar esta tecnología para obtener calor y electricidad para diversas aplicaciones como fabricar colectores térmicos y módulos fotovoltaicos. (Fuente: Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica CONELEC).

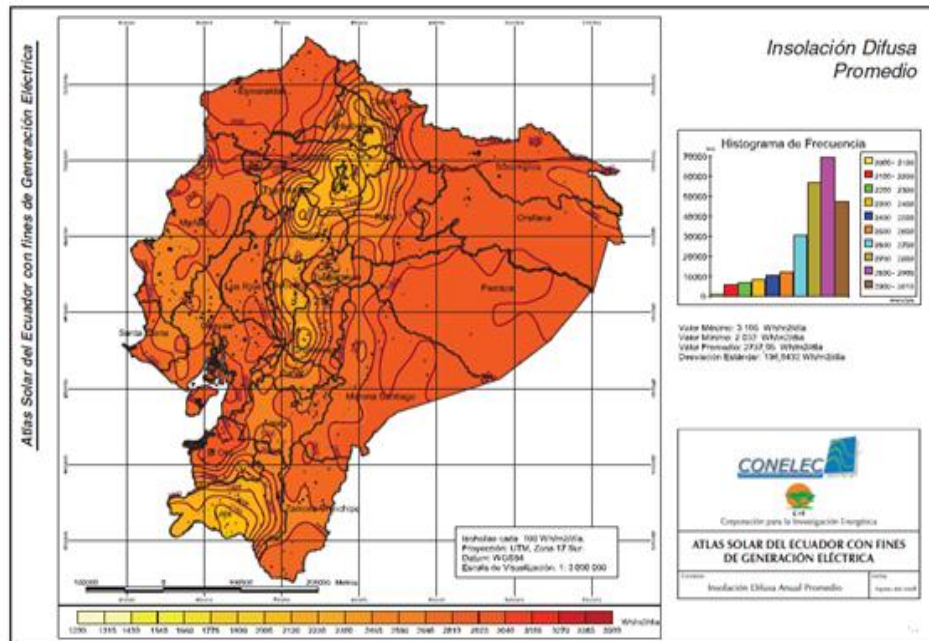
El Ecuador por estar situado sobre la línea ecuatorial tiene un potencial solar que sin ser el mejor del planeta, se sitúa en niveles muy importantes. Los datos de radiación solar en Ecuador presentan homogeneidad de los valores a lo largo del año, así por ejemplo, en el observatorio del Coca en la Amazonía, los valores diarios oscilan entre los $3,35 \text{ kWh/m}^2$ en el mes de mayo y los $4,33 \text{ kWh/m}^2$ de septiembre. (Fuente: Plan Maestro de Electrificación 2009-2020 CONELEC).

Figura 1.8 INSOLACIÓN GLOBAL HORIZONTAL EN SUDAMÉRICA.



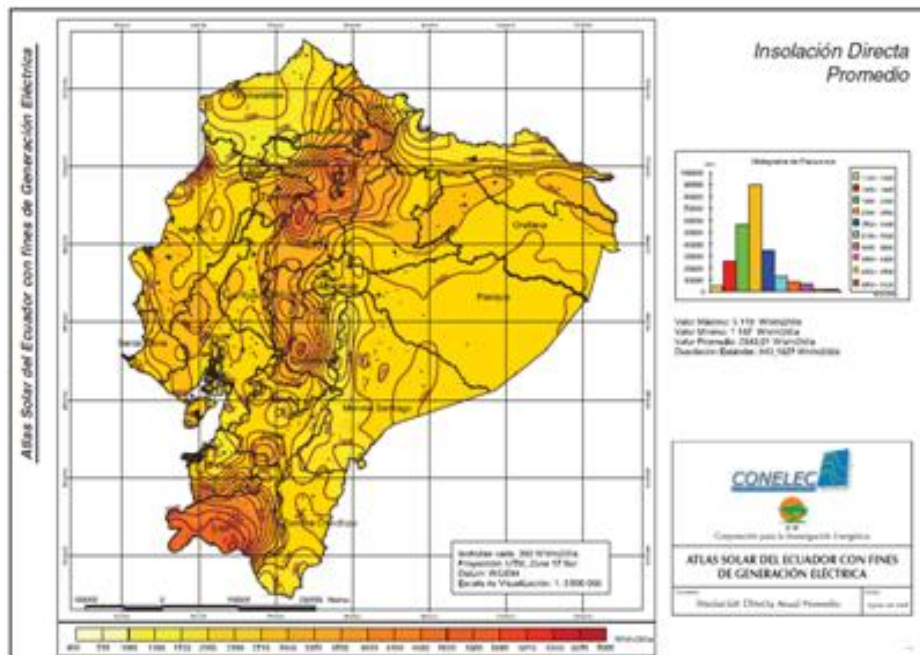
Fuente: Nacional Renewable Energy Laboratory de los Estados Unidos.

Figura 1.9 INSOLACIÓN DIFUSA PROMEDIO.



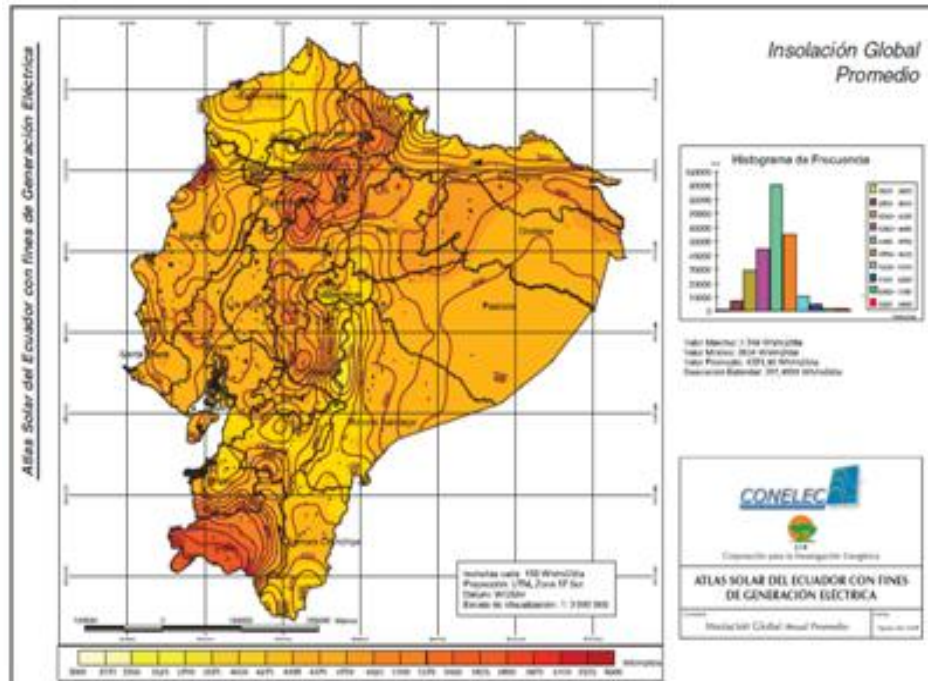
Fuente: Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica
Elaborado por: Corporación para la Investigación Energética (CIE).

Figura 1.10 INSOLACIÓN DIRECTA PROMEDIO.



Fuente: Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica
Elaborado por: Corporación para la Investigación Energética (CIE).

Figura 1.11 INSOLACIÓN GLOBAL PROMEDIO.



Fuente: Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica
Elaborado por: Corporación para la Investigación Energética (CIE).

1.4 Radiación Solar.

Según el Ingeniero Mecánico J. P. HOLMAN (1998), manifiesta que “La Radiación Solar es una forma particular de radiación térmica con una distribución particular de longitudes de onda y que su intensidad depende fuertemente de las condiciones atmosféricas, época del año y del ángulo de incidencia de los rayos del sol en la superficie de la tierra.”

En el límite exterior de la atmósfera, la irradiación solar total cuando la tierra se encuentra a la distancia media del sol es 1.395 W/m^2 . Este número es denominado *constante solar* y está sujeto a modificaciones según se recojan datos experimentales más precisos.

No toda la energía de la constante solar alcanza la superficie de la tierra, debido a la fuerte absorción que realizan el dióxido de carbono y el vapor de agua de la atmósfera. La radiación solar que incide sobre la superficie de la tierra depende también del contenido en polvo y otros contaminantes de la atmósfera. La energía solar máxima alcanza la superficie de la tierra cuando los rayos inciden normalmente a la tierra porque (1) al flujo solar incidente se le presenta un área de vista más grande y (2) los rayos solares viajan una distancia más pequeña a través de la atmósfera de modo que hay menos absorción que la que habría para un ángulo incidente inclinado respecto a la normal.

Si todos los materiales se comportasen como cuerpos grises, el análisis de la radiación solar no sería un problema particular; sin embargo, puesto que la radiación solar se concentra a longitudes de onda cortas, en oposición a las longitudes de onda mucho más largas para la mayor parte de la radiación térmica <<terrestre>>, un material puede presentar propiedades como la absorción y la transmitancia, completamente diferentes para los dos tipos de radiación (radiación solar y la radiación a baja temperatura).

Según FAYE MC QUISTON, JERALD PARKER Y JEFFREY SPITLER (2003), manifiestan que “La radiación solar tiene efectos importantes tanto en la ganancia como en la pérdida de calor que experimenta un edificio”.

Este efecto depende en gran medida de la ubicación del Sol en el cielo y de la claridad de la atmósfera, así como de la naturaleza y orientación del edificio. En este punto es conveniente plantear las formas de predecir la variación en la ubicación del Sol en el cielo durante el día y al paso de las estaciones del año. Para varias ubicaciones en la superficie de la Tierra, también resulta útil saber cómo predecir, para condiciones meteorológicas específicas y la irradiación solar que recibe una superficie en cualquier momento del día y en cualquier lugar de la Tierra.

Cuando se hace estudios de energía y cuando se diseñan viviendas solares pasivas y colectores solares se requiere saber qué cantidad total de radiación recibe una superficie durante un periodo especificado. El diseñador siempre debe tener el cuidado de distinguir entre la máxima radiación que podría incidir sobre una superficie en un momento determinado (dato necesario para los cálculos de la carga) y los valores promedio de irradiación para esa misma superficie (datos requeridos para cálculos de energía disponible y para diseño de colectores solares y de aprovechamiento pasivo de energía solar).

1.4.1 Radiación Térmica.

Según FAYE MC QUISTON, JERALD PARKER Y JEFFREY SPITLER (2003), “Se refieren a que la radiación solar está constituida por varias clases de radiaciones electromagnéticas, las cuales tiene algunas características en común, pero difieren en el efecto que producen, que a su vez depende de su longitud de onda”.

Entre otras, el espectro solar incluye la radiación ultravioleta, la luz visible y la radiación infrarroja. La superposición de las longitudes de onda de la mayor parte de la radiación infrarroja, la totalidad de la luz visible y una parte del espectro ultravioleta constituyen la porción de la radiación solar denominada *radiación térmica*, por ser la parte del espectro electromagnético que más participa en la transmisión de la energía calorífica por radiación.

Por otra parte, cuando una sustancia incrementa su nivel de energía (es decir, su temperatura), la radiación electromagnética producida por este incremento de temperatura se manifiesta principalmente en la banda de la radiación térmica. La radiación térmica es la porción del espectro electromagnético cuya longitud de onda va de $0.1 \times 10^{-6} \text{m}$ hasta aproximadamente $100 \times 10^{-6} \text{m}$.

Tanto en el Sistema Internacional como en el sistema inglés, la unidad que más se utiliza para estas longitudes de onda es el *micrón* ($1\mu m = 10^{-6}m$); por lo tanto, el rango aproximado de la radiación térmica es de 0.1 a 100 micrones. Solo una porción de las longitudes más cortas de este rango es visible para el ojo humano. Para comprender mejor el efecto de la energía solar sobre un edificio, aquí se revisan brevemente las características generales de la radiación térmica.

A la radiación térmica total que incide sobre una superficie desde todas las direcciones y desde todas las fuentes se le denomina *irradiación total o irradiación global (G)*, y se mide en $Btu/(hr-ft^2)$ o en W/m^2 .

La energía radiante se origina en la superficie o desde el interior de un medio debido a la temperatura de la materia. La tasa de emisión de energía se enuncia en términos de *potencia emisiva total (E)*, cuyo valor depende únicamente de la temperatura del sistema y de las características del material del sistema. Algunas superficies emiten más energía que otras a la misma temperatura. Las unidades de E pueden expresarse en $Btu/(hr-ft^2)$ o en W/m^2 . E es la energía total emitida al espacio, en todas direcciones, por una superficie.

Por lo tanto, la energía radiante que abandona una superficie opaca ($\tau = 0$) proviene de dos fuentes: 1) la energía emitida y 2) la irradiación reflejada.

1.4.2 Tipos de Radiaciones.

La diferencia entre los diferentes tipos de radiaciones está en cómo inciden los rayos solares en la tierra. Tenemos tres tipos:

- a) **Directa:** Es la que recibimos cuando los rayos solares no se difuminan o se desvían a su paso por la atmósfera terrestre.

- b) **Difusa:** Cuando la atmósfera terrestre difumina o desvía los rayos solares, la llamamos radiación difusa. Éste desvío de los rayos solares, se produce por el choque directo con ciertas moléculas y partículas contenidas en el aire, por este motivo, los rayos solares no tienen una dirección directa.

- c) **Albedo:** Los rayos solares no solamente pueden ser desviados por causas atmosféricas, también pueden sufrir una reflexión a causa de superficies planas, ejemplos, la reflexión que se produce en un terreno nevado, y la reflexión que sucede sobre el agua del mar. Tenemos que tener en cuenta un dato significativo, y es que las 2/3 partes del planeta es agua oceánica.

Radiación global será la suma de las radiaciones directa y difusa y la **radiación total** será la suma de todas las radiaciones, directa, difusa y albedo.

Cuando estamos hablando de energía solar fotovoltaica, debemos tener presente que **la radiación** que realmente nos importa es la directa, es la que mayor potencial tiene.

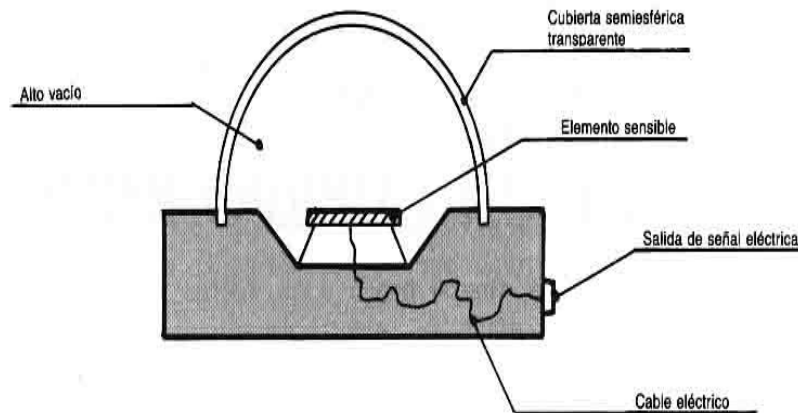
También debemos tener en cuenta ciertos factores. En primer lugar, el factor climático es importante, en un día nublado, tendremos una radiación difusa; en cambio, si es soleado, la radiación recibida será directa. El segundo factor, es la inclinación de la superficie que recibe la radiación. Y, el tercer factor, es la presencia o ausencia de superficies reflectantes, las superficies claras son las que más reflejan la radiación solar, por este motivo, las casas se pintan de blanco.

1.4.3 Instrumentos de Medición de la Radiación Solar.

Según CTE-CENTRO DE TECNOLOGÍA EDUCATIVA S.A. (1994), manifiesta que para las medidas de la radiación solar, existen diversos instrumentos que son:

- a) **El Piranómetro** es un instrumento que mide la radiación total (directa + difusa). Consta de una cubierta transparente semiesférica en cuyo interior se ha hecho el vacío. En el centro se encuentra una célula fotoeléctrica especial o una termopila formada por sectores blancos y negros. El piranómetro proporciona una señal eléctrica proporcional a la radiación incidente. Los piranómetros son aparatos de alta precisión que se fabrican en series pequeñas y son, por lo tanto, de elevado precio. Los piranómetros suelen instalarse bien horizontales o bien inclinados en el mismo ángulo que los colectores solares, un esquema de sus componentes se observa en la figura 1.12.

Figura 1.12 PIRANÓMETRO.



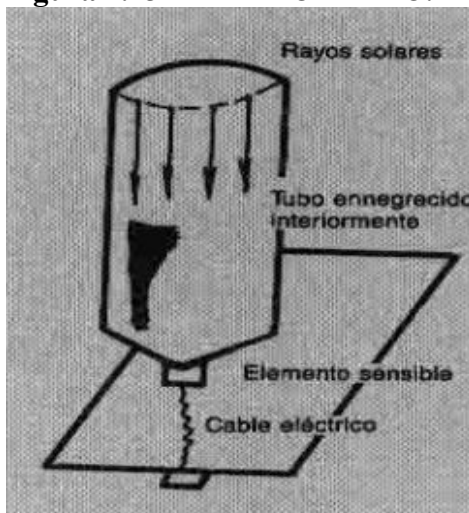
Fuente: Libro Curso de Energía Solar Tomo 2.

Elaborado por: Centro de Tecnología Educativa S.A

- b) **Los pirheliómetros** son instrumentos destinados a medir la radiación directa. Su funcionamiento es similar al del piranómetro, pues también tiene una célula fotoeléctrica o una termopila como elemento sensible. La diferencia respecto al piranómetro estriba en que mientras el piranómetro tiene una cubierta transparente, semiesférica, destinada a dejar pasar la radiación solar de todas las direcciones, el pirheliómetro tiene un largo tubo ennegrecido interiormente, el cual ha de estar apuntando continuamente al Sol, accionado por un mecanismo automático.

Debido al largo tubo, cuyo diámetro y longitud están calculados de forma que el elemento sensible sólo “vea” el disco solar, el pirheliómetro únicamente mide la radiación directa. Los pirheliómetros se usan cada vez menos, debido a la complicación que representa el mecanismo del seguimiento del Sol. En su lugar cuando se desea medir la radiación directa, se usan 2 piranómetros iguales situados uno al lado del otro en el mismo plano y con la misma inclinación. De estos dos piranómetros, uno de ellos se cubre, a una distancia, por una tira de material opaco, convenientemente orientado, de forma que este piranómetro siempre esté en sombra. En esta situación el piranómetro destapado proporciona la radiación total (directa + difusa) mientras que el piranómetro de sombra proporciona sólo la difusa. La diferencia de ambos valores, nos da el valor de la radiación directa, un esquema se puede observar en la figura 1.13.

Figura 1.13 PIRHELIÓMETRO.



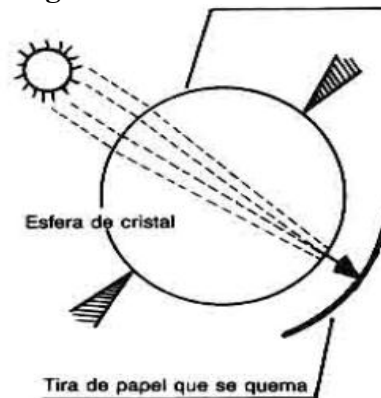
Fuente: Libro Curso de Energía Solar Tomo 2.

Elaborado por: Centro de Tecnología Educativa S.A

- c) **El heliógrafo** es un instrumento que no mide propiamente la radiación solar sino el número de horas de Sol. Consta de una bola de vidrio que hace de lente y de una tira de papel especial, convenientemente graduada.

Cuando hace sol, el papel se va quemando y al cabo del día puede saberse el número de horas de sol que ha habido en función de las marcas consumidas, como se puede apreciar en la figura 1.14.

Figura 1.14 HELIÓGRAFO.



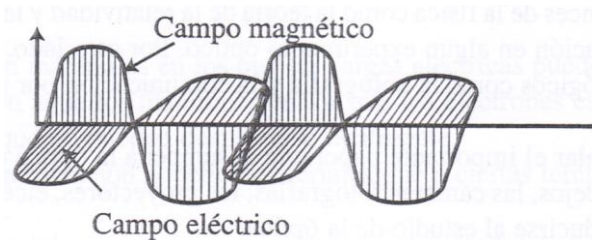
Fuente: Libro Curso de Energía Solar Tomo 2.

Elaborado por: Centro de Tecnología Educativa S.A

1.5 Campo o Radiación Electromagnética.

Según CARLOS GUTIÉRREZ ARANZETA (1999), ostenta que “El Espectro Electromagnético son las diversas formas de radiación electromagnéticas, dividido a su vez en diferentes bandas caracterizadas por sus frecuencias o sus longitudes de onda.”

Figura 1.15 LA LUZ ES UNA ONDA ELECTROMAGNÉTICA.



Fuente: Libro Electromagnetismo y Óptica primera edición

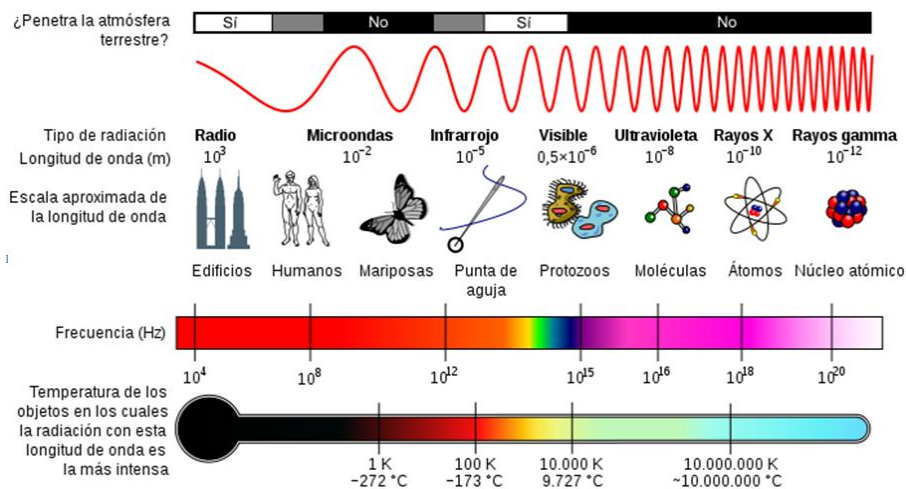
Elaborado por: Carlos Gutiérrez Aranzeta.

Una onda electromagnética es una perturbación constituida por campos eléctricos y magnéticos perpendiculares entre sí (Figura 1.15).

Dentro del espectro electromagnético, la luz visible forma solo una pequeña parte que comprende longitudes de onda entre 400 y 700 nm. En este intervalo percibimos lo que llamamos colores, que van del violeta al rojo a través del azul y el amarillo.

En el espectro están contenidas, además, las ondas de radio, las radiaciones infrarrojas, las radiaciones ultravioletas, las microondas, los rayos X y los rayos gamma. En la figura 1.16 se presenta el espectro electromagnético de acuerdo con la longitud de onda y la frecuencia.

Figura 1.16 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:EM_Spectrum_Properties_es.svg

Según ANTHONY F. MILLIS (1997), manifiesta que toda materia emite constantemente radiación electromagnética que viaja por el vacío a la velocidad de la luz, $c_0 = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$.

La radiación puede presentar propiedades ondulatorias (por ejemplo, los efectos de interferencia) o propiedades corpusculares (como el efecto fotoeléctrico).

1.6 Radiación de Cuerpo Negro.

Según ANTHONY F. MILLIS (1997), “Superficie Negra (o cuerpo negro) es una superficie ideal y se define como una superficie que absorbe la totalidad de la radiación que incide sobre ella, sin importar la longitud de onda o el ángulo de incidencia: no hay radiación reflejada.”

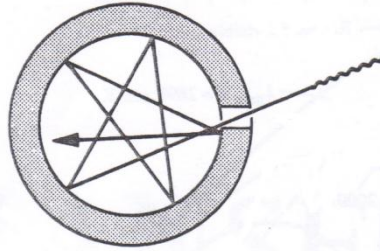
Una consecuencia evidente de esta definición es que toda la radiación que sale de esta superficie es emitida por la propia superficie. Una consecuencia un tanto más sutil es que no existe ningún tipo de superficie que, dadas una temperatura y una longitud de onda, pueda emitir más radiación que un cuerpo negro. Además, la radiación emitida por una superficie negra no tiene una dirección preferencial; es decir, la emisión es difusa.

Muchas de las superficies pueden considerarse superficies negras; por otro lado, la superficie negra es un patrón útil para comparar con las superficies reales. Como se muestra en la figura 1.17, un orificio en una cavidad es una buena aproximación a una superficie negra. La radiación que penetra por el orificio queda atrapada puesto que en cada reflexión se absorbe una parte de la energía restante. Estas superficies se consideran negras debido a que absorben la totalidad de la radiación visible que incide sobre ellas sin reflejarla.

Con todo, existen muchas superficies que absorben casi toda la radiación térmica incidente sin considerarse negras. Dichas superficies reflejan suficiente radiación del espectro visible como para ser detectadas por el ojo humano; algunos ejemplos son las cerámicas, como los óxidos de aluminio o de magnesio.

Por el contrario, las superficies que parecen negras a la vista pueden reflejar radiación que no está dentro del espectro visible.

Figura 1.17 CAVIDAD: EL ORIFICIO ES UNA APROXIMACIÓN A UN CUERPO NEGRO.



Fuente: Libro Transferencia de Calor primera edición.
Elaborado por: Anthony F. Millis.

1.7 Principios de Generación Eléctrica con Sistemas Fotovoltaicos.

1.7.1 Efecto Fotoeléctrico.

1.7.1.1 Introducción.

Según NORMA FLORES Y JORGE FIGUEROA (2004), manifiestan que debido a que los metales contienen electrones libres, se determinó que los electrones pueden extraerse de los metales utilizando los siguientes mecanismos:

- 1. *Emisión termoiónica (el efecto Edison).*** Los electrones son emitidos al calentar la superficie de un metal.
- 2. *Emisión secundaria.*** Partículas energéticas incidentes sobre algunos materiales, liberan aun a otros electrones de la superficie.
- 3. *Emisión de campo.*** Un campo eléctrico intenso extrae electrones de la superficie de un metal.
- 4. *Efecto fotoeléctrico.*** Luz incidente sobre un metal que expulsa electrones de la superficie.

A través del tiempo se trató de explicar la razón de ciertos fenómenos que se presentan con las placas al hacerles incidir un haz de luz y variar su intensidad y frecuencia. Así, se descubrió que el número de electrones *lanzados* por el haz es variable, que se interpreta como la corriente, y la cantidad de energía máxima de los electrones se interpreta por el diferencial de potencial mínimo que es necesario para frenar la corriente fotoeléctrica.

Los resultados obtenidos generaban una contradicción total de la teoría electromagnética, según la cual el campo magnético de la onda que incide en la placa es el que proporciona la energía necesaria para el escape de los electrones. Además, la emisión fotoeléctrica inicia sin un retraso considerable de tiempo cuando la placa es golpeada por el haz incidente. En otras palabras, el retardo es tan pequeño que el electrón debe ser capaz de absorber la energía que llega a la superficie, en una magnitud mucho mayor que la sección de un átomo para escapar del metal con la velocidad mencionada.

1.7.1.2 Los Principios Básicos que rigen el Efecto Fotoeléctrico.

Los principios básicos que rigen el efecto fotoeléctrico son los siguientes:

1. No hay emisión de electrones si la frecuencia de la luz incidente cae por debajo de la frecuencia umbral γ_0 , que es una característica del metal iluminado.
2. El efecto se observa si la frecuencia de la luz excede la frecuencia umbral, y el número de fotoelectrones emitidos es proporcional a la intensidad de la luz; sin embargo, la energía cinética máxima de los fotoelectrones es independiente de la intensidad de la luz, lo cual es posible explicar con los conceptos de la física clásica.

3. La energía cinética máxima de los fotoelectrones se incrementa con el aumento de la frecuencia de la luz.
4. Los electrones de la superficie se emiten casi de manera instantánea, incluso a bajas intensidades. Desde el punto de vista clásico se esperaría que los electrones requirieran algún tiempo para absorber la radiación incidente, antes de que alcancen la energía cinética necesaria que les permita escapar de la superficie del metal.

1.7.1.3 La Fórmula Fotoeléctrica de Einstein.

Einstein logró explicar con éxito el efecto fotoeléctrico mediante la suposición de que la energía del haz luminoso viaja a través del espacio en paquetes llamados fotones. Los fotones corresponden a la radiación con frecuencia γ .

Por su parte, Planck creía que la luz, aunque se emitía de la fuente en forma discontinua, viajaba a través del espacio como una onda electromagnética. La hipótesis de Einstein sugiere que la luz que viaja a través del espacio no se comporta como una onda, sino como una partícula. Los experimentos de Millikan verificaron a detalle las ideas de Einstein.

Según Einstein, la energía de los electrones liberados es:

$$K_{m\acute{a}x} = h\gamma - \Phi \qquad \text{Ecuación (1)}$$

$$K_{m\acute{a}x} = \frac{1}{2}mv^2 = \text{Energía cinética máxima del electrón desprendido del metal.}$$

En donde $h\gamma$ es la energía del fotón. La ecuación establece que el fotón transporte una energía $h\gamma$ hacia la superficie.

Parte de esta energía (Φ función trabajo) es la energía mínima que se utiliza para que el electrón pase a través de la superficie del metal. El resto de energía ($h\gamma - \Phi$) se comunica al electrón en forma de energía cinética; asimismo, si el electrón no pierde energía por colisiones internas, a medida que escapa el metal, tendrá esta energía cinética que los fotones presentan afuera de la superficie, aunque en la mayoría de los casos tendrán una energía menor que esta cantidad debido a las pérdidas internas.

La función trabajo del metal (Φ) representa la energía mínima con la cual el electrón está ligado al metal (**Tabla 1.4**).

Tabla 1.4 FUNCIÓN TRABAJO PARA ALGUNOS METALES.

Metal	Φ (eV)
Na	2.28
Al	4.08
Cu	4.70
Zn	4.31
Ag	4.73
Pt	6.35
Fe	4.5

Fuente: Libro Física Moderna primera edición

Elaborado por: Norma Flores y Jorge Figueroa.

A continuación se presenta un breve resumen del efecto fotoeléctrico.

1. El número de electrones liberados es proporcional a la intensidad de las radiaciones incidentes.
2. La energía cinética máxima de los fotoelectrones depende de la frecuencia, no de la intensidad de la luz incidente.
3. $K_{m\acute{a}x}$ tiene una relación lineal con γ a través de la ecuación $K_{m\acute{a}x} = eV_o = h\gamma - \Phi$.
4. El potencial de frenado V_o depende de la función trabajo Φ .

5. Existe una frecuencia umbral γ_0 por debajo de la cual no ocurre el efecto fotoeléctrico.
6. La emisión empieza, sin demora de tiempo, en $\gamma > \gamma_0$ (o bien, $\gamma - \gamma_0$) aun para la luz incidente de intensidad muy baja.

1.7.2 Celdas Fotovoltaicas.

1.7.2.1 Introducción.

La palabra fotovoltaico(a) está formada por la combinación de dos palabras de origen griego: ***foto***, que significa luz, y ***voltaico*** que significa eléctrico. El nombre resume la acción de estas celdas: transformar, directamente, la energía luminosa en energía eléctrica.

Las celdas fotovoltaicas son la parte principal de los sistemas fotovoltaicos, estas son las encargadas de convertir la energía del sol en electricidad. Este proceso no requiere de ninguna fuente o combustible excepto la luz.

Las celdas fotovoltaicas están formadas por materiales semiconductores capaces de producir, mediante una unión P-N, una barrera de potencial que hace posible el efecto fotovoltaico.

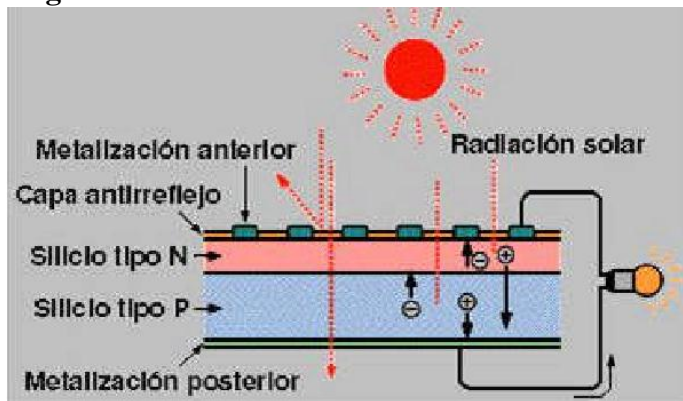
El tamaño de cada celda depende del proceso de fabricación, que varía de unos pocos centímetros cuadrados hasta 100 cm^2 o más y su forma es circular, cuadrada o derivada de estas dos geometrías.

(Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2252/1/CD-2992.pdf>).

1.7.2.2 Principio de Funcionamiento.

Al incidir la luz sobre la celda fotovoltaica, los fotones que la integran chocan con los electrones de la estructura del silicio, dándoles energía y transformándolos en conductores, debido al campo eléctrico generado en la unión P-N, los electrones son orientados, fluyendo de la capa "P" a la capa "N". En la Figura 1.18 se puede observar el funcionamiento de este fenómeno.

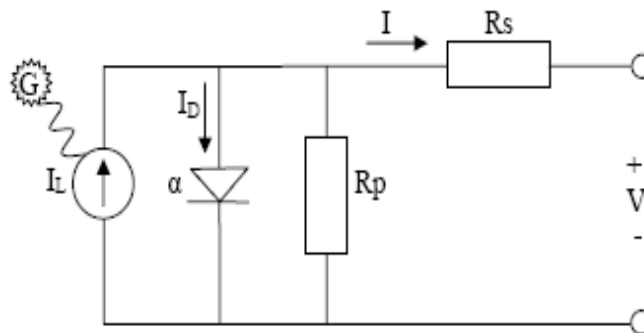
Figura 1.18 FUNCIONAMIENTO CELDA FOTOVOLTAICA.



Fuente: <http://members.fortunecity.es/renecajallas/fotovoltaico.html>.

La celda fotovoltaica real puede ser representada por el circuito equivalente de la Figura 1.19.

Figura 1.19 CIRCUITO EQUIVALENTE DE LA CELDA FOTOVOLTAICA.



Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2252/1/CD-2992.pdf>.

La ecuación del circuito se reduce a:

$$I = I_L - I_D - \frac{(V - IR_S)}{R_P} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Dónde:

R_S = Resistencia en serie y representa las pérdidas de los contactos superior e inferior entre la celda y los terminales de corriente. Esta resistencia debe ser lo menor posible.

R_P = Resistencia en paralelo y representa los defectos estructurales al interior de la celda que producen pérdidas. Esta resistencia debe ser lo más grande posible.

I_L = Corriente generada por los fotones en la celda solar en Amperios [A] (foto corriente).

I_D = Corriente del diodo que depende de las características y calidad de la celda y de la radiación solar.

V = Voltaje externo de la celda solar.

1.7.2.3 Tipos de Celdas Fotovoltaicas.

Las celdas solares de silicio se elaboran utilizando planchas monocristalinas, planchas policristalinas o láminas delgadas. Se unen capas de silicio tipo p y silicio tipo n, a través de una capa de barrera, que es esencial para el efecto fotovoltaico.

Las planchas monocristalinas se cortan de un lingote monocristalino que se desarrolla a aproximadamente 1400°C, lo que resulta en un proceso muy costoso. El silicio debe ser de una pureza muy elevada y tener una estructura cristalina casi perfecta.

Las planchas policristalinas se realizan por un proceso de moldeo en el cual el silicio fundido es vertido en un molde y se lo deja asentar. Entonces se rebana en planchas.

Como las planchas policristalinas son hechas por moldeo implican menores costos de producción, pero no son tan eficientes como las celdas monocristalinas. El rendimiento más bajo se debe a las imperfecciones en la estructura cristalina, resultado del proceso de moldeo.

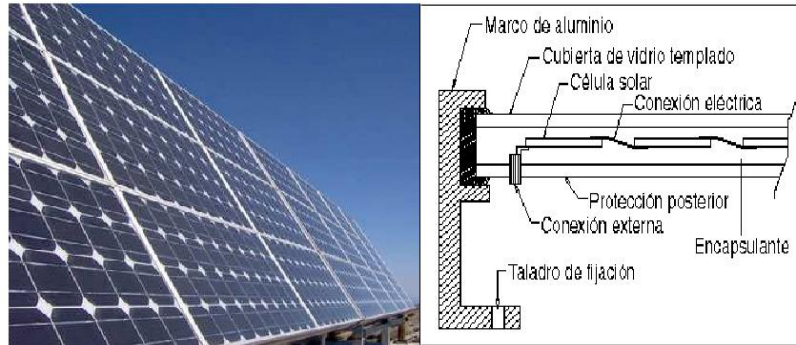
El otro tipo corresponde a las células amorfas. Como su nombre lo indica, estas células no poseen una estructura cristalina. Precisamente esa simplificación en la estructura conduce a un abaratamiento drástico de las mismas.

Otro tipo de celda existente en el mercado considera el hecho de que en el semiconductor empleado en la construcción de la misma, se generan cargas libres a partir de solo una parte del espectro luminoso (aquella cuya frecuencia y energía es igual o mayor a la energía de *función de trabajo* del material de la celda). Es por esto que algunas celdas solares se diseñan con multijunturas. Es decir, un conjunto de celdas individuales de distintos materiales, con una sola junta, que se apilan de forma que la primera celda captura los fotones de alta energía y deja pasar el resto, para que sean absorbidos por las demás células que requieren niveles de energía más bajos. Esto permite aumentar la eficiencia de conversión pero aumenta los costos de producción.

1.7.3 Modulo o Panel Fotovoltaico.

El módulo fotovoltaico es una estructura robusta y manejable sobre la que se colocan las células fotovoltaicas. Los módulos pueden tener diferentes tamaños (los más utilizados tienen superficies que van de los $0,5 \text{ m}^2$ a los $1,3 \text{ m}^2$) y constan normalmente de 36 células conectadas eléctricamente en serie, protegidas contra la intemperie, impactos y corrosión.

Figura 1.20 PANELES SOLARES Y SUS PRINCIPALES COMPONENTES.



Fuente: <http://www.eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb0831t.pdf>

Como se observa, el conjunto de células está cubierto por elementos que le confieren protección frente a los agentes externos y rigidez para acoplarse a las estructuras que los soportan. Los principales elementos que lo conforman son los siguientes:

- **Encapsulante:** Material que protege las celdas dentro del panel, debe presentar un índice elevado de transmisión de la radiación y baja degradación por efecto de los rayos solares.
- **Cubierta exterior de vidrio templado:** Permite que el panel resista condiciones climatológicas adversas y maximiza la transmisión luminosa, debe soportar cambios bruscos de temperatura.
- **Cubierta posterior:** Constituida normalmente por varias capas opacas que reflejan la luz que ha pasado entre las células, haciendo que vuelva a incidir otra vez sobre éstas.
- **Marco de metal:** Se construye generalmente de aluminio lo que asegura rigidez y estanqueidad al conjunto. En él se encuentran mecanismos que permiten el montaje del panel sobre la estructura de soporte.

- **Caja de terminales:** Incorpora los bornes para la conexión del módulo.
- **Diodo de protección:** Impide daños por sombras parciales en la superficie del panel.

El voltaje de los paneles depende del número de celdas solares que se conecten en serie y de la estructura cristalina del semiconductor usado. Los voltajes nominales son en general 12 o 24 Vcc. La vida útil de un panel solar fotovoltaico se considera que es entre 25-30 años y la deficiencia de dichos módulos se encuentra generalmente entre 9 y 15%.

La potencia nominal de los módulos indica la cantidad de energía que genera bajo condiciones nominales. Es decir, un módulo de 80 W de potencia nominal produce 80 Wh si durante una hora recibe la cantidad de radiación para la que fue diseñado. De forma que la potencia generada por el panel puede ser menor que la potencia nominal para condiciones de poca radiación solar.

El valor de corriente y voltaje necesarios para una aplicación específica se obtiene conectando paneles en paralelo o en serie.

1.7.3.1 Características Eléctricas de un Módulo Fotovoltaico.

1. **Potencia de Pico (Wp):** potencia suministrada por el módulo en condiciones estándar **STC** (Radiación solar = 1000 W/m²; Temperatura = 25 °C; A.M. = 1,5).
2. **Corriente nominal (A):** corriente suministrada por el módulo en el punto de trabajo.
3. **Tensión nominal (V):** tensión de trabajo del módulo.

1.7.3.2 Orientación de los Módulos FV.

Los módulos fotovoltaicos se colocan generalmente sobre los tejados o en patios. Un aspecto fundamental es cerciorarse de que ningún objeto proyecte su sombra sobre los módulos, al menos en las horas centrales del día.

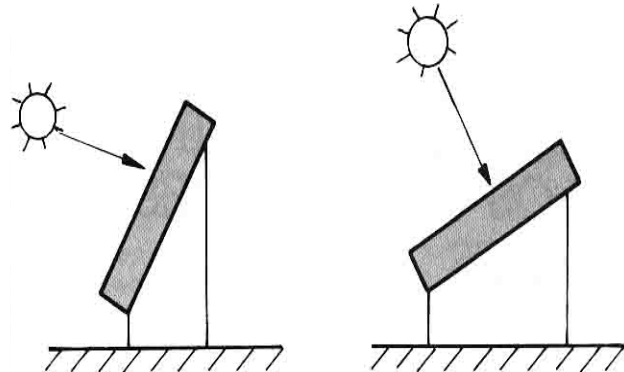
La orientación de los módulos se define a partir de dos ángulos principales:

- **Ángulo azimutal de la superficie (δ):** ángulo entre la proyección de la normal a la superficie en el punto horizontal y la dirección sur-norte (para localizaciones en el hemisferio norte) o norte-sur (para localizaciones en el hemisferio sur).
- **Inclinación (β):** ángulo entre el plano de la superficie a considerar y la horizontal.

La máxima captación en los colectores solares con estructura y orientación fija, se logra colocando los módulo dirigidos hacia el Sur en el caso de una región en el hemisferio Norte, y hacia el Norte en el caso de ubicaciones en el hemisferio Sur ($\delta = 0^\circ$).

Esta configuración permite balancear las posibilidades de captación entre la mañana y la tarde si se suponen características similares de irradiación. Aunque una variación de hasta 30° en el azimutal puede provocar variaciones mínimas de alrededor de 1%. Con dicha orientación ($\delta = 0^\circ$), la máxima captación en promedio anual se obtiene inclinando los paneles un ángulo igual a la latitud de la región en que se instalan. Como se puede ver en la figura 1.21.

Figura 1.21 CAPTACIÓN SOLAR EN DIFERENTE ALTURA DEL SOL E INCLINACIÓN DE LOS PANELES.



Fuente: Libro Curso de Energía Solar Tomo 2.

Elaborado por: Centro de Tecnología Educativa S.A

Según CARLOS ROBERTO PRADO MORA (2008), las variaciones en la inclinación de $\pm 15^\circ$ respecto al ángulo óptimo produce una reducción aproximada del 2,5% en la capacidad de captación del panel.

Si se desea maximizar la captación de energía en las mañanas, el panel deberá orientarse al Este ($\delta \approx -75^\circ$) con una inclinación mayor de la acostumbrada (mayor que la latitud). En lugares en que existe asimetría de radiación solar en las mañanas y en las tardes, por ejemplo por el aumento de nubosidad en las tardes, provocan que el máximo de captación, no se logre con azimutal = 0° , sino con una orientación ligeramente hacia el Este.

En cualquier caso es recomendable una inclinación mayor de 10° , para que el agua de lluvia pueda circular adecuadamente sobre el panel. Si se asumen algunas pérdidas, en muchos casos pequeñas, se tiene un abanico más amplio de posibilidades de orientación, lo que puede facilitar la instalación y mantenimiento de los módulos.

Pero siempre debe buscarse que la orientación sea lo más cercana a la orientación que maximiza la captación anual ($\delta = 0^\circ$, $\beta = \text{latitud} > 10^\circ$).

1.8 Energía Eólica.

1.8.1 Concepto.

La energía eólica es la energía cinética que posee una masa de aire que se encuentra en movimiento, asimismo la energía cinética del viento depende de la densidad del aire, es decir, de su masa por unidad de volumen, en otras palabras, cuanto "más pesado" sea el aire, más energía recibirá la turbina

1.8.2 Historia.

El término eólico viene del latín Aeolicus, perteneciente o relativo a Eolo, dios de los vientos en la mitología griega. La energía eólica ha sido aprovechada desde la antigüedad para mover los barcos impulsados por velas o hacer funcionar la maquinaria de molinos al mover sus aspas.

La energía eólica no es algo nuevo, es una de las energías más antiguas junto a la energía térmica. Ya desde la publicación del libro Don Quijote de la Mancha, los molinos de viento estaban presentes, quizás los molinos más famosos del mundo. “La ventura va guiando nuestras cosas mejor de lo que acertáramos a desear; porque ves allí, amigo Sancho Panza, donde se descubren treinta o pocos más desaforados gigantes con quien pienso hacer batalla y quitarles a todos las vidas. Mire vuestra merced, respondió Sancho, que aquellos que allí se parecen no son gigantes, sino molinos de viento, y lo que en ellos parecen brazos son las aspas que, volteadas del viento, hacen andar la piedra del molino.”

El viento como fuerza motriz existe desde la antigüedad y en todos los tiempos ha sido utilizado como tal, como podemos observar. Tiene su origen en el sol.

Así, ha movido a barcos impulsados por velas o ha hecho funcionar la maquinaria de los molinos al mover sus aspas. Pero, fue a partir de los ochenta del siglo pasado, cuando este tipo de energía limpia sufrió un verdadero impulso.

La energía eólica crece de forma imparable a partir del siglo XXI, en algunos países más que en otros, pero sin duda alguna en España existe un gran crecimiento, siendo uno de los primeros países por debajo de Alemania a nivel europeo o de Estados Unidos a escala mundial. Su auge en parques eólicos es debido a las condiciones tan favorables que existe de viento, sobre todo en Andalucía que ocupa un puesto principal, entre los que se puede destacar el Golfo de Cádiz, ya que el recurso de viento es excepcional.

1.8.3 Importancia.

Se trata de una forma de aprovechamiento de la energía solar de forma indirecta, ya que el sol calienta la superficie terrestre, está a su vez por conducción y radiación transmite este calor al aire que está en contacto con ella, este aire aumenta su temperatura y por ende disminuye su densidad, lo que hace que suba, ocasionando que aire más frío pase a ocupar su lugar, este fenómeno del movimiento de masas de aire ocasionado por el sol en la atmósfera se conoce como viento. Este viento es aprovechado para que al pasar por una turbina con aspas se pueda generar electricidad.

1.8.4 Energía eólica en Latinoamérica.

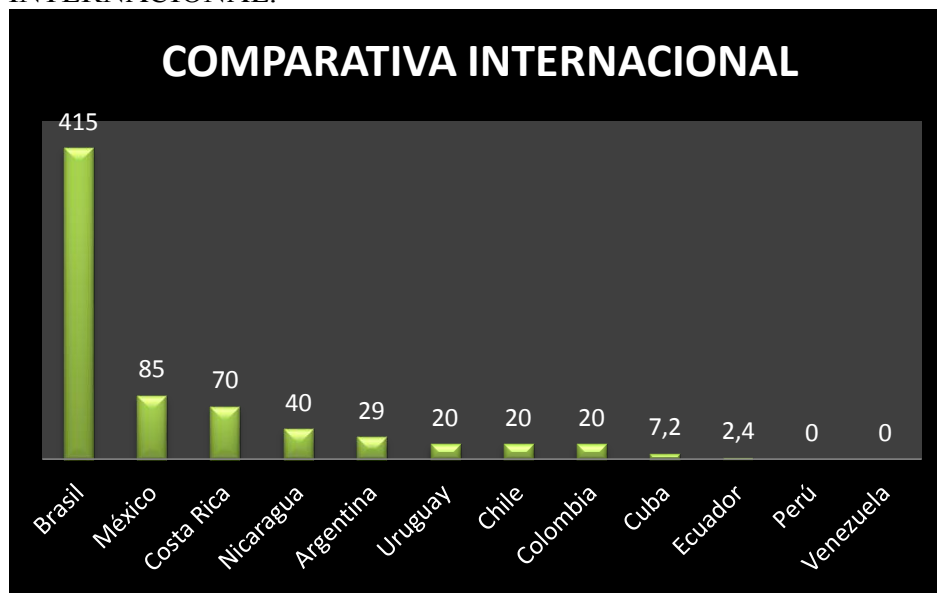
El desarrollo de la energía eólica en Latinoamérica está en sus comienzos, llegando la capacidad conjunta instalada en estos países a los 769 MW (datos de septiembre de 2009). A fecha de 2009, el desglose de potencia instalada por países y su porcentaje sobre el total de cada país es el siguiente:

Tabla 1.5 ENERGÍA EÓLICA EN LATINOAMÉRICA.

PAÍS	POTENCIA INSTALADA MW	PORCENTAJE %
Brasil	415 MW	0,4%
México	85 MW	0,17%
Costa Rica	70 MW	2,8%
Nicaragua	40 MW	5%
Argentina	29 MW	0,1%
Uruguay	20 MW	0,8%
Chile	20 MW	0,2%
Colombia	20 MW	0,1%
Cuba	7,2 MW	0,05%
Ecuador	2,4 MW	0,05%
Perú	0 MW	0%
Venezuela	0 MW	0%

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_e%C3%B3lica

Figura 1.22 ENERGÍA EÓLICA EN LATINOAMÉRICA COMPARATIVA INTERNACIONAL.



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_e%C3%B3lica

Elaborado por: Grupo de investigadores.

1.8.5 Recursos de Energía Eólica en Ecuador.

Las zonas localizadas geográficamente sobre la línea ecuatorial no son ricas en vientos. Sin embargo, en el Ecuador existen zonas de alto interés eólico por efecto de la presencia de Los Andes y de la cercanía al Océano Pacífico. (Fuente: Plan Maestro de Electrificación 2009-2020 CONELEC).

Cuando de dimensionar los sistemas eólicos se trata, diversos parámetros relativos al viento son fundamentales, como por ejemplo la velocidad, las variaciones diarias, mensuales y estacionales de la misma para los sitios que presentan condiciones favorables. Contrariamente al recurso solar que en general no presenta grandes variaciones de radiación y brillo, el viento varía en forma drástica y aleatoria.

La potencia que se puede obtener de un aerogenerador (molino de viento) es proporcional al cubo de la velocidad de éste. Los sitios que presentan condiciones favorables para la explotación de molinos de viento con fines de producción de energía eléctrica se encuentran especialmente en las crestas de las montañas andinas y, en emplazamientos cerca de la costa y costa-afuera de las playas ecuatorianas, éstos últimos por efecto de la acción de las brisas marinas. En la región amazónica no se han detectado velocidades de viento que permitan pensar en proyectos de generación de electricidad factibles, salvo para usos de bombeo de agua. En Loja, en los alrededores del cerro Villonaco, se han encontrado varios sitios de alto potencial eólico para la generación de electricidad. (Fuente: Plan Maestro de Electrificación 2009-2020 CONELEC).

Existen mediciones realizadas por el INAMHI, sin embargo, los sitios que fueron escogidos por dicha institución para instalar sus equipos de medición no son los más adecuados para explotación de energía eólica con fines de producción eléctrica y además, la altura a la que se ubican los medidores (entre 3 y 6 metros) no corresponde a la que se colocan los aerogeneradores (entre 30 y 60 metros).

Es conocido que en los primeros centenares de metros de la capa troposférica que rodea a la superficie de la tierra, la velocidad del viento y la dirección varían significativamente con la altura, debido a la fricción de ésta con la superficie de la tierra y las gradientes de la temperatura. Por estas razones, es de esperar que los valores indicados en velocidad media superen a alturas mayores a 6 metros y por ello también se debe tomar la tabla 1.6 tan solo como un indicio del potencial eólico y de las zonas de interés. El País aún no cuenta con un atlas de energía eólica como sería deseable.

Las velocidades de viento no tan altas en la Amazonía nos harían pensar que este recurso no es tan adecuado para explotación de energía eléctrica, sino más bien para bombeo mediante multipalpas. Por lo contrario, los sitios de la región andina y aquellos cercanos a las costas deben tomarse muy en cuenta.

Tabla 1.6 LOCALIDADES CON POSIBLE INTERÉS PARA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD CON ENERGÍA EÓLICA.

Provincia	Localidad
Carchi	El Ángel
Imbabura	Salinas
Pichincha	Machachi, Malchingui,
	Páramo Grande
Cotopaxi	Minitrac, Tigua
Chimborazo	Chimborazo, Tixán, Altar
Bolívar	Salinas, Simiatug
Azuay	Huascachaca
Loja	Saraguro, El Tablón, Manú
	Villonaco, Membrillo
	Chinchas
Galápagos	San Cristóbal

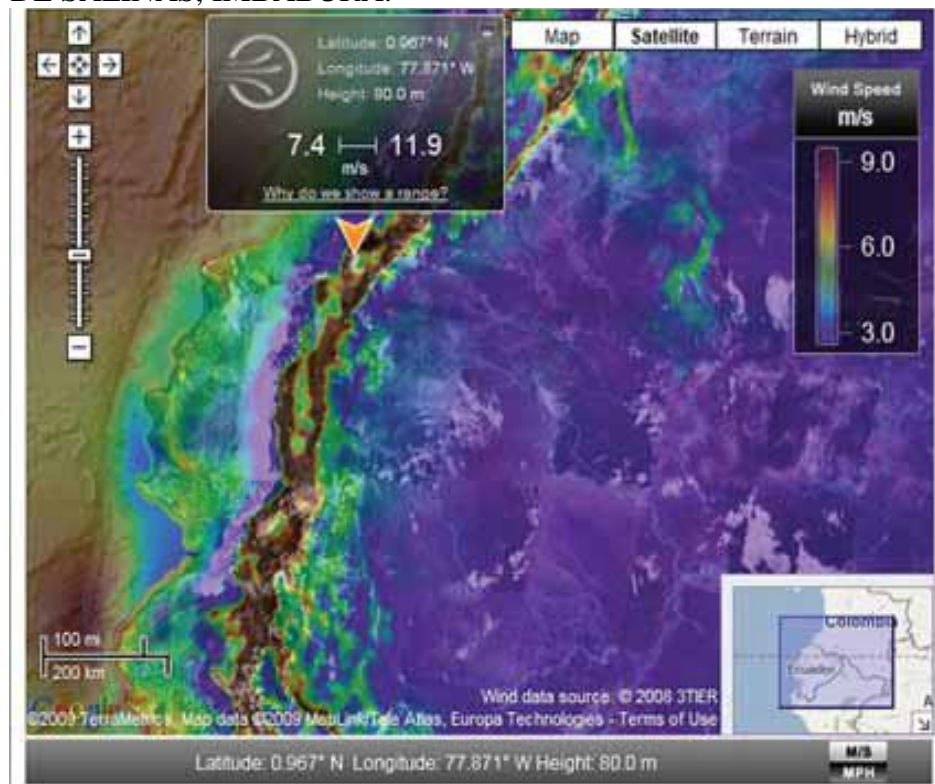
Fuente: Plan Maestro de Electrificación 2009-2020 (CONELEC).

Elaborado por: INECEL, INE

El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable se encuentra desarrollando el Atlas Eólico del Ecuador con fines de Generación Eléctrica. Se aspira contar con el citado documento el mismo que será de gran utilidad para realizar un aprovechamiento óptimo de este recurso.

Existen sitios web que ofrecen datos preliminares como http://_rstlook.3tier.com/ cuya información es útil cuando se llevan a cabo estudios de prefactibilidad; para estudios más avanzados, se recomienda el uso de datos más precisos que pueden provenir de la misma u otras fuentes. (Fuente: Inventario de Recursos Energéticos del Ecuador con fines de generación eléctrica 2009 CONELEC).

Figura 1.23 VELOCIDAD DEL VIENTO EN LA ZONA DE SALINAS, IMBABURA.



Fuente: http://_rstlook.3tier.com

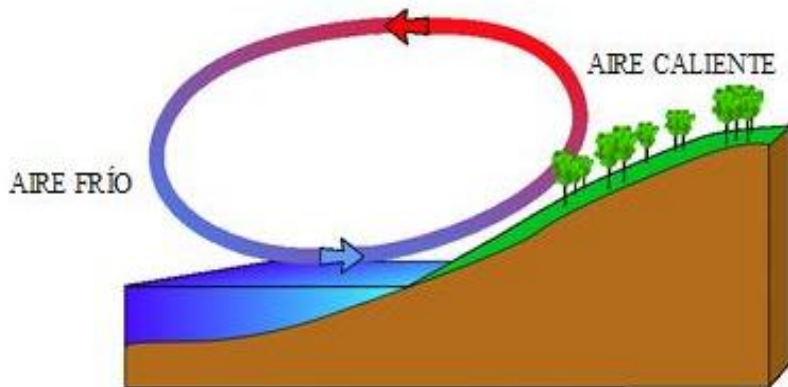
1.8.6 Como se produce y se obtiene.

La energía del viento está relacionada con el movimiento de las masas de aire que se desplazan de áreas de alta presión atmosférica hacia áreas adyacentes de baja presión, con velocidades proporcionales al gradiente de presión.

Los vientos son generados a causa del calentamiento no uniforme de la superficie terrestre por parte de la radiación solar, entre el 1 y 2% de la energía proveniente del sol se convierte en viento. De día, las masas de aire sobre los océanos, los mares y los lagos se mantienen frías con relación a las áreas vecinas situadas sobre las masas continentales.

Los rayos solares calientan la capa terrestre, calentado a su vez el aire de las zonas más bajas que tiende a subir, el lugar que el aire caliente deja libre en las zonas más bajas lo ocupa el aire frío que ocupa menos, de esta forma se produce un movimiento continuo de aire, a lo que comúnmente llamamos viento, como se puede ver en la figura 1.24.

Figura 1.24 GENERACIÓN DEL VIENTO.



Fuente: <http://azaharestodoprimary.wordpress.com/enlaces-interactivos>

Los continentes absorben una menor cantidad de luz solar, por lo tanto el aire que se encuentra sobre la tierra se expande, y se hace por lo tanto más liviana y se eleva.

El aire más frío y más pesado que proviene de los mares, océanos y grandes lagos se pone en movimiento para ocupar el lugar dejado por el aire caliente.

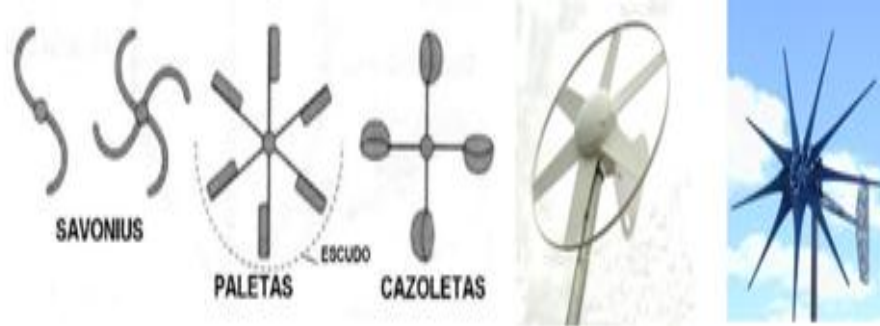
Para poder aprovechar la energía eólica es importante conocer las variaciones diurnas y nocturnas y estacionales de los vientos, la variación de la velocidad del viento con la altura sobre el suelo, la entidad de las ráfagas en espacios de tiempo breves, y valores máximos ocurridos en series históricas de datos con una duración mínima de 20 años. Es también importante conocer la velocidad máxima del viento.

Según AHMAD, HASSAN Y DONALD ROUTLEDGE HILL (1986), Para poder utilizar la energía del viento, es necesario que este alcance una velocidad mínima que depende del aerogenerador que se vaya a utilizar pero que suele empezar entre los 3 m/s (10 km/h) y los 4 m/s (14,4 km/h), velocidad llamada "cut-in speed", y que no supere los 25 m/s (90 km/h), velocidad llamada "cut-out speed".

La energía del viento es utilizada mediante el uso de máquinas eólicas (o aeromotores) capaces de transformar la energía eólica en energía mecánica de rotación utilizable, ya sea para accionar directamente las máquinas operatrices, como para la producción de energía eléctrica. En este último caso, el sistema de conversión, (que comprende un generador eléctrico con sus sistemas de control y de conexión a la red) es conocido como aerogenerador.

En la actualidad se utiliza, sobre todo, para mover aerogeneradores. En estos la energía eólica mueve una hélice y mediante un sistema mecánico se hace girar el rotor de un generador, normalmente un alternador, que produce energía eléctrica. Para que su instalación resulte rentable, suelen agruparse en concentraciones denominadas parques eólicos, en la figura 1.25 se aprecian algunos tipos de generadores eólicos.

Figura 1.25 EJES HORIZONTAL Y VERTICAL (DE 1 O MÁS ASPAS).



Fuente: <http://grupoeolico.blogspot.com/p/evaluacion-de-conceptos-alternativos.html>

Elaborado por: Montt Alfonso, Rojas Maori, Ruiz Pablo, Valdivieso María

Un molino es una máquina que transforma el viento en energía aprovechable, que proviene de la acción de la fuerza del viento sobre unas aspas oblicuas unidas a un eje común. El eje giratorio puede conectarse a varios tipos de maquinaria para moler grano, bombear agua o generar electricidad. Cuando el eje se conecta a una carga, como una bomba, recibe el nombre de molino de viento. Si se usa para producir electricidad se le denomina generador de turbina de viento. Los molinos tienen un origen remoto en el tiempo, un parque eólico de generadores se puede apreciar en la figura 1.26.

Figura 1.26 PARQUE EÓLICO



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_e%C3%B3lica.

1.8.7 Instrumentos de Medición de la Energía Eólica.

1.8.7.1 Anemómetro.

Según PAUL D. (1976), El **anemómetro** es un aparato meteorológico que se usa para la predicción del tiempo y, específicamente, para medir la velocidad del viento.

Este sistema es el encargado de proveernos información sobre la velocidad y dirección a la que viaja el viento. Los anemómetros de hélice son los más utilizados por su simplicidad y suficiente exactitud para la mayor parte de las necesidades de medición así como por la relativa facilidad de permitir la medición a distancia, como se muestra en la figura 1.27.

Figura 1.27 ANEMÓMETRO.



Fuente: <http://www.mailxmail.com/curso-fenomenosmeteorologicos/pluviometro>.

1.8.7.2 *Veleta.*

Pieza de metal, plástico, nylon, etc., (figura 1.28) ordinariamente en forma de saeta, que se coloca en lo alto de una residencia, de modo que pueda girar alrededor de un eje vertical impulsada por el viento, y que sirve para señalar la dirección del mismo. (Fuente: Microsoft® Encarta® 2009. © 1993-2008 Microsoft Corporation).

Figura 1.28.VELETA.



Fuente: Grupo de investigadores.

1.8.8 *Energía y potencia del Viento.*

Una masa de aire m con movimiento uniforme unidireccional de velocidad v que posee una energía cinética, la expresión de esta ecuación (3) básica es:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \qquad \text{Ecuación (3)}$$

Dónde:

E_c = Energía cinética.

m = Masa de aire móvil.

v = Velocidad de masa de aire.

Si p es la densidad del aire de la corriente uniforme, la energía por unidad de volumen de esta masa es:

$$e = \frac{1}{2}pv^2 \quad \text{Ecuación (4)}$$

El flujo volumétrico Q a través de una superficie de control estacionaria de sección frontal A es:

$$Q = Av \quad \text{Ecuación (5)}$$

El flujo de energía (flujo de aire que atraviesa la superficie que cubre un aerogenerador) o potencia eólica (potencia disponible en el aire) de la corriente a través de A , como se puede ver en la figura 1.29 es:

$$P = eQ = \frac{1}{2}pAv^3 \quad \text{Ecuación (6)}$$

Dónde:

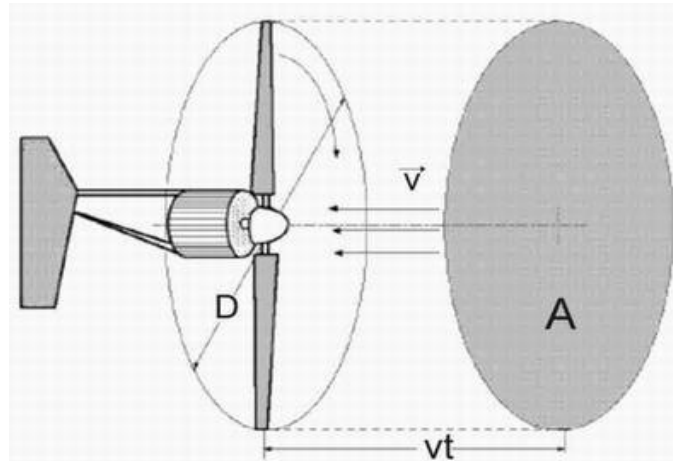
P = Potencia disponible en el aire.

A = Superficie que cubre el aerogenerador (área de barrido).

v = Velocidad del viento.

p = Densidad del aire 1,225 kg/m³

Figura 1.29 ÁREA A BARRIDA POR EL ROTOR DE DIÁMETRO D .



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos61/sistema-hibrido-eolico-fotovoltaico/sistema-hibrido-eolico-fotovoltaico2.shtml>

Elaborado por: Karina Lucy del Pilar Pacco Ramírez.

Una turbina eólica nunca va a ser capaz de extraer toda esta energía, por lo que es interesante disponer de un factor que nos indique la eficiencia de una determinada máquina. Ese factor es el coeficiente de potencia C_p , que determina el rendimiento aerodinámico del rotor. Es decir:

$$C_p = \frac{\text{Energía captada}}{\frac{\rho \cdot A \cdot v^3}{2}} \quad \text{Ecuación (7)}$$

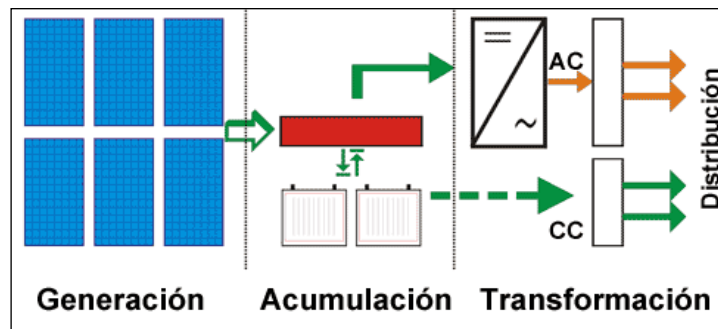
En forma teórica se ha obtenido el máximo valor que puede obtener este coeficiente que se denomina "límite de Betz" y su valor representativo es del orden de 0,5926.

1.9 Sistemas Fotovoltaicos.

1.9.1 Análisis de los Sistemas Fotovoltaicos.

Mediante el análisis de los conceptos ya mencionados, los investigadores manifiestan que un sistema fotovoltaico tiene como objetivo la captación de radiación solar y transformarla en energía eléctrica para su consumo. Y que tiene como componente fundamental, uno o varios paneles fotovoltaicos quienes cumplen el objetivo de transformar la radiación solar en electricidad. La electricidad generada es corriente continua (CC) puede utilizarse como tal o transformarse en Corriente Alterna (110 a 220 voltios) para ser utilizada por artículos eléctricos.

Figura 1.30 ESQUEMA DEL ANÁLISIS DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO.

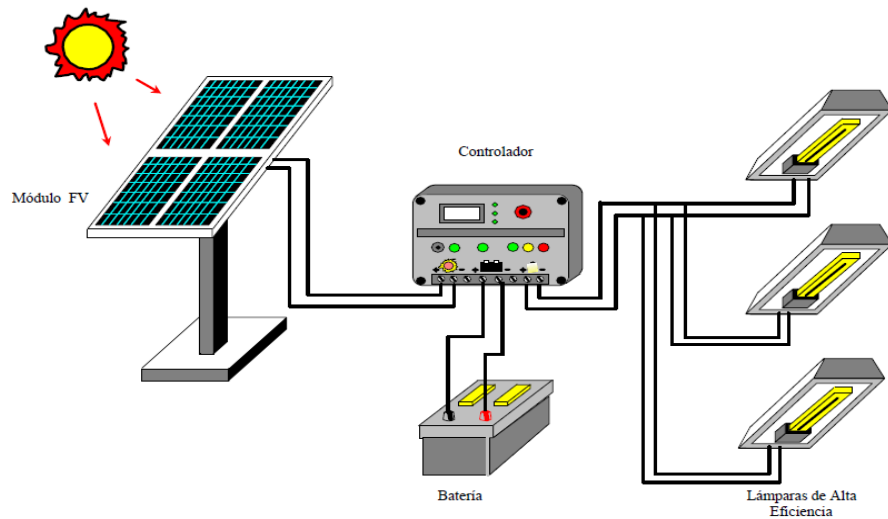


Fuente: www.energia-solar-fotovoltaica.info.

1.9.2 Análisis de los componentes de los sistemas fotovoltaicos.

Para el diseño e instalación del sistema que proponemos realizar es necesario conocer y analizar los componentes que forman parte de un sistema fotovoltaico. A continuación se describen los principales componentes de un sistema fotovoltaico autónomo, sus funciones, así como las principales especificaciones que se deben tener en cuenta para realizar la escogencia de componentes que permitan un funcionamiento eficiente y confiable de dicho sistema.

Figura 1.31 ESQUEMA DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO CON DIFERENTES TIPOS DE CARGAS.



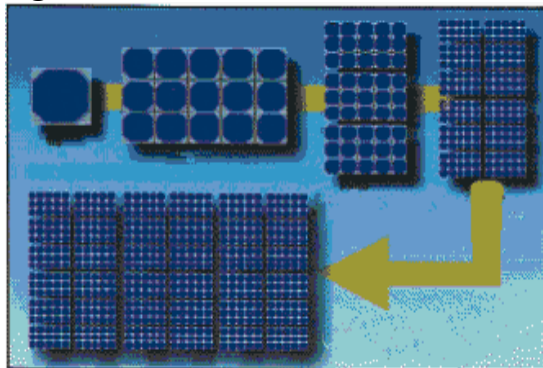
Fuente: http://www.solartronic.com/download/especificacion_SFV.pdf

Elaborado por: J. Agredano D., G. Munguía., J.M. Huacuz V., R. Flores H

1.9.2.1 *Generador Fotovoltaico.*

Más módulos fotovoltaicos ensamblados mecánicamente entre ellos forman el panel, mientras que un conjunto de módulos o paneles conectados eléctricamente en serie, forman la rama. Más ramas conectadas en paralelo, para obtener la potencia deseada, constituyen el *generador fotovoltaico*. Así el sistema eléctrico puede proporcionar las características de tensión y de potencia necesarias para las diferentes aplicaciones.

Figura 1.32 GENERADOR FOTOVOLTAICO.



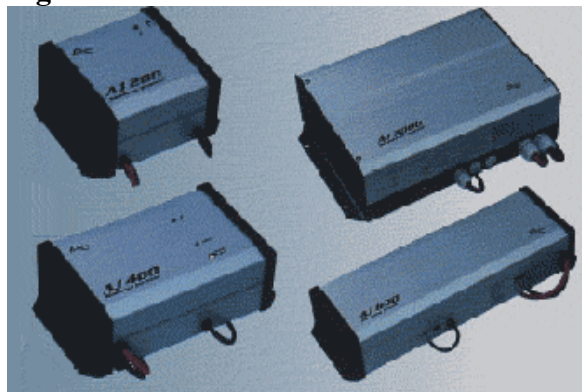
Fuente: <http://www.ceu.es/campanas/medio%20ambiente>

Los módulos fotovoltaicos que forman el generador, están montados sobre una estructura mecánica capaz de sujetarlos y orientada para optimizar la radiación solar. La cantidad de energía producida por un generador fotovoltaico varía en función de la insolación y de la latitud del lugar.

La producción de energía eléctrica fotovoltaica, al depender de la luz del sol, no es constante, sino que está condicionada por la alternancia del día y de la noche, por los ciclos de las estaciones y por la variación de las condiciones meteorológicas. Además, el generador fotovoltaico proporciona corriente eléctrica continua.

A menudo estas características no se adaptan a las necesidades de los usuarios que, normalmente, necesitan corriente eléctrica alterna, con valores constantes de tensión. Por lo tanto, el envío de la energía del sistema fotovoltaico al usuario se realiza a través de otros dispositivos necesarios para transformar y adaptar la corriente continua producida por los módulos a las exigencias de utilización: el más significativo es un dispositivo inversor, como se puede apreciar algunos modelos de estos dispositivos en la figura 1.33, que transforma la corriente continua en corriente alterna.

Figura 1.33 ALGUNOS TIPOS DE INVERSORES.



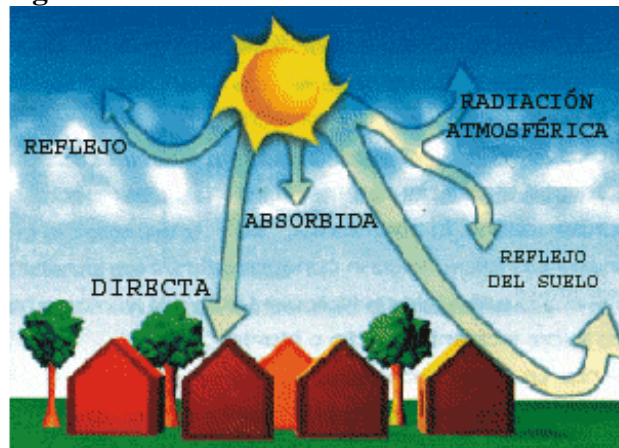
Fuente:<http://www.ceu.es/campanas/medio%20ambiente>

La cantidad de energía eléctrica producida da un sistema fotovoltaico depende básicamente de la eficiencia de los módulos y de la irradiación solar, o de la radiación solar incidente.

La radiación solar incidente en la tierra tiene un valor variable en función de la distancia entre la Tierra y el Sol, o de la latitud de la localidad donde están instalados los módulos fotovoltaicos. También es importante la inclinación de los módulos: una correcta inclinación influye mucho en la cantidad de energía solar captada y por lo tanto en la cantidad de energía eléctrica producida.

La presencia de la atmósfera, finalmente, implica una serie de fenómenos sobre la radiación incidente, entre los cuales el efecto de filtro que reduce considerablemente la intensidad de la radiación en el suelo y la fragmentación de la luz como se observa en la figura 1.34.

Figura 1.34 RADIACIÓN SOLAR INCIDENTE.



Fuente: <http://www.ceu.es/campanas/medio%20ambiente/htm>

Se calcula aproximadamente que un metro cuadrado de módulos fotovoltaicos de buena calidad, puede producir de media 180 kWh al año (0,35 kWh al día en periodo invernal, y 0,65 kWh. al día en periodo de verano).

1.9.2.2 Sistema de Acumulación.

Según JOSÉ DE JUANA, FLORENTINO SANTOS, ANTONIO CRESPO, MIGUEL HERRERO, ADOLFO DE FRANCISCO Y JESÚS FERNÁNDEZ (2003), “Cuando en instalaciones aisladas de la red eléctrica se necesita energía durante la noche o en periodos de varios días nublados consecutivos se hace preciso utilizar algún sistema de acumulación”.

La energía solar fotovoltaica se puede acumular en las siguientes formas: producción y almacenamiento de aire comprimido, producción y almacenamiento de energía térmica, producción y almacenamiento de hidrógeno, almacenamiento de energía cinética en volantes de inercia, baterías electroquímicas y en forma de energía potencial hidráulica. De entre todas estas posibilidades, la acumulación en baterías electroquímicas es la más utilizada y la más económica en la mayoría de los casos.

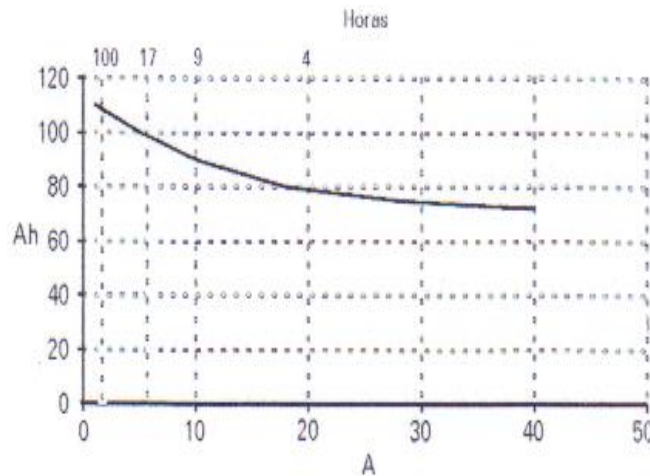
Las baterías más utilizadas son las de plomo ácido, similares a las utilizadas en automoción, en las que dos electrodos, el cátodo (negativo) de dióxido de plomo y el ánodo (positivo) de plomo metálico, sufren procesos de reducción y oxidación, respectivamente en el seno de un electrolito de ácido sulfúrico, transformándose en sulfato de plomo y agua.

El sulfato de plomo que se va formando en la superficie del electrodo hace disminuir la tensión de la batería, su capacidad y la corriente máxima que puede proporcionar.

En el electrolito se va consumiendo ácido por lo que la densidad va disminuyendo proporcionalmente. Entre los acumuladores plomo-ácido podemos distinguir baterías de arranque de automóviles, baterías de tracción en vehículos eléctricos y baterías estacionarias utilizadas en sistemas de alimentación ininterrumpida.

Las baterías utilizadas en aplicaciones fotovoltaicas permanecen durante largos periodos con carga parcial y sus descargas se producen lentamente en periodos de más de 100 horas estando sometidas por lo general a un ciclado diario de carga y descarga parcial. Debe tener baja autodescarga y exigir un escaso mantenimiento por lo que ninguno de los tipos señalados se adapta bien a estas exigencias, aunque con ligeras modificaciones, las que mejor se adaptan son las baterías estacionarias y las baterías de tracción.

Figura 1.35 CAPACIDAD DE UNA BATERÍA SEGÚN EL RÉGIMEN DE DESCARGA.



Fuente: Libro de Energías Renovables para el desarrollo primera edición.

Elaborado por: José de Juana, Florentino Santos, Antonio Crespo, Miguel Herrero, Adolfo de Francisco y Jesús Fernández.

En la actualidad es frecuente que las baterías utilizadas en aplicaciones fotovoltaicas se fabriquen con envase transparente para poder realizar un control visual de su estado de conservación y el nivel del electrolítico (figura 1.36). Se comercializan en algunos casos como celdas individuales de forma que se puedan configurar el acumulador para la tensión más adecuada.

Figura 1.36 BATERÍAS ESTACIONARIAS UTILIZADAS EN INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS.



Fuente: http://asolanosolar.com/centro_de_c%C3%B3mputo

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

La capacidad de una batería es función del régimen de carga y descarga y de la temperatura disminuyendo conforme la descarga se hace más rápida y aumentando ligeramente con la temperatura. Los fabricantes proporcionan datos de capacidad de sus baterías para cargas y descargas de distinta duración de forma que, por ejemplo C_{10} representa la capacidad de la batería para una descarga de 10 horas y C_{100} la capacidad de la batería para una descarga de 100 horas. (Fuente: Libro de Energías Renovables para el desarrollo primera edición).

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

La profundidad de la descarga de un acumulador es el porcentaje de la carga completa que ha sido utilizado y un valor recomendado en instalaciones fotovoltaicas es el 40%, cuando se trata de acumuladores estancos sin mantenimiento.

En baterías estacionarias que soportan descargas profundas el nivel de descarga puede llegar al 70% o incluso al 80%. Mientras mayor sea la profundidad de la descarga, la vida de la batería se reducirá en mayor medida. En lo que hace referencia al rendimiento de la acumulación, se puede distinguir entre rendimiento de la carga o capacidad, η_c , y rendimiento de energía η_e , que se expresan de la siguiente forma:

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

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

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

Los parámetros característicos de distintos tipos de baterías se presentan en la tabla 1.7.

Tabla 1.7 VALORES CARACTERÍSTICOS DE DISTINTOS TIPOS DE BATERÍAS.

Propiedad	1	2	3	4	5
	Plomo-ácido	Li/FeS ₂	Na/S	NiCd	ZnCl
V _{máx} (V)	2,5	2,4	2,75	1,35	2,12
V _{mín} (V)	1,75	1	1,83	-	1,98
Temperatura (°C)	25	400	315	-	32
Rendimiento	70-80	70	85	-	70
Vida en ciclos	1500(2000)	200-1000	200-1500	1500-3000	100-500
Densidad (Wh/kg)	150-200	170	200	200	150

Fuente: Libro de Energías Renovables para el desarrollo primera edición.

Elaborado por: José de Juana, Florentino Santos, Antonio Crespo, Miguel Herrero, Adolfo de Francisco y Jesús Fernández

Entre todas las baterías de la tabla 1.7 las más interesantes suelen ser las de plomo-ácido, que tiene un precio económico por responder a una tecnología muy difundida y una larga vida útil.

1.9.2.3 Inversores y convertidores.

Según JOSÉ DE JUANA, FLORENTINO SANTOS, ANTONIO CRESPO, MIGUEL HERRERO, ADOLFO DE FRANCISCO Y JESÚS FERNÁNDEZ (2003), “Se refieren que en una instalación fotovoltaica también pueden instalarse otros elementos de gran importancia técnica y entre ellos cabe señalar los inversores, que son dispositivos electrónicos que transforman la corriente continua en corriente alterna y permiten tanto utilizar los receptores para este tipo de corriente, como la conexión de los sistemas fotovoltaicos a la red eléctrica pública (red pública de distribución de energía eléctrica).

Los inversores que son convertidores CC/CA, se basan en el empleo de dispositivos electrónicos que actúan a modo de interruptores permitiendo interrumpir las corrientes y conmutar su polaridad. Se puede distinguir inversores de conmutación natural e inversores de conmutación forzada o autoconmutados.

Los inversores de conmutación forzada son autónomos y pueden emplearse en instalaciones aisladas, como son las aplicaciones de bombeo de agua, y permitiendo, dependiendo de los tipos, variar la tensión eficaz y la frecuencia de salida.

Los convertidores CC/CC, son otro tipo de convertidores que utilizan condensadores, bobinas y dispositivos de conmutación, permitan transformar la corriente continua en corriente continua de otros valores de tensión e intensidad manteniendo la potencia y puede y pueden utilizarse para realizar el seguimiento del punto de máxima potencia del sistema generador.

1.9.2.4 Cargas Eléctricas.

En la actualidad se estima que una parte importante del consumo energético global de cada país (entre el 8% y el 20% dependiendo de su situación geográfica, desarrollo, estructuración social y productividad, etc.) se utiliza en el alumbrado.

a) Lámparas.

Estas convierten la electricidad producida por el módulo fotovoltaico, proveniente de la batería, en luz artificial.

b) Focos Ahorradores.

A este tipo de luminaria se las encuentra en el mercado como “focos ahorradores de energía”, pero en realidad se llaman lámparas compactas fluorescentes LCF. Estos focos irradian un espectro de luz diferente al que es irradiado por los focos incandescentes. La luz que emiten es llamada blanca suave. En su interior contienen un gas compuesto de argón y una pequeña cantidad de vapor de mercurio, este gas produce luz ultravioleta invisible al ser excitado por la electricidad.

Figura 1.37 FOCOS AHORRADORES.



Fuente:http://www.energiasolarfotovoltaica.info./3_Autoconsumohtml

La luz UV choca contra el recubrimiento blanco del vidrio que compone al foco, el cual la cambia de invisible a visible. La característica que produce el ahorro de energía es, que en los focos incandescentes es necesario utilizar calor para el calentamiento del filamento, necesitando una mayor energía para entregar luz, mientras que en un LCF la energía se utiliza completamente para la emisión de luz, en la figura se muestra diferentes tipos de focos ahorradores o LCF.

c) Otras Cargas.

Existe disponible en el mercado una amplia gama de electrodomésticos, tanto para corriente continua como para corriente alterna. Entre ellos se encuentran:

Radio caseteras o pequeños equipos de sonido que funcionen a baja potencia tanto en CA como en CC. La potencia típica de estos aparatos es de aproximadamente 6 W.

Se pueden encontrar televisores, en donde comparativamente existe un aumento de potencia entre los televisores de gran tamaño (21 pulgadas o más) respecto a los de pequeño tamaño (12-16 pulgadas). También se podrían utilizar los pequeños televisores de baja potencia que se utilizan en los automóviles.

Cargas adicionales que se puede tener, son ventiladores de baja potencia que son utilizados para regiones como la Amazonía y la costa, antenas satelitales para lugares donde no llega la señal de televisión y bombeo de agua.

1.9.2.5 *Sistemas de Protección.*

Según CTE-CENTRO DE TECNOLOGÍA EDUCATIVA S.A. (1995), “Una instalación fotovoltaica debe estar protegida al igual que cualquier instalación eléctrica mediante interruptores automáticos magneto-térmicos y fusibles”.

La sección de los cables eléctricos debe estar en consonancia con la intensidad de corriente que por ellos ha de circular. Debido a que a igualdad de potencia, la intensidad aumenta si la tensión es menor, los cables de corriente continua a baja tensión deberán ser más gruesos que los equivalentes en corriente alterna.

Es conveniente disponer de un pequeño cuadro de control, donde estén presentes un interruptor general, un voltímetro y un amperímetro, así como los correspondientes fusibles e interruptores automáticos, comprobando periódicamente su correcto funcionamiento.

1.9.2.6 Cables.

Son los conductores eléctricos cuyo propósito es permitir el flujo de electricidad entre los distintos elementos del sistema, según el modo de operación.

Los conductores tendrán un aislamiento adecuado y sus secciones se elegirán siguiendo la reglamentación de forma que no se caliente por encima de la temperatura soportada por el aislamiento, ni que la salida de tensión producida impida el buen funcionamiento de los receptores. Las secciones también deberán elegirse de manera que las pérdidas de potencia por efecto joule se mantengan lo suficientemente bajas, generalmente inferiores al 5% de la potencia instalada, si no se requiere incurrir en un coste económico innecesario.

Es esta última condición la más restrictiva en instalación con niveles bajos de tensión nominal (12, 24 V) de manera que, cuando los consumos se encuentren algo alejados de sistema de generador, obliga a utilizar tensiones nominales más elevadas si no se requiere recurrir a secciones antieconómicas.

Figura 1.38 CABLES DE BAJA TENSIÓN.



Fuente: Electrocables.

1.10 Sistema Eólico.

1.10.1 Análisis de los Sistemas Eólicos.

Los investigadores concuerdan después de una serie de análisis que el Sistema Eólico es un sistema de producción eléctrica basado en la generación eólica como fuente única y principal, y acumulación de energía en un banco de baterías. Generando una corriente alterna, para luego ser entregada en su salida como una tensión alterna estabilizada cuasisenoidal apta para el consumo básico de una vivienda. La producción de energía eléctrica se basa únicamente en la generación eólica directamente relacionada con la intensidad y velocidad del viento predominante en la zona geográfica en donde se lo instale, con lo cual la cantidad de energía eléctrica disponible por el sistema puede variar de una zona a otra.

1.10.2 Análisis de los componentes de los sistemas Eólicos

Un sistema eólico es un conjunto de máquinas eólicas (Aerogeneradores) accionadas por el viento que son capaces de suministrar electricidad. El tamaño y tipo de instalación depende únicamente de las necesidades del usuario de la instalación y es característico en ellos que la instalación se sitúe muy cerca del centro de consumo (viviendas, granjas o pequeños núcleos rurales), requiriéndose frecuentemente la existencia de acumuladores.

Las instalaciones más frecuentes emplean tecnologías muy fiables en las que es necesario un mantenimiento básico, las aeroturbinas empleadas en las instalaciones de pequeña potencia son aerogeneradores de alta velocidad, normalmente utilizadas para suministro eléctrico a viviendas aisladas y/o otros centros de consumo, la potencia de estas aeroturbinas varían entre 100 W y 10 kW.

A continuación se describen los principales componentes de un sistema eólico autónomo, sus funciones, así como las principales especificaciones que se deben tener en cuenta para realizar la selección de componentes que permitan un funcionamiento eficiente y confiable de dicho sistema.

1.10.2.1 Aerogenerador de viento de baja potencia (1):

- a) Turbina:*** Puede tener 2, 3 y 5 aspas realizadas en fibra de vidrio y carbono.
- b) Generador:*** Es de imanes permanentes y esta acoplado directamente a la turbina (no utiliza multiplicador).
- c) Sistema de Orientación:*** Ejerce el papel de sistema primario de protección ante velocidades elevadas de viento, consiste en una cola, tal como se ve en la figura (abajo). Los sistemas de orientación automática están diseñados especialmente para conseguir una sensible timonización ante rachas de viento de bajas velocidades, cuando las velocidades se acercan a valores demasiado elevados para el buen funcionamiento de la máquina, este sistema produce la progresiva desorientación del aerogenerador que lo lleva a dejar de funcionar.
- d) Salida del Sistema:*** Depende del sistema al que se desee abastecer puede ser en corriente continua o alterna.
- e) Torre:*** Puede ser de celosía o tubular.

1.10.2.2 Equipo de regulación y monitorización del aerogenerador:

(Segundo sistema de seguridad): Conjunto de resistencias de frenado y un regulador de carga, que desvía hacia el conjunto de resistencias los excedentes de energía que las baterías de la instalación no pueden asumir, evitándose de este modo que el aerogenerador tenga que estar funcionando en vacío y por lo tanto girando a velocidades peligrosamente elevadas, en los periodos de tiempo en que las baterías presentan elevados niveles de carga. (2).

1.10.2.3 Banco de Baterías:

Almacena energía durante varios días, con el objeto de disponer de energía en los períodos de viento flojo o de calma, este sistema es inútil en sistemas de generación eléctrica conectados a la red. (3).

1.10.2.4 Inversor:

Transforma y amplifica corriente continua en alterna. Los voltajes continuos pueden ir desde los 12 V hasta los 100 V. (4).

1.10.2.5 Punto de Consumo:

Lugares alejados o remotos y centros poblados que no están interconectados a la red eléctrica nacional. (5).

Figura 1.39 PEQUEÑOS AEROGENERADORES Y SUS PARTES.



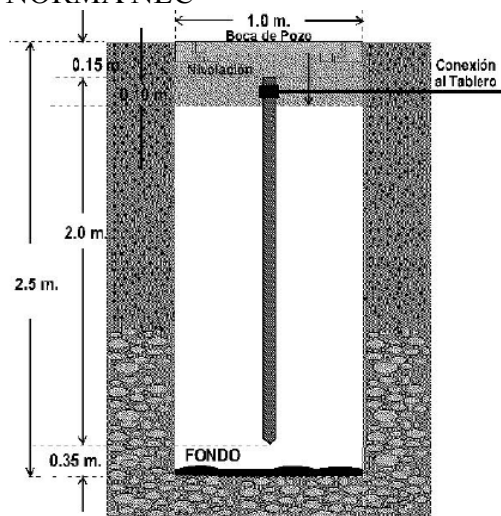
Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos61/sistema-hibrido-eolico-fotovoltaico>

Elaborado por: Karina Lucy del Pilar Pacco Ramírez.

1.10.2.6 Sistema de Pozo a Tierra.

La puesta a tierra se refiere a la unión de electrodos o partes conductoras que unido con tierra y aditivos químicos forman una masa conductiva, lo que permiten derivar a tierra, todas las corrientes de falla, peligrosas para la integridad de las personas y de los equipos electrónicos. La conexión a tierra eficaz conduce la electricidad indeseable hacia tierra, alejando el peligro en forma segura; o también se define como una construcción elaborada con elementos físicos y químicos, y representa un terreno de resistencias. El valor óhmico del sistema de puesta a tierra debe ser menor o igual a 8 ohmios.

Figura 1.40 PUESTA A TIERRA CON VARILLA SEGÚN NORMA NEC



Fuente: <http://biblioteca.epn.edu.ec/catalogo/fulltext/CD-2992.pdf>

a) Ventajas de los Pozos a Tierra.

Proteger al usuario y los equipos, evitar contactos indirectos a que el usuario está expuesto, evitar que en las carcasas metálicas de los equipos eléctricos o electrónicos aparezcan tensiones peligrosas., conducir a tierra las corrientes que proviene tensiones ocasionadas por descargas atmosféricas (rayos).

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

b) Características geoelectricas del suelo.

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

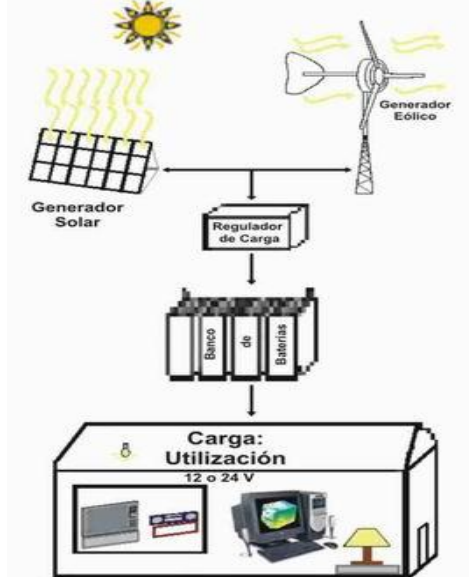
1.11 Sistema Hibrido.

1.11.1 Definición.

Un sistema híbrido es un sistema compuesto por dos o más sistemas, ejemplo: Sistema Híbrido Diesel-Eólico, Sistema híbrido Eólico-Fotovoltaico, Sistema híbrido Eólico-Fotovoltaico-Hidráulico.

Estos sistemas híbridos para la generación de energía pueden ser definidos también como la asociación de dos o más fuentes de energía (como se puede apreciar en la figura 1.41) con el objetivo básico de generar energía eléctrica, para una determinada carga aislada de la red o integrada al sistema.

Figura 1.41 ESQUEMA DEL SISTEMA HÍBRIDO.



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos61/sistema-hibrido-eolico-foto>
Elaborado por: Karina Lucy del Pilar Pacco Ramírez.

1.11.2 Sistema Híbrido Eólico - Fotovoltaico (SHEFV).

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, para garantizar altos niveles de calidad, confiabilidad y rendimiento.

Este sistema autónomo basado en generadores eólico y fotovoltaico con almacenamiento por medio de baterías es una opción para suministrar electricidad las 24 horas del día alimentando pueblos remotos o áreas aisladas.

Los investigadores consideran que estos sistemas utilizan las condiciones que el viento y el sol pueden brindar, complementándose entre sí. Los días fríos y de viento, normalmente nubosos, apenas permiten aprovechar la luz solar, mientras que son ideales para los aerogeneradores. Por su parte, los días de anticiclón provocan cielos despejados con poco viento, y por tanto, más adecuados para las placas fotovoltaicas. Es decir, se trata de sistemas muy especializados y que pueden resultar caros al principio, según el tamaño previsto y las necesidades de la instalación.

Ahora las condiciones meteorológicas ya no serán un problema limitado para el abastecimiento de energía eléctrica, ya que el sistema eólico y el sistema solar trabajarán conjuntamente a la par de sus posibilidades dependiendo del clima, para que uno u otro le proporcionen el abastecimiento necesario para llevar una vida completamente normal en los hogares y porque no decir futuramente en las empresas.

1.11.2.1 Equipos que forman parte.

Estos sistemas de generación están conformados por los siguientes equipos como se muestran en la tabla 1.8, dichos elementos se los dimensiona para satisfacer las necesidades del modelo de demanda de energía de los sistemas a ejecutarse.

Tabla 1.8 EQUIPOS DE LOS SISTEMAS HÍBRIDOS

Paneles Fotovoltaicos
Turbinas Eólicas
Banco de Baterías
Inversor
Controlador

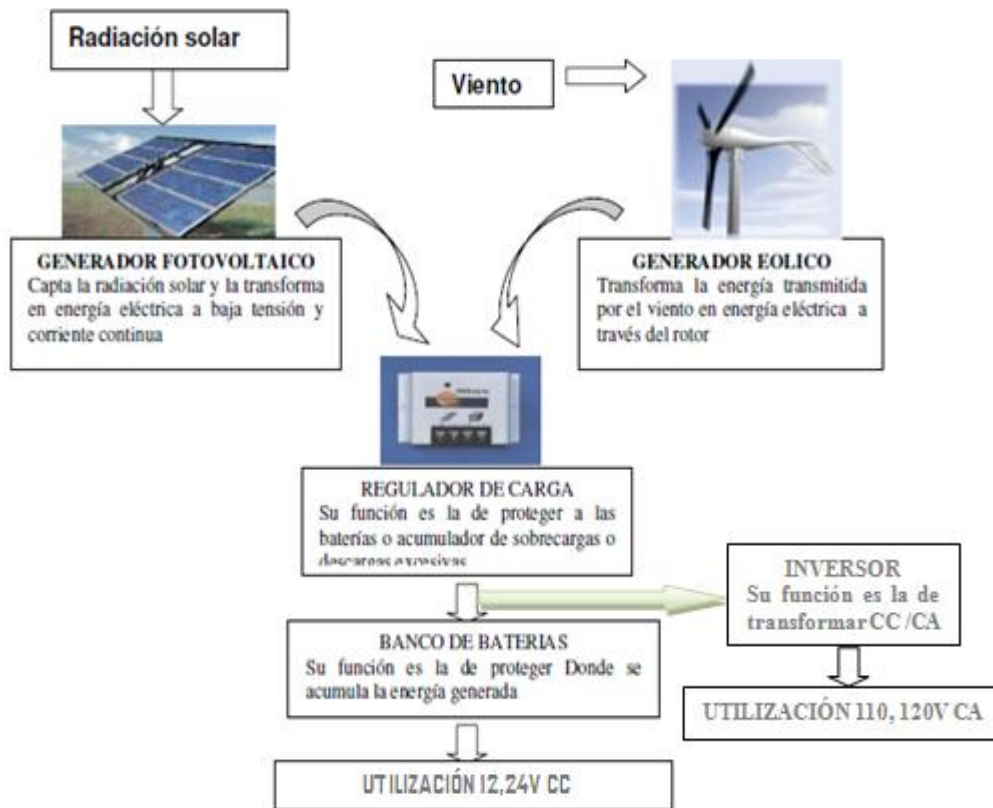
Fuente: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/.pdf>

Elaborado por: Grupo de Investigadores.

1.11.2.2 Esquema de Instalación.

Uno de los sistemas de generación está formado por un aerogenerador que, a través de un 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, generando corriente continua, pero si se requiere corriente alterna se conecta un inversor.

Figura 1.42 ESQUEMA DE UN SISTEMA HIBRIDO EÓLICO-SOLAR.



Fuente: <http://dspace.epn.edu.ec/bitstream/15000/8843/7/T10115CAP4.pdf>

Elaboración por: José Mera.

En estos sistemas se requiere un controlador más complejo, ya que su fiabilidad total es superior a la de los otros dos sistemas, y, por consiguiente, el regulador de carga a utilizar no será el mismo que si se usara en una instalación fotovoltaica o eólica únicamente.

1.11.2.3 Diseño y dimensionamiento del sistema SHEFV.

El diseño de un sistema híbrido (solar-eólico) se entiende un concepto muy amplio que abarcaría a todas las tareas y especificaciones que se han de realizar y tener en cuenta para que el proyecto funcione satisfactoriamente, con la mayor fiabilidad y al menor coste posible.

En este sentido existirán una gran multitud de factores que afectarán a este diseño como son entre otros el consumo o perfil de consumo de las cargas que vaya a alimentar la instalación (fotovoltaica-eólica) teniendo en cuenta la radiación solar y la velocidad del viento del lugar donde se ubicará la instalación, principalmente.

Se entiende por dimensionamiento de un sistema híbrido (solar-eólico) el cálculo del tamaño óptimo de la instalación. La tarea fundamental del dimensionamiento de un sistema híbrido, consistirá principalmente en la determinación del tamaño óptimo tanto del generador fotovoltaico, generador eólico como de la batería o conjunto de baterías que formen el sistema.

Puesto que estos tres elementos son los más importantes del sistema híbrido (solar-eólico) se deberá prestar especial atención a su dimensionamiento. En una fase posterior, y sin restarle importancia, habrá que dimensionar también los otros elementos que también participan de la instalación como son el inversor, el controlador de carga y el cableado.

Adicionalmente, se debe tomar en cuenta las consideraciones técnicas, incluyendo los pasos a seguir para el dimensionamiento de los componentes a utilizar en la instalación, como se puede apreciar a continuación.

1) Consideraciones técnicas para el diseño.

A continuación se describen las consideraciones técnicas que deberán tomarse en cuenta al momento de diseñar un sistema.

- a) Se debe conocer el voltaje nominal al que operarán las cargas.
Adicionalmente aclarar si dicho voltaje es de continua o de alterna.
- b) Se debe conocer la carga de cada componente; es decir, la potencia requerida, para establecer la carga total instalada.
- c) Conjuntamente con la carga total instalada se deberá especificar las horas diarias de utilización de cada carga.
- d) Con los datos anteriores se podrá calcular la demanda energética diaria por vivienda.
- e) Si el sistema va a servir tanto a cargas de CC como de CA el dimensionamiento debe hacerse por separado.
- f) Las pérdidas del sistema deberán ser consideradas, incluyendo las pérdidas por auto consumo de cada equipo.
- g) Se debe considerar la localización geográfica del sistema: latitud, longitud y altura sobre el nivel del mar. Con estos datos se podrá determinar la inclinación adecuada del módulo también el nivel promedio mensual de radiación y la velocidad del viento del lugar.
- h) La radiación solar y la velocidad del viento se puede determinar, utilizando datos tomados de: la NASA, Massachusetts o algún ente de referencia seguro o midiendo directamente en el lugar de la instalación, en el peor mes del año.
- i) Se debe dimensionar la potencia total de los generadores, para determinar: el número de paneles, el número de aerogeneradores, el voltaje, la corriente y la potencia de cada uno.
- j) Se deberá considerar entre 3 y 5 días de autonomía para el dimensionamiento de la batería.

- k) Se determinará el tipo de batería, auto descarga y profundidad de descarga, considerando las características mencionadas en la tabla 1.7 y en el punto 1.9.2.2 Sistema de Acumulación.

2) **Dimensionamiento.**

A. Cálculo de la energía requerida del sistema o demanda energética.

Para el cálculo de la estimación del consumo diario de energía se debe hacer previamente una tabla que contenga como mínimo los siguientes datos: nombre, cantidad y potencia unitaria de los equipos, número de horas promedio diarias de utilización y energía promedio diaria resultante en Wh, necesaria para la estimación de energía total del sistema. La estimación de carga se hará para DC y AC.

$$Energía_{Wh/día} = W * N * h \quad \text{Ecuación (8)}$$

En las cargas de DC se calculará la energía total sumando el consumo de energía diaria de cada equipo como se muestra en la Tabla 1.9.

Tabla 1.9 DEMANDA ENERGÉTICA CARGAS DC

Equipos DC	Voltaje	Potencia	Cantidad	Horas de Uso (Horas/día)	Energía Wh/día
Equipo1	V	W	N	h	W*N*h
Total DC					

Fuente:<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2252/1/CD-2992.pdf>.

En las cargas de AC, se debe realizar el mismo procedimiento que en la estimación de carga de DC (subtotal), agregando un porcentaje de energía adicional para tomar en cuenta el rendimiento del inversor (% consumo del Inversor), como se muestra en la Tabla 1.10.

$$\text{Total} = \text{subtotal} + (\text{subtotal} * \% \text{ consumo del Inversor}) \quad \text{Ecuación (9)}$$

Tabla 1.10 DEMANDA ENERGÉTICA CARGAS AC

Equipos AC	Voltaje	Potencia	Cantidad	Horas de Uso (Horas/día)	Energía Wh/día
Equipo1	V	W	N	h	W*N*h
Subtotal					
% Consumo del inversor					
Total AC					

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2252/1/CD-2992.pdf>.

La demanda total del sistema se obtendrá con la suma de las demandas de energía de AC y de DC.

$$ET = E_{Total DC} + E_{Total AC} \quad \text{Ecuación (10)}$$

Donde:

ET = Demanda de energía total del sistema

$E_{Total DC}$ = Demanda de energía total de DC

$E_{Total AC}$ = Demanda de energía total de AC

B. Estimación de pérdidas.

Para el cálculo de las pérdidas se debe tomar el valor de rendimiento global $[R_G]$ de la instalación fotovoltaica definido como:

$$R_G = (1 - K_b - K_c - K_v) * \left(1 - \frac{K_a * D_A}{P_d}\right) \quad \text{Ecuación (11)}$$

Donde:

K_b = Coeficiente de pérdidas debidas al rendimiento del acumulador:

- 0,05 en sistemas que no se producen descargas intensas.
- 0,1 en sistemas con descargas profundas.

K_c = Coeficiente de pérdidas en el inversor:

- 0,005 para inversores de salida senoidal pura, en condiciones óptimas.
- 0,1 para condiciones de trabajo lejos de las óptimas.

K_v = Coeficiente de pérdidas varias (transmisión, efecto Joule, etc.):

- El intervalo de valores de este parámetro que se toma como referencia es 0,05
- $< K_v < 0,15$.

K_a = Coeficiente de autodescarga diaria de las baterías, los valores típicos son:

- 0,002 para baterías de baja autodescarga (Ni-Cd).
- 0,005 para baterías estacionarias de plomo ácido (las más usuales).
- 0,012 para baterías de alta autodescarga (SLI).

D_A = Días de autonomía de la instalación:

- 3 – 5 días como valores de referencia.

P_d = Profundidad de descarga diaria de la batería:

No deberá exceder el 80% de la capacidad nominal del acumulador.

C. Dimensionamiento de Paneles Solares.

Un concepto importante necesario para realizar el dimensionamiento de la cantidad de paneles necesarios en la instalación es el número de horas pico solares, *HPS*, que se refiere al número de horas diarias de luz solar equivalentes referidas a una irradiancia constante $I = 1 \text{ kWh/m}^2$, a la cual se mide siempre la potencia de los paneles.

La irradiación $H \text{ (kWh/m}^2\text{)}$, es igual al producto de la irradiancia de referencia, I , y las horas pico solares, *HPS*. Como $I = 1 \text{ kWh/m}^2$, se tiene entonces que los valores numéricos de la irradiación y las horas pico solares son iguales.

$$H \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \right] = I \left[\frac{\text{kW}}{\text{m}^2} \right] * HPS[h] \quad \text{Ecuación (12)}$$

La cantidad de energía producida por un panel a lo largo de todo el día, es equivalente a la energía que se produciría en las horas de pico solar si el panel opera a su potencia máxima o nominal (W_p).

Dicha potencia es el principal parámetro que describe el funcionamiento del panel y la especificación más importante en el dimensionamiento del generador FV.

Para el cálculo de la potencia de los paneles y el número de estos, a utilizarse, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

1. El lugar donde va a ser instalado para el cálculo de la radiación solar promedio mensual, tomando desde bases de datos, que den valores confiables o midiendo los datos con un equipo de medida adecuado.
2. La radiación Gd se escogerá como el valor medio mensual durante el peor mes.
3. La potencia total del generador P_G se calcula, tomando en cuenta la demanda de energía total del sistema E_T , la radiación Gd antes mencionada y el rendimiento global de la instalación R_G .

$$P_G = \frac{E_T}{R_G * Gd} [W] \quad \text{Ecuación (13)}$$

4. El número de paneles del generador se calcula con la potencia nominal P_N del panel a ser utilizado y la potencia del generador P_G . Como normalmente el resultado de número de paneles va a ser un número decimal, se recomienda la opción por exceso, es decir se debe aproximar al entero superior, excepto si el decimal se aproxima mucho al entero inferior, en cuyo caso se coloca el valor del entero; por ejemplo: si se obtuvo 1.3, entonces se debe poner 2 paneles, y si se obtuvo 1.1, entonces se debe poner 1 panel.

$$N = \frac{P_G}{P_N} \quad \text{Ecuación (14)}$$

D. Dimensionamiento de Aerogeneradores.

Se calcula la velocidad total del viento:

$$V = v_0 \left(\frac{h}{h_0} \right)^n \quad \text{Ecuación (15)}$$

Donde:

V = Velocidad Total del Viento.

v_0 = Velocidad Inicial.

h = Altura final de la torre.

h_0 = Altura inicial.

n = Rugosidad

La rugosidad se obtiene de la siguiente manera:

Si ($hr \leq 0,03$)

$$n = 1.699823015 + \ln(hr) / \ln(150) \quad \text{Ecuación (16)}$$

Si ($hr > 0,03$)

$$n = 3.912489289 + \ln(hr) / \ln(3.3333333) \quad \text{Ecuación (17)}$$

Donde: (**hr**) es la clase de rugosidad que depende de la longitud de rugosidad medida en metros, es decir, la altura sobre el nivel del suelo donde la velocidad del viento es teóricamente cero. Como se muestran a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 1.11 TABLA DE CLASES Y DE LONGITUDES DE RUGOSIDAD

Clase de rugosidad	Longitud de rugosidad m	Índice de energía (%)	Tipo de paisaje
0	0,0002	100	Superficie del agua
0,5	0,0024	73	Terreno completamente abierto con una superficie lisa, p.ej., pistas de hormigón en los aeropuertos, césped cortado, etc.
1	0,03	52	Área agrícola abierta sin cercados ni setos y con edificios muy dispersos. Sólo colinas suavemente redondeadas
1,5	0,055	45	Terreno agrícola con algunas casas y setos resguardantes de 8 metros de altura con una distancia aproximada de 1250 m.
2	0,1	39	Terreno agrícola con algunas casas y setos resguardantes de 8 metros de altura con una distancia aproximada de 500 m.
2,5	0,2	31	Terreno agrícola con muchas casas, arbustos y plantas, o setos resguardantes de 8 metros de altura con una distancia aproximada de 250 m.
3	0,4	24	Pueblos, ciudades pequeñas, terreno agrícola, con muchos o altos setos resguardantes, bosques y terreno accidentado y muy desigual
3,5	0,8	18	Ciudades más grandes con edificios altos
4	1,6	13	Ciudades muy grandes con edificios altos y rascacielos

Fuente: Módulo III de Energía Eólica de la Maestría de Energías Alternativas realizada en la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Después de calcular la velocidad total del viento, Se debe seguir con los siguientes pasos:

1. El área de barrido del rotor A , se consigue así:

$$A = \pi * \frac{D^2}{4} \quad \text{Ecuación (18)}$$

Donde:

A = Área de barrido del rotor.

$\pi = 3.1416$.

D = Diámetro del rotor.

2. Luego se debe calcular la potencia en función del área de barrido.

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2} \rho V^3 \quad \text{Ecuación (19)}$$

3. Se debe calcular la intensidad de turbulencia.

$$I_v = \frac{\sigma}{V} \quad \text{Ecuación (20)}$$

Donde:

I_v = Intensidad de Turbulencia.

σ = Desviación Estándar.

V = Velocidad del viento.

4. la potencia del viento mediante la ecuación 6, anteriormente estudiada.
5. La potencia eléctrica es:

$$P_e = n * P \quad \text{Ecuación (21)}$$

Donde:

P_e = Potencia eléctrica.

n = Factor de eficiencia total de conversión.

P = Potencia de viento

6. Finalmente se calcula la producción anual.

$$A = \frac{P}{A} \times A \times (\text{eficiencia}) \times (8640 \text{ h/a}) \times \left(\frac{1\text{kw}}{1000\text{w}}\right) \text{ Ecuación (22)}$$

E. Dimensionamiento del sistema de acumulación.

La capacidad del sistema de acumulación, banco de baterías, se calcula con los siguientes pasos:

1. Para calcular el valor de la energía diaria de acumulación requerida Q_M , se obtiene dividiendo; la demanda de energía total E_T para el rendimiento de la batería n_B .

$$n_B = 100\% - K_b \quad \text{Ecuación (23)}$$

$$Q_M = \frac{E_T}{n_B} \left[\frac{Wh}{\text{día}} \right] \quad \text{Ecuación (24)}$$

2. Luego se debe calcular la capacidad diaria de acumulación C_{DA} , dividiendo energía diaria de acumulación Q_M para el voltaje del sistema de acumulación. Donde el voltaje del sistema debe ser múltiplo de 12 V (12, 24, 36, 48,..etc.).

$$C_{DA} = \frac{Q_M}{V} \left[\frac{Ah}{\text{día}} \right] \quad \text{Ecuación (25)}$$

3. Un dato muy importante a considerar es la profundidad de descarga PdD . Su valor no debe sobrepasar los límites establecidos, en la estimación de pérdidas, anteriormente especificada, nos establece el dato adecuado para aplicarlo.

4. La capacidad total de la batería C_{TB} , se va a calcular utilizando la capacidad diaria de acumulación, la profundidad de descarga y los días de autonomía D_A , como se vio en la estimación de pérdidas, se escogerá un valor entre 3 y 5 días.

$$C_{TB} = \frac{C_{DA} * D_A}{PdD} [Ah] \quad \text{Ecuación (26)}$$

5. El número de baterías del sistema de acumulación se calcula con la Capacidad de la Batería a usar CB_{usar} y la capacidad total de la batería C_{TB} .

$$N = \frac{C_{TB}}{CB_{usar}} \quad \text{Ecuación (27)}$$

F. Dimensionamiento del Inversor.

La potencia nominal del inversor P_I debe ser igual a la potencia de la carga instalada en AC más un 25%.

$$P_I = 1.25 * P_{TAC} [W] \quad \text{Ecuación (28)}$$

G. Dimensionamiento del Controlador.

Se debe calcular el valor de la Corriente del controlador I_R , para lo cual se requiere la corriente de cortocircuito I_{SC} de cada panel y el número de paneles N .

$$I_R = I_{SC} * N [A] \quad \text{Ecuación (29)}$$

$$I_R = 1.25 \frac{P_N * N}{V} [A] \quad \text{Ecuación (30)}$$

H. Dimensionamiento de los Conductores.

La longitud de los conductores entre los componentes del sistema debe realizarse lo más corta posible para minimizar las caídas de voltaje. Debe cumplir los valores de la Tabla 1.12.

Tabla 1.12 CAÍDAS DE TENSIÓN DE LOS CONDUCTORES ENTRE COMPONENTES.

COMPONENTES	% DE CAÍDA
Generador – Controlador	< 3%
Baterías – Controlador	< 1%
Controlador – Cargas	< 5%

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2252/1/CD-2992.pdf>.

Para calcular el calibre del conductor, sea en mm^2 o AWG, se utiliza la fórmula de caída de voltaje:

$$\Delta V = R * L * I \quad \text{Ecuación (31)}$$

Donde:

ΔV = Caída de voltaje entre los extremos de los conductores [V].

R = Resistencia del conductor en [Ω /Km].

L = Longitud entre componentes en [m].

I = Corriente [A].

La corriente dependerá de la conexión a realizarse:

1. Se utilizará la corriente calculada para la capacidad del controlador, en las siguientes conexiones: Panel - panel, panel - controlador y controlador - batería.

2. Se utilizara la RATED CHARGING CURRENT (A) 41,7/ 20,8 en la conexión: Aerogenerador – controlador.
3. La conexión inversor - batería, se considerará la corriente requerida por el inversor $I_{inversor}$.

$$I_{inversor} = \frac{P_{carga AC}}{V_{Bateria}} \quad \text{Ecuación (32)}$$

1. La conexión inversor - breaker de carga AC, se considerará la corriente requerida por la Carga AC.

$$I_{Carga AC} = \frac{P_{Carga AC}}{V_{AC}} \quad \text{Ecuación (33)}$$

2. La conexión regulador – breaker de carga DC, se considerará la corriente requerida por la carga DC.

$$I_{Carga DC} = \frac{P_{Carga DC}}{V_{DC}} \quad \text{Ecuación (34)}$$

3. El porcentaje de caída de voltaje se calculará: dividiendo la caída de voltaje para el voltaje nominal y se multiplica por 100.

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{V_N} * 100 \quad \text{Ecuación (35)}$$

I. Dimensionamiento de las Protecciones.

Se debe proteger contra sobre corriente, con el uso de fusibles e interruptores termo magnéticos (breakers). El dimensionamiento se lo calcula tomando en cuenta la máxima corriente que deberán soportar los componentes.

1. Para dimensionar el fusible, se deberá calcular la corriente del conductor o la corriente máxima que soportará el conductor, que es igual al 125% de la corriente nominal.

$$I_C = 125\% * I_N [A] \quad \text{Ecuación (36)}$$

$$I_C = \frac{125\% * P_N}{V_N} [A] \quad \text{Ecuación (37)}$$

La capacidad del fusible va a estar entre 1,1 y 1,25 veces la corriente del conductor o máxima. Se calcula con 1,25 veces o 125% de la corriente máxima.

$$I_F = 125\% * I_C [A] \quad \text{Ecuación (38)}$$

2. La capacidad del breaker se calcula considerando que, al ser un interruptor termo magnético, la capacidad será entre 1,1 y 1,5 veces la máxima corriente.

Para el cálculo se hará lo siguiente: se calcula la corriente del conductor, como se vio anteriormente y se sobredimensiona con un 150% de la corriente del conductor.

$$I_B = 150\% * I_C [A] \quad \text{Ecuación (39)}$$

Los fusibles deben fundirse a una corriente menor al 80% de la corriente máxima.

$$I_C = 80\% * I_F \quad \text{Ecuación (40)}$$

CAPÍTULO II

2.1 Metodología.

Para la realización de este proyecto de tesis se toma como bases varios métodos y técnicas, que ayudan al desarrollo tanto en la parte técnica como metodológica de los diferentes aspectos que intervienen dentro de la ejecución del sistema mencionado.

Para los requerimientos energéticos de la vivienda, se realiza **la técnica de entrevista**, al señor Wilson Christiansen, para obtener un detalle de la cantidad, y el tipo de equipos que actualmente necesitan como (bombillos, televisor, radio, etc.).

Es necesario establecer un promedio de la potencia que consume cada aparato, así como de la cantidad de horas que se va a utilizar diariamente cada uno de dichos equipos, para determinar de esta forma cuál es la carga total que se requiere alimentar a partir del sistema generador fotovoltaico.

Para este cálculo, debe aproximarse también las posibles pérdidas que se dan en el sistema (pérdidas en cableado, eficiencia de los componentes, etc.). Lo cual es dable para un mejor dimensionamiento del sistema que se desee construir, pues lo que se desea es reducir recursos económicos pero sin dejar de lado calidad y el buen funcionamiento del sistema.

Como un complemento en la etapa de diseño del sistema, se realiza consultas a profesionales con experiencia en el tratamiento de este tipo de tecnologías, lo cual brinda una visión realista de los principales aspectos de la generación eléctrica a partir de sistemas fotovoltaicos en la actualidad

Se utiliza el método de la **Investigación Científica** por que reúne los requerimientos indispensables para el desarrollo de este proyecto de tesis, mediante investigaciones de fuentes bibliográficas y páginas de Internet, con la finalidad de comprender los aspectos básicos de la generación de electricidad, a partir de celdas solares y los principios de funcionamiento de éstas y los paneles solares, reguladores de carga, inversores y demás equipos que conforman el sistema

La investigación abarca las técnicas de diseño que se emplean actualmente para la elaboración de proyectos de este tipo, cumpliendo con el objetivo general el cual expresa el tema del proyecto que es **“DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE RADIACIÓN SOLAR PARA SUPLIR DE ENERGÍA A UN EMPLAZAMIENTO DE VIVIENDA EN LA LAGUNA DE RASOCOCHA, RESERVA ECOLÓGICA DE EL ÁNGEL, CARCHI”**, y los objetivos específicos que se desagregan del general como es el análisis de los datos adquiridos, dimensionamiento de los componentes, proponer una metodología acorde a este proyecto, y posteriormente la instalación del sistema estudiado, mediante la aplicación de los **métodos de la experimentación, analítico y crítico**.

También se hace necesario realizar una justificación del trabajo, el por qué se quiere ejecutar el proyecto dentro del ámbito y las limitaciones que este debe tener para su completa ejecución. La investigación sobre los equipos fotovoltaicos disponibles actualmente en el mercado y sus principales características, se realiza básicamente ingresando a los sitios web de los principales distribuidores de este tipo de componentes, que generalmente brindan información explícita sobre los aspectos más relevantes de los equipos en cuestión (eficiencia, capacidad, costos, etc.).

En el proceso de estimar el nivel de radiación en la zona de interés, se utiliza el **Método de la Investigación de Campo** conjuntamente con la técnica de la observación directa, para estudiar el ambiente en donde se desarrolla el proyecto, su clima, topografía, su ambiente hídrico, etc., para la selección de los sistemas que ayuda a la medición y posteriormente a la obtención de los datos que se necesitan en el desarrollo del trabajo investigativo, como son la radiación solar, humedad, precipitaciones, velocidad del viento, horas pico de viento, periodos de viento mínimos y máximos en el año. Los datos brindados por el software GAISMA WEB, son comparados con datos suministrados por otras fuentes similares, para tener una mejor aproximación del valor real de la radiación solar promedio en esta área.

Para la construcción de la caja de control y los planos de las conexiones internas de la caja se utiliza el **método de la experimentación de laboratorio**, pues se hace necesario la indagación de ciertos datos sobre los materiales más adecuados y el tratamiento que estos deben tener para usarlos dentro del proyecto así como también los cálculos para el dimensionamiento más adecuado de los conductores, protecciones, acumuladores etc. Pues se va a experimentar con varias fórmulas para el cálculo y seleccionar las más factibles y viables para dar cumplimiento con la propuesta de una metodología útil y sencilla para el diseño de este tipo de sistemas.

En el proceso de estimar el nivel de radiación en la zona de interés, se utiliza los métodos ya mencionados, lo mismos que ayudan a obtener el nivel de radiación solar que es de $3.45 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$, que es el dato más bajo con que se realiza los cálculos del dimensionamiento del sistema en el sitio mencionado que se encuentra a una latitud de $0,7325 \text{ N}$, a una longitud de $78,086 \text{ W}$ y a una altura de $3712,32 \text{ msnm}$.

Una velocidad de viento de 2.94 m/s , medida a una altura de 3.75 metros, con estos datos se logro realizar los cálculos para el dimensionamiento de un aerogenerador, que se adicionara al sistema como una alternativa para el mejor funcionamiento del sistema, aprovechando los recursos naturales que brinda el lugar de estudio.

CAPITULO III

“DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE RADIACIÓN SOLAR PARA SUPLIR DE ENERGÍA A UN EMPLAZAMIENTO DE VIVIENDA EN LA LAGUNA DE RASOCOCHA, RESERVA ECOLÓGICA DE EL ÁNGEL, CARCHI”.

3.1 Datos Informativos.

VIVIENDA EN LA LAGUNA DE RASOCOCHA.

País: Ecuador

Provincia: Carchi.

Cantón: Espejo.

Cabecera Cantonal: El Ángel

Parroquia: El Ángel.

Reserva Ecológica el Ángel.

3.2 Introducción.

Las energías renovables son hoy en día las que se están estudiando e implementando en todo el mundo, pues estas no dañan ni desgastan el ambiente, ya que lo que se busca con estas energías es que se conserve al planeta en la mejor forma posible, y en nuestro caso abastecer de energía eléctrica a viviendas donde no llega dicha energía.

En la actualidad, obtener energía eléctrica en viviendas aisladas es un problema complejo de resolver.

Entre los problemas que se enfrenta es la dificultad de construir una línea de alimentación eléctrica, ya sea por el difícil acceso al lugar, la distancia, y también por en este caso el número de beneficiarios, hacen que los costos sean muy altos.

Para resolver este problema, muchas comunidades alrededor del mundo han decidido instalar sistemas híbridos en los cuales los componentes usados son paneles fotovoltaicos, turbinas eólicas, generadores-diesel, e incluso generadores eléctricos basados en biomasa.

El proyecto que se propone es suministrar energía eléctrica a una vivienda aislada en la Laguna de Rasococha. Reserva Ecológica El Ángel. Carchi, mediante un sistema de captación de radiación solar, que cubrirá las necesidades domésticas y de iluminación.

El motivo de implantar un sistema de captación de radiación solar y como una alternativa el aerogenerador es en función de las mediciones del viento mediante la Estación Meteorológica Profesional de Pantalla Táctil y de información de radiación solar realizadas mediante un software satelital GAISMA WEB, dando resultados favorables y aceptables como se muestra en la tabla 3.7 y en la tabla 3.8, referente al lugar de estudio, para la ejecución del proyecto.

3.3 Planteamiento del problema.

PUEDE EL DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE RADIACIÓN SOLAR SUPLIR DE ENERGÍA A UN EMPLAZAMIENTO DE VIVIENDA EN LA LAGUNA DE RASOCOCHA, RESERVA ECOLÓGICA DE EL ANGEL, CARCHI?

3.4 Justificación.

El aprovechamiento de la energía solar y eólica, como fuentes de energías, por sí ya es sustentable, porque usan como fuente de energía los rayos solares y el viento protege entonces al 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.

Sin embargo, los investigadores esperan mostrar con este trabajo que el uso de energías alternativas aplicadas a un sistema de transformación de energía ha ido evolucionando por mucho tiempo a lo largo de la vida del ser humano.

Los sistemas eléctricos solares y eólicos son altamente confiables, los módulos solares tienen una larga vida útil de aproximadamente 25 años y dependen directamente del sol, mientras tanto los aerogeneradores tienen una vida útil de 30 años siempre y cuando se realice el respectivo mantenimiento.

Por tal razón, se propone el “DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE RADIACIÓN SOLAR PARA SUPLIR DE ENERGÍA A UN EMPLAZAMIENTO DE VIVIENDA EN LA LAGUNA DE RASOCOCHA, RESERVA ECOLÓGICA DE EL ANGEL, CARCHI”, donde se analizará una nueva tecnología científica en la cual se utilizará energías renovables en este caso la energía solar.

Con éste diseño se realizará una serie de procesos de cálculo, para tener los elementos o componentes que el esquema necesita para su respectiva instalación y así optimizar el uso y la generación de la energía eléctrica de origen solar, realizando un balance adecuado entre cada uno de los cálculos y procesos de aplicación, desde los puntos de vista técnico y económico.

Por lo expuesto anteriormente, se considera que este diseño e instalación se convertirá en una alternativa en la vivienda de la laguna de Rasococha, convirtiendo así a la residencia en autosustentable, con el fin de lograr una sostenibilidad, ecológica, económica, social y técnica.

Este proyecto responde al informe local del plan de desarrollo nacional en uso de energías alternativas y también a la responsabilidad global de reducir la emisión de gases de efecto invernadero.

3.5 Objetivos.

3.5.1 Objetivo General.

Diseñar e instalar un sistema de captación de radiación solar para suplir de energía a un emplazamiento de vivienda en la Laguna de Rasococha, Reserva Ecológica de El Ángel, Carchi.

3.5.2 Objetivos Específicos.

- Analizar y procesar los datos obtenidos, mediante la aplicación de cálculos y la utilización del software GAISMA WEB, para la respectiva adquisición de los componentes del sistema.
- Diseñar el sistema de captación de radiación solar poniendo en práctica la teoría y cálculos aprendidos, para obtener una excelente puesta en marcha del proyecto.
- Instalar el sistema de captación de radiación solar en la vivienda de la Laguna de Rasococha de acuerdo a los requerimientos calculados, procurando un óptimo y correcto funcionamiento
- Proponer una metodología de procedimiento para la selección de equipos y dimensionamiento del sistema, teniendo en cuenta la expansión física y económica del proyecto, con el fin de demostrar la factibilidad de uso de dicho sistema.

3.6 Breve Caracterización del Lugar de Estudio.

3.6.1 Antecedentes.

El proyecto a desarrollarse se encuentra ubicado en la provincia del Carchi, específicamente en la Reserva Ecológica “El Ángel”, en la cual se encuentra la reserva biológica de la laguna de “Rasococha”, que se encuentra ubicada a 35 Km de la parroquia El Ángel por la vía a Morán.

Esta laguna presenta aguas transparentes con una temperatura de 9 °C y tiene una extensión en forma circular que alcanza un diámetro de 400 metros, rodeada de miradores naturales, caminos de importancia histórica como es el antiguo camino de los Jesuitas, es el hábitat de varias especies. La laguna ocupa una hondonada circundada por estribaciones muy pendientes, cubiertas de paja y frailejón. Esta propiedad es del señor Wilson Iván Christiansen,
(Fuente: http://www.viajandox.com/carchi/carch_espejo_rasococha.htm).

Figura 3.1 RESERVA BIOLÓGICA DE LA LAGUNA DE “RASOCOCHA”.



Fuente: Grupo de Investigadores.

En esta laguna se encuentra una pequeña vivienda como se ve en la figura, la que en estos momentos requiere de un abastecimiento de energía eléctrica. Para ello se buscará un lugar estratégico en el cual se implementará el sistema propuesto, que también ayudara en la crianza de truchas-salmón que se da en la zona mencionada.

3.6.2 Flora.

La flora se encuentra representada por especies de frailejones planta nativa del lugar, achupalla, sunfo, paja de páramo, piñuelas, pumamaqui, guanderas, orquídeas, arrayán, encinos, cedrillos, quinina, chachajo, naranjillo entre otros.

Constituyen el recurso característico más sobresaliente del área, endémica de los Andes del Norte, que aquí puede verse como en ningún otro de los pocos remanentes menores que aún quedan en el país.

3.6.3 Fauna.

La fauna existente en los remanentes de bosque natural que sirve de refugio para muchas aves, además encontramos el oso de anteojos, venados, y el fascinante cóndor andino especie en extinción. Esta laguna es muy profunda y es utilizada para el cultivo de truchas con excelentes resultados, obteniendo truchas de hasta 1 metro.

3.6.4 Actividades Turísticas.

Es un lugar ideal para la pesca deportiva de truchas. Además en el lugar se puede realizar excursiones, cabalgatas, campamentos, caminatas y observación de flora y fauna, que son posibles desarrollar en los alrededores de la laguna.

3.7 Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

Es un sistema de navegación basado en 24 satélites, que proporcionan posiciones en tres dimensiones, velocidad y tiempo, las 24 horas del día, en cualquier parte del mundo y en todas las condiciones climáticas.

El dispositivo, proporcionó información sobre la posición en donde se encuentra el lugar de estudio, es decir facilitó los datos sobre la longitud, latitud y altura del lugar que se necesita para seguir con las investigaciones y sacar propias conclusiones del sistema como se puede apreciar en la figura 3.2 y en la tabla. 3.1

Figura 3.2 TOMA DE DATOS CON EL GPS (LONGITUD, ALTITUD Y ALTURA).



Fuente: Grupo de Investigadores.

Tabla 3.1 DATOS OBTENIDOS DE LA LAGUNA DE “RASOCOCHA”.

LATITUD	0,7325 N
LONGITUD	78,086 W
ALTURA	3712,32 msnm

Fuente: Grupo de Investigadores.

3.8 La Estación Meteorológica Profesional De Pantalla Táctil Wheatherwise Instruments.

La Estación Meteorológica Profesional de Pantalla Táctil, modelo última versión W/ Precisión de sensores meteorológicos, fabricado por Wheatherwise Instruments, está diseñada para el uso diario fácil y encaja perfectamente en cualquier lugar, hogar u oficina. La unidad básica de interior muestra información importante del tiempo actual de los sensores al aire libre.

El centro meteorológico viene con una fácil configuración de sensores al aire libre, que incluye soportes de montaje y los polos. Una vez montado este se puede colocar en su jardín o en el techo para las óptimas lecturas meteorológicas.

Figura 3.3 ESTACIÓN METEOROLÓGICA PROFESIONAL DE PANTALLA TÁCTIL WHEATHERWISE INSTRUMENTS.



Fuente: Guangzhou HY Energy Technology Co., Ltd.

➤ EL sistema está formado de :

- ✓ (1) Estación Base
- ✓ (1) Sensor Thermo-Hygro y transmisor

- ✓ (1) Sensor de lluvia (auto vaciante)
- ✓ (1) Sensor de velocidad del viento.
- ✓ (1) Sensor de dirección del viento.
- ✓ (1) Mástil meteorológico-w / soportes de montaje.
- ✓ (1) PC Software w / Cable USB.
- ✓ (1) Manual de instrucciones.

3.8.1 Características de la Estación Base.

- ✓ Pantalla LCD táctil.
- ✓ Puerto USB para conexión al PC.
- ✓ Software de control (ver figura 2.4).
- ✓ Almacenamiento de datos (en la unidad principal almacena 4080 archivos, PC sin límite).
- ✓ Temperatura interior al aire libre en grados Fahrenheit o Celsius.
- ✓ Muestra relativa de la humedad interior y exterior.
- ✓ Lectura de la presión barométrica en inHg o hPa, absoluta o relativa.
- ✓ Visualización detallada de los datos de las precipitaciones en 1 hora, 24 horas, una semana, un mes y total desde el último reinicio. (Seleccionable por el usuario en mm o pulgadas).
- ✓ Dirección del viento.
- ✓ La velocidad del viento en mph, km/h, m/s, nudos o Beaufort.
- ✓ Pantalla meteorológica prevista con iconos de soleado, nublado, lluvioso.
- ✓ Previsión del tiempo con tendencia de flecha.
- ✓ Alarma de advertencia.
- ✓ Visualización de los datos meteorológicos extensos, en todos los casos con funciones de alarma programables para ciertas condiciones climáticas, así como los registros de todos los valores mínimo y máximo, junto con la fecha y hora de sus grabaciones.

- ✓ Color verde brillante de luz LED de fondo.
- ✓ WWVB Radio controlado por tiempo y fecha con opción de ajuste manual.
- ✓ 12 o 24 horas de visualización de tiempo.
- ✓ Calendario eterno.
- ✓ Tiempo de ajuste de la zona.
- ✓ Almacenamiento automático de horario de la función.
- ✓ Colgar en la pared o de pie.
- ✓ Recepción sincronizada inmediata de los datos del tiempo al aire libre, así como la señal de radio con control de tiempo (no es necesario cable).

3.8.2 Modos de Configuración.

- ✓ Ajuste de la hora en la zona.
- ✓ Prendido y apagado de la pantalla LCD.
- ✓ Formato de 12/24 horas.
- ✓ El ajuste manual de la hora (horas/minutos).
- ✓ El ajuste del calendario (día/mes/año, día de la semana es el que se calcula por lo tanto hay necesidad de ajustar los días de semana).
- ✓ Visualización de la temperatura en la unidad grados Celsius o Fahrenheit.
- ✓ Velocidad del viento y las unidades de ráfaga de visualización en km/h, mph, m/s, nudos, bft.
- ✓ Mostrar las unidades en mm o pulgadas.
- ✓ Las dependencias de la presión de mostrar en hPa o inHg.
- ✓ Ajuste de la presión relativa de 919.0hPa - 1080.0hPa (por defecto 1013.2hPa).
- ✓ Presión de ajuste del umbral (por defecto 2hPa).
- ✓ Tormenta umbral (por defecto 4hPa).

3.8.3 Especificaciones Técnicas.

Tabla 3.2 DATOS AL AIRE LIBRE.

Distancia de transmisión en campo abierto.	300 pies (100 metros máximo).
Frecuencia	915MHz (Norteamérica).
Intervalo de medición	48 segundos.
TEMPERATURA	
Rango	-40°F a 149°F (-40°C a 65°C).
Exactitud	±2°F.
Resolución	±1°F.
HUMEDAD	
Al aire libre	10% a 99%.
Exactitud	±4%.
PRESIÓN BAROMÉTRICA	
	8.85 a 32.50 inHg.
Exactitud	±0.08 inHg (dentro del rango de 27.13 a 32.50 inHg).
Resolución	0.01 inHg.
DESPLIEGUE DE VOLUMEN DE LLUVIA	
	0 a 394 in.
Exactitud	±10%.
Resolución	0.01 in.
VELOCIDAD DE VIENTO	
	0 a 112 mph (0-160km/h).
Exactitud	±2.2 mph o 10%.
Resolución	0.1 mph.
DIRECCIÓN DEL VIENTO	
	0 a 360°.
Exactitud	22.5° (16 puntos del compás).
Resolución	22.5° (16 puntos del compás).

Fuente: Manual de instrucciones del sistema de estación meteorológica profesional de pantalla táctil, modelo última versión W/ Precisión de sensores meteorológicos.

Elaborado por: Weatherwise Instruments,

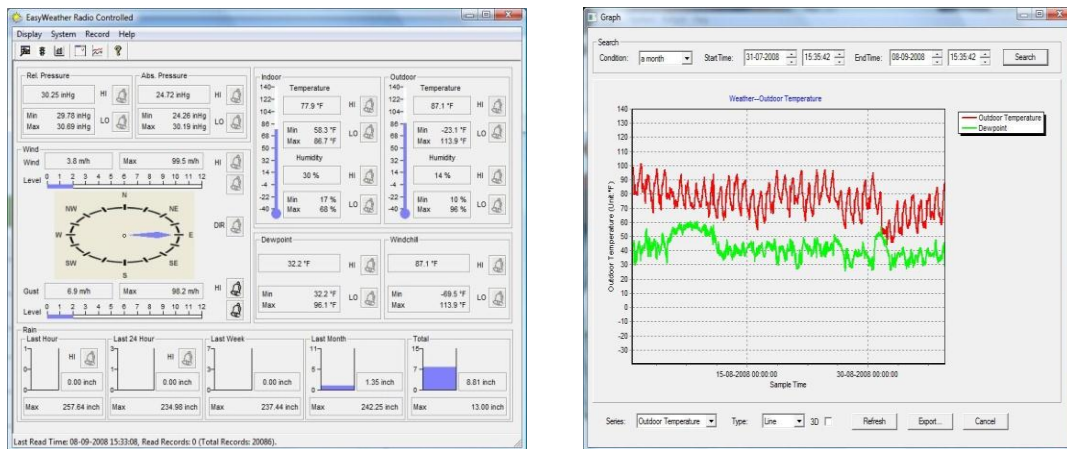
Tabla 3.3 DATOS INTERIORES.

Intervalo de medición.	48 segundos
RANGO DE TEMPERATURA INTERIOR	32°F a 140°F (0°C a 50°C).
Exactitud	±2°F.
HUMEDAD INTERIOR	10% a 99%.
Exactitud	±4%
Duración de alarma	120segundos.

Fuente: Manual de instrucciones del sistema de estación meteorológica profesional de pantalla táctil modelo última versión W/ Precisión de sensores meteorológicos.

Elaborado por: Weatherwise Instruments,

Figura 3.4 SOFTWARE DE CONTROL DEL SISTEMA DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA.



Fuente: Guangzhou HY Energy Technology Co., Ltd.

Con la finalidad de realizar investigación científica-tecnológica, el grupo investigador instaló la Estación Meteorológica en la laguna de Rasococha, para obtener las mediciones exactas y precisas, programadas para guardar en la memoria del sistema cada 5 minutos durante un mes, realizando una serie de mediciones planificadas y vigiladas como se puede ver en resumen en la figura 3.5.

FIGURA 3.5 MONTAJE DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA PROFESIONAL DE PANTALLA TÁCTIL, (JUNIO 2011).

Montaje



Acoplamiento



Programación



Funcionamiento



Fuente: Grupo de Investigadores

Para luego descargarle al PC mediante el software de la estación, pudiendo exportarse esta información a formato EXCEL, lo cual fue fundamental para analizar y discutir sobre el valor promedio de la velocidad del viento, lo cual ayudó para la implementación de un aerogenerador como una alternativa al mejor funcionamiento del sistema de captación de radiación solar, como se verá a continuación en el desarrollo de este capítulo.

3.9 Herramientas informáticas a utilizar.

En esta parte se detallara cada uno de los programas de computador y afines de estos, que fueron necesarios para el desarrollo del proyecto que se instalará en el lugar designado y en que se hacen los estudios correspondientes.

3.9.1 Google Earth.

Permite volar a cualquier lugar de la Tierra para ver imágenes de satélite, mapas, imágenes del relieve, edificios 3D, el océano e, incluso, las galaxias más lejanas. Explora el detallado contenido geográfico, guarda los lugares que hayas visitado.

Con este software se comparó las mediciones realizadas con el GPS, pero no se pudo observar geográficamente el lugar de estudio, ni en otros programas que utilizamos, por que como se puede apreciar en la figura la neblina es parte trascendental del páramo de la reserva ecológica del Ángel.

Figura 3.6 SOFTWARE GOOGLE EARTH EN LA RESERVA ECOLÓGICA EL ÁNGEL.



Fuente: Grupo de Investigadores.

3.9.2 Microsoft Excel.

Es una hoja electrónica o de cálculo que pertenece a la familia de Microsoft Office, que permite el ingreso de datos y la realización de gráficos estadísticos. Excel se encuentra dividido por columnas a las que se las identifica con letras y por filas a las que se les identifica por números, la unión de estas dos forma una serie de cuadrículas a las que se les denomina celdas y se las identifica por una referencia (letra de columna más número de fila).

Dicho programa es una potente herramienta que se usa para crear y aplicar formato a hojas de cálculo, nosotros como investigadores realizamos proyecciones mediante curvas de regresión, es decir pudimos ejecutar tabulaciones de una cierta cantidad de datos de las velocidades de viento y radiación solar, como se puede observar a continuación en los niveles promedios de viento y de radiación solar en el lugar del proyecto a realizarse.

3.9.3 Microsoft Word.

Es un programa editor de texto ofimático muy popular, que permite crear documentos sencillos o profesionales, posee herramientas de ortografía, sinónimos, gráficos, modelado de texto, etc.

Esta herramienta informática ayudó al grupo investigador a organizar y a redactar éste escrito de manera más fácil y eficaz, así como a mantener contenidos importantes de calidad profesional, utilizando todas las herramientas de dicho programa para dar formato a este documento.

3.10 Software a utilizar.

3.10.1 Gaisma Web.

El software GAISMA WEB que es una palabra de Letonia, que significa "luz". Dicho software permite que los datos del sol se muestren en formato de tabla para las fechas seleccionadas. Posibles tiempos de ahorro de luz del día se toman en la cuenta, por lo que garantiza que la información proporcionada es correcta.

Tiene una precisión de la salida y puesta del sol, con cálculos que se basan en los algoritmos que aparecen en Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de la superficie de Investigación de Radiación sitio web de Poder. Para latitudes inferiores a 72° norte y el sur, la precisión es de aproximadamente un minuto. Para latitudes superiores a 72° norte y 72° menos de los cálculos del sur tienen una precisión de 10 minutos.

Mediante dicho software se obtuvo datos sobre temperatura, lluvia, humedad y de lo que es más importante, datos de radiación solar en el lugar de estudio, como se puede apreciar en las siguientes tablas, lo cual permitirá avanzar con el desarrollo del proyecto.

Tabla 3.4 IBARRA, ECUADOR - LA ENERGÍA SOLAR Y LA METEOROLOGÍA DE SUPERFICIE

Variable	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Insolation, kWh/m ² /day	3.67	3.63	3.78	3.71	3.72	3.81	3.89	3.99	3.96	3.95	3.91	3.67
Clearness, 0 - 1	0.37	0.35	0.36	0.36	0.39	0.41	0.41	0.41	0.39	0.38	0.39	0.37
Temperature, °C	18.14	18.28	18.46	18.20	17.99	17.39	17.53	18.54	19.54	19.73	18.83	18.17
Precipitation, mm	34	53	59	83	43	32	12	15	29	70	81	51
Wet days, d	13.1	13.0	14.6	16.9	14.7	11.6	8.1	8.4	10.4	15.1	15.6	11.8

Fuente: Software GAISMA WEB.

Elaborado por: NASA Langley Research Center Atmospheric Science Data Center; New et al. 2002.

Tabla 3.5 TULCÁN, ECUADOR - LA ENERGÍA SOLAR Y LA METEOROLOGÍA DE SUPERFICIE.

Variable	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Insolation, kWh/m ² /day	3.64	3.45	3.48	3.54	3.58	3.61	3.65	3.86	3.91	3.91	3.97	3.74
Clearness, 0 - 1	0.36	0.33	0.33	0.35	0.37	0.39	0.39	0.39	0.38	0.38	0.39	0.38
Temperature, °C	20.54	20.48	20.82	20.55	20.51	19.94	19.80	20.74	21.83	22.39	21.60	20.62
Precipitation, mm	199	198	280	317	330	371	318	244	243	247	244	230
Wet days, d	18.5	17.7	21.3	22.6	23.2	22.6	22.4	18.1	20.5	20.6	19.7	20.5

Fuente: Software GAISMA WEB.

Elaborado por: NASA Langley Research Center Atmospheric Science Data Center; New et al. 2002.

3.11 Presentación e Interpretación de los Resultados.

Para dimensionar los componentes del sistema de captación de radiación solar se relacionaron los datos meteorológicos de radiación solar y la velocidad del viento, este último como una alternativa para el mejor funcionamiento del sistema de un emplazamiento con el tamaño de cada uno de los elementos del sistema (Generador eólico, modulo fotovoltaico y baterías).

Los datos que se observan en la figura 3.7, son los obtenidos por la Estación Meteorológica Profesional de Pantalla Táctil, modelo última versión W/ Precisión de sensores meteorológicos, fabricado por Weatherwise Instruments, misma que se instaló a una altura de 3,75 m. el promedio de la velocidad es de 2,94 m/s. Exportándose a formato EXCEL, como se puede apreciar a continuación.

Figura 3.7 PROCESAMIENTO DE DATOS DE LA LAGUNA DE RASOCOCHA.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	R
	N0	Fecha y hora	Intervalo	% Humedad Int	Temperatura Int	Humedad Ext	Temperatura Ext	Presión Abso	Velocidad del Viento [m/s]	Gust Viento	Dirección	Presión Rela	Dew Point C	Temperatura Vi	Lluvia
2	1	13/06/2011 3:35	5	80	9.8	82	6	---	13,6	22.1	S	---	3.2	-6.7	
3	2	13/06/2011 3:40	5	80	9.7	82	6	---	4,8	10.5	NW	---	3.2	-0.6	
4	3	13/06/2011 3:45	5	80	9.7	82	5.9	---	2,7	6.8	SE	---	3.1	2.8	
5	4	13/06/2011 3:50	5	80	9.7	83	5.9	---	1,4	2.7	W	---	3.2	5.9	
6	5	13/06/2011 3:55	5	80	9.7	83	5.8	---	4,1	7.5	SE	---	3.1	0.1	
7	6	13/06/2011 4:00	5	80	9.6	84	5.7	---	5,1	9.9	S	---	3.2	-1.4	
8	7	13/06/2011 4:05	5	80	9.6	85	5.7	---	2,7	8.2	S	---	3.4	2.6	
9	8	13/06/2011 4:10	5	80	9.6	85	5.6	---	3,1	7.5	SW	---	3.3	1.7	
10	9	13/06/2011 4:15	5	80	9.6	86	5.6	---	5,4	8.2	SW	---	3.5	-1.9	
11	10	13/06/2011 4:20	5	80	9.6	86	5.5	---	6,1	8.5	NW	---	3.4	-2.8	
12	11	13/06/2011 4:25	5	80	9.5	85	5.6	---	8,8	16.3	S	---	3.3	-5	
13	12	13/06/2011 4:30	5	80	9.5	85	5.6	---	2,5	5.1	NE	---	3.3	4.3	
14	13	13/06/2011 4:35	5	80	9.5	85	5.8	---	9,5	16	S	---	3.5	-5.2	
15	14	13/06/2011 4:40	5	80	9.5	84	5.8	---	2,7	5.1	SE	---	3.3	2.7	
16	15	13/06/2011 4:45	5	80	9.5	84	5.9	---	8,8	15.6	SW	---	3.4	-4.6	
17	16	13/06/2011 4:50	5	80	9.4	84	6	---	4,8	8.2	S	---	3.5	-0.6	
18	17	13/06/2011 4:55	5	80	9.4	84	6	---	2,4	3.1	SE	---	3.5	4.7	
19	18	13/06/2011 5:00	5	80	9.4	85	5.9	---	4,8	8.8	S	---	3.6	-0.8	
20	19	13/06/2011 5:05	5	80	9.4	86	5.7	---	3,1	6.1	S	---	3.5	1.8	
21	20	13/06/2011 5:10	5	80	9.4	87	5.7	---	5,1	9.5	S	---	3.7	-1.4	
22	21	13/06/2011 5:15	5	80	9.4	87	5.8	---	4,4	8.2	NW	---	3.8	-0.3	
23	22	13/06/2011 5:20	5	80	9.4	87	5.6	---	4,8	11.6	NW	---	3.6	-1.1	
24	23	13/06/2011 5:25	5	80	9.3	87	5.7	---	6,1	7.8	SW	---	3.7	-2.6	
25	24	13/06/2011 5:30	5	80	9.3	87	5.7	---	3,1	6.5	SW	---	3.7	1.8	

Fuente: Estación Meteorológica Profesional de Pantalla Táctil, modelo última versión W/ Precisión de sensores meteorológicos, fabricado por Weatherwise Instruments.

Elaborado por: Grupo de Investigadores.

Para realizar los cálculos pertinentes del proyecto, se consideró únicamente las columnas correspondientes a la velocidad del viento, realizadas del 13 de Junio de 2011 hasta el 24 de junio del mismo año, como una muestra del comportamiento del viento para estadísticamente calcular la potencia que puede ser obtenida del mismo, un ejemplo de esta medición está en la tabla 3.6, un gráfico de la variación del viento se puede apreciar en la figura 3.8:

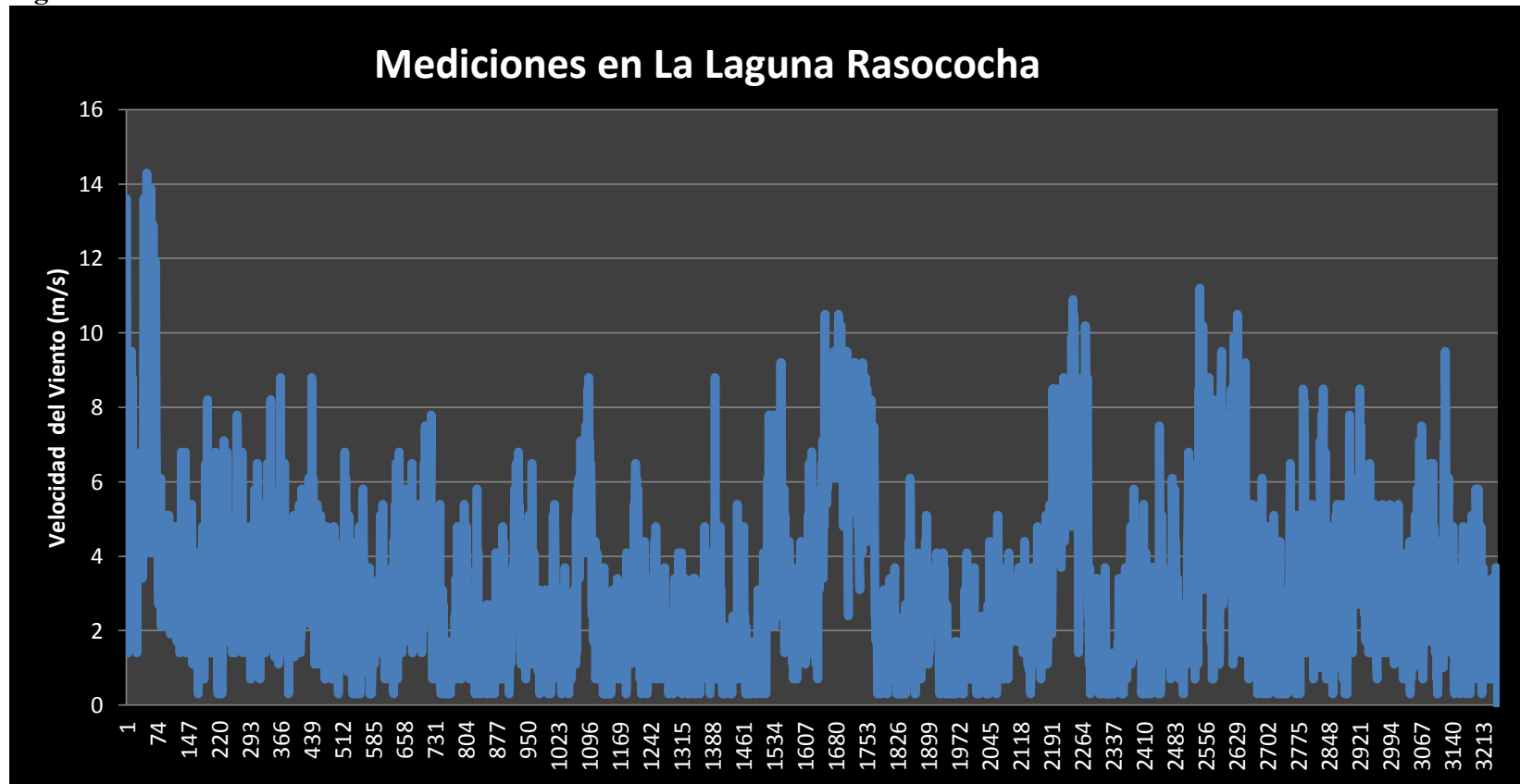
TABLA 3.6 DATOS DE MEDICIONES EN LA LAGUNA DE RASOCOCHA.

N	Fecha y hora	Intervalo	Velocidad del Viento [m/s]	Dirección
1	13/06/2011 3:35	5	13,6	S
2	13/06/2011 3:40	5	4,8	NW
3	13/06/2011 3:45	5	2,7	SE
4	13/06/2011 3:50	5	1,4	W
5	13/06/2011 3:55	5	4,1	SE
6	13/06/2011 4:00	5	5,1	S
7	13/06/2011 4:05	5	2,7	S
8	13/06/2011 4:10	5	3,1	SW
9	13/06/2011 4:15	5	5,4	SW
10	13/06/2011 4:20	5	6,1	NW
11	13/06/2011 4:25	5	8,8	S
12	13/06/2011 4:30	5	2,5	NE
13	13/06/2011 4:35	5	9,5	S
14	13/06/2011 4:40	5	2,7	SE
15	13/06/2011 4:45	5	8,8	SW
16	13/06/2011 4:50	5	4,8	S
17	13/06/2011 4:55	5	2,4	SE
18	13/06/2011 5:00	5	4,8	S
19	13/06/2011 5:05	5	3,1	S
3243	24/06/2011 9:45	5	3,4	SW
3244	24/06/2011 9:50	5	0,7	N
3245	24/06/2011 9:55	5	3,7	N
3246	24/06/2011 10:00	5	2,4	S
3247	24/06/2011 10:05	5	2,7	SE
3248	24/06/2011 10:10	5	0	NW
	Velocidad del viento		2,94	

Fuente: Estación Meteorológica Profesional de Pantalla Táctil, modelo última versión W/ Precisión de sensores meteorológicos, fabricado por Weatherwise Instruments.

Elaborado por: Grupo de Investigadores.

Figura 3.8 CURVA DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO.



Fuente: Estación Meteorológica Profesional de Pantalla Táctil, modelo última versión W/ Precisión de sensores meteorológicos, fabricado por Weatherwise Instruments.

Elaborado por: Grupo de Investigadores

3.12 Nivel Promedio de la Velocidad Total del Viento para la altura final a instalarse.

El nivel de la velocidad total del viento para los respectivos cálculos se obtiene mediante el promedio de la velocidad del viento que se consiguió con el procesamiento de datos mediante la estación meteorológica profesional de pantalla táctil, teniendo en cuenta la altura inicial que se colocó la estación para la respectiva medición y también con la altura final que se pretende poner el aerogenerador y con la rugosidad que se calcula con la ecuación 17 para luego aplicar a la ecuación 15 como se puede apreciar a continuación:

Mediante la ecuación 17 se obtuvo el valor de la rugosidad.

Con la ayuda de la tabla 1.11, se fija $hr = 0,0425$, interpolando la longitud de rugosidad entre las clases 1 y 1,5 (0,03 – 0,055) en función de las características del paisaje en la zona de emplazamiento.

Dado que ($hr > 0,03$) ; ($0,0425 > 0,03$) entonces:

$$n = 3.912489289 + \ln(hr) / \ln(3.3333333)$$

$$n = 3.912489289 + \ln(0,0425) / \ln(3.3333333)$$

$$n = 3.912489289 + (-2,6231)$$

$$n = 1,2893$$

Aplicando la ecuación 15 se calcula el promedio de la velocidad total del viento, considerando los datos que se muestran en la tabla 3.7 para el cálculo:

Tabla 3.7 DATOS PARA EL CÁLCULO DEL PROMEDIO DE LA VELOCIDAD TOTAL DEL VIENTO.

Velocidad inicial	v_0	2,94 m/s
Altura inicial	h_0	3,75 m
Altura final de la torre	h	9 m
Rugosidad	n	1,2893
Velocidad total del viento	V	9,08 m/s

Fuente: Grupo de investigadores.

$$V = v_0 \left(\frac{h}{h_0} \right)^n$$

$$V = 2,94 \text{ m/s} \left(\frac{9 \text{ m}}{3,75 \text{ m}} \right)^{1,2893}$$

$$V = 9,08 \text{ m/s}$$

3.13 Nivel Promedio de Radiación Solar del Lugar.

El nivel de radiación solar en la provincia de Tulcán, se pudo determinar utilizando datos tomados por el software GAISMA WEB, que mediante un completo análisis se obtuvo y se escogió el valor del mes con menos radiación de todo el año, como se muestra en la siguiente tabla y figura, para más adelante aplicarlo en el desarrollo del diseño propuesto.

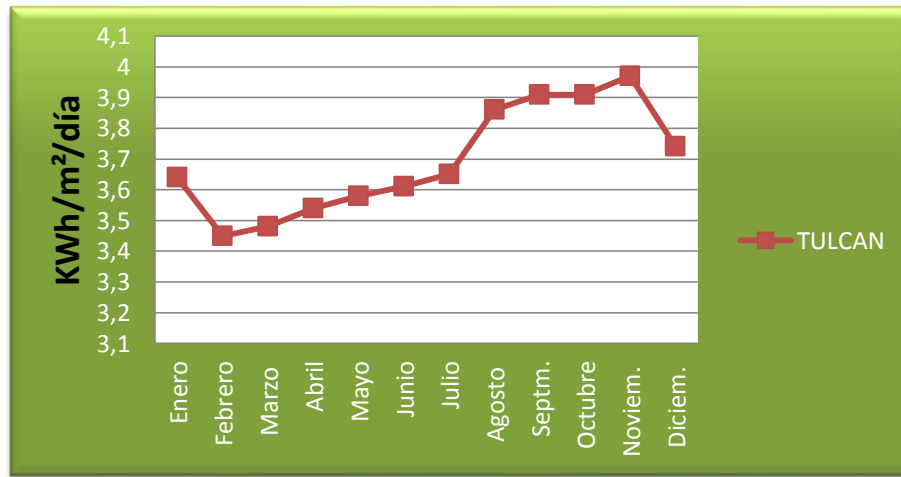
Tabla 3.8 TULCÁN, RADIACIÓN SOLAR, kWh/m²/día.

Lugar	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septm.	Octubre	Noviem.	Diciem.
TULCÁN	3,64	3,45	3,48	3,54	3,58	3,61	3,65	3,86	3,91	3,91	3,97	3,74

Fuente: GAISMA WEB

Elaborado por: Grupo de investigadores.

Figura 3.9 CURVA DE RADIACION SOLAR.



Fuente: GAISMA WEB

Elaborado por: Grupo de investigadores.

3.14 Requerimientos Energéticos de la vivienda en la Laguna de Rasococha.

Para el inventario de carga a instalar, se realizó la consulta a los interesados, en este caso a los usuarios finales del sistema, quienes indicaron, cuales son las necesidades energéticas requeridas, que se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 3.9 REQUERIMIENTOS ENERGÉTICOS DE LA VIVIENDA.

EQUIPOS CORRIENTE ALTERNA	VOLTAJE (V)	CANTIDAD	POTENCIA (W)
Luminarias	110	7	20
Radio	110	1	60
Televisión	110	1	150
DVD	110	1	8
Laptop	110	1	90

Fuente: Usuarios de la vivienda

Elaborado por: Grupo de Investigadores.

3.15 Análisis de Factibilidad.

El diseño e instalación de la propuesta de un sistema de captación de radiación solar y la implementación de un aerogenerador como una alternativa para mejorar el funcionamiento del sistema que genere energía eléctrica en la Laguna de Rasococha, Reserva Ecológica de El Ángel, Carchi, utilizando energías alternativas (solar - eólica) a través de métodos y estrategias, es perfectamente ejecutable, los resultados obtenidos mediante las pruebas de campo realizadas para la medición del viento mediante la estación meteorológica profesional de pantalla táctil modelo última versión W/ Precisión de sensores meteorológicos, fabricado por Weatherwise Instruments, y para las mediciones de la radiación solar mediante el software satelital GAISMA WEB, fueron analizados y discutidos mediante la confrontación de los mismos con los objetivos e interrogantes del estudio, ya que estos son determinantes de un proyecto factible, respaldados con la teoría consultada, y que el nivel promedio de la velocidad del viento es 9.08 m/s y de la radiación solar es $3.45 \text{ KWh/m}^2/\text{día}$, los mismo que mediante un análisis se estableció como valores aceptables, lo cual permitirá cubrir las necesidades energéticas requeridas de los usuarios, con el afán de aprovechar los recursos naturales que nos brinda el lugar de estudio.

3.16 Diseño y Dimensionamiento del Sistema de captación de radiación solar.

3.16.1 Cálculo de la Energía Requerida del Sistema o Demanda Energética.

Como son las cargas de AC, se agrega un porcentaje de energía adicional para tomar en cuenta el rendimiento del inversor (% consumo del Inversor), utilizando la ecuación (9), como se muestra en la Tabla 3.10, el autoconsumo del inversor.

TABLA 3.10 DEMANDA ENERGÉTICA CARGAS AC DE LA LAGUNA DE RASOCOCHA.

DEMANDA DE ENERGÍA DIARIA EN RASOCOCHA						
EQUIPOS Corriente Alterna	TENSIÓN (Voltios) (V)	POTENCIA (Vatios) (W)	CANTIDAD (N)	POTENCIA TOTAL (Vatios) (W*N)	UTILIZACIÓN (Horas/día) (h)	ENERGÍA (Wh/día) (W*N*h)
Luminarias	110	20	7	140	4	560
Radio	110	60	1	60	3	180
Televisión	110	150	1	150	3	450
DVD	110	8	1	8	3	24
Laptop	110	90	1	90	2	180
SUBTOTAL				448	-	1394
% Consumo del inversor 10%				44,8	-	139,4
TOTAL AC				492,8	-	1533,4

Fuente: Usuarios de la vivienda.

Elaborado por: Grupo de Investigador.

3.16.2. Estimación de pérdidas.

Se considera los datos señalados en el Capítulo I en la sección 1.11.2.3 Diseño y dimensionamiento del sistema SHEFV, punto 2, literal B **Estimación de pérdidas**, que se muestran en la tabla 3.11 para el cálculo.

TABLA 3.11 COEFICIENTE DE PÉRDIDAS DEL SISTEMA

Coeficiente de pérdidas debidas al rendimiento del acumulador	K_b	0,05
Coeficiente de pérdidas en el inversor	K_c	0,005
Coeficiente de pérdidas varias (Transmisión, efecto Joule, etc.)	K_v	0,05
Coeficiente de autodescarga diaria de las baterías	K_a	0,005
Días de autonomía de la instalación	D_A	3
Profundidad de descarga diaria de la batería	P_d	80%

Fuente: <http://www.eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb0831t.pdf>

Elaborado por: Grupo de investigadores.

Mediante la ecuación 11 se obtuvo el valor de rendimiento global de la instalación fotovoltaica.

$$R_G = (1 - K_b - K_c - K_v) * \left(1 - \frac{K_a * D_A}{P_d}\right)$$

$$R_G = 89,48\%$$

3.16.3 Dimensionamiento de los paneles.

Se considera los datos que se muestran en la Tabla 3.12:

TABLA 3.12 DATOS PARA DIMENSIONAMIENTO DE PANELES.

Radiación del Lugar	G_d	3,45
Demanda de energía total del sistema	E_T	1533,4
Rendimiento global	R_G	89,48%
Potencia Paneles	P_G	496,71

Fuente: Grupo de investigadores.

Elaborado por: Grupo de investigadores.

Aplicando la ecuación 13 se consiguió:

$$P_G = \frac{E_T}{R_G * Gd} [W]$$

$$P_G = 496,71 W$$

Empleando la ecuación 14, el número de paneles será:

TABLA 3.13 NÚMERO DE PANELES.

Potencia Panel a usar W	P_N	100
Potencia Paneles	P_G	496,71
Número de Paneles	N	4,96

Fuente: Grupo de investigadores.

Elaborado por: Grupo de investigadores.

$$N = \frac{P_G}{P_N}$$

$$N = 4,96$$

Como el resultado de número de paneles fue un número decimal, se considera la aproximación como se estipulo en el Capítulo I en la sección 1.11.2.3 Diseño y dimensionamiento del sistema SHEFV, punto 2, literal C **Dimensionamiento de Paneles Solares**, numeral 4, entonces el número de paneles será:

$$N = 5$$

Se deberá utilizar 5 paneles de 100 W cada uno.

3.16.4 Dimensionamiento del Sistema de Acumulación.

Para el dimensionamiento del sistema de acumulación, banco de baterías, se calculó con los siguientes pasos:

- El rendimiento de la batería n_B se calculó con la ecuación 23:

$$n_B = 100\% - K_b$$
$$\mathbf{n_B = 95\%}$$

- Energía diaria de acumulación requerida Q_M se aplicó la ecuación 24:

$$Q_M = \frac{E_T}{n_B} \left[\frac{Wh}{día} \right]$$
$$\mathbf{Q_M = 1614,10 \left[\frac{Wh}{día} \right]}$$

- Capacidad diaria de acumulación C_{DA} se obtuvo mediante la ecuación 25:

$$C_{DA} = \frac{Q_M}{V} \left[\frac{Ah}{día} \right]$$
$$\mathbf{C_{DA} = 67,25 \left[\frac{Ah}{día} \right]}$$

- El valor de la profundidad de descarga PdD , se indica en el Capítulo I en la sección 1.11.2.3 Diseño y dimensionamiento del sistema SHEFV, punto 2, literal B **Estimación de pérdidas**, lo cual nos establece el dato adecuado para aplicarlo.

$$\mathbf{PdD = 80\%}$$

- La capacidad total de la batería C_{TB} , se consiguió usando la ecuación 26, el grupo de investigadores analizo las variaciones de clima en el lugar del proyecto y determino 3 días de autonomía:

$$C_{TB} = \frac{C_{DA} * D_A}{PdD} [Ah]$$

$$C_{TB} = 252,18 [Ah]$$

- Aplicando la ecuación 27, se obtiene el número de baterías:

$$N = \frac{C_{TB}}{CB_{usar}}$$

$$N = 3,15$$

Se usará 4 baterías, de 80 Ah cada una.

3.16.5 Dimensionamiento del Inversor.

Se utilizará la ecuación 28 y la potencia total en AC ya calculada en la tabla 3.10.

$$P_I = 1.25 * P_{TAC} [W]$$

$$P_I = 616 W$$

Entonces se utilizara un inversor de 1000W.

3.16.6 Dimensionamiento del Regulador (controlador).

Para dimensionar el regulador (controlador) se utilizará la ecuación 30:

$$I_R = 1.25 \frac{P_N * N}{V} [A]$$

$$I_R = 26,04 A$$

Entonces se utilizará un regulador de 30 A.

3.16.7 Dimensionamiento de los Conductores.

Para el dimensionamiento de los conductores se requiere las distancias entre cada uno de los componentes, para lo cual se considerará las distancias mostradas en la Tabla 3.14.

- La corriente del regulador, se usará en las conexiones: Panel - panel, panel – regulador (controlador) y regulador (controlador) - batería.

$$I_R = 26,04 A$$

- La conexión inversor – batería, se considerará la corriente requerida por $I_{inversor}$, mediante la ecuación 32.

$$I_{inversor} = \frac{P_{carga AC}}{V_{Bateria}}$$

$$I_{inversor} = 20,53 A$$

- La conexión inversor – breaker de carga AC, se considerará la corriente requerida por la carga AC, aplicando la ecuación 33.

$$I_{Carga AC} = \frac{P_{Carga AC}}{V_{AC}}$$

$$I_{Carga AC} = 4,48 A$$

- Para el cálculo de la caída de tensión y calibre de conductor Panel – Panel, se considera un cable 10 AWG ($6 mm^2$).
- Para el cálculo de caída de tensión y calibre de conductor Panel – Regulador, se considera un cable 10 AWG ($6 mm^2$).
- Para el cálculo de caída de tensión y calibre de conductor regulador – batería, se debe considerar un cable 10 AWG ($6 mm^2$).
- Para el cálculo de caída de tensión y calibre de conductor batería – inversor, se considera un cable 12 AWG ($4 mm^2$). Para la conexión al inversor el fabricante recomienda el calibre del conductor.
- Para el cálculo de caída de tensión y calibre de conductor inversor – breaker carga AC, se considera un cable 18 AWG ($1 mm^2$).

Se utilizarán las ecuaciones 31, como se vio en dimensionamiento de conductores:

$$\Delta V = R * L * I$$

El porcentaje de caída de voltaje se calculara con la ecuación 35:

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{V_N} * 100$$

Se debe considerar que las caídas de tensión no sobrepasen los límites establecidos en la tabla 1.12.

Las caídas de voltaje serán las siguientes:

TABLA 3.14 CAÍDAS DE TENSIÓN EN CONDUCTORES.

	Distancia m	Número Conductores	AWG	R Ω/m	Corriente A	Voltaje V	ΔV %
Panel - Panel	2	2	10	0,00327	26,04	24	1,42
Panel - Controlador	2,5	2	10	0,00327	26,04	24	1,77
Controlador - Batería	0,8	2	10	0,00327	26,04	24	0,57
Batería - Inversor	0,8	2	10	0,00327	20,53	24	0,45
Inversor - Breaker Carga AC	0,8	2	14	0,00828	4,48	110	0,05

Fuente: Grupo de investigadores.

Elaborado por: Grupo de investigadores.

3.16.8 Dimensionamiento de las protecciones.

Para la protección del panel al regulador, se calcula la capacidad del fusible y del breaker con la siguiente manera:

- Primero se calcula la corriente del conductor mediante la ecuación 37:

$$I_C = \frac{125\% * P_N}{V_N} [A]$$

$$I_C = \frac{125\% * 500W}{24V} [A]$$

$$I_C = \mathbf{26,04 A}$$

- La capacidad del fusible se calcula mediante la ecuación 38, que debe ser igual a 125% la corriente del conductor.

$$I_F = 125\% * I_C [A]$$

$$I_F = 125\% * 26,04 [A]$$

$$I_F = \mathbf{32,55 A}$$

Para lo cual se utilizará un fusible que este en el intervalo de 30 a 40A.

- Para la corriente de la capacidad del breaker se calculará con la ecuación 39:

$$I_B = 150\% * I_C[A]$$

$$I_B = 150\% * 26,04[A]$$

$$I_B = \mathbf{39,06 A}$$

Se utilizará un breaker de 40 A.

Para la protección del regulador - batería, se va a calcular la capacidad del fusible y del breaker de la siguiente manera:

En este caso la batería a utilizar es de 80 Ah, tiene una corriente máxima de 20A.

- La capacidad del fusible debe ser igual a 125% la corriente máxima, como se demuestra a continuación:

$$I_F = 125\% * I_{MAX}[A]$$

$$I_F = 125\% * 20[A]$$

$$I_F = \mathbf{25 A}$$

Para lo cual se utilizará un fusible de 30 A.

- Para la corriente de la capacidad del breaker se calculará de la siguiente forma:

$$I_B = 150\% * I_C[A]$$

$$I_B = 150\% * 20[A]$$

$$I_B = \mathbf{30 A}$$

Se utilizará un breaker de 30 A.

Para la protección de la batería al inversor, se calcula la capacidad del fusible y del breaker de la siguiente manera:

- La capacidad del fusible será igual a:

$$I_C = 125\% * I_{INVERSOR} [A]$$

$$I_C = 125\% * 20,53 [A]$$

$$I_C = \mathbf{25,66 A}$$

La capacidad del fusible debe ser igual a 125% la corriente del conductor.

$$I_F = 125\% * I_C [A]$$

$$I_F = 125\% * 25,66 [A]$$

$$I_F = \mathbf{32,07 A}$$

Para lo cual se utilizará un fusible de 30A.

- Para la corriente de la capacidad del breaker se calculará de la siguiente forma:

$$I_B = 150\% * I_C [A]$$

$$I_B = 150\% * 25,66 [A]$$

$$I_B = \mathbf{38,49 A}$$

Se utilizará un breaker de 40 A.

Para la protección de inversor carga – AC, se calculará el breaker utilizando la corriente requerida por la carga AC.

$$I_{Carga AC} = \frac{P_{Carga AC}}{V_{AC}} [A]$$

$$I_{Carga AC} = \frac{492,8}{110} [A]$$

$$I_{Carga AC} = 4,48 A$$

$$I_C = 125\% * I_{Carga AC} [A]$$

$$I_C = 125\% * 4,48 [A]$$

$$I_C = 5,56 A$$

Para la capacidad del breaker en alterna, se sobredimensionará con un 250% debido a que hay cargas que al arranque ocupan más corriente.

$$I_B = 250\% * I_C [A]$$

$$I_B = 250\% * 5,56 [A]$$

$$I_B = 13,9 A$$

Se utilizará un breaker de 15 A.

3.16.9 Dimensionamiento del aerogenerador como una alternativa para mejorar el rendimiento del sistema.

Se debe seguir con los siguientes pasos:

1. Se calcula el área de barrido del rotor A , con la ecuación 18:

$$A = \pi * \frac{D^2}{4}$$

$$A = \pi * \frac{(1,96m)^2}{4}$$

$$A = 3,017 m^2$$

2. Luego se debe calcular la potencia en función del área de barrido con la ecuación 19.

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2} \rho V^3$$

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2} * 0,8254 \text{ kg}/m^3 * (9,08 \text{ m})^3$$

$$\frac{P}{A} = 308,95 \text{ w}/m^2$$

3. Se debe calcular la intensidad de turbulencia con la ecuación 20.

$$I_v = \frac{\sigma}{V}$$

$$I_v = \frac{1,85 \text{ m/s}}{9,08 \text{ m/s}}$$

$$I_v = 0,203$$

4. La potencia del viento se calcula mediante la ecuación 6, anteriormente estudiada en el capítulo I:

$$P = eQ = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

$$P = \frac{1}{2} * 0,8254 \text{ kg}/m^3 * 3,017 m^2 * (9,08 \text{ m/s})^3$$

$$P = 932,11 W$$

5. La potencia eléctrica se calcula a través de la ecuación 21, como se muestra a continuación:

$$P_e = n * P$$

$$P_e = 0,5 * 932,11 W$$

$$P_e = \mathbf{466,055 W}$$

6. Finalmente se calcula la producción anual con la aplicación de la ecuación 22, como se puede apreciar a continuación.

$$A = \frac{P}{A} \times A \times (\text{eficiencia}) \times \left(8640 \frac{h}{a}\right) \times \left(\frac{1kW}{1000W}\right)$$

$$A = 308,95 \frac{W}{m^2} \times 3,017 m^2 \times 0,2 \times \left(8640 \frac{h}{a}\right) \times \left(\frac{1kW}{1000W}\right)$$

$$A = 1610,67 \frac{kWh}{a}$$

$$A = 134,22 \frac{kWh}{m}$$

$$A = \mathbf{4,47 \frac{kWh}{d}}$$

La producción anual de energía que se le divide para los 12 meses del año para conocer cuánto produce la turbina en un mes y este resultado se le divide para los 30 días que generalmente tiene un mes y sabremos si es que el aerogenerador abastece la carga diaria o demanda diaria de energía que se necesita con un pequeño porcentaje de sobre potencia como se indicó en los cálculos realizados.

3.17 Análisis de los cálculos del sistema.

Como se pudo apreciar anteriormente el número de paneles a utilizar son 5 de 100W solo con radiación solar, pero con el afán de aprovechar otra de las energías renovables (energía eólica) que el lugar nos provee, se propone adicionar como alternativa un aerogenerador de 1000W, los mismos que cubrirán las necesidades energéticas requeridas por los usuarios de la vivienda independientemente tratando de reducir en lo posible el número de paneles solares para optimizar el presupuesto del empresario, pero sin someter a variaciones la demanda energética de los usuarios.

A continuación se detalla un breve cálculo sobre el análisis realizado.

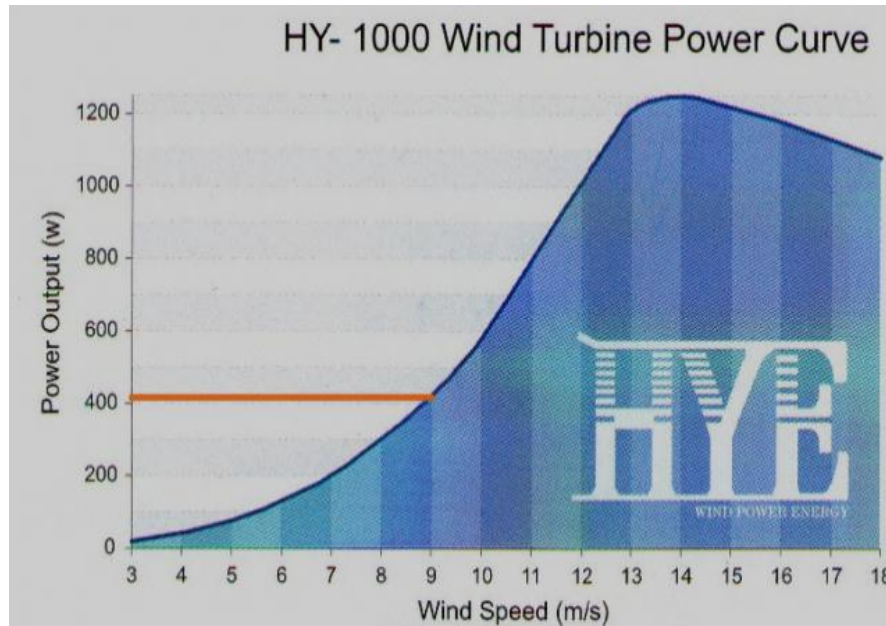
Se multiplicó la potencia del panel a utilizar que en este caso es de 100W, con el nivel promedio de radiación solar del lugar de estudio $3.45 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$.

$$\textit{Energía diaria del panel} = 345 \text{ Wh/día.}$$

Luego se multiplico la energía diaria del panel 345 Wh/día. Por dos paneles que se va a poner en el sistema, lo cual como resultado da que los dos paneles de 100W, van a generar 690W.

Mientras en el aerogenerador de 1000W, se tomó el dato de la velocidad total del viento 9.08 m/s , que revisamos anteriormente en el **Nivel Promedio de la Velocidad Total del Viento para la altura final a instalarse**, para comparar con el rendimiento de la curva de poder del aerogenerador, como se muestra a continuación.

Figura 3.10 CURBA DE PODER DE LA TURBINA DE VIENTO HY – 1000



Fuente: Catálogo WWEA2011

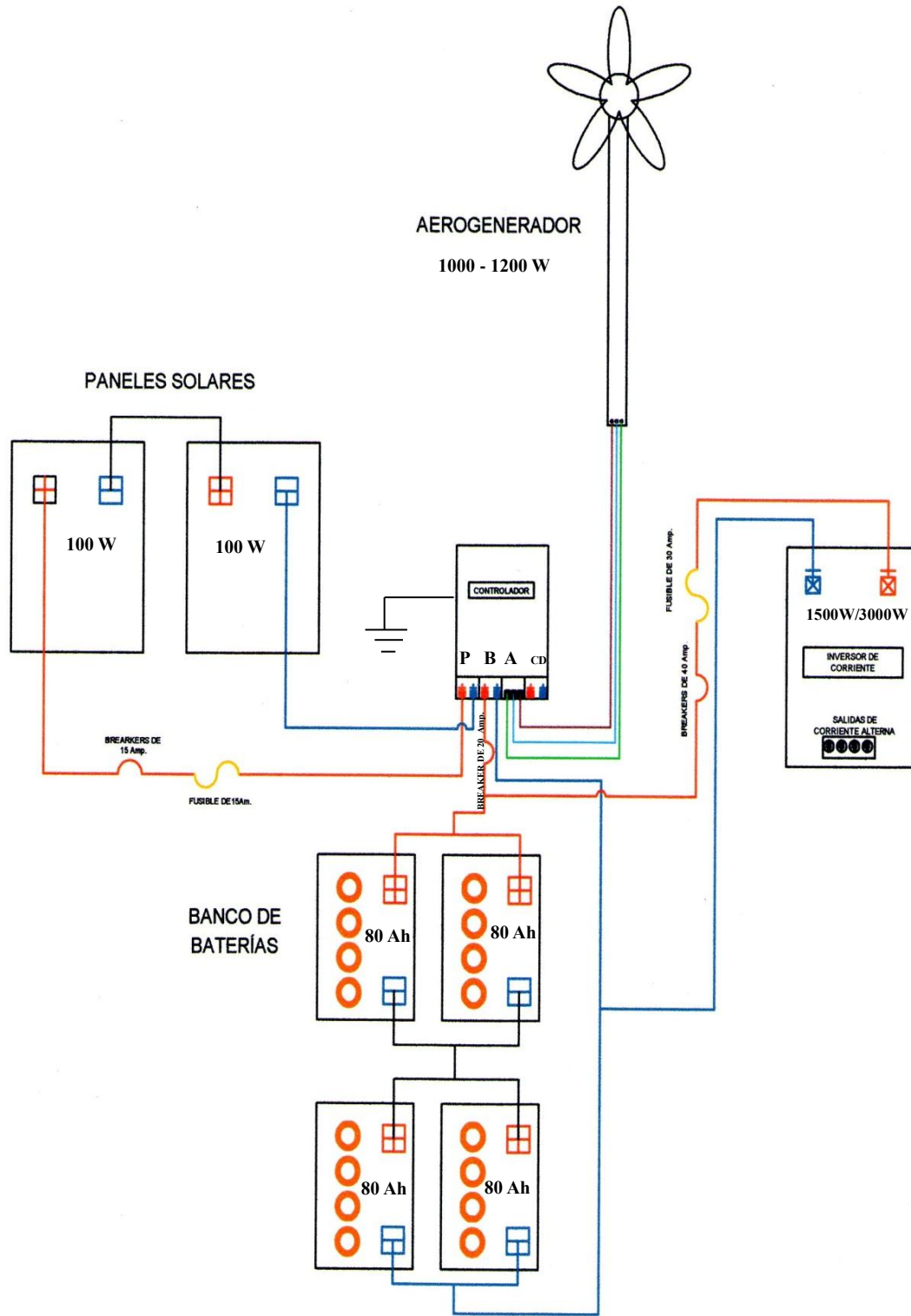
Elaborado por: Guangzhou HY Energy Technology Co., Ltd.

Como podemos observar el promedio de la velocidad del viento es de 9.08 *m/s*, lo cual el aerogenerador generara aproximadamente 420 W.

Analizando se sabe que sumando la potencia que generan los paneles y el aerogenerador, se compensara la demanda energética requerida por los usuarios.

NOTA: Los cálculos presentados anteriormente fueron realizados con los niveles más bajos de radiación solar y velocidad del viento, con la finalidad de saber si el sistema propuesto funcionara bajo los parámetros del rendimiento requerido de los equipos en días de escasas, teniendo en cuenta que los paneles funcionaran todo el día y que el aerogenerador estará en funcionamiento tanto en el día como la noche. Teniendo presente que los datos en ciertos meses van hacer altos, lo que hará que el sistema tenga un correcto funcionamiento cumpliendo así con las expectativas trazadas.

Figura 3.11 DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA HIBRIDO.



Fuente: Grupo de Investigadores.
Elaborado por: Grupo de Investigadores.

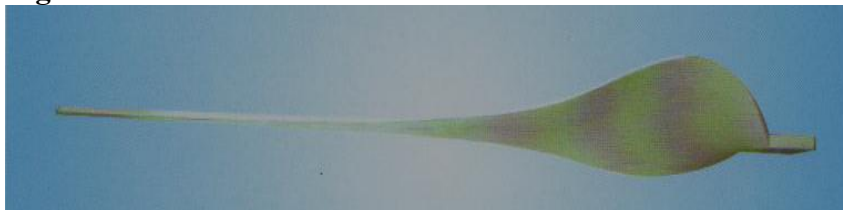
3.18 Listado de Equipos y sus características, eólico, fotovoltaico, baterías, convertidor, controlador, disipador.

3.18.1 Turbina de Viento HY1000L-24/C.

a) Introducción.

Aerogenerador HY, adopta materiales de alta calidad de aleación de aluminio y accesorios de acero inoxidable, que es un peso ligero. Tiene una alta fiabilidad lo que puede ser aplicable a diferentes condiciones de trabajo, tales como el clima severo, con una temperatura ambiente de -30 a 60°C, humedad alta, ambientes con arena y sal corrosiva. Las aspas tienen consistencia aerodinámica excepcional y un diseño patentado de 5 aspas con verdadero diseño aerodinámico, simétrico y retorcido, que garantiza al rotor la máxima potencia de captura de viento ($C_p > 0.35$ en bajo viento) y opera con la mínima vibración y ruido muy bajo, está constituido de Nylon reforzado con fibra de vidrio con termoplásticos de ingeniería avanzada y tecnología de precisión de moldeo por inyección para mayor resistencia, flexibilidad y fiabilidad, como se puede apreciar a continuación.

Figura 3.12 VISTA LATERAL DE LA ASPA.

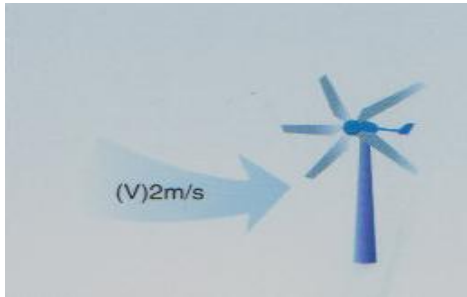


Fuente: Catálogo WWEA2011

Elaborado por: Guangzhou HY Energy Technology Co., Ltd.

El Generador consta de materiales de alta calidad y confiabilidad, posee imanes permanentes en la turbina de viento que son de pequeño tamaño, peso y características de alta eficiencia de generación energética. Puede ser puesto en marcha en una suave brisa.

Figura 3.13 PUESTA EN MARCHA EN SUAVE BRISA.

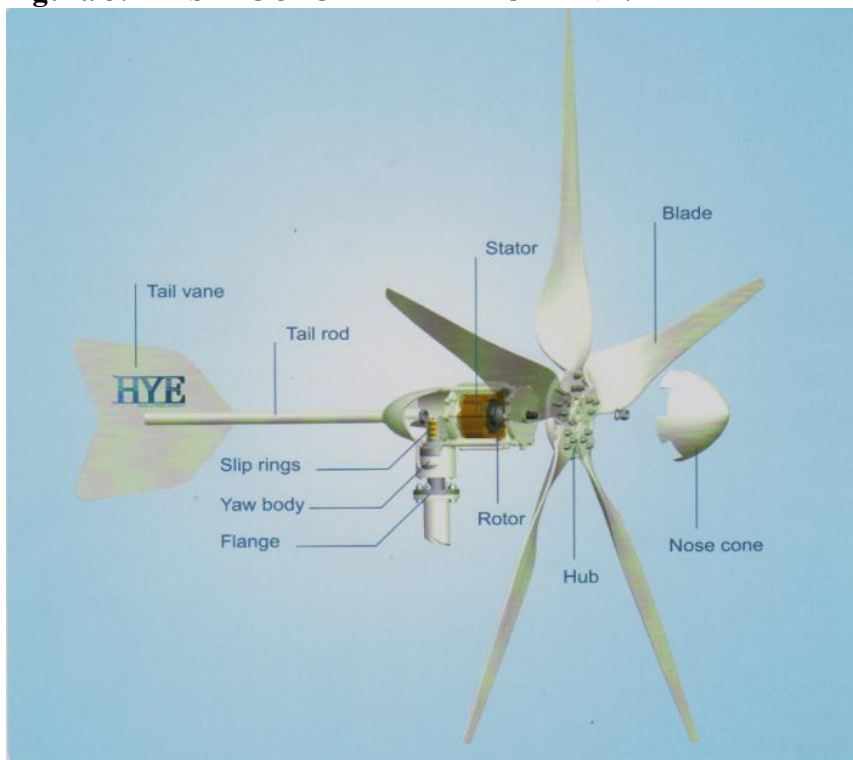


Fuente: Catálogo WWEA2011

Elaborado por: Guangzhou HY Energy Technology Co., Ltd.

b) HY Turbinas de Viento Estructura.

Figura 3.14 ESTRUCTURA DE LA TURBINA.



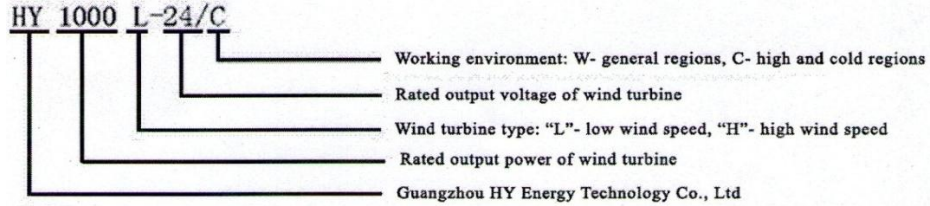
Fuente: Catálogo WWEA2011

Elaborado por: Guangzhou HY Energy Technology Co., Ltd.

c) Modelo.

De acuerdo a la localización de los recursos naturales, los investigadores siguieron las siguientes normas para seleccionar la turbina de viento HY.

Figura 3.15 TURBINA DE VIENTO HY1000L-24/C.



Rated power	High wind speed wind turbine (H)	Low wind speed wind turbine (L)	Rated output voltage of wind turbine (DCV)					General regions (W)	High and cold regions (C)
			12V	24V	48V	110V	220V		
400W	●	●	●	●				●	●
600W	●	●		●	●			●	●
1000W		●		●	●			●	●
2000W	●				●	●		●	●
3000W		●			●	●	●	●	●

● — Means have this type of wind turbine

Fuente: Manual de Operación de la Turbina de Viento HY1000L-24/C.

Elaborado por: Guangzhou HY Energy Technology Co., Ltd.

d) Selección de la Turbina de Viento Serie HY.

La serie HY aerogenerador es aplicable a varias regiones climáticas.

e) Especificaciones Técnicas.

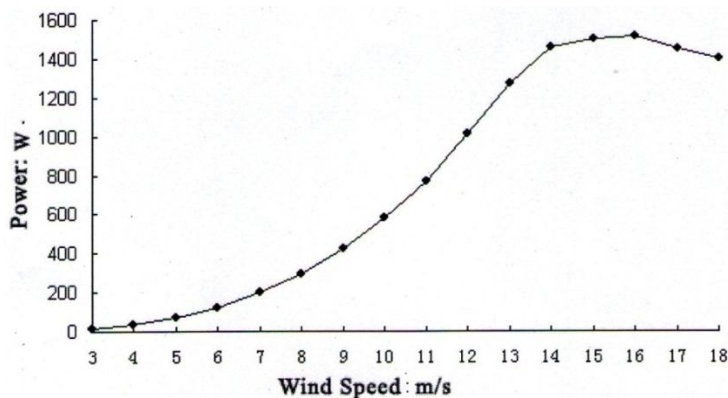
Tabla 3.15 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

HY 1000L	Turbina de Viento
Diámetro del rotor.	1.98m
Puesta en marcha.	2.0m/s
Corte	2.5m/s
Velocidad del viento	12m/s
Potencia nominal	1000W
Tensión nominal	DC24V/48V
Numero de aspas	5
Velocidad máxima del viento.	5m/s
protección al exceso de velocidad,	Hoja electromagnética aerodinámica elástica de frenado y volcado de la carga.
Certificados	CE, RoHS, ISO90001, ETL

Fuente: Manual de Operación de la Turbina de Viento HY1000L-24/C.

Elaborado por: Guangzhou HY Energy Technology Co., Ltd.

Figura 3.16 CURVA DE PODER DE LA TURBINA DE VIENTO HY-1000L.



Fuente: Manual de Operación de la Turbina de Viento HY1000L-24/C.
Elaborado por: Guangzhou HY Energy Technology Co., Ltd.

3.18.2 Modulo Solar SYK100-18M.

Figura 3.17 MODULO SOLAR SYK100-18M.



Fuente: Guangzhou HY Energy Technology Co., Ltd.

a) Introducción.

Tabla 3.16 Guangzhou Panel Solar hecho por SUMYOK la energía solar.

Lugar de origen	Guangdong, China (continental)
Marca	SUMYOK
Número de Modelo	SYK100-18M
Material	Silicio monocristalino
Tamaño	1050 * 835 * 35 mm
Número de celdas	72PCS
Max. Poder	105W

Fuente: http://translate.google.com.ec/translate?hl=es&sl=en&u=http://www.tradezz.com/buy_3312710_Solar-Module-Solar.htm&ei=o1NNT-

Elaborado por: Guangzhou HY Energy Technology Co., Ltd.

GUANGZHOU PANEL SOLAR hecho por SUMYOK, es una buena eficiencia de conversión que puede trabajar con eficacia incluso en la penumbra. Mientras tanto, el modulo puede aumentar la energía eléctrica en gran medida con la película anti-reflexión y vidrio transparente de alta calidad, respaldado con lámina protectora.

La célula puede ser protegida adecuadamente con el vidrio de seguridad de acero, mientras tanto, el agua se impide la entrada mediante el uso de EVA y TPT. En el marco hay 4-6 agujeros para hacer más fácil la instalación en toda la estructura de sistemas, en el cuadro de conjunto son 3 diodos que efectivamente pueden reducir la pérdida de la alimentación del sistema desde el módulo oculto.

b) Características Técnicas.

Tabla 3.17 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PANEL SOLAR

Número de Modelo	SYK100-18M
De potencia máxima (Pmax)	(W):100
Producción Tolerancia	(%)± 3
Tensión de máxima potencia (Vmp)	(V):18
Corriente de máxima potencia (Imp)	(A):5,56
Voltaje de circuito abierto (Voc)	(V):21,24
Corriente de cortocircuito (Isc)	(A):6,11
Tensión máxima del sistema	(VDC):1000
Tipo de célula solar	Mono
Cantidad de células solares	72 (125 * 71,42 mm) -4/7
Eficiencia de células solares	Un 6,8%
Datos técnicos del AII en las condiciones de ensayo estándar	
AM = 1,5 E = 1.000 W / m² Tc = 25 ° C	
Warantty rendimiento: 90% de salida para 12 años y el 80% de salida de 25 años	

Fuente: http://translate.google.com.ec/translate?hl=es&sl=en&u=http://www.tradezz.com/buy_3312710_Solar-Module-Solar.htm&ei=o1NNT-

Elaborado por: Guangzhou HY Energy Technology Co., Ltd.

3.18.3 Controlador WS241000H de Viento-Solar

a) Apariencia.

Figura 3.18 (a) Controlador WS241000H y (b) Disipador.



(a)

(b)

Fuente: Manual del Controlador WS241000H de Viento-Solar.

Elaborado por: Grupo de Investigadores.

b) Características del Controlador de Viento-Solar.








Estas características fueron resumidas del Manual del Controlador WS241000H de Viento-Solar, como se puede apreciar a continuación:

- ✓ SMC inteligentes de control, un control preciso.
- ✓ Indica el exceso de carga, el exceso de carga tiene una desconexión automática.
- ✓ Indica cuando el exceso de corriente de carga es exacto al valor de la norma, pero no desconecte, desconecte cuando existan más carga. Para recuperarse de un exceso de carga, pulse el botón RESET para recuperar la fuente de alimentación. Si la carga tiene escasez, su circuito de carga se desconectará inmediatamente,
- ✓ Prueba de función relámpago: Prueba de función relámpago en el terminal de entrada del panel solar.

- ✓ La característica del calor a compensar, $-5\text{mV}/^\circ\text{C}$ cada unidad. (Si con batería de 12V, $-30\text{ mV}/^\circ\text{C}$ cada unidad).
- ✓ Sensor de temperatura: la detección automática del sensor dañado o desconectar y cargar cuando estén en 25°C los parámetros.
- ✓ Protección cuando la conexión de paneles solares es incorrecta, mala conexión de las baterías, hay más carga, es más alta, hay más de la carga, hay la escasez de carga, etc.

c) Botones Indicadores.

Figura 3.19 BOTONES INDICADORES DEL CONTROLADOR WS241000H.

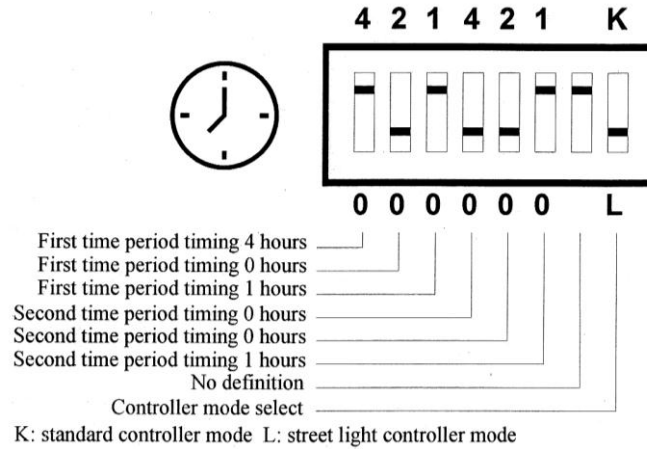
Symbol	Definition	Light	Flash	Off
	Recovery button	1. After battery low voltage protection, battery voltage does not reach over-discharge recovery point, but already higher than lower limit, press this button to cancel second route low voltage protection state. 2. When slight overload happens, press this button to cancel overload lockdown.		
	First route overload indicate	First route serious overload, protected	First route slight overload, load still attached	First route current comply with rate value
	Second route overload indicate	Second route serious overload, protected	second route slight overload, load still attached	Second route current comply with rate value
	Low voltage indicate	Battery over-discharge, low voltage protection	—	Battery voltage normal
	Working indicate Solar charging indicate	Controller working	Solar charging	—
	Dump indicate	—	Battery full Start dumping	Not dumping
	Wind charging indicate	Wind motor charging voltage is higher than battery voltage, charging battery		Not charging

Fuente: Manual del Controlador WS241000H de Viento-Solar.

Elaborado por: Guangzhou HY Energy Technology Co., Ltd.

d) Acciones del Interruptor DIP.

Figura 3.20 INTERRUPTOR DIP.



Fuente: Manual del Controlador WS241000H de Viento-Solar.

Elaborado por: Guangzhou HY Energy Technology Co., Ltd.

- ✓ Cada lapso de tiempo es la suma de 3 dígitos de las acciones del tiempo del interruptor.
- ✓ El solo modo de luz (sólo segunda ruta) luz a tiempo es la suma de dos acciones de tiempo.
- ✓ Segunda ruta de luz, tiene las 14 horas de tiempo al máximo, primera ruta de luz tiene 7 horas de tiempo al máximo.
- ✓ Tiempo de acciones de salidas que cuentan en la oscuridad.
- ✓ 6 dígitos al frente poner hasta “0” es el inicio del modo de fabricación. Por consiguiente no poner los 6 dígitos hasta “0”.
- ✓ Cuando el modo del controlador es normal, el tiempo no es necesario, pero al menos debe tener 1 o 6 dígitos de frente y no “0”.

e) Especificaciones Técnicas del Controlador y el Disipador.

Figura 3.21 ESPECIFICACIONES DEL CONTROLADOR Y DISIPADOR.

Name	Wind-solar controller	Wind-solar street light controller
Working mode	Standard controller (K)	Street light controller (L)
Applicable batteries	Valve Regulated Lead-Acid Battery	
Controller working mode	PWM	
Applicable wind motor power	1000W(12m/S)	
System voltage	24V	
Applicable solar panel current	10A	
Over charge protection voltage	14. 1-14. 5V/28. 2-29. 0V	
Over discharge protection voltage (lower limit)	Single load (second route) lower limit: $10.8 \pm 0.3V / 21.6 \pm 0.6V$ Dual load: First route lower limit: $11.3 \pm 0.3V / 22.6 \pm 0.6V$ Second route lower limit: $10.8 \pm 0.3V / 21.6 \pm 0.6V$	$10.8 \pm 0.3V / 21.6 \pm 0.6V$
Over discharge recover voltage	26. 4-27V	
DC load routes	Single/dual optional (confirm when order)	
Each route load maximum current	10A	
Empty load consumption	$\leq 1\%$	
Charging loop voltage drop	$\leq 5\%$	
Temperature compensation	Optional feature $-5\text{ mv}/^{\circ}\text{C}$ (single) (confirm when order)	
Installation structure	Wall hanging Al case, inside light pole	
Size	Maximum size: W180, H220, D80 Installation parameters: see later figures	
Working environment	$-30^{\circ}\text{C} - +50^{\circ}\text{C}$	
weight	Controller: 2Kg	Dumper: 1.6Kg
NOTE: 1. Must use dumper from the same package as controller! 2. When ordering, provide wind motor rate power and other its characteristic information. 3. Confirm installation bracket direction when ordering.		

Fuente: Manual del Controlador WS241000H de Viento-Solar.

Elaborado por: Guangzhou HY Energy Technology Co., Ltd.

3.18.4 Power Inverter 1500W/3000W.

a) Apariencia.

Figura 3.22 POWER INVERTER 1500W/3000W



Fuente: Manual de operación del Power Inverter 1500W/3000W.

Elaborado por: Grupo de investigadores.

b) Función de Protección.

1. De protección de entrada de bajo voltaje.

A. Cuando el voltaje de la batería es bajo, un timbre de alarma, indicará que la tensión de CC de la oferta es descendente, de lo que las baterías necesitan alcanzar.

B. Cuando el voltaje de entrada está por debajo de $10\text{ V} \pm 0,5\text{ V}$ (12V para la entrada de inversor)/ $20\text{V} \pm 1.0\text{V}$ (24V para la entrada del inversor). La salida de CA se desconecta automáticamente, suena la alarma y la advertencia de luz se vuelve roja al mismo tiempo.

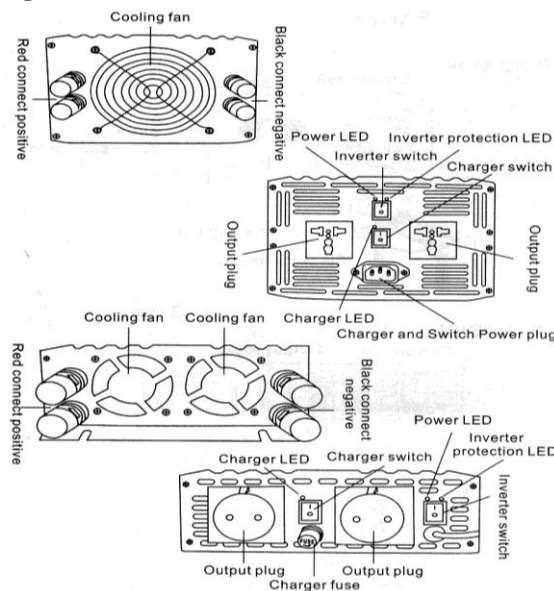
2. Entrada de protección contra sobretensión.

Al llegar a la tensión de entrada $15\text{V} \pm 0.5\text{V}$ (12V para la entrada de inversor) / $30\text{ V} \pm 1,0\text{ V}$ (24V para la entrada de inversor) / $60\text{ V} \pm 2,0\text{ V}$ (48V para la entrada de inversor). Suena la alarma y la advertencia de luz se vuelve roja y la salida de CA se apagará automáticamente.

3. Protección contra cortocircuitos.
 Cuando un cortocircuito ha ocurrido, la salida se apagará, suena la alarma y la advertencia, luz se vuelve roja.
4. Protección de sobrecarga.
 Cuando pasó la sobrecarga, la salida se apagará, suena la alarma y la advertencia de luz se vuelve roja.
5. La polaridad de la Reserva de protección de entrada.
 Cuando terminales de la batería se conecta, el fusible se funde para proteger los electrodomésticos.
6. Cargo la protección térmica.
 Cuando la temperatura del artefacto supera los 50 ° C, el ventilador interno se iniciará automáticamente para enfriar el inversor.

c) Partes del Power Inverter 1500W/3000W

Figura 3.23 ESTRUCTURA DEL INVERSOR POWER.



Fuente: Manual de operación del Power Inverter 1500W/3000W.

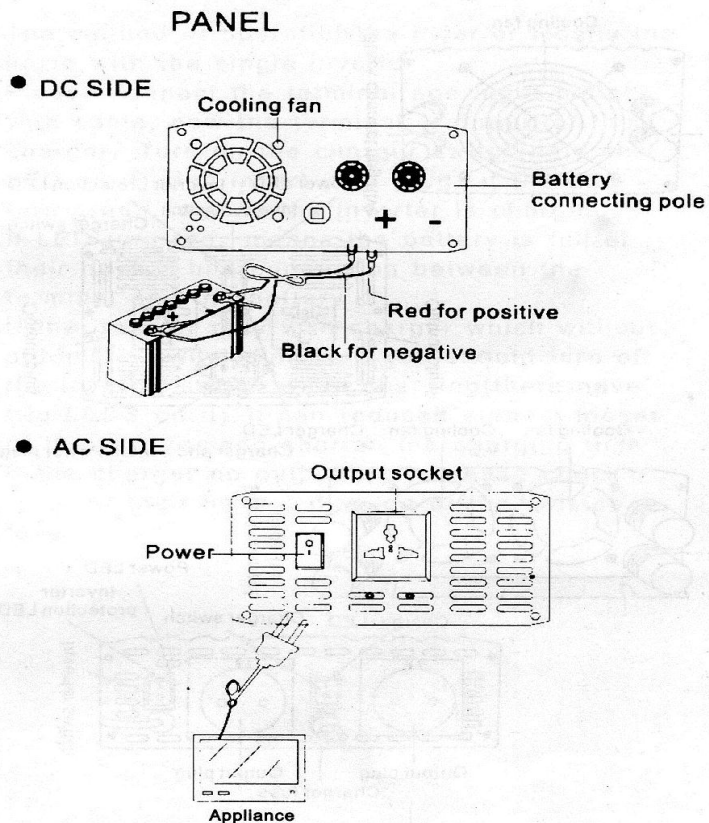
Elaborado por: Grupo de investigadores.

d) AC/DC Panel Lateral.

➤ Indicador de Luz en el Lado de AC:

- ✓ TRABAJO / TRABAJO: Cuando el inversor está trabajando, esta luz se enciende.
- ✓ ALARMA / ADVERTENCIA: Cuando la tensión es baja, o cuando hay cortocircuito, sobrecarga, o la protección térmica no trabaja, esta luz se enciende.
- ✓ CARGA: Para el inversor con función de carga, cuando carga de la batería / baterías, esta luz se enciende y el flash, el flash no es evidente en la carga completa.

Figura 3.24 CONEXIÓN DEL INVERSOR Y BATERÍA.



Fuente: Manual de operación del Power Inverter 1500W/3000W.

Elaborado por: Grupo de investigadores.

3.18.5 Banco de Baterías.

Baterías Ecuador garantiza un mayor rendimiento y una larga duración, fabricando un producto de excelente calidad que cumple con los más altos estándares internacionales. Lo que motivo al grupo investigador a utilizar en el proyecto, a continuación se detallan las características técnicas de la batería que cumple con los requerimientos que el sistema necesita:

Tabla 3.18 Especificaciones Técnicas de la Batería Ecuador.

BATERÍA	34 FULL EQUIPO
MODELO	NS70B
Polos	I/B
Número de Placas	13
Capacidad C20 (Ah)	80
Descarga Rápida 0°C	740
Descarga Rápida 26°C	890
Capacidad de Reserva	140
Caja Tipo	34
Largo (mm)	255
Ancho (mm)	170
Alto (mm)	200

I= TIPO AMERICANO

B= CAJA BAJA

Fuente: <http://www.bateriasecuador.com/doc/catalogo.pdf>

Elaborado por: Baterías Ecuador

3.19 Diseño y construcción de la caja de equipos y control.

El diseño y construcción de la caja de equipos y control son una parte muy importante debido a que en su interior van a realizarse todas las conexiones: equipos (controlador, inversor, baterías), protecciones (fusibles, breakers) y cableado que va dentro de la caja por lo cual el grupo investigador, diseño y construyó en base a los requerimientos necesarios para la buena instalación del sistema como se muestra en los anexos 5 y 6, donde consta toda la información y planos de dicha caja.

3.20 Diseño y construcción de la torre.

La torre se diseñó y se construyó para el aerogenerador con materiales resistentes tomado en cuenta ciertas especificaciones y normas como son las siguientes:

La torre está diseñada para soportar velocidades de vientos muy altas y ser capaces de resistir la exposición a la intemperie (soportar inclemencias del clima como lluvia, humedad, calor, etc.) sin sufrir corrosión o fatigas apreciables un mínimo de 20 años, la fijación de las uniones de los tubos son en base a pernos, tuercas, tornillos, etc.; de acero inoxidable. El diseño de cómo se construyó la torre se muestra a continuación en las siguientes fotografías y también desde el anexo 7 hasta el anexo 10, donde están los planos detallados con toda la información de dicha torre.

Figura 3.25 CONSTRUCCIÓN DE LAS PLACAS.



Fuente: Grupo de Investigadores.

3.21 Instalación del Sistema de captación de radiación solar y del aerogenerador como una alternativa.

3.21.1 Traslado de Materiales.

Los equipos del sistema (paneles solares, aerogenerador, controlador, disipador e inversor) fueron importados de la China y Estados Unidos hasta la ciudad de Latacunga, donde se realizó las pruebas de funcionamiento de cada uno de los equipos.

Figura 3.26 PRUEBA DE EQUIPOS.



Fuente: Grupo de Investigadores.

Posteriormente se transportó a más de los equipos, la torre, caja de conexiones y todos los materiales necesarios a la Reserva Ecológica El Ángel, llegando al criadero de truchas propiedad del empresario.

3.21.2 Preparación del Terreno.

La preparación del terreno constituye en la limpieza de la maleza y nivelación del espacio, pues es necesario para un correcto levantamiento de la torre y puesta del sistema en su totalidad, como se aprecia en el anexo 1.

3.21.3 Fundición de las bases de Hormigón.

Para esta actividad se tomó en consideración las siguientes medidas:

- **Bases para los anclajes:** Se excavó un cubo de 80cm x 80cm x 80cm, para la sujeción de los anclajes a tierra, los cuales debían tener 60° de abertura entre la varilla y el plano de la base, como se indica en el anexo 1.
- **Base para la torre:** Las medidas para esta base fueron de 0,50m x 0,50m con una profundidad de 0,60m, en la que se implanto cuatro pernos de 9/16Plg x 12Plg, los mismo que fueron soldados a una placa de 0,30m x 0,30m, con un espesor de 4 líneas (ver anexo 11), la que se colocó de manera visible en la superficie de la base.

En la mezcla para la fundición de las bases se utilizó los siguientes materiales y en las siguientes cantidades como se muestra a continuación:

Tabla 3.19 MATERIALES PARA LA FUNDICIÓN DE LAS BASES.

N°	Denominación	Cantidad
1	Quintales de Cemento	5
2	Carretillas de arena	5
3	Carretillas de ripio	5
4	Acelerante 161HE	1
5	Herramientas de albañilería (palas, nivel, balaustre, flexometro, paleta, etc.)	

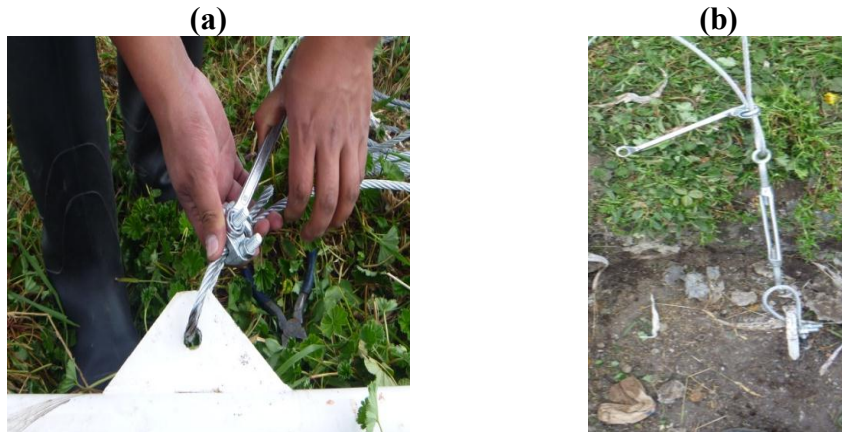
Fuente: Grupo de Investigadores.

3.21.4 Levantamiento de la Torre e Instalación del Aerogenerador.

Para el levantamiento de la torre se realizó el siguiente proceso:

- 1) Reconocimiento y verificación de cada uno de los elementos necesarios para el levantamiento de la torre.
- 2) Cableado por el interior de los tubos de la torre y puesta de cauchos para evitar la fricción en las uniones de los tubos.
- 3) Conexiones de las salidas del aerogenerador a los conductores que van al controlador.
- 4) Montaje de las aspas en el plato de acuerdo con los números, y luego se apretó las tuercas.
- 5) Terminación del armado de las aspas.
- 6) Ubicación del adaptador que une la torre con en el eje de rotación del aerogenerador.
- 7) Colocación del cable tensor en las crestas de sujeción de la parte superior de la torre (a) y también de los tensores con el cable tensor en los anclajes (b), todos estos con sus respectivos conectores (figura 3.27).

Figura 3.27 (a) CABLE TENSOR EN LAS CRESTAS, (b) CABLE TENSOR EN LOS ANCLAJES.



Fuente: Grupo de Investigadores.

- 8) Montaje del armado de las aspas en el eje del motor del aerogenerador.
- 9) El levantamiento de la torre se lo realizó como se muestra en el anexo 2, con 2 empleados del patrocinador conjuntamente con el asesoramiento del grupo investigador.
- 10) Después del levantamiento de la torre se procedió al aseguramiento y ajuste de la base de la torre en la placa de la base de hormigón por medio de pernos, tuercas y arandelas (planas y de presión).
- 11) Finalmente se procedió asegurar y a regular de la forma correcta el cable tensor en sus 3 respectivos anclajes, dejando así lista la torre donde está instalado el aerogenerador, como se puede observar a continuación.

Figura 3.28 REGULACIÓN DEL CABLE TENSOR EN LOS ANCLAJES CORRESPONDIENTES.



Fuente: Grupo de Investigadores.

3.21.5 Instalación del Módulo Fotovoltaico.

Para la instalación de los paneles solares se realizó el siguiente procedimiento:

- 1) Se construyó una estructura tipo casa para base de los paneles solares, con las siguientes medidas; 2m de largo x 2m de ancho y 1.50m de alto, teniendo una inclinación de 15 grados para evacuación del agua de los paneles en caso de lluvia.

Figura 3.29 ESTRUCTURA PARA EL MÓDULO FOTOVOLTAICO.



Fuente: Grupo de Investigadores.

- 2) Ajustes y limpieza en la parte superior de la estructura, en la cual se instalaron los paneles.
- 3) Dimensionamiento del cableado para las conexiones entre los paneles y el controlador.
- 4) Conexión en serie de los paneles solares y comprobación de continuidad de los mismos, como se observa en el anexo 2, las celdas se exponen a la radiación solar, indican la tensión cercano al nominal, esto quiere decir que el modulo fotovoltaico funciona correctamente.
- 5) Aseguramiento y colocación adecuada del módulo fotovoltaico, como se aprecia en el anexo 2.
- 6) Finalmente modulo fotovoltaico terminado listo para su funcionamiento.

3.21.6 Instalación del Banco de Baterías.

Para la correcta conexión de las baterías se realizó el siguiente proceso:

- 1) Conexión del cable en los conectores de cobre que van en los bornes de la batería.

- 2) Empalmes y aislamiento en los cables para la respectiva conexión mixta (serie-paralelo) de las baterías, como se pudo apreciar anteriormente en la figura 3.11 el diagrama unifilar del sistema.
- 3) Instalación de los cables con sus respectivos empalmes y conectores de cobre en los polos de las baterías como se indica en el anexo 2:
- 4) Finalmente banco de baterías listo para su correcto funcionamiento, como se puede apreciar en la siguiente figura.

Figura 3.30 BANCO DE BATERÍAS.



Fuente: Grupo de Investigadores.

3.21.7 Instalación de las protecciones del sistema.

Se instaló en la protección de los paneles al controlador un breaker de 40 A, y un fusible de 30 A, en la protección del controlador a la batería un breaker de 30 A, y en la protección de la batería al inversor un breaker de 40 A, y un fusible de 30 A, como se aprecia a continuación en el anexo 2 y en el diagrama unifilar del sistema anteriormente revisado.

Los datos obtenidos de los breakers y fusibles fueron calculados en la sección **Dimensionamiento de las protecciones**, anteriormente estudiados.

3.21.8 Instalación del controlador y disipador.

Para la instalación del controlador y disipador se realizó el siguiente proceso:

- 1) Se comprobó y se aseveró las especificaciones del controlador que coincida con el voltaje de los paneles solares y baterías.
- 2) Se ajustó el interruptor DIP de acuerdo a las necesidades para el modo y el momento. (Ver configuración del interruptor DIP).
- 3) Conexión de los terminales del controlador al disipador.
- 4) Comprobación de voltaje en los terminales de los paneles solares y del aerogenerador.
- 5) Cableado de los terminales de los paneles, aerogenerador, disipador y banco de baterías, como se puede observar en el anexo 3.
- 6) Conexión de los terminales de cada uno de los elementos del sistema en las entradas específicas para cada uno dispuestas en el controlador.
- 7) Conexiones terminadas y correcto funcionamiento de los elementos del sistema, como se puede apreciar en la siguiente figura.

Figura 3.31 CONTROLADOR



Fuente: Grupo de Investigadores.

3.21.9 Conexiones a Tierra.

- 1) Colocación a tierra de una Varilla Magnet 5/8* 1,80 metros (cooperwell), la misma que fue enterrada.
- 2) Toma del negativo general desde el controlador del sistema hacia la varilla de puesta a tierra.
- 3) Unión del cable y la varilla por medio del conector de cobre como se observa en la figura siguiente.

Figura 3.32 CONEXIÓN A TIERRA.



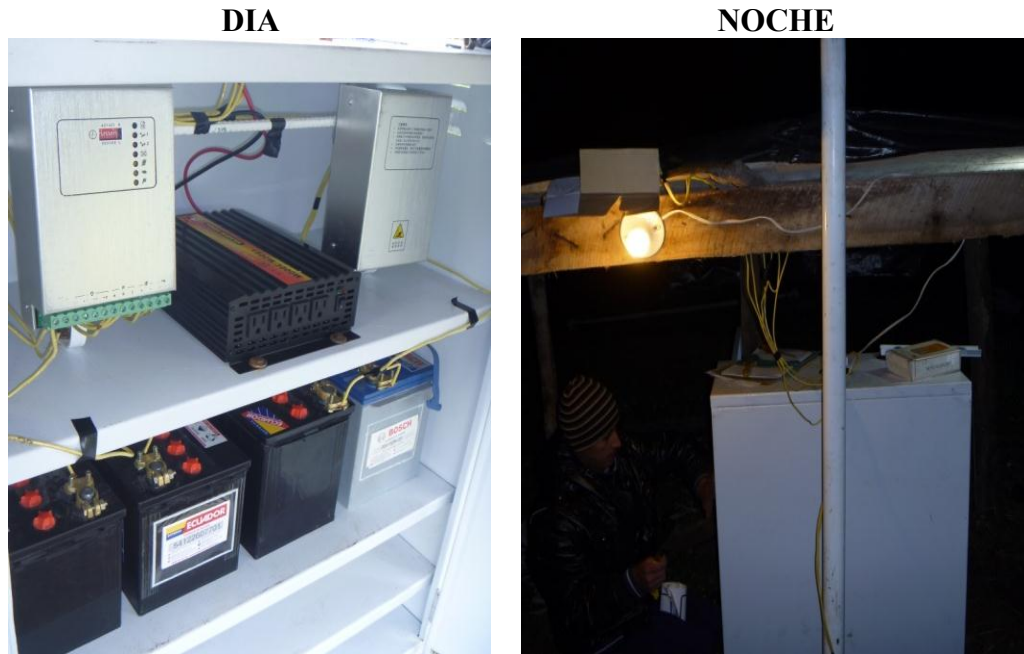
Fuente: Grupo de Investigadores.

3.21.10 Pruebas de funcionamiento del sistema eólico solar instalado.

Las pruebas de funcionamiento del sistema se las realizó durante el transcurso de toda la instalación como se pudo apreciar anteriormente y al finalizar se ejecutó las pruebas finales en el día y en la noche mediante un radio de 60W y dos lámparas de 20W, con un monitoreo permanente para comprobar el correcto funcionamiento de la instalación.

Con el multímetro se midió y se comprobó las corrientes y voltajes de entrada y de salida ya calculados anteriormente, dichos datos si cubren las necesidades requeridas del proyecto.

Figura 3.33 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO EN EL DÍA Y EN LA NOCHE



Fuente: Grupo de Investigadores.

Las pruebas de funcionamiento ayudaron a verificar el correcto funcionamiento del banco de baterías y de la potencia entregada del sistema. En el anexo 16 está un informe de instalación realizado por el grupo de investigadores y aprobado por el patrocinador, en la cual constan las mediciones y datos registrados y la verificación de funcionamiento del SHEFV, a efectos de validar la instalación realizada.

Después de la verificación correcta del funcionamiento del sistema, se procedió finalmente a la colocación de la portada de la universidad y de las respectivas señales de seguridad las mismas que cumplen con la norma técnica ecuatoriana INEN 439:1984, con el fin de cautelar la seguridad de los usuarios.

**Figura 3.34 SEÑALES DE SEGURIDAD
EN LA CAJA DE CONEXIONES.**

FRENTE



LADO DERECHO



Fuente: Grupo de Investigadores.

3.21.11 Limpieza y ordenamiento del lugar de trabajo.

Se dejó limpia y ordenada el área de trabajo y se proporcionó indicaciones al usuario, sobre el mantenimiento básico y cuidados de operación o uso del sistema, como se puede observar a continuación

Figura 3.35 ÁREA DE TRABAJO LIMPIA Y ORDENADA.



Fuente: Grupo de Investigadores

Figura 3.36 SISTEMA TRABAJANDO EN EL DÍA.



Fuente: Grupo de Investigadores.

Figura 3.37 SISTEMA TRABAJANDO EN LA NOCHE.



Fuente: Grupo de Investigadores.

3.22 Costo Económico del Proyecto.

Tabla 3.20 COSTO ECONÓMICO DEL SISTEMA.

COSTO DEL SISTEMA DE 1533,4 W CON ENERGÍA SOLAR - EÓLICA					
Carchi - Ecuador					
	ELEMENTOS DEL SISTEMA	CANT.	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Paneles Fotovoltaicos 100W, 12V.	2	UND	\$ 350,40	\$ 700,80
2	Aerogenerador de Viento, 5 Aspas 1000W 24V.	1	UND	\$ 993,60	\$ 993,60
3	Controlador Hibrido 1000W, 24V.	1	UND	\$ 225,60	\$ 225,60
4	Costo de pasaje (Aerogenerador, paneles, controlador embarque) de CHINA A ECUADOR.			\$ 336,00	\$ 336,00
5	Costo de Importación 42% de los equipos.			\$ 947,52	\$ 947,52
6	Estación Meteorológica Profesional de pantalla táctil.	1	UND	\$ 349,95	\$ 349,95
7	Inversor de 1500W/3000W, 24V.	1	UND	\$ 350,00	\$ 350,00
8	Tubos de 2,5 Plg, 6m (T.A.N. ISO II-2) para el aerogenerador de acuerdo a dimensiones.	2	UND	\$ 35,75	\$ 71,50
9	Suelda AGA 60-11.	2	LIBRAS	\$ 1,85	\$ 3,70
10	Varillas 5/8, 1m para los anclajes.	3	UND	\$ 4,00	\$ 12,00
11	Platinas de 4 líneas (15x15cm) para la unión de los tubos.	4	UND	\$ 2,50	\$ 10,00
12	Platina de 4 líneas (30x35cm) para cortes pequeños de las bases del poste.	1	UND	\$ 4,00	\$ 4,00
13	Platinas de 4 líneas (12x12cm) para la conexión del cable tensor en el poste.	2	UND	\$ 1,50	\$ 3,00
14	Platinas de 4 líneas (30X30cm) para la base.	2	UND	\$ 4,00	\$ 8,00
15	Pernos de 9/16 Plg x 12 Plg para la base de la Torre.	4	UND	\$ 2,50	\$ 10,00
16	Arandelas de presión de 9/16 Plg.	4	UND	\$ 0,10	\$ 0,40
17	Arandelas redondas de 9/16 Plg.	4	UND	\$ 0,10	\$ 0,40
18	Tuercas de 9/16 Plg.	8	UND	\$ 0,15	\$ 1,20
19	Pernos de 1/2 X 1 1/2 Plg con su respectiva tuerca.	15	UND	\$ 0,22	\$ 3,30
20	Arandelas de presión de 1/2 Plg.	15	UND	\$ 0,05	\$ 0,75
21	Arandelas redondas de 1/2 Plg.	15	UND	\$ 0,05	\$ 0,75
22	Broca de hierro 1/2 Plg.	1	UND	\$ 3,50	\$ 3,50
23	Alquiler del taller.			\$ 25,00	\$ 25,00
24	Pintura Esmalte Blanco	2	LITROS	\$ 3,90	\$ 7,80
25	Tiñer.	2	LITROS	\$ 1,75	\$ 3,50
26	Lija de Hierro.	1	UND	\$ 0,60	\$ 0,60
27	Construcción de la caja de conexiones Electroestática.			\$ 150,00	\$ 150,00
28	Conectores de bronce para las baterías.	8	UND	\$ 1,50	\$ 12,00
29	Baterías Ecuador 12V 80Ah.	4	UND	\$ 100,00	\$ 400,00

30	Alambre solido 10.	100	METROS	\$ 100,00	\$ 100,00
31	Cable de Acero (cable tensor) de 5/8.	30	METROS	\$ 1,90	\$ 57,00
32	Conectores para el cable tensor de 5/8.	15	UND	\$ 1,85	\$ 27,75
33	Tensores de 5/8	3	UND	\$ 4,20	\$ 12,60
34	Elaboración de la portada y de las señales de seguridad.	4	UND	\$ 3,50	\$ 14,00
35	Barilla Magnet 5/8* 1,80 metros (cooperwell). Para conexión a tierra.	2	UND	\$ 7,00	\$ 14,00
36	Conectores intelli 5/8* 6 Barilla. Para conexión a tierra.	3	UND	\$ 1,00	\$ 3,00
37	Breaker Schneider Electric K32 16A 1Polo	3	UND	\$ 5,18	\$ 15,54
38	Breaker Domae 1P 20A	1	UND	\$ 5,45	\$ 5,45
39	Breaker Schneider Electric K32 40A 1Polo	1	UND	\$ 5,71	\$ 5,71
40	Porta fusible C/Cable Grueso PF449	2	UND	\$ 0,34	\$ 0,68
41	Fusible cristal 30mm 15A	2	UND	\$ 0,03	\$ 0,05
42	AM1DP200 RIEL DIN 35 2M Schneider Electric	1	UND	\$ 6,15	\$ 6,15
43	Transporte	1	GLOBAL	\$ 150,00	\$ 150,00
44	Misceláneos (tapes, clavos, cauchos, terminales de cable y todos aquellos que los equipos ofertados requirieron según las especificaciones técnicas de los mismos, etc.)	1	GLOBAL	\$ 100,00	\$ 100,00
45	Cemento	5	UND	\$ 30,00	\$ 150,00
46	Acelerante 161HE	1	GAL	\$ 14,00	\$ 14,00
COSTO TOTAL DEL SISTEMA					\$ 5.310,80
				Empresario	\$ 2.655,40
				Tesista 1	\$ 1.327,70
				Tesista 2	\$ 1.327,70

Fuente: Grupo de Investigadores.

Elaborado por: Grupo de Investigadores.