

ÁNGEL EDUARDO MARTÍNEZ AGUILAR

ID: HB695SEL8952

“RENEWABLE ENERGY”

ATLANTIC INTERNATIONAL UNIVERSITY

HONOLULU, HAWAI

April 2007



CONTENIDO

| | | |
|--------|--|----|
| 1. | INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 2. | ENERGÍA EÓLICA..... | 1 |
| 2.1. | PRIMEROS USOS DE LA ENERGÍA EÓLICA..... | 2 |
| 2.2. | ORIGEN DEL VIENTO..... | 2 |
| 2.3. | ESTIMACIÓN DEL RECURSO EÓLICO..... | 2 |
| 2.4. | TRANSFORMACIÓN DE LA ENERGÍA EÓLICA EN ELECTRICIDAD..... | 4 |
| 2.5. | COMPONENTES DE UNA TURBINA EÓLICA..... | 5 |
| 2.6. | APLICACIONES..... | 5 |
| 2.7. | COSTOS..... | 6 |
| 2.8. | ASPECTOS AMBIENTALES..... | 7 |
| 3. | ENERGÍA GEOTÉRMICA..... | 8 |
| 3.1. | TEORÍA..... | 8 |
| 3.2. | UBICACIÓN DE FUENTES GEOTÉRMICAS..... | 9 |
| 3.3. | CENTRALES GEOTÉRMICAS..... | 10 |
| 3.4. | BENEFICIOS..... | 11 |
| 3.5. | COSTOS..... | 12 |
| 3.6. | ASPECTOS AMBIENTALES..... | 12 |
| 3.6.1. | FUENTES DE CONTAMINACIÓN..... | 12 |
| 3.7. | PRESENTE Y FUTURO..... | 14 |
| 4. | ENERGÍA HIDRAULICA..... | 15 |
| 4.1. | PRIMEROS USOS DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA..... | 16 |
| 4.2. | CICLO HIDROLÓGICO..... | 16 |

| | |
|---|----|
| 4.3. PLANTAS HIDROELÉCTRICAS | 17 |
| 4.4. COMPONENTES DE UNA PLANTA HIDROELÉCTRICA | 18 |
| 4.5. POTENCIAL DE GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA | 20 |
| 4.6. ELEMENTOS DE ANÁLISIS..... | 20 |
| 4.7. COSTOS /APLICACIONES | 20 |
| 4.8. ASPECTOS AMBIENTALES..... | 22 |
| 5. ENERGÍA MAREOMOTRIZ U OCEÁNICA | 23 |
| 6. ENERGÍA SOLAR..... | 24 |
| 6.1. TRANSFORMACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR | 24 |
| 6.2. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA..... | 24 |
| 6.3. ESTIMACIÓN DEL RECURSO SOLAR | 24 |
| 6.4. COMPONENTES DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO..... | 25 |
| 6.5. APLICACIONES..... | 27 |
| 6.6. COSTOS | 27 |
| 6.7. ASPECTOS AMBIENTALES..... | 28 |
| 7. BIOMASA | 29 |
| 7.1. PRIMEROS USOS DE LA BIOMASA..... | 29 |
| 7.2. USOS ACTUALES..... | 29 |
| 7.3. RECURSO BIOMÁSICO..... | 29 |
| 7.4. CONVERSIÓN DE LA BIOMASA EN ENERGÍA | 32 |
| 7.5. FORMAS DE ENERGÍA | 33 |
| 7.6. APLICACIONES..... | 34 |
| 7.7. COSTOS | 34 |

| | |
|---------------------------------|----|
| 7.8. ASPECTOS AMBIENTALES..... | 35 |
| 8. EJEMPLOS | 36 |
| 9. VENTAJAS Y DESVENTAJAS | 36 |
| 10. CONCLUSIONES..... | 40 |
| 11. OPINIÓN PERSONAL..... | 41 |
| 12. BIBLIOGRAFÍA | 42 |
| 13. ANEXOS | 45 |
| 14. EXAMEN | 47 |

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo; “Renewable Energy” presenta un análisis resumido de las diferentes fuentes de energía renovable utilizadas hoy en día, los mercados energéticos, su regulación legal, viabilidad y beneficios a corto, mediano y largo plazo.

El diccionario en línea de la Real Academia Española, http://buscon.rae.es/drae/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=energ%EDa%20renovable, define la energía renovable de la siguiente forma: “Energía cuyas fuentes se presentan en la naturaleza de modo continuo y prácticamente inagotable, p. Ej. , “La hidráulica, la solar o la eólica.”

La enciclopedia libre Wikipedia, en su apartado “Energía renovable”, http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_renovable, clasifica las fuentes renovables de energía en dos categorías: No contaminantes o limpias y las contaminantes.

Entre las No contaminantes se tiene:

- a) Energía eólica.
- b) Energía geotérmica.
- c) Energía hidráulica.
- d) Energía mareomotriz
- e) Energía solar.

Contaminante:

- a) Biomasa.

Las contaminantes (que son las realmente renovables, es decir, que se renuevan) se obtienen a partir de la materia orgánica y se pueden utilizar directamente como combustible (madera u otra materia vegetal sólida), bien convertida en bioetanol o biogás mediante procesos de fermentación orgánica o en biodiesel. Las energías de fuentes renovables contaminantes tienen el mismo problema que la energía producida por combustibles fósiles: en la combustión emiten dióxido de carbono, gas de efecto invernadero, y a menudo son aún más contaminantes puesto que la combustión no es tan limpia, emitiendo hollines y otras partículas sólidas. Sin embargo se encuadran dentro de las energías renovables porque el dióxido de carbono emitido será utilizado por la siguiente generación de materia orgánica.

2. ENERGÍA EÓLICA

El Manual de Energía Renovable, “EÓLICA” p 4, de la organización BUN-CA (Biomass Users Network) indica que el aprovechamiento del viento para la generación eléctrica a gran escala es la tecnología de energía renovable que más ha crecido en las últimas décadas. Además de este uso, el viento se puede aprovechar

para aplicaciones mecánicas y electrificación de sitios aislados. En general, se pueden distinguir tres diferentes tipos de aplicaciones:

- a) Aplicaciones mecánicas, por ejemplo bombeo de agua y molino de granos.
- b) Generación eléctrica en sistemas aislados, para usos productivos y viviendas rurales en áreas remotas.
- c) Generación eléctrica a gran escala conectada al sistema nacional interconectado.

2.1. Primeros usos de la energía eólica.

El manual EÓLICA, p 4, brinda un resumen de los primeros usos de la energía eólica entre los que se pueden indicar:

- a) Uso de velas en la navegación marítima por los egipcios hace más de 500 años.
- b) Molinos de eje vertical, usados para bombeo de agua en China.
- c) Molinos de eje horizontal en la antigua Persia; usados para moler granos y bombear agua en todos los territorios de influencia islámica.
- d) Durante los primeros años del siglo veinte, pequeños molinos eólicos servían para el bombeo de agua y generación eléctrica en Europa, Norteamérica y otros lugares.

2.2. Origen del viento.

La Asociación Danesa de la Industria Eólica, WindPower, en su pagina electrónica, <http://www.windpower.org/es/tour/wres/index.htm>, indica que todas las fuentes de energía renovables (excepto la mareomotriz y la geotérmica), e incluso la energía de los combustibles fósiles, provienen, en último término, del sol. El sol irradia 174.423.000.000.000 kWh de energía por hora hacia la Tierra. En otras palabras, la Tierra recibe $1,74 \times 10^{17}$ W de potencia, y alrededor de un 1 a un 2 por ciento de la energía proveniente del sol es convertida en energía eólica.

Las regiones alrededor del ecuador, a 0° de latitud, son calentadas por el sol más que las zonas del resto del globo. El aire caliente es más ligero que el aire frío, por lo que subirá hasta alcanzar una altura aproximada de 10 Km. y se extenderá hacia el norte y hacia el sur. Si el globo no rotase, el aire simplemente llegaría al Polo Norte y al Polo Sur, para posteriormente descender y volver al ecuador. Las diferencias de temperatura conllevan la circulación de aire.

La dirección del viento esta determinada por efectos topográficos y por la rotación de la Tierra. Es por eso que se hace necesario conocer la dirección y magnitud del viento para poder colocar en forma adecuada los aerogeneradores.

2.3. Estimación del recurso eólico.

El manual EÓLICA, p 6, indica que la cantidad de energía (mecánica o eléctrica) que pueda generar una turbina eólica depende mucho de las características del viento

vigentes en el sitio de instalación, pudiendo variar la producción en un factor de dos a tres entre un sitio regular y uno excelente, de manera que la rentabilidad de un proyecto depende directamente del recurso eólico local. Por esta razón, es necesario un estudio técnico detallado de las características del viento en un sitio específico antes de avanzar en un proyecto de cualquier magnitud.

El análisis requerido depende directamente de la aplicación y la escala prevista; naturalmente, un proyecto a gran escala conectado a la red requiere de un estudio más profundo que un pequeño sistema aislado. El método más exacto (aunque más costoso) para conocer el potencial de producción de energía del viento, es la instalación de uno o más anemómetros, los cuales, periódicamente, generan datos de la velocidad y la dirección del viento en forma electrónica. Estos datos se analizan detalladamente en relación con las características del terreno y las mediciones de estaciones meteorológicas cercanas, con el fin de estimar la producción potencial de energía a largo plazo y durante diferentes épocas del año. Información meteorológica de sitios aledaños puede apoyar el análisis del potencial eólico; sin embargo, este tipo de información generalmente tiende a subestimar el recurso eólico.

Hay tres componentes del viento que determinan la potencia disponible de un sistema de conversión de energía eólica:

- a) Velocidad del viento: es un parámetro crítico porque la potencia varía según el cubo de la velocidad del viento, o sea, una o dos veces más alta significa ocho veces más de potencia. Además, la velocidad varía directamente con la altitud sobre el suelo, por la fricción causada por montañas, árboles, edificios y otros objetos. Las turbinas eólicas requieren una velocidad de viento mínima para empezar a generar energía: para pequeñas turbinas, este es, aproximadamente, de 3,5 metros por segundo (m/s); para turbinas grandes, 6 m/s, como mínimo.
- b) Características del viento (turbulencia): mientras que los modelos de viento globales ponen el aire en movimiento y determinan, a grandes rasgos, el recurso del viento en una región, rasgos topográficos locales, que incluyen formaciones geográficas, flora y estructuras artificiales, pueden mostrar la diferencia entre un recurso eólico utilizable y uno que no lo es.
- c) Densidad del aire: temperaturas bajas producen una densidad del aire más alta. Mayor densidad significa más fluidez de las moléculas en un volumen de aire dado y más fluidez de las moléculas encima de una pala de la turbina produce un rendimiento más alto de la potencia, para una velocidad del viento dada.

La American Wind Energy Association, AWEA, indica en su página electrónica, <http://www.awea.org/faq/basicwr.html>, que el viento varía durante el día, durante las estaciones del año, altura sobre la tierra y tipo de terreno. Siendo la mejor ubicación lugares con bastante viento y lejano a grandes obstáculos.

En general, velocidades promedio de viento de 5 m/s (11 miles/ hr) se requieren para aplicaciones conectadas a la red. Velocidades promedio de 3 o 4 m/s son adecuadas para aplicaciones no-conectadas a la red y otras aplicaciones como carga de baterías y bombeo de agua.

La densidad de potencia de viento es útil para evaluar los recursos disponibles en una zona con potencial para instalar un sistema eólico.

La densidad de potencia de viento medida en vatios por metro cuadrado, (W/m²) indica cuanta energía esta disponible en el sitio para ser convertida por una turbina eólica.

La AWEA clasifica la densidad de potencia de viento para dos alturas estándar de acuerdo a la siguiente tabla:

| Densidad de potencia de viento a 10 m y 50 m. | | | | |
|--|---|----------------------------|---|----------------------------|
| Clase de Potencia de Viento. | 10 m | | 50 m | |
| | Densidad de Potencia de Viento(W/m²) | Velocidad m/s (mph) | Densidad de Potencia de Viento(W/m²) | Velocidad m/s (mph) |
| 1 | <100 | <4.4 (9.8) | <200 | <5.6 (12.5) |
| 2 | 100 - 150 | 4.4 (9.8)/5.1 (11.5) | 200 - 300 | 5.6 (12.5)/6.4 (14.3) |
| 3 | 150 - 200 | 5.1 (11.5)/5.6 (12.5) | 300 - 400 | 6.4 (14.3)/7.0 (15.7) |
| 4 | 200 - 250 | 5.6 (12.5)/6.0 (13.4) | 400 - 500 | 7.0 (15.7)/7.5 (16.8) |
| 5 | 250 - 300 | 6.0 (13.4)/6.4 (14.3) | 500 - 600 | 7.5 (16.8)/8.0 (17.9) |
| 6 | 300 - 400 | 6.4 (14.3)/7.0 (15.7) | 600 - 800 | 8.0 (17.9)/8.8 (19.7) |
| 7 | >400 | >7.0 (15.7) | >800 | >8.8 (19.7) |

Tabla 1. Clase de Potencia de Viento. Fuente: AWEA

En general, sitios con clases #4 o mayores son preferidos para grandes instalaciones eólicas.

Asimismo existen diferentes organizaciones que presentan información útil para identificar posibles sitios de instalación, por ejemplo SWERA y NOAA. Ver anexo A (Mapa eólico de Honduras)

2.4. Transformación de la energía eólica en electricidad.

Para transformar la energía eólica en energía eléctrica se hace uso de las turbinas eólicas. El manual EÓLICA, p 8, indica que una turbina obtiene su potencia de entrada convirtiendo la energía cinética del viento en un par (fuerza de giro), el cual actúa sobre las palas o hélices de su rotor. Para la producción de electricidad la energía rotacional es convertida en eléctrica por el generador que posee la turbina; en este caso, llamado aerogenerador.

2.5. Componentes de una turbina eólica.

La American Wind Energy Association, AWEA, indica en su página electrónica, <http://www.awea.org/faq/wwtbasics.html>, que existen dos tipos básicos de turbinas eólicas, las de eje vertical y las de eje horizontal, siendo las más comunes hoy en día las de eje horizontal.

Una turbina eólica se compone de los siguientes subsistemas:

- a) Rotor o paletas, los que convierten la energía del viento en energía rotacional en el eje.
- b) Un recinto o chasis conteniendo una caja reductora y el generador.
- c) Sistema de orientación.
- d) Una torre.
- e) Sistema de seguridad, el cual protege el equipo en caso que ocurran desperfectos en los cojinetes, exceso de velocidad, etc.
- f) Equipo electrónico, controles, cables de conexión, etc.

2.6. Aplicaciones

Los sistemas eólicos varían en tamaño desde pequeños hasta muy grandes, dependiendo del requerimiento energético, costo y clase de viento con que se cuenta.

Normalmente se tiene sistemas eléctricos aislados y conectados a la red. En el caso de Honduras (*), se tienen diversos sistemas aislados en ubicaciones remotas como son: La Mosquitia y la Isla Roatan. (Manual Eólica, Tabla 2, p 20). Actualmente no tiene ningún sistema conectado a la red.

Los sistemas pequeños pueden andar en el rango de 0.3 hasta 100kW, siendo los sistemas individuales propios para energizar una vivienda, generalmente cuenta con un pequeño aerogenerador, una o más baterías para almacenar la energía generada y un regulador que controla la carga y descarga de las baterías. Dependiendo de la aplicación, puede incluir un inversor para transformar la electricidad de corriente directa en alterna a 110 voltios, tal como se muestra en la figura 1.

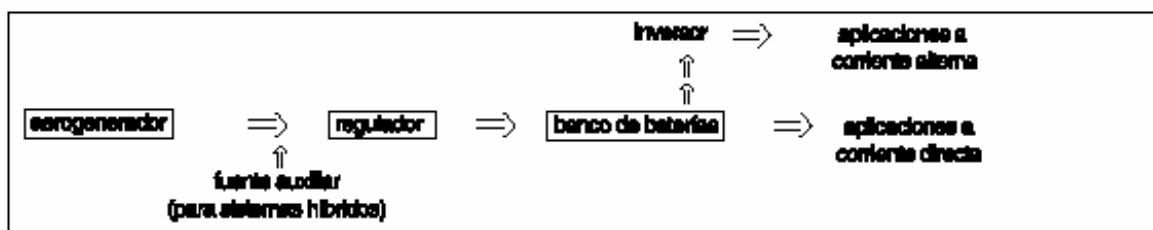


Figura 1. Esquema típico de un sistema eólico. (Fuente: Manual Eólica, BUN-CA)

Los sistemas grandes pueden ser sistemas aislados o conectados a la red, en donde resulta más ventajosa la instalación de parques eólicos.

El manual EÓLICA, p 12, en su sección de sistemas conectados a la red, indica que Un parque eólico usa la misma tecnología básica que un pequeño sistema, aunque a una escala mayor. Generalmente, se coloca una serie de turbinas grandes (desde 100 hasta 2.000 Kw.) que pueden ser de decenas a centenares, en un sitio con condiciones de viento muy favorable. Aparte de la escala, la otra gran diferencia con sistemas pequeños es la ausencia de baterías, y que se conectan directamente a la red eléctrica existente.

Hasta la fecha, en América Central sólo se han instalado parques eólicos en Costa Rica(*), mientras que en los otros países se están desarrollando varios proyectos al nivel de pre-inversión.

2.7. Costos

El manual EOLICA, en su sección de COSTOS, p14, indica que el costo de un proyecto eólico eléctrico y aislado puede variar considerablemente dependiendo de varios factores, entre los cuales se destacan:

- a) La capacidad eléctrica a instalar en kW.
- b) La inclusión de baterías.
- c) El uso de un inversor.
- d) Aspectos relacionados con la instalación, como la distancia del centro de venta y el acceso al proyecto.

El costo de una pequeña turbina eólica oscila entre US\$ 1.500 y \$3.000 por kilovatio (kW). A esto hay que agregarle los costos de los otros componentes, como la torre, las baterías, el inversor, los materiales eléctricos y la instalación en el sitio. El costo de la turbina representa del 25 al 50% del valor total del sistema, dependiendo de su capacidad eléctrica y de la inclusión de otros componentes. Un sistema completo típico cuesta entre US\$ 2.000 y US\$ 4.000 por kW. La vida útil de un sistema eólico completo se estima entre 15 y 20 años, con un mantenimiento adecuado.

Adicionalmente, hay que considerar el valor de la operación y del mantenimiento, y reemplazo de algunos componentes que tengan una vida útil más corta. La inversión en operación y mantenimiento es necesaria para conservar el sistema en buenas condiciones; representando de un 3% a un 5% del costo total a lo largo de toda su vida útil. Los costos por reemplazo se refieren más que todo al cambio de las baterías, las cuales, generalmente, tienen una vida útil de entre tres y cinco años.

Como ejemplo (*) de los precios, se presenta un listado actualizado de precios de equipos de la compañía fabricante BERGEY, <http://www.bergey.com/Prices.htm>.

| Equipo | Potencia /Altura | Voltaje de salida | Descripción | Modelo | Precio |
|-----------------------------|------------------|-------------------|---|-----------------|------------|
| Turbina | 1kW | 24 VDC | 24 VDC de salida, incluye controlador de carga multifuncional Power Center | BWC XL.1-24 | \$2,590.00 |
| Turbina | 7.5 Kw. | 120 VDC | Incluye regulador de carga VCS-10/120 | BWC Excel-R/120 | \$21,900 |
| Torre soportada por cables. | 18 m | N/A | Incluye secciones galvanizadas de 3 m y herrajería asociada, kit de puesta a tierra sin incluir cableado eléctrico. | XLG18 | \$2,590.00 |

Tabla 2. Precios de turbinas eólicas. Fuente: BERGEY WINDPOWER

La energía eólica, muchas veces, es la opción más barata para sitios remotos no conectados a la red eléctrica, en comparación con otras opciones como plantas de diesel, sistemas fotovoltaicos o extensión de la red. Sistemas híbridos, en que se combina la energía eólica con otra fuente de generación como, por ejemplo, sistemas fotovoltaicos o generadores diesel, pueden proveer la opción técnica y económicamente más eficiente, porque explotan las ventajas de la disponibilidad del recurso energético con la curva de demanda.

2.8. Aspectos Ambientales

El manual EOLICA, p16, indica que existe un amplio consenso en nuestra sociedad sobre el alto grado de compatibilidad entre las instalaciones eólicas y la capacidad de carga de los ecosistemas naturales. Los impactos ambientales de la energía eólica son locales y, por lo tanto, se pueden monitorear y mitigar con relativa facilidad. Las turbinas eólicas no emiten sustancias tóxicas o gases, por lo que no causan contaminación del aire, del agua y del suelo, y no contribuyen al efecto invernadero y al calentamiento global. Aún así, existen ciertos impactos derivados del aprovechamiento de la energía eólica que no deben obviarse en el diseño de un proyecto eólico, por ejemplo:

- a) Las referidas a obras civiles: vías de acceso, cunetas, edificaciones de control y subestación (en los casos de grandes aerogeneradores)
- b) El ruido, tanto el producido por las máquinas, como el aerodinámico, producto de la rotación de las aspas. Sin embargo, mejoras en diseños recientes, por ejemplo en la calidad de los sistemas mecanizados y los tratamientos superficiales de los materiales que forman las aspas, el ruido producido por una turbina se ha disminuido significativamente. Una turbina grande a 250 metros de distancia produce un ruido equivalente al compresor de un refrigerador doméstico estándar.

- c) Aspectos como el uso de la tierra para efectos distintos a la ganadería, cultivo, impacto visual negativo que pudiera existir por los pobladores cercanos a la instalación, etc.

En resumen todo proyecto eólico debe ir acompañado de un estudio de impacto ambiental y un estudio de factibilidad económica.

3. ENERGÍA GEOTÉRMICA

El National Geophysical Data Center, NGDC, por sus siglas en inglés, indica en su página electrónica <http://www.ngdc.noaa.gov/seg/geotherm.shtml>, que la energía geotérmica es calor que sale del interior de la tierra, pudiéndose utilizar esos recursos para ser convertidos en energía eléctrica y calor.

La Administración de Información de Energía de EE.UU., en su página electrónica de recursos de aprendizaje, <http://www.eia.doe.gov/kids/energyfacts/sources/renewable/geothermal.html>, indica que la energía volcánica no puede ser controlada ni almacenada, pero que en ciertos lugares de la tierra puede ser recolectada. Usualmente los ingenieros tratan de efectuar la recolección en lugares conocidos que existen reservorios de energía geotérmica, haciendo perforaciones que permiten que el calor de la tierra escape ya sea en forma de vapor o de agua caliente, siendo transportada por medio de tuberías para hacer girar turbinas generadoras de electricidad. La energía geotérmica fue utilizada por primera vez en Italia en el año de 1903.

El curso “Geothermal Today” del Centro de educación continua PDH Center, www.PDHcenter.com, (curso E197, p1) indica que el potencial de energía geotérmica bajo nuestros pies es vasta, que este tremendo recurso es alrededor de 50,000 veces mayor que los recursos de todo el petróleo y gas en el mundo. Además que se cuenta con energía limpia, la que representa una solución promisoría para todo el mundo que actualmente está tomando conciencia del calentamiento global, la contaminación y los incrementos a los combustibles fósiles.

Asimismo el incremento en el desarrollo de proyectos geotérmicos les brinda a las personas el potencial de tener un mejor control de sus propias fuentes de energía y usar energía limpia y segura.

3.1. Teoría

El portal del Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa /UNAM, en su sección de ciencia, <http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/119/htm/sec13.htm>, indica que las aguas termales, los géiseres, los volcanes de lodo, las fumarolas y las erupciones volcánicas son manifestaciones de un mismo fenómeno: el calor terrestre. Este calor proviene del núcleo de la Tierra, que posee una temperatura aproximada de 4,000°C y que está constituido por un núcleo externo de materia fluida y otro interno, sólido, de hierro. Se puede afirmar que el origen del calor terrestre está relacionado con la formación de la Tierra. Éste proviene del calor generado por el núcleo terrestre. La corteza actúa como una especie de aislante de las capas interiores (manto y núcleo) y por otro lado, los elementos radiactivos, tales como potasio, uranio y torio, presentes principalmente

en la corteza continental, contribuyen parcialmente en la generación de calor por decaimiento radiactivo (10 micro calorías/gramo/ año)

El agua que se ha filtrado por las fisuras de la corteza, a lo largo de años, y que se encuentra cerca de una cámara magmática se ha calentado debido a que el foco de calor está en contacto con una roca impermeable conductora y ésta ha transmitido el calor hasta una formación rocosa permeable. En esta última, el agua ha quedado atrapada, formando un acuífero de agua caliente. Dicha formación está sellada en la parte superior por una capa de sales, que se han desprendido debido a que el agua filtrada disolvió las sales al pasar por las rocas (véase la figura 2).

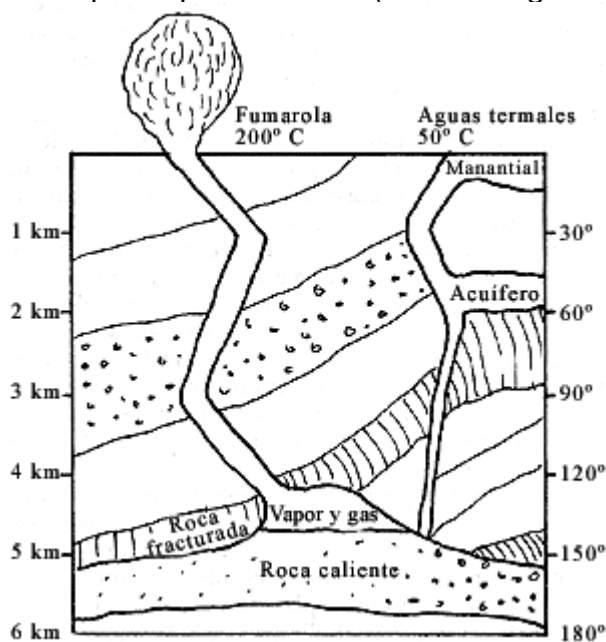


Figura 2. Depósito geotérmico. Fuente: ILCE /UNAM.

De esta forma, a profundidades que oscilan entre 0 y 10 Km se puede encontrar un acuífero, en el cual potencialmente puede haber agua caliente, vapor de agua o ambos.

La temperatura del suelo terrestre aumenta con la profundidad a una razón promedio de 30°C por kilómetro; sin embargo, las variaciones de la temperatura no son las mismas en todos los lugares de la Tierra.

3.2. Ubicación de fuentes geotérmicas

Continua explicando el ILCE /UNAM que la exploración de yacimientos geotérmicos permite localizar aquellos lugares en los que es posible encontrar agua o vapor a temperaturas elevadas y a profundidades cercanas a la superficie. Como la perforación de un pozo geotérmico potencial es muy costosa, se utilizan métodos indirectos que permiten aproximarse poco a poco a las posibilidades del lugar en cuestión. Entre éstos podemos mencionar la obtención de imágenes infrarrojas del lugar desde satélites y después desde aviones, es decir, utilizando la técnica

denominada percepción remota; el análisis químico de muestras de roca; la medición directa de la temperatura con termómetros enterrados en el suelo; la creación de un modelo geológico tridimensional del yacimiento; las mediciones de la resistividad eléctrica del suelo y la densidad relativa de las rocas (gravimetría), y la reflexión y refracción de las ondas sísmicas, a partir de mediciones naturales o artificiales (con explosivos).

Una vez que se han agotado los métodos indirectos se procede a la perforación del pozo, que es similar a la de un pozo petrolero.

Los pozos geotérmicos pueden ser de tres tipos: 1) vapor, 2) de líquido (agua caliente) y 3) de una mezcla de vapor y líquido. Los yacimientos geotérmicos que contienen líquido y vapor son los más difíciles de explotar, dado que el agua contiene sales disueltas y forma una mezcla llamada salmuera. Ésta ocasiona grandes problemas de corrosión en las instalaciones geotérmicas, que deben resolver los ingenieros geotérmicos, si quieren que una planta sea duradera.

El Departamento de Energía de Estados Unidos, en su sección de eficiencia energética y energía renovable, presenta por medio de su oficina de educación en energía geotérmica, GEO, por sus siglas en inglés, el mapa geotérmico mundial, http://geothermal.marin.org/geomap_1.html, (Anexo B) , del cual se puede ver que en gran parte del mundo hay potencial geotérmico, y para el caso de Centro América, GEO, <http://geothermal.marin.org/map/cenam.html>, indica, que existe la faja volcánica Centroamericana, la cual corre a través de Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá. Esta área repleta de actividad volcánica tiene varios sistemas geotérmicos, la mayoría sin abrir. Los mayores avances se han dado en el Salvador, Guatemala, Nicaragua y Costa Rica. Actualmente Honduras no cuenta con generación geotérmica tal como lo muestra el Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas Honduras, en su sección de energía y medioambiente, http://www.undp.un.hn/energia_y_medio_ambiente.htm.

3.3. Centrales Geotérmicas

El funcionamiento de una central geotérmica, que utiliza un ciclo binario (pues se emplea un ciclo para el vapor y otro para el agua) es como sigue:

Se explotan varios pozos geotérmicos, de los que se obtiene agua caliente y vapor, que llegan a un separador. Posteriormente, mediante un proceso de centrifugación se separa el vapor y el agua. El vapor de alta presión obtenido se envía a una turbina especialmente diseñada para trabajar con vapor geotérmico (si se quiere generar la misma cantidad de electricidad las turbinas deben admitir un volumen mayor del que se requiere en una central convencional). La energía del vapor se transforma en energía cinética de rotación en la turbina, que gira a miles de revoluciones por segundo. La turbina se une a través de un eje, llamado rotor, a un generador capaz de producir energía eléctrica.

Sin embargo, una vez que se ha utilizado el vapor, éste pasa a un condensador, lo cual permite que la planta proporcione más potencia, en lugar de descargarlo a la atmósfera. Del condensador se extraen los gases que no se pueden condensar y se

eliminan a la atmósfera (anhídrido carbónico y ácido sulfhídrico); el agua obtenida del condensador se bombea para su utilización posterior.

A continuación, el agua separada se conduce a otros separadores y evaporadores de baja presión, lo cual posibilita producir energía eléctrica adicional. El agua de los condensadores pasa a una torre de enfriamiento y el calor obtenido en ésta se aprovecha para que trabajen los evaporadores.

Por otro lado, el agua de desecho se envía a una laguna, llamada de evaporación, aunque también se puede tratar para obtener sustancias como ácido bórico, gas carbónico, agua pesada, cloruro de calcio, bicarbonato, sulfato de amonio y cloruro de potasio. También se puede usar en la pesca, dado que un depósito de agua caliente es adecuado para la crianza de peces. Sin embargo, en algunas centrales geotérmicas el agua se reinyecta para evitar la contaminación de algunos subproductos geotérmicos (véase la figura 3).

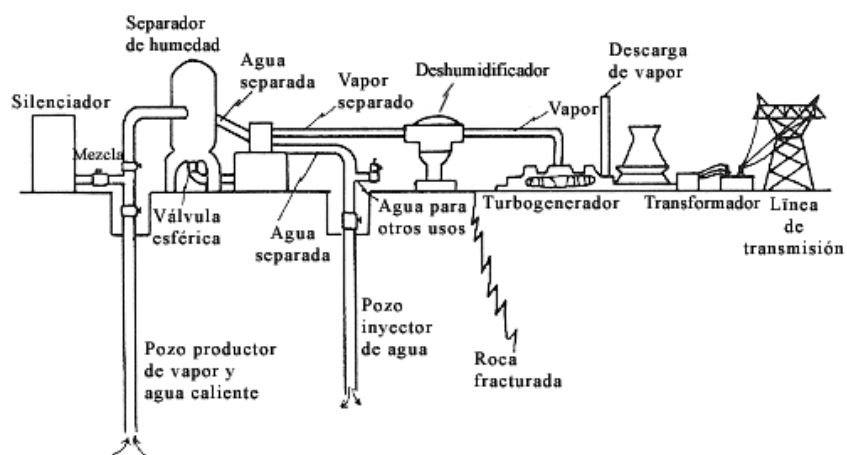


Figura 3. Diagrama de una central geotérmica. Fuente: ILCE /UNAM.

La primera central geotérmica que se construyó fue la de Larderello, en Italia, y fue construida por Piero Ginori Conti, en 1904. El segundo país que instaló una central geotérmica fue Nueva Zelanda.

La temperatura promedio del agua o vapor geotérmicos está entre 150 y 340°C, aunque con temperaturas menores también puede aprovecharse la energía geotérmica. Las profundidades a las que se encuentra un pozo geotérmico oscilan entre 200 y 3500 m. La eficiencia real de una planta geotérmica es de 11 a 13%; y la duración promedio de un pozo geotérmico es de 10 años.

3.4. Beneficios

El Instituto nacional de Electrificación de Guatemala, INDE, indica en su página electrónica, <http://www.inde.gob.gt/inde.htm>, que la energía geotérmica brinda los siguientes beneficios:

- a) No contamina.

- b) No depende de combustibles fósiles, que significarían fuga de divisas al país y además contaminan el ambiente.
- c) Es un recurso natural renovable y no depende de recursos climáticos, como por ejemplo las hidroeléctricas, lo que la hace muy eficiente para producir energía de base.
- d) El calor directo de la energía geotérmica puede ser utilizado en diversos procesos industriales y agrícolas.

3.5. Costos

El texto “Que es la Energía Geotérmica?”, de la Internacional Geothermal Association (IGA), <http://iga.igg.cnr.it/geo/geoenergy.php?lang=es>, p 48, indica que los elementos que tienen que ser considerados en cualquier estimación de costos, ya sea de planta o de costos de operación y del precio de los “productos” de la energía geotérmica, son más numerosos y más complicados que en otras formas de energía. Todos estos elementos, deben por lo tanto, ser cuidadosamente evaluados antes de emprender un proyecto geotérmico. Solo es posible ofrecer algunas pocas indicaciones de carácter general las cuales, junto con la información acerca de las condiciones locales y del costo de los fluidos geotermales disponibles, podría ayudar al potencial inversionista a tomar una decisión.

Un sistema recurso-planta (instalación de energía geotérmica) esta constituido por:

- a) Pozos geotermales.
- b) Los ductos que transportan los fluidos geotermales con longitudes de hasta 60 km. por lo que se recomienda que la distancia entre el recurso y el lugar de utilización debe mantenerse lo mas corta posible.
- c) La planta de utilización
- d) Pozos de re-inyección.

La interacción de todos estos elementos influye fuertemente en los costos de inversión y por lo tanto deben estar sujetos a un cuidadoso análisis.

3.6. Aspectos Ambientales

Asimismo el texto “Que es la Energía Geotérmica?”, p 53-57 indica que durante la década de los años 1960, cuando el medio ambiente era más sano que en la actualidad y se estaba menos preocupado de alguna amenaza a la tierra, la energía geotérmica era aún considerada una “energía limpia”. La explotación de la energía geotérmica también tiene un impacto sobre el ambiente, pero sin duda es una de las formas de energía menos contaminante.

3.6.1. Fuentes de contaminación

En la mayoría de los casos el grado con que la explotación geotérmica afecta el ambiente es proporcional a la magnitud de su explotación. La Tabla 3 resume la

probabilidad y la gravedad relativa de los efectos de un proyecto geotérmico para usos directos sobre el ambiente. Cualquier modificación al ambiente debe evaluarse cuidadosamente, de acuerdo con las disposiciones legales, pero también debido al hecho que una aparentemente insignificativa modificación podría activar una cadena de eventos cuyo impacto es difícil de evaluar completamente en forma previa.

| Impacto B = Bajo; M = Moderato; A= Alto | Probabilidad de ocurrencia | Gravedad de consecuencias |
|--|-----------------------------------|----------------------------------|
| Contaminación del aire | B | M |
| Contaminación de agua superficial | M | M |
| Contaminación del sub-suelo | B | M |
| Subsidencia de terreno | B | B a M |
| Altos niveles de ruido | A | B a M |
| Reventones de pozos | B | B a M |
| Conflictos con aspectos culturales y arqueológicos | B a M | M a A |
| Problemas Socio-económicos | B | B |
| Contaminación química o térmica | B | M a A |
| Emisión de residuos sólidos | M | M a A |

Tabla 3. Probabilidad y gravedad del impacto potencial sobre el ambiente de los proyectos de uso directo. Fuente: IGA, "Que es la Energía Geotérmica?",

A continuación algunas actividades que generan contaminación tal como lo indica el texto "Que es la Energía Geotérmica?", p 54-57:

- a) Perforación de pozos y la instalación de equipo necesario. Este última requiere un área que va de los 300 a 500 m² para una pequeña sonda montada en camión (profundidad máxima de 300 – 700 m), a 1200 – 1500 m² para una sonda pequeña a mediana (profundidad máxima de 2000 m). Estas operaciones modificarán la morfología superficial del área y podrían dañar las plantas y la vida silvestre local.

- b) Los reventones pueden contaminar el agua superficial.
- c) Durante la perforación o las pruebas de flujo pueden descargarse a la atmósfera gases no deseados. Normalmente los impactos sobre el medio ambiente causados por sondeos terminan una vez que estos son completados.
- d) La instalación de tuberías que transportarán los fluidos geotermales y la construcción de la planta de utilización, también afectan a plantas y animales y a la morfología de la superficie.
- e) La vista panorámica se modificará.
- f) Problemas ambientales durante la operación de la planta por la emisión de gases como: Dióxido de carbono(CO₂), sulfuro de hidrógeno (H₂S), amoniaco (NH₃), metano (CH₄)cloruro de sodio (NaCl), boro (B), Arsénico (As) y Mercurio (Hg).
- g) La contaminación del aire puede tornarse un problema cuando se genera electricidad, por los residuos de sulfuro de hidrógeno. Sin embargo, se pueden adoptar varios procesos para reducir las emisiones de este gas. El CO₂ también está presente en los fluidos utilizados en las plantas geo-termoeléctricas, a pesar que, de estas plantas se descarga mucho menos CO₂ que, de las plantas alimentadas por combustibles fósiles: 13-380 g. por cada kWh de electricidad producida en plantas geotérmicas comparado con los 1042 g/kWh de las plantas a gas natural .
- h) La extracción de grandes cantidades de fluidos de un reservorio geo-termal puede ocasionar fenómenos de subsidencia, esto es, un gradual hundimiento del terreno. Este fenómeno es irreversible, pero no catastrófico ya que es un proceso lento que se distribuye sobre grandes áreas. En muchos casos la subsidencia puede ser evitada o reducida mediante la re-inyección de las aguas geotermales previamente utilizadas.
- i) La eliminación y/o re-inyección de los fluidos geotermales puede aumentar la frecuencia sísmica en ciertas áreas. Sin embargo estos son micro sismos que solo pueden detectarse mediante instrumentos, la explotación de recursos geotermales difícilmente podría generar sismos mayores, y nunca se ha sabido que los haya provocado.
- j) El ruido asociado al funcionamiento de plantas geotermales podría ser un problema cuando se trata de plantas geo-termoeléctricas. Durante la fase de producción ocurre el mayor grado de ruido del vapor transportado a través de las tuberías y la ocasional descarga de vapor. Normalmente estos son aceptables.

3.7. Presente y Futuro

La energía termal presente en el subsuelo es enorme. Un grupo de expertos ha estimado el potencial geotérmico de cada continente en términos de recursos de alta y baja temperatura.

| Zona | Recursos de alta temperatura adecuados para generación eléctrica en TWh/año de electricidad. | | Recursos de baja temperatura adecuados para uso directo en millones de TJ/año de calor (límite inferior) |
|-------------------|--|-----------------------------------|--|
| | Tecnología convencional | Tecnología convencional y binaria | |
| Europa | 1830 | 3700 | > 370 |
| Asia | 2970 | 5900 | > 320 |
| África | 1220 | 2400 | > 240 |
| Norte América | 1330 | 2700 | > 120 |
| Latino América | 2800 | 5600 | > 240 |
| Oceanía | 1050 | 2100 | > 110 |
| Potencial mundial | 11 200 | 22 400 | > 1400 |

Tabla 4. Potencial geotérmico mundial, Fuente IGA, "Que es la Energía Geotérmica?",

Si se explota correctamente, la energía geotérmica podría verdaderamente asumir un rol importante en el balance de energía de algunos países. En ciertas circunstancias, incluso recursos geotérmicos de pequeña escala, son aptos para solucionar numerosos problemas locales y mejorar la calidad de vida de pequeñas comunidades aisladas.

4. ENERGÍA HIDRAULICA.

El portal Definición, <http://www.definicion.org/hidraulica>, indica: "Parte de la mecánica que trata el equilibrio y movimiento de los fluidos. Lo que se refiere al aprovechamiento de las aguas. Que se mueve o funciona por medio del agua".

El Manual de Energía Renovable, "Hidráulica" p 4, de la organización BUN-CA (Biomass Users Network) indica que la energía hidráulica se refiere al aprovechamiento de la energía potencial que tiene el agua (por diferencia de altura) que se obtiene buscando una caída de agua desde cierta altura a un nivel inferior, la que luego se transforma en energía mecánica (rotación de un eje), con el uso de una

rueda hidráulica o turbina. Esta energía se puede utilizar directamente para mover un pequeño aserradero, un molino o maquinaria de un beneficio de café. También es posible conectar la turbina a un generador eléctrico y de esta manera transformar la energía mecánica en energía eléctrica, con la ventaja de trasladar con mayor facilidad la energía a los puntos de consumo y aplicarla a una gran variedad de equipos y usos productivos.

Por lo tanto, la cantidad de potencia y energía disponible en el agua de un río o una quebrada, está en relación directa a la altura o caída disponible, así como de la cantidad de agua que se trasiega (caudal).

Como estrategia inicial para escoger un posible aprovechamiento hidráulico se debe buscar la mayor caída o altura disponible y de esta manera usar la cantidad mínima de agua que se requiera para satisfacer las necesidades de energía y potencia.

4.1. Primeros usos de la energía Hidráulica.

El manual Hidráulica, p 4, indica que la utilización de la energía hidráulica data de la época de los griegos, quienes empleaban la rueda hidráulica para bombear agua. Tanto la rueda hidráulica vertical como la horizontal se usaron en la Edad Media y el Renacimiento en la agricultura, minas, industria textil, industria forestal y en el transporte. Al inicio del siglo XIX se instaló la primera turbina hidráulica. La energía hidráulica tuvo mucha importancia durante la Revolución Industrial; impulsó las industrias textiles y del cuero y los talleres de construcción de máquinas a principios del siglo XIX. Aunque las máquinas de vapor ya estaban perfeccionadas, el carbón era escaso y la madera poco satisfactoria como combustible, por lo que la energía hidráulica ayudó al crecimiento de las nuevas ciudades industriales que se crearon en Europa y América.

4.2. Ciclo Hidrológico.

El manual Hidráulica, p 7, indica que la energía hidráulica tiene su origen en el ciclo hidrológico, a saber: los rayos solares calientan los océanos y provocan que el agua se evapore y suba a la atmósfera para condensarse en las nubes y precipitar en forma de lluvia o nieve. Una parte cae en el mar y el resto en tierra firme. Esta última es la que se aprovecha. El agua que cae en la tierra forma corrientes de agua que, debido a las condiciones topográficas de los terrenos se van escurriendo en forma subterránea o por la superficie. Lo empinado de los montes y lo lejos que estén del mar condicionan las características de los cauces de los ríos y quebradas que por diferencias de alturas, se trasladan hacia el mar. Luego las aguas son nuevamente evaporadas iniciándose otra vez el ciclo hidrológico.

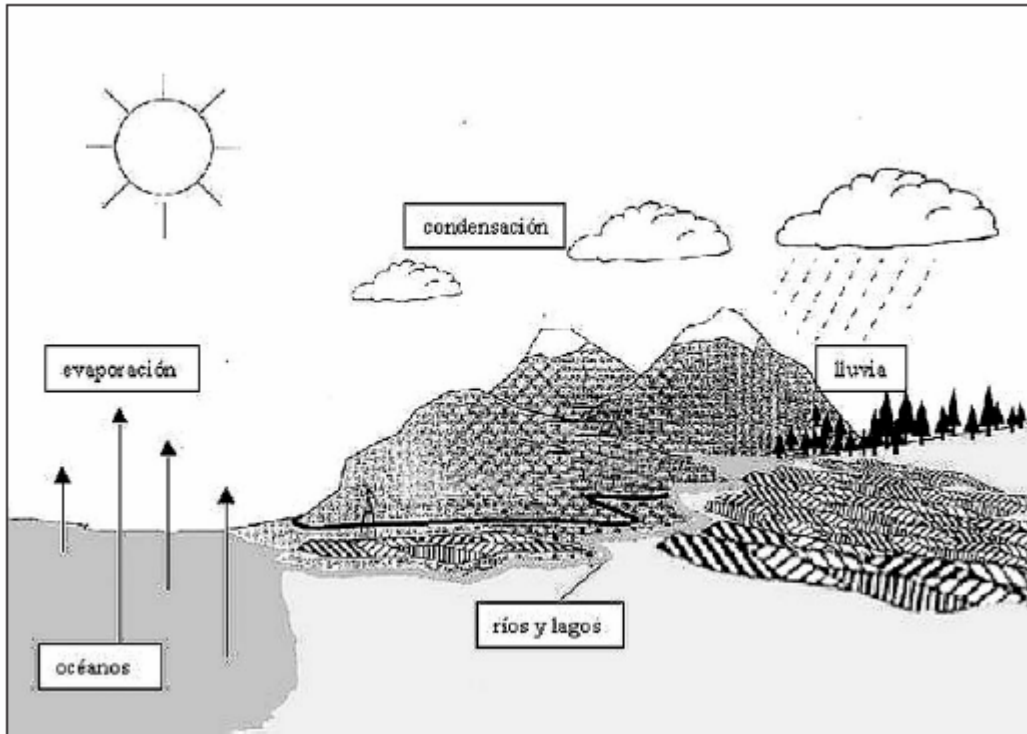


Figura 4. Ciclo Hidrológico. Fuente: Manual Hidráulica-BUN-CA

4.3. Plantas Hidroeléctricas.

En una central hidroeléctrica, se transforma la energía potencial del agua en energía mecánica con una turbina hidráulica y luego, en energía eléctrica a través de un generador.

El Instituto Nacional de Electrificación de Guatemala, INDE, en su página electrónica de información general, <http://www.inde.gob.gt/inde.htm>, indica que la energía que se aprovecha en una planta hidroeléctrica, guarda estrecha relación con el caudal de agua disponible o embalsada y la altura o caída bruta que ésta tenga, mientras mayor sea la caída mayor es la potencia eléctrica generada, esta altura dependerá de las condiciones topográficas y geográficas del terreno.

Asimismo clasifica las plantas de acuerdo a su caudal y regulación:

a) Plantas de caudal libre:

Se les llama también a filo de agua. Utilizan la cantidad de agua disponible del río en cualquier momento; está en capacidad de cubrir las necesidades de la demanda requerida; no poseen ningún tipo de almacenamiento y son plantas de pequeña potencia.

b) Plantas de regulación diaria:

Poseen un embalse de pequeña regulación, generalmente diaria, su caudal es utilizado mayormente durante horas de mucha demanda. Son de uso frecuente en países montañosos no industrializados, donde la demanda de electricidad es poca.

c) Plantas de regulación anual:

Estas son de gran tamaño y necesitan de un ambiente gigantesco para su funcionamiento. El agua que embalsan les sirve para funcionar todo un año. Trabajan como plantas de servicio general, cubren tanto la demanda básica como las horas pico de consumo, se construyen generalmente en los ríos que mantienen su caudal en cualquier época del año.

4.4. Componentes de una planta Hidroeléctrica.

El manual Hidráulica en sus páginas 8-10 indica las partes típicas de una planta hidráulica, las que a continuación se enuncian:

a) Obras de derivación:

Este es un tipo de represa pequeña que se coloca en forma transversal al cauce del río con el fin de producir un remanso que facilite la derivación del agua hacia la bocatoma. También se utiliza para asegurar que la corriente esté siempre al alcance de la bocatoma en sitios donde el caudal se reduce mucho durante la época seca.

b) Obras de bocatoma:

Este elemento se encarga de introducir y controlar el ingreso de agua al canal, el cual incluye una compuerta de toma del recurso hídrico y una compuerta de lavado, previo al ingreso del agua al desarenador. La bocatoma sirve como una zona de transición entre una corriente y un flujo de agua que debe ser controlado, tanto en calidad como en cantidad; por lo tanto la bocatoma exige un diseño cuidadoso, así como una ubicación adecuada.

d) Obras de conducción:

| Descripción | Objetivo |
|--------------------|---|
| Desarenador | Eliminar la arena y sedimentos de la corriente en el canal. |
| Canal | Conducir el agua desde la bocatoma hasta la entrada a la tubería de presión, puede ser un canal abierto o tubería enterrada. |
| Cámara de carga | Punto de acumulación del agua antes de entrar a la tubería de presión, pudiendo trabajar como acumulador para entregar agua extra en caso necesario. Además de sedimentar las impurezas del agua, retirar elementos flotantes, controlar la entrada de agua a la planta y desviar el exceso. |
| Tubería de presión | Tubería que conduce el agua a presión (tubo lleno) hasta la turbina. |

Tabla 5. Obras de conducción. Fuente: Manual Hidráulica. BUN-CA.

e) Sala de máquinas:

La sala de maquinas aloja los siguientes componentes:

| Equipo | Descripción |
|--------------------------|--|
| Turbina | Transforma la energía contenida en el agua en energía mecánica. Existen diferentes tipos de turbina según la relación de caída y agua. Entre ellas se encuentran turbinas tipo reacción (Francis y Kaplan) y de acción (Pelton y Flujo cruzado). |
| Generador o Alternador | Convierte la energía mecánica recibida de la turbina a través de un eje, en energía eléctrica. La potencia de los generadores tiene que estar acorde con el de la turbina. Para proyectos de nano- y micro-hidro generalmente se usan alternadores, que generan electricidad a corriente directa (CD), a 12 ó 24 voltios. En proyectos más grandes, se produce electricidad a corriente alterna (CA) a voltajes mayores. |
| Transformador o Inversor | Eleva el voltaje generado. En muchos casos se puede prescindir del transformador, pero si se debe transportar la corriente a grandes distancias y el generador trabaja a bajo voltaje, es necesario utilizar un banco de transformadores. En proyectos de nano- y micro- hidro, se puede aplicar un inversor el cual tiene la función de convertir la electricidad de corriente directa a bajos voltajes, generada por el alternador, a corriente alterna de voltajes mayores (por ejemplo, de 12 V a 110 V) |

Tabla 6. Equipo en sala de máquinas. Fuente: Manual Hidráulica. BUN-CA.

| Tipo de Turbina | Modelo | Aplicación |
|-----------------|--|---|
| Reacción | Francis | Flujo de agua en dirección radial, salida en dirección axial. Saltos de agua están entre 15 y 150 m. Eficiencia: 90-94% |
| | Kaplan | Turbina tipo hélice. Caudales grandes y saltos de agua menores de 50 m. Eficiencia: 93-95% |
| Acción | Pelton | Caídas de agua es grande (alrededor de 80 m.) Eficiencia: 84 - 92%. |
| | Flujo Cruzado o de doble impulsión, ó Michael-Banki. | C bajas y medianas (10 – 80 m). Eficiencia: 70 al 80%. |

Tabla 7. Tipos de turbinas y aplicaciones. Fuente: Manual Hidráulica. BUN-CA.

e) Líneas de transmisión: se encargan de conducir la corriente eléctrica a los sitios donde se necesita la energía eléctrica (puntos de consumo). Para proyectos no conectados a la red incluye las líneas de distribución.

f) Líneas de distribución: se encargan de repartir la electricidad hasta los puntos finales de utilización, pueden ser líneas aéreas o subterráneas.

g) Aliviaderos: puede ser necesario usar aliviaderos en la bocatoma, canal, cámara de carga y desfogue de la turbina para que los excesos de agua sean retirados del sistema y debidamente conducidos hacia un cauce estable. Aunque su diseño es muy simple, debe tenerse mucho cuidado con su ubicación y correcto funcionamiento, pues su objetivo es evitar que las corrientes desviadas erosionen el terreno, destruyéndolo y poniendo en peligro las mismas obras civiles del proyecto.

En ciertos casos, se puede prescindir de alguno de estos elementos, todo depende de las condiciones topográficas especiales de cada proyecto, la capacidad requerida y la aplicación. Por ejemplo, los proyectos de nano- y micro hidro no requieren un transformador y en ocasiones se les instala un inversor. Los sistemas que solamente generan energía mecánica no requieren de los elementos eléctricos.

4.5. Potencial de Generación Hidroeléctrica.

El manual Hidráulica, p 37, indica que la potencia de una instalación hidroeléctrica está en función de las siguientes variables o condiciones:

- a) Caudal del río o la cuenca, o sea la cantidad de agua pasando en un periodo fijo (m³/s).
- b) Caída, o la diferencia en altura entre la toma de agua y la turbina.
- c) Pérdidas por fricción entre la toma de agua y la turbina.
- d) Eficiencia de la turbina y el generador.

4.6. Elementos de Análisis

Hay varios elementos que evaluar a la hora de considerar sitios con potencial hidroenergético. El manual Hidráulica, p 37-p39 indica que esos elementos son.

- a) Disponibilidad de recursos hidroenergéticos.
- b) Ubicación de los recursos hídricos con respecto de la demanda.
- c) Accesibilidad de los recursos disponibles.
- d) Perspectivas de uso múltiple.
- e) Cálculo de la potencia por instalar.

La potencia de salida de un generador en kilovatios se puede resumir en la siguiente ecuación: $P_{ge} = 9.8 * HN * Q * NT * n_{ge}$ [Kw.] Donde: P_{ge} : potencia de generación, HN : caída aprovechable por la turbina (metros de distancia vertical). Q : flujo o caudal de agua (metros cúbicos por segundo). NT : eficiencia de la turbina hidráulica. n_{ge} : eficiencia del generador eléctrico.

4.7. Costos /Aplicaciones.

El manual Hidráulica, p 15, indica que al calcular el costo de un proyecto hidroeléctrico se deben considerar los siguientes rubros:

a) Costos de inversión (directos e indirectos): son los costos totales que se deben pagar para un proyecto totalmente construido.

| Rubro | Porcentaje del costo (%) |
|-------------------------|--------------------------|
| Obras civiles. | 15-40 |
| Equipo electromecánico. | 30-60 |
| Infraestructura. | 10-15 |
| Costos indirectos. | 10-15 |

Tabla 8. Distribución de costos de inversión. Fuente: Manual Hidráulica. BUN-CA.

| Tipo de proyecto/ Aplicación | Costos de inversión (US\$/kW) | Componentes principales | Posibles variables que pueden afectar el costo. |
|---|-------------------------------|---|--|
| Nano turbinas (<1kW) | 3,000-4,000 | Turbinas Generadores eléctricos. | Caudal de agua disponible. Demanda existente. Características topográficas. |
| Microhidros (1-100kW) | 3,000-6,000 | Turbinas. Regulador de velocidad. Generadores eléctricos. | Caudal de agua disponible. Demanda existente. Características topográficas. |
| Minihidro (100-1000kW) Pequeñas centrales (1-5 MW) | 1,500-2,000 | Obra derivación Canal. Embalse. Vertedor y descarga fondo. Tubería forzada. Sala de maquinas. Equipo electromecánico. Transmisión. | Caudal de agua disponible. Demanda existente. Características topográficas, geológicas y geomorfológicos del sitio. Distancia a la red eléctrica. |

Tabla 9. Costos de inversión de proyectos a diferentes escalas. Fuente: Manual Hidráulica. BUN-CA.

b) Costos de reposiciones intermedias.

Obras y equipos que tienen una vida útil menor a la vida útil del proyecto global y que deben ser repuestos para conseguir un adecuado funcionamiento de las instalaciones.

c) Costos de operación y mantenimiento

Costo unitario por año (por ejemplo US cents. \$/kW/año) en función del tamaño de la central o como un monto anual dado en un porcentaje de la inversión total del proyecto. Generalmente, estos costos fluctúan entre \$ 0,01 y \$ 0,02 por kWh.

4.8. Aspectos Ambientales

El manual Hidráulica, p 18, indica que el desde el punto de vista ambiental, la energía hidroeléctrica es un recurso limpio y renovable. No genera GEI ni calentamiento global. En el desarrollo de un proyecto, es necesario tomar en cuenta estos posibles impactos y proponer medidas de mitigación. A continuación se mencionan los posibles impactos ambientales y sociales de pequeños proyectos de hidroenergía y las medidas para mitigarlos:

| Posibles Impactos | Medidas Mitigadoras |
|---|--|
| Obra Civil: Impacto al ambiente, afectando la vida de animales y humanos, pudiéndose impactar el hábitat de la vida acuática. | Para mitigar estos impactos, se recomienda que las obras se realicen en la época seca y que inmediatamente después de la construcción se lleven a cabo trabajos de revegetación del terreno. En todo caso, estos impactos tienen un carácter temporal. |
| Impacto sónico: Debido a la operación, de la turbina y el generador. | Esto se puede disminuir con la construcción de una casa de máquinas apropiada, posiblemente con material aislante. |
| Embalse: Impactos por la construcción de caminos, y la pérdida del terreno | Estos impactos y las medidas de mitigación son comunes para cualquier obra de infraestructura. La gravedad de estos impactos depende principalmente del tamaño del embalse. |
| Conservación de la cuenca. | Sin bosques no habrá suficiente agua para el sistema y protege contra la erosión. La experiencia de pequeños proyectos muestra que éstos incentivan a la población a preservar y mantener los bosques aledaños. |
| Migración de peces | Dependiendo del tamaño del proyecto, dentro del diseño de las obras se debe considerar las especies de peces existentes y otra vida acuática en los ríos que podrían migrar corriente abajo hacia estuarios o área marítimas, ya sea para procrear o con el fin de procurarse alimentos. |
| Impacto al paisaje. | Dado que los proyectos hidroeléctricos suelen localizarse en zonas montañosas y forestales, tienden a tener un impacto visual significativo. Este se puede mitigar con el uso de colores semejantes al ambiente y la colocación bajo la superficie de algunos componentes como el canal de conducto y la tubería de presión. |
| Agua potable. | Dado que ésta se obtiene generalmente de la misma fuente de un proyecto hidroeléctrico, se debe considerar el impacto a la calidad y cantidad del agua disponible para este fin. |
| Impacto social | Generación de empleo. |

Tabla 10. Impactos ambientales y sociales. Fuente: Manual Hidráulica. BUN-CA.

5. ENERGÍA MAREOMOTRIZ u OCEÁNICA.

El Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, CIEMAT, del Ministerio de Educación y Ciencia de España, en su página Web, <http://www.energiasrenovablesciemmat.es/suplementos/oceanica/ceanica.htm>, indica que las investigaciones y los proyectos para obtener energía de los mares y los océanos todavía se encuentran en una fase preliminar; sin embargo, su potencial es muy alto ya que cualquier país con costa puede desarrollarla.

Los ámbitos marinos de los cuales se puede obtener dicha energía son:

- a) La energía de las mareas o energía mareomotriz es la que resulta de aprovechar las mareas, es decir, la diferencia de altura media de los mares según la posición relativa de La Tierra y La Luna, y que resulta de la atracción gravitatoria de esta última y del sol sobre las masas de agua de los mares.
- b) La energía de las olas, o energía undimotriz, ha sido acogida como la más prometedora fuente de energía renovable para los países marítimos. Las olas se forman en cualquier punto del mar por la acción del viento; cuando el viento sopla con violencia, las olas alcanzan tamaño gigantesco y por el impulso de aquél corren sobre la superficie marina a gran velocidad y descargan toda su potencia sobre los obstáculos que encuentran en su camino. Los efectos de estos choques son enormes y la cantidad de energía disipada en ellos es considerable.
- c) La conversión de energía térmica oceánica o energía del gradiente térmico es un método de convertir en energía útil la diferencia de temperatura entre el agua de la superficie y el agua que se encuentra a 100 m de profundidad. En las zonas tropicales esta diferencia varía entre 20 y 24° C.
- d) Energía del gradiente salino: La diferencia de salinidad entre el agua de los océanos y el agua de los ríos se mantiene esencialmente por evaporación del agua de los océanos y por lluvia recibida por los ríos. En estas zonas puede obtenerse energía debido a las diferencias de presión osmótica lo que se denomina energía del gradiente salino.
- e) Por último, tenemos la energía de las corrientes marinas. Para que esto se produzca es necesaria una velocidad superior a 5 nudos, equivalentes a 12 m/s en aire que movieran las turbinas.

Actualmente existen distintas organizaciones y países que están en proceso de investigación tecnológica para poder comenzar a usar esta fuente de energía.

Tal como lo indica el Wave Energy Centre, WEC en su portal electrónico, <http://www.wave-energy-centre.org/pages/associates.html>, hay mas de 30 años de investigación y desarrollo en el tema de la energía de las olas, existiendo varias plantas piloto que serán probadas próximamente. Con lo que se tiene una clara indicación que la energía de las olas esta entrando en una etapa de demostración tecnológica y puede ir acercándose a una etapa precomercial, pero que se necesita una mayor participación internacional con apoyo económico y tecnológico.

6. ENERGÍA SOLAR

El Manual de Energía Renovable, “Solar Térmica” p 4, de la organización BUN-CA (Biomass Users Network) indica que el sol, es fuente de vida y origen de las diversas formas de energía que el ser humano ha utilizado desde el inicio de su historia, pudiendo satisfacer prácticamente todas nuestras necesidades si aprendemos cómo aprovechar de forma racional su luz.

El sol es una estrella formada por diversos elementos en estado gaseoso, principalmente hidrógeno, en condiciones tales que producen, de forma espontánea e interrumpida, un proceso de fusión nuclear, el cual emite luz y calor. Este es el origen de la inagotable energía solar.

6.1. Transformación de la energía solar.

La fuerza del sol que llega a la tierra equivale a 10.000 veces el consumo mundial de energía. El sol se encuentra a una distancia de unos 150 millones de kilómetros de la Tierra y la radiación que emite tarda algo más de ocho minutos en alcanzar nuestro planeta, a una velocidad de 300.000 km/s. Desde el punto de vista cuantitativo se puede decir que sólo la mitad de la radiación solar llega a la superficie de la Tierra. La restante se pierde por reflexión y absorción en la capa de aire.

El Manual de Energía Renovable, “Solar Fotovoltaica” p 4 muestra que la energía solar se puede transformar de dos maneras:

- a) Utilizar una parte del espectro electromagnético de la energía del sol para producir calor. (Solar Térmica) La transformación se realiza mediante el empleo de colectores térmicos.
- b) Utilizar la otra parte del espectro electromagnético de la energía del sol para producir electricidad (Solar Fotovoltaica). La transformación se realiza por medio de módulos o paneles solares fotovoltaicos.

6.2. Energía solar fotovoltaica.

La energía solar fotovoltaica es la obtenida por medio de la conversión de energía solar a energía eléctrica utilizando módulos fotovoltaicos.

Se utiliza para hacer funcionar lámparas eléctricas, radios, televisores y otros electrodomésticos de bajo consumo energético, generalmente, en aquellos lugares donde no existe acceso a la red eléctrica convencional.

Es necesario disponer de un sistema formado por equipos especialmente contruidos para realizar la transformación de la energía solar en energía eléctrica. Este sistema recibe el nombre de sistema fotovoltaico y los equipos que lo forman reciben el nombre de componentes fotovoltaicos.

6.3. Estimación del recurso solar.

La Guía de Instalación de Sistemas Fotovoltaicos, p6, de Departamento de Energía de Estados Unidos (USDOE) y la Agencia de los Estados Unidos Internacional

(USAID) indica que el recurso solar o luz solar es la materia prima para generar energía eléctrica. Se debe tener conocimiento de los conceptos básicos de la energía solar como irradiancia e insolación para entender el funcionamiento y rendimiento de los sistemas FV.

Irradiancia o Irradiación: La irradiancia es la intensidad de la luz solar. Las unidades más comunes son (W/m^2) o (kW/m^2).

Insolación: Es la cantidad de energía solar recibida durante un intervalo de tiempo. Se mide en unidades de ($kW-h/m^2$). Para dimensionar sistemas FV, es necesario conocer la insolación diaria promedio, preferiblemente para cada mes del año. La insolación diaria promedio se expresa en horas solares pico (HSP).

Una hora solar pico es la energía recibida durante una hora, a una irradiancia promedio de $1 kW/m^2$. Es decir, $1kW-h/m^2$ es igual a 1 HSP

Los factores más importantes que afectan la irradiancia e insolación son las condiciones atmosféricas, la latitud del lugar, la época del año y la inclinación de la superficie captadora, que en este caso es el arreglo FV.

Los arreglos FV pequeños pueden ser instalados sobre estructuras fijas y seguidores solares aumentando así la disponibilidad de energía.

El curso “Solar Fotovoltaica”, p 4 indica que la forma más usual de medir la fuerza del Sol es en kW/m^2 de área horizontal o sea la Irradiancia.

Existen instituciones internacionales que se han encargado de recolectar información solar de todo el planeta y muestran mapas solares, como el de Honduras brindado por SWERA (*). Anexo C.

6.4. Componentes de un sistema fotovoltaico.

El Manual de Energía Renovable, “Solar Fotovoltaica” p 6 define que un sistema fotovoltaico esta compuesto de equipos construidos e integrados especialmente para realizar cuatro funciones fundamentales:

- a) Transformar directa y eficientemente la energía solar en energía eléctrica.
- b) Almacenar adecuadamente la energía eléctrica generada.
- c) Proveer adecuadamente la energía producida (el consumo) y almacenada.
- d) Utilizar eficientemente la energía producida y almacenada.

Siendo los componentes principales:

- a) El módulo o panel fotovoltaico
- b) La batería
- c) El regulador de carga

- d) El inversor
- e) Las cargas de aplicación (el consumo)

El manual “Solar Fotovoltaica”, p 7-11 define los componentes del sistema de la siguiente forma:

a) **Panel Fotovoltaico:** Una celda fotovoltaica es el componente que capta la energía contenida en la radiación solar y la transforma en una corriente eléctrica, basado en el efecto fotovoltaico que produce una corriente eléctrica cuando la luz incide sobre algunos materiales. Las celdas fotovoltaicas son hechas principalmente de un grupo de minerales semiconductores, de los cuales el silicio, es el más usado. Una celda fotovoltaica tiene un tamaño de 10 por 10 centímetros y produce alrededor de un vatio a plena luz del día. Normalmente las celdas fotovoltaicas son color azul oscuro. La mayoría de los paneles fotovoltaicos consta de 36 celdas fotovoltaicas.

La vida útil de un panel fotovoltaico puede llegar hasta 30 años, y los fabricantes generalmente otorgan garantías de 20 o más años. El mantenimiento del panel solamente consiste de una limpieza del vidrio para prevenir que las celdas fotovoltaicas no puedan capturar la radiación solar. La elección apropiada del tipo y capacidad del módulo fotovoltaico depende de las características propias de la instalación fotovoltaica, tales como radiación solar existente y consumo energético requerido.

b) **Baterías:** Debido a que la radiación solar es un recurso variable, en parte previsible (ciclo día-noche), en parte imprevisible (nubes, tormentas); se necesitan equipos apropiados para almacenar la energía eléctrica cuando existe radiación y para utilizarla cuando se necesite. Se hace a través de las baterías. Estas baterías son construidas especialmente para sistemas fotovoltaicos.

La capacidad de la batería se mide en “amperio-hora (Ah)”, una medida comparativa de la capacidad de una batería para producir corriente. Dado que la cantidad de energía que una batería puede entregar depende de la razón de descarga de la misma, los Ah deben ser especificados para una tasa de descarga en particular. La capacidad de las baterías fotovoltaicas en Ah se especifica frecuentemente a una tasa de descarga de 100 horas (C-100). Diferentes tipos y modelos de baterías requieren diferentes medidas de mantenimiento. Algunas requieren la adición de agua destilada o electrolito, mientras que otras, llamadas ‘baterías libre de mantenimiento’, no lo necesitan.

c) **Regulador o Controlador de Carga:** Dispositivo electrónico, que controla tanto el flujo de la corriente de carga proveniente de los módulos hacia la batería, como el flujo de la corriente de descarga que va desde la batería hacia las lámparas y demás aparatos que utilizan electricidad. Si la batería ya está cargada, el regulador interrumpe el paso de corriente de los módulos hacia ésta y si ella ha alcanzado su nivel máximo de descarga, el regulador interrumpe el paso de corriente desde la batería hacia las lámparas y demás cargas.

d) **El Inversor:** Los módulos fotovoltaicos proveen corriente directa a 12 ó 24 Voltios por lo que se requiere de un componente adicional, el inversor, que transforme, a través de dispositivos electrónicos, la corriente directa a 12 V de la batería en corriente alterna a 120 V para energizar los componentes que no pueden operar a 12V

e) **Cargas:** Las más comunes son lámparas, radios, televisores y teléfonos celulares para uso doméstico; y bombas y motores, para usos productivos. La selección de estas cargas es tan importante como la del resto de equipos fotovoltaicos; por ello, hay dos aspectos por considerar cuando se utilizan aparatos que se energizarán a través de un sistema fotovoltaico:

- a. El consumo diario de energía del conjunto de aparatos eléctricos no debe sobrepasar la cantidad de energía diaria producida por el sistema fotovoltaico.
- b. La necesidad de utilizar aparatos a 120 V determina la instalación o no de un inversor.

6.5. Aplicaciones

El manual “Solar Fotovoltaica” p 13, indica que los sistemas fotovoltaicos pueden tener las mismas aplicaciones que cualquier sistema generador de electricidad.

| Aplicaciones típicas | |
|--|---|
| Sistemas individuales CD para aplicaciones domésticas. | Electrificación rural de viviendas a través de sistemas individuales CD. Compuestos, normalmente, por un panel fotovoltaico con una capacidad menor que 100 Wp (Watt pico), un regulador de carga, una o dos baterías con una capacidad total menor que 150 A-h, 2 ó 3 lámparas a 12 V y un tomacorriente para trabajar a 12V CD. |
| Sistemas individuales CA para aplicaciones. | Lo anterior mas la utilización de un inversor. |
| Sistemas aislados para usos productivos. | Bombeo de agua para irrigación y cercas eléctricas para ganadería. |
| Sistemas centralizados aislados de la red. | Tienen los mismos componentes de un sistema FV convencional pero con mucha mas potencia, y no existe posibilidad de conexión a la red. |
| Sistemas centralizados conectados a la red. | En estos sistemas, la energía obtenida no se almacena sino que se provee directamente a la red eléctrica comercial. |

Tabla 11. Aplicaciones de la energía fotovoltaica. Fuente: Manual “Solar Fotovoltaica”, BUN-CA

6.6. Costos

El manual “Solar Fotovoltaica”, p 19, explica en su sección de COSTOS que la inversión inicial de un sistema FV depende de varios factores, por ejemplo: los precios internacionales del mercado fotovoltaico, la disponibilidad local de distribuidores e instaladores de equipos fotovoltaicos, la ubicación y demanda

energética de los usuarios. Las características particulares de todos los equipos necesarios para satisfacer la demanda energética (en calidad, cantidad y capacidad), la distancia y la facilidad de acceso entre el lugar de venta de los equipos y el lugar donde se instalará el sistema.

Asimismo, indica que los costos se pueden dividir de la siguiente manera:

| Rubro | Porcentaje del costo (%) |
|-----------|--------------------------|
| Inversión | 70-75 |
| M&O | 3-5 |
| Reemplazo | 20-27 |

Tabla 12. Distribución de costos de un sistema FV. Fuente: Manual “Solar Fotovoltaica”, BUN-CA

Dependiendo de la aplicación se pueden tener los siguientes estimados:

| Sistema | Capacidad | Rango de costos (US\$) |
|-----------------------------------|------------|------------------------|
| Individual CD | 50-100(w) | 600-2,000 |
| Individual CA | 75-500 (w) | 1,030-5,000 |
| Centralizados aislados. | 0.3-10 kW. | 3,560-50,000 |
| Centralizados conectados a la red | 10kW-1 MW | 75,000-750,000 |

Tabla 13. Distribución de costos de un sistema FV de acuerdo a la aplicación. Fuente: Manual “Solar Fotovoltaica”, BUN-CA

6.7. Aspectos Ambientales.

El manual Solar Fotovoltaica, p 23, indica que los sistemas fotovoltaicos son una solución amigable con la naturaleza. Sin embargo, el mal uso y manejo de esta tecnología sí puede tener efectos dañinos al medio ambiente. Se sugieren algunas recomendaciones que se deben atender para evitar esto:

- a) Debe existir un programa eficaz de retiro y reciclaje de baterías: las baterías fotovoltaicas abandonadas a la intemperie después de cumplir su vida útil ocasionarán contaminación, por lo que es necesario elaborar un programa para el desecho de las baterías.
- b) Las baterías deben estar instaladas en una habitación especialmente destinada a este propósito: sistemas fotovoltaicos con baterías instaladas en habitaciones utilizadas por personas podrían ocasionar riesgos a la salud y a la seguridad de las personas si no están instaladas en forma segura.
- c) Si es un proyecto muy grande puede producir impacto visual.

7. BIOMASA

El Manual de Energía Renovable, “BIOMASA” p 4, de la organización BUN-CA (Biomass Users Network) explica que el término biomasa se refiere a toda la materia orgánica que proviene de árboles, plantas y desechos de animales que pueden ser convertidos en energía; o las provenientes de la agricultura (residuos de maíz, café, arroz, macadamia), del aserradero (podas, ramas, aserrín, cortezas) y de los residuos urbanos (aguas negras, basura orgánica y otros).

7.1. Primeros usos de la biomasa

La biomasa es la fuente de energía renovable más antigua conocida por el ser humano, pues ha sido usada desde que nuestros ancestros descubrieron el secreto del fuego. Desde la prehistoria, la forma más común de utilizar la energía de la biomasa ha sido por medio de la combustión directa: quemándola en hogueras a cielo abierto, en hornos y cocinas artesanales e, incluso, en calderas; convirtiéndola en calor para suplir las necesidades de calefacción, cocción de alimentos, producción de vapor y generación de electricidad.

7.2. Usos actuales

Los avances tecnológicos han permitido el desarrollo de procesos más eficientes y limpios para la conversión de biomasa en energía; transformándola, por ejemplo, en combustibles líquidos o gaseosos, los cuáles son más convenientes y eficientes. Así aparte de la combustión directa, se pueden distinguir otros dos tipos de procesos: el termo-químico y el bio-químico. Las fuentes más importantes de biomasa son los campos forestales y agrícolas pues en ellos se producen residuos (rastros) que normalmente son dejados en el campo al consumirse sólo un bajo porcentaje de ellos con fines energéticos. En la agroindustria, los procesos de secado de granos generan subproductos que son usados para generación de calor en sistemas de combustión directa; tal es el caso del bagazo de caña de azúcar, la cascarilla de café y la de arroz. Por otro lado, los centros urbanos generan grandes cantidades de basura compuestas en gran parte, por materia orgánica que puede ser convertida en energía, después de procesarla adecuadamente.

7.3. Recurso Biomásico

El manual “Biomasa” p 6, indica que la biomasa es considerada una fuente renovable de energía porque su valor proviene del Sol. A través del proceso de fotosíntesis, la clorofila de las plantas captura su energía, y convierte el dióxido de carbono (CO₂) del aire y el agua del suelo en carbohidratos, para formar la materia orgánica. Cuando estos carbohidratos se queman, regresan a su forma de dióxido de carbono y agua, liberando la energía que contienen. De esta forma, la biomasa funciona como una especie de batería que almacena la energía solar. Entonces, se produce en forma sostenida o sea - en el mismo nivel en que se consume – esa batería durará indefinidamente. Los recursos biomásicos incluyen cualquier fuente de materia orgánica, como desechos agrícolas y forestales, plantas acuáticas, desechos animales y basura urbana. Su disponibilidad varía de región a región, de acuerdo con el clima, el tipo de suelo, la geografía, la densidad de la población, las actividades productivas, etc.; por eso, los correspondientes aspectos de

infraestructura, manejo y recolección del material deben adaptarse a las condiciones específicas del proceso en el que se deseen explotar.

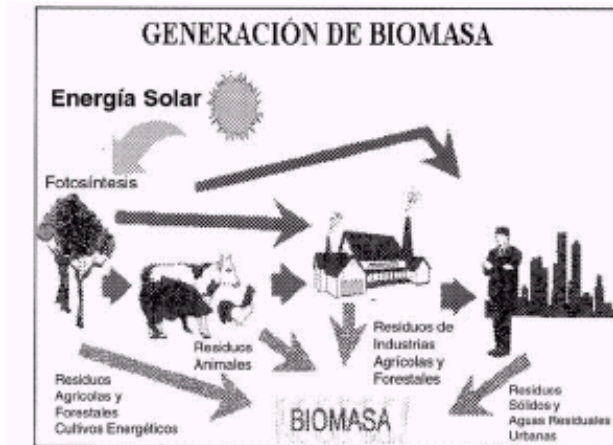


Figura 5. Fuentes de Biomasa. Fuente: Manual Biomasa. BUN-CA

La siguiente tabla muestra los estados típicos de la biomasa :

| Recurso de la Biomasa | Tipo de residuo. | Características físicas. |
|------------------------|--|---|
| Residuos forestales | Restos de aserrín. Ebanistería. Plantaciones. | Polvo, sólido, HR>50%, Polvo sólido, HR30-45%, Sólido HR>55% |
| Residuos agropecuarios | Cáscara y pulpa de frutas y vegetales, De arroz y de azúcar. De estiércol. Residuos de cosechas (tallos, hojas, cáscaras, maleza, pastura) | Sólido, alto contenido de humedad. Polvo, HR<25%, Sólido, alto contenido de humedad, Sólido HR>55% |
| Residuos industriales | Cáscara y pulpa de frutas y vegetales, residuos de procesamiento de carnes, aguas de lavado y precocido de carnes y vegetales, grasas y aceites vegetales. | Sólido, humedad moderada. Sólido, alto contenido de humedad. Líquido. Líquido, grasoso. |
| Residuos urbanos | Aguas negras, desechos domésticos y basura orgánica(madera) | Líquido. Sólido, alto contenido de humedad. Sólido, alto contenido de humedad. |

Tabla 14.Estado típico de la biomasa. Fuente: Manual Biomasa, BUN-CA.

Características de la biomasa.

El manual “Biomasa” p 10, brinda las características de la biomasa en los siguientes términos:

Composición química y física: Las características químicas y físicas de la biomasa determinan el tipo de combustible o subproducto energético que se puede generar; por ejemplo, los desechos animales producen altas cantidades de metano, mientras que la madera puede producir el denominado “gas pobre”, que es una mezcla rica en monóxido de carbono (CO). Por otro lado, las características físicas influyen en el tratamiento previo que sea necesario aplicar.

Contenido de humedad (H.R.): El contenido de humedad de la biomasa es la relación de la masa de agua contenida por kilogramo de materia seca. Para la mayoría de los procesos de conversión energética es imprescindible que la biomasa tenga un contenido de humedad inferior al 30%. Muchas veces, los residuos salen del proceso productivo con un contenido de humedad muy superior, que obliga a implementar operaciones de acondicionamiento, antes de ingresar al proceso de conversión de energía.

Porcentaje de cenizas: El porcentaje de cenizas indica la cantidad de materia sólida no combustible por kilogramo de material. En los procesos que incluyen la combustión de la biomasa, es importante conocer el porcentaje de generación de ceniza y su composición, pues, en algunos casos, ésta puede ser utilizada; por ejemplo, la ceniza de la cascarilla de arroz es un excelente aditivo en la mezcla de concreto o para la fabricación de filtros de carbón activado.

Poder calórico: El contenido calórico por unidad de masa es el parámetro que determina la energía disponible en la biomasa. Su poder calórico está relacionado directamente con su contenido de humedad. Un elevado porcentaje de humedad reduce la eficiencia de la combustión debido a que una gran parte del calor liberado se usa para evaporar el agua y no se aprovecha en la reducción química del material.

| Tipo de Biomasa | Valor calorífico bruto (MJ/kg) |
|---------------------------------|---------------------------------|
| Astilla de madera | 20.89 |
| Corteza de pino | 20.95 |
| Desechos industriales de madera | 19.00 |
| Paja de trigo | 18.94 |
| Caña | 18.06 |
| Bagazo | 18.09 |
| Cáscara de coco | 18.60 |
| Olote de maíz | 17.72 |
| Paga de arroz | 15.61 |
| Cascarilla de arroz | 15.58 |
| Aserrín. | 19.34 |

Tabla 15. Poder calórico de la biomasa. Fuente: Manual Biomasa, BUN-CA

Densidad aparente: Esta se define como el peso por unidad de volumen del material en el estado físico que presenta, bajo condiciones dadas. Combustibles con alta densidad aparente favorecen la relación de energía por unidad de volumen, requiriéndose menores tamaños de los equipos y aumentando los períodos entre

cargas. Por otro lado, materiales con baja densidad aparente necesitan mayor volumen de almacenamiento y transporte y, algunas veces, presentan problemas para fluir por gravedad, lo cual complica el proceso de combustión, y eleva los costos del proceso.

7.4. Conversión de la biomasa en energía.

El manual “BIOMASA”, p12, indica que antes de que la biomasa pueda ser usada para fines energéticos, tiene que ser convertida en una forma más conveniente para su transporte y utilización. A menudo, la biomasa es convertida en formas derivadas tales como carbón vegetal, briquetas, gas, etanol y electricidad. Las tecnologías de conversión incluyen desde procesos simples y tradicionales, como la producción de carbón vegetal en hogueras bajo tierra; hasta procesos de alta eficiencia como la dendro-energía y la cogeneración. A continuación se presentan los procesos de conversión de biomasa más relevantes, los cuales se pueden clasificar en tres categorías:

- a) **Procesos de combustión directa:** Los sistemas de combustión directa son aplicados para generar calor, el cual puede ser utilizado directamente, como por ejemplo, para la cocción de alimentos o para el secado de productos agrícolas.
- b) **Procesos termo-químicos:** Estos procesos transforman la biomasa en un producto de más alto valor, con una densidad y un valor calorífico mayor, los cuales hacen más conveniente su utilización y transporte, por ejemplo producción de carbón vegetal y gasificación.
- c) **Procesos bio-químicos:** Estos procesos utilizan las características bio-químicas de la biomasa y la acción metabólica de organismos microbiales para producir combustibles gaseosos y líquidos. Son más apropiados para la conversión de biomasa húmeda que los procesos termo-químicos. Los más importantes son:

| Tipo de biomasa | Características físicas | Proceso de conversión aplicable. | Producto final | Usos |
|---|--|---|--|--|
| Materiales orgánicos de alto contenido de humedad | Estiércoles, residuos de alimentos, efluentes industriales y residuos urbanos. | Digestión anaeróbica y fermentación alcohólica. | Biogás, etanol, metanol biodiesel | Motores de combustión, turbinas de gas, hornos y calderas, estufas domesticas. |
| Cultivos energéticos, residuos forestales de cosechas y urbanos | Polvo, astillas, pelletas, briquetas, leños, carbón vegetal. | Densificación, combustión directa, pirolisis, gasificación. | Calor, gas pobre, hidrógeno y biodiesel. | Motores de combustión, turbinas de gas, hornos y calderas, estufas domesticas. |

Tabla 16. Procesos de conversión de biomasa en energía. Fuente: Manual Biomasa, BUN-CA.

7.5. Formas de energía.

El manual "BIOMASA", p 15, muestra que la biomasa se puede transformar en diferentes formas de energía:

Calor y vapor: es posible generar calor y vapor mediante la combustión de biomasa o biogás. El calor puede ser el producto principal para aplicaciones en calefacción y cocción, o puede ser un subproducto de la generación de electricidad en ciclos combinados de electricidad y vapor.

Combustible gaseoso: el biogás producido en procesos de digestión anaeróbica o gasificación puede ser usado en motores de combustión interna para generación eléctrica, para calefacción y acondicionamiento en el sector doméstico, comercial e institucional y en vehículos modificados.

Biocombustibles: la producción de biocombustibles como el etanol y el biodiesel tiene el potencial para reemplazar cantidades significativas de combustibles fósiles en muchas aplicaciones de transporte. El uso extensivo de etanol en Brasil ha demostrado, durante más de 20 años, que los biocombustibles son técnicamente factibles a gran escala. En los Estados Unidos y Europa su producción está incrementándose y se están comercializando mezclados con derivados del petróleo. Por ejemplo, la mezcla denominada E20, constituida 20% de etanol y 80% de petróleo, resulta aplicable en la mayoría de motores de ignición.

Actualmente, este tipo de combustible es subsidiado por los gobiernos, pero, en el futuro, con el incremento en los cultivos energéticos y las economías de escala, la reducción de costos puede hacer competitiva su producción.

Electricidad: la electricidad generada a partir de los recursos biomásicos puede ser comercializada como "energía verde", pues no contribuye al efecto invernadero por estar libre de emisiones de dióxido de carbono (CO₂). Este tipo de energía puede ofrecer nuevas opciones al mercado, ya que su estructura de costos permitirá a los usuarios soportar mayores niveles de inversión en tecnologías eficientes, lo cual incrementará la industria bioenergética.

Co-generación (calor y electricidad): la co-generación se refiere a la producción simultánea de vapor y electricidad, la cual se aplicaría en muchos procesos industriales que requieren las dos formas de energía.

En América Central este proceso es muy común en los ingenios de azúcar, los cuales aprovechan los desechos del proceso, principalmente el bagazo. Por la alta cantidad de bagazo disponible, tradicionalmente, la co-generación se realiza en una forma bastante ineficiente. Sin embargo, en los últimos años ha existido la tendencia a mejorar el proceso para generar más electricidad y vender el excedente a la red eléctrica.

7.6. Aplicaciones

El manual "BIOMASA", p 18, muestra las diferentes aplicaciones que tiene y ha tenido la biomasa.

Sector domestico: En América Central muchas familias utilizan leña u otras formas de biomasa para cocinar, particularmente en zonas rurales. Sus fuentes son los árboles alrededor de las viviendas, los campos agrícolas y los bosques. Además, en algunos lugares existe un mercado comercial, aunque informal, de leña, que constituye una fuente importante de ingresos para familias rurales. El uso no controlado de leña provoca deforestación y enfermedades respiratorias, por lo cual actualmente hay proyectos que proveen estufas mejoradas, enfocadas en alta eficiencia y baja emisión de gases.

Sector industrial: Las actividades más importantes son: generación de calor, cogeneración, generación de electricidad, hornos industriales y calderas.

Sector comercial: Muchos restaurantes y pequeños negocios, sobre todo en áreas rurales, utilizan leña para aplicaciones similares a las domésticas, por ejemplo, para preparación de comidas y panaderías. Los equipos, generalmente, son de mayor calidad que las estufas domésticas; sin embargo, aún se pueden mejorar. Por lo común, no hay información disponible sobre las cantidades de biomasa consumida por el sector comercial, pues muchos negocios operan de manera informal. Se puede decir que, en comparación con el sector doméstico e industrial, el consumo es mucho menor; sin embargo, la biomasa es una fuente importante para este sector.

7.7. Costos

El manual "BIOMASA", en su sección de costos, p22, muestra que la estimación de los costos de inversión en cualquier sistema de conversión de biomasa depende de tres factores fundamentales:

Volumen y tipo de biomasa: el volumen determina el factor de escala del sistema y los procesos auxiliares; mientras que el tipo y las características de la biomasa determinan los tratamientos previo y posterior requeridos.

Proceso de conversión: éstos se establecen con base en el volumen y las características de la biomasa: de la tecnología seleccionada depende el grado de complejidad del sistema.

Aplicación de la energía: el uso final de la energía obtenida influye fuertemente en el costo total de la instalación. En los casos en que el objetivo es la generación de calor, el equipo auxiliar requerido se limita a los quemadores adecuados. Cuando el uso final es la generación de electricidad, la complejidad y el número de equipos incrementan el costo de inversión.

Dado que la biomasa se presenta en un amplio rango de volúmenes y características, no es posible establecer costos de inversión exactos. Dependiendo del proceso de conversión, los costos pueden ir desde unos cientos de dólares para

el proceso completo, hasta aproximadamente \$2.000 por kW de potencia eléctrica instalada.

A continuación se presenta en forma tabulada los costos estimados de algunos procesos de conversión de energía:

| Tecnología | Tipo de biomasa | Consumo de combustible | Producto | Producción | Potencia térmica | Costo estimado (US\$) |
|---|-----------------------------|------------------------|--------------------|------------------------------|------------------|-----------------------|
| Horno de carbón de ladrillos | Madera | - | Carbón vegetal. | 3 Tm/mes | N/A | 3,500 |
| Gasificador | Madera | 300 kG/h | Gas pobre. | 660 m3/h | 600 kW | 12,000 |
| Digestor de estiércol | Estiércol | 150 kG/h | Metano | 8 m3/día | N/A | 500 |
| Generación eléctrica en ciclo de vapor. | Bagazo de caña de azúcar | - | Energía eléctrica. | 10-20 kWh/Tm de caña molida. | N/A | 1,500-2,000/kW |
| Horno de combustión directa. | Madera, cascarilla de café. | 0.5m3/h | Energía térmica. | 150,000 m3/h de área de 60°C | 2MW | 30,000. |

Tabla 17. Costos estimados de conversión de biomasa en energía. Fuente: Manual Biomasa, BUN-CA.

7.8. Aspectos ambientales

El manual "BIOMASA" p 24, indica que el aprovechamiento de la biomasa como fuente de energía ofrece un amplio rango de beneficios ambientales: puede contribuir a mitigar el cambio climático y el efecto invernadero, reducir la lluvia ácida, prevenir la erosión de los suelos y la contaminación de las fuentes de agua, reducir la presión provocada por la basura urbana, enriquecer el hábitat de la vida silvestre y ayudar a mantener la salud humana y estabilidad de los ecosistemas.

Asimismo, el manual, p17, muestra que a biomasa consiste, principalmente, en carbono y oxígeno. También contiene hidrógeno, un poco de nitrógeno, azufre, ceniza y agua, dependiendo de la humedad relativa.

Cuando ésta se quema, se efectúa una reacción química que combina su carbono con oxígeno del ambiente, formándose dióxido de carbono (CO₂) y combinando el hidrógeno con oxígeno para formar vapor de agua. Cuando la combustión es completa, o sea la biomasa se quema totalmente, todo el carbón se transforma en CO₂. Sin embargo, los árboles y plantas que están creciendo capturan nuevamente el CO₂ de la atmósfera y, al usar la biomasa en forma sostenible, en términos netos, no se agrega CO₂ a la atmósfera.

No obstante, cuando la combustión no es completa, se forman monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HCs, e.g. metano), N₂O y otros materiales. Estos sí pueden generar impactos serios en la salud de los usuarios. También son gases de efecto invernadero, por lo que se debería minimizar su formación.

Existen dos razones por las cuales la combustión de biomasa puede resultar incompleta:

Cuando la entrada de aire no es adecuada, pues no hay suficiente oxígeno disponible para transformar todo el carbono en CO₂. Esto puede ser causado por el diseño inadecuado del equipo, la falta de ventilación y la sobrecarga con el combustible.

Cuando la biomasa tiene una humedad alta, o sea está demasiado mojada; entonces, la temperatura de combustión no es suficientemente elevada como para completar las reacciones químicas.

8. EJEMPLOS

(*Hay ejemplos ilustrativos dentro del texto.

9. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

A continuación se presentan las ventajas y desventajas más significativas de las fuentes de energía renovable:

EOLICA

El manual "EOLICA", p18 muestra las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas:

- a) Mínimo impacto al medio ambiente.
- b) Fuente inagotable y abundante.
- c) Generación limpia.
- d) Bajo mantenimiento y rapidez de instalación.

Desventajas:

- a) Variabilidad del viento.
- b) Alto costo inicial.
- c) Dependiente de la cantidad de viento de ciertos lugares por lo cual no es aplicable en todos los sitios.
- d) Impacto visual.

GEOTERMICA

Ventajas:

- a) Es una fuente que evitaría la dependencia energética del exterior.
- b) Los residuos que produce son mínimos y ocasionan menor impacto ambiental que los originados por el petróleo.
- c) Mínimo impacto al medio ambiente.
- d) Fuente inagotable y abundante.

Desventajas:

- a) Emisión de ácido sulfhídrico.
- b) Emisión de CO₂, con aumento de efecto invernadero.
- c) Contaminación de aguas próximas con sustancias como arsénico, amoníaco, etc.
- d) Contaminación térmica.
- e) Impacto visual.

HIDRAULICA

El manual "HIDRAULICA", p19 muestra las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas

- a) Fuente limpia y renovable de energía
- b) Disponibilidad del recurso: por las características climatológicas y topográficas, este recurso está disponible en muchos sitios de América Central.
- c) Bajos costos de operación: no se requiere de combustibles y las necesidades de mantenimiento son relativamente bajas por lo que los gastos de operación son bajos.
- d) Disponibilidad de energía: la generación de energía generalmente es continua y su disponibilidad es predecible.
- e) Eficiencia: la tecnología tiene una alta eficiencia en la conversión de la energía potencial en el agua a energía mecánica y eléctrica (entre 75% y 90%), mayor que la eficiencia de otras tecnologías.
- f) Solidez: la tecnología es robusta y tiene una vida útil larga. Los sistemas pueden funcionar 50 años o más sin requerir mayores inversiones que para reemplazar componentes.

- g) Combinación con otras actividades: se puede combinar con otro tipo de actividades económicas, como la irrigación de suelos para siembra.
- h) Usos productivos: la disponibilidad continua y firme de energía permite el desarrollo de actividades productivas y económicas, tales como aserraderos, lecherías, procesamiento de productos agrícolas.

Desventajas

- a) Alto costo inicial.
- b) Disponibilidad local: la tecnología depende de las condiciones topográficas e hidrológicas, entonces no está disponible en cualquier sitio.
- c) Potencia máxima: ésta es limitada y definida por el recurso natural en un sitio.
- d) Variabilidad del caudal: los caudales de agua pueden variar considerablemente durante las diferentes temporadas, lo que tiene impacto en la generación de energía.
- e) Necesidad de estudios.

MAREOMOTRIZ

Ventajas

- a) Fuente limpia y renovable de energía.
- b) No contaminante.
- c) Bajo costo de materia prima.
- d) Disponible en cualquier clima y época del año.

Desventajas:

- a) Impacto visual.
- b) Localización puntual y limitada a las costas.
- c) Dependiente de la amplitud de mareas.

SOLAR

El manual "SOLAR FOTOVOLTAICA", p24 muestra las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas

- a) Recurso disponible en todo el mundo con más abundancia en Centro América.
- b) La tecnología fotovoltaica permite soluciones modulares y autónomas.

- c) La operación de los sistemas fotovoltaicos es amigable con el medio ambiente.
- d) Los sistemas tienen una vida útil larga (más de 20 años)
- e) El mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos es sencillo y tiene costos muy bajos.
- f) Los sistemas fotovoltaicos han experimentado una reducción de precios que los hace más accesibles para las poblaciones rurales y se espera que sigan bajando.
- g) La tecnología de equipos y sistemas fotovoltaicos ha alcanzado un grado de madurez que posibilita su utilización para resolver confiablemente los problemas energéticos de nuestros países.
- h) La instalación de los sistemas fotovoltaicos individuales es simple, rápida y sólo requiere de herramientas y equipos de medición básicos.

Desventajas

- a) Alta inversión inicial.
- b) Energía limitada.
- c) La disponibilidad de energía es variable y depende de las condiciones atmosféricas.

BIOMASA

El manual "BIOMASA", p26 muestra las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas

- a) Fuente renovable de energía y no contribuye a acelerar el calentamiento global.
- b) La conversión de los residuos forestales, agrícolas y urbanos para la generación de energía reduce significativamente los problemas que trae el manejo de estos desechos.
- c) La biomasa es un recurso local que no está sujeto a las fluctuaciones de precios de la energía, provocadas por las variaciones en el mercado internacional de las importaciones de combustibles. En países en desarrollo, su uso reduciría la presión económica que impone la importación de los derivados del petróleo.
- d) El uso de los recursos de biomasa puede incentivar las economías rurales, creando más opciones de trabajo y reduciendo las presiones económicas sobre la producción agropecuaria y forestal.
- e) Las plantaciones energéticas pueden reducir la contaminación del agua y la erosión de los suelos; así como a favorecer el mantenimiento de la biodiversidad.

Desventajas

- a) Por su naturaleza, la biomasa tiene una baja densidad relativa de energía; es decir, se requiere su disponibilidad en grandes volúmenes para producir potencia, en comparación con los combustibles fósiles, por lo que el transporte y manejo se encarecen y se reduce la producción neta de energía. La clave para este problema es ubicar el proceso de conversión cerca de las fuentes de producción de biomasa, como aserraderos, ingenios azucareros y granjas, donde los desechos de aserrío, el bagazo de caña y las excretas de animales están presentes.
- b) Su combustión incompleta produce materia orgánica, monóxido de carbono (CO) y otros gases. Si se usa combustión a altas temperaturas, también se producen óxidos de nitrógeno. A escala doméstica, el impacto de estas emanaciones sobre la salud familiar es importante.
- c) La producción y el procesamiento de la biomasa pueden requerir importantes insumos, como combustible para vehículos y fertilizantes, lo que da como resultado un balance energético reducido en el proceso de conversión. Es necesario minimizar el uso de estos insumos y maximizar los procesos de recuperación de energía.
- d) Aún no existe una plataforma económica y política generalizada para facilitar el desarrollo de las tecnologías de biomasa, en cuanto a impuestos, subsidios y políticas que cubren, por lo general, el uso de hidrocarburos. Los precios de la energía no compensan los beneficios ambientales de la biomasa o de otros recursos energéticos renovables.
- e) El potencial calórico de la biomasa es muy dependiente de las variaciones en el contenido de humedad, clima y la densidad de la materia prima.

10. CONCLUSIONES

La capacidad de generación de energía con fuentes renovables es sumamente grande, muy superior a la demanda de energía actual.

Los recursos más abundantes y fáciles de obtener son los asociados a la energía solar.

La obtención de energía basándose en biomasa, si no es muy bien planificada, puede poner en precario la alimentación humana, mas que todo cuando hay países que desean crecer mas y más en el desarrollo de los biocombustibles elaborados a partir de la biomasa.

Las fuentes de energía renovables limpias no producen GEI ni propician el calentamiento global.

El crecimiento poblacional ha incrementa el uso de la energía, la que actualmente depende en su mayoría de combustibles fósiles.

El uso de combustibles fósiles debe ser limitado para no seguir destruyendo el clima de nuestro planeta.

Existen varias opciones de fuentes de energía renovable, unas más caras que otras pero todas son mejor opción que los combustibles fósiles.

Existen diversas opciones de sistemas híbridos combinando diferentes formas de generación de energía.

11. OPINIÓN PERSONAL

Después de haber estudiado el tema de las fuentes renovables de energía, veo con preocupación que el hombre por su afán de obtener energía abundante y confiable, se ha dedicado completamente a la obtención de la misma por medio del uso de combustibles fósiles, habiendo dejado de lado las fuentes renovables, las que si se manejan de una forma adecuada lograrían anular nuestra dependencia de los combustibles fósiles.

Para el caso de Honduras, que esta localizada en el centro de América, se cuenta con una gran cantidad de recurso solar, pero desafortunadamente no hay grandes proyectos que busquen hacer uso de ese recurso, el cual esta ahí, dispuesto, gratuito para ser utilizado, pero casi sin uso.

No existen políticas de incentivo al sector privado para que invierta en proyectos de fuentes renovables de energía, quedando el gran problema de los altos costos de inversión inicial que representa un proyecto de esta naturaleza en manos de los inversionistas.

Considero que las fuentes en que Honduras puede invertir son la hidráulica, biomasa, eólica en ciertos sitios del país y solar en casi toda nuestra región pudiendo existir planes de incentivos para los desarrolladores de proyectos afines.

El desarrollar proyectos de energía eléctrica basándose en fuentes renovables puede ayudar mucho a nuestro pueblo, llevando conocimiento por medio de tele-educación, radio interactivo, Internet, etc., asimismo en el sector salud, iluminando clínicas, manteniendo medicinas, vacunas, potabilizando agua, etc.

La energía eléctrica lleva el desarrollo a los lugares remotos ya que proporciona empleo al inicio de los proyectos y durante la vida útil de los sistemas, y lo mejor es que si es sobre la base de fuentes renovables, ayuda un poco a mantener nuestro hogar, que es nuestro planeta Tierra.

El mercado energético existe, la demanda existe, solo se necesita que todos los entes, gubernamentales y privados, armonicen y tomen decisiones contundentes y apuesten por las fuentes renovables de energía.

En Honduras actualmente se tienen tres tipos de generación conectadas a la red: Hidráulica, térmica y biomasa. La Empresa Nacional de Energía Eléctrica de Honduras (ENEE) presenta en su boletín de diciembre del 2006, http://www.enee.hn/PDFS/Bol_diciembre06.pdf , dicha información y los porcentajes

que tiene cada tecnología. Además indica la pertenencia de las plantas, estatal o privada. En el año 2005, el 97% de la generación hidráulica perteneció al estado, y el 3 % a empresas privadas. La generación térmica privada aportó el 86% y el estado el 14%, mientras que la generación de biomasa el 100% fue por el sector privado.

El informe de diciembre 2006 muestra que el 92.55% de la generación hidráulica perteneció al estado contra 7.45% al sector privado. La generación térmica por el sector privado fue del orden del 86.35% contra 13.65% del estado, e igualmente el 100% de generación a partir de la biomasa fue por el sector privado. Lo ideal sería que los porcentajes se invirtieran y la generación térmica se redujera.

| CAPACIDAD INSTALADA Y DISPONIBILIDAD EN PLANTAS | | | | | | |
|--|------------------|----------|-----------------------|-----------------------------|-----------|----------|
| Tipo de Planta | 2005 | | Diciembre 2006 | | | |
| | MW | % | MW | % | MW | % |
| | Instalada | | | Disponible en el mes | | |
| Total Sistema | 1450.4 | 100 | 1474.1 | 100 | 1037 | 100 |
| Hidráulica | 478.1 | 33 | 501.8 | 34.0 | 342.0 | 33.0 |
| Térmica | 912.5 | 62.9 | 912.5 | 61.9 | 695.0 | 67.0 |
| Biomasa | 59.8 | 4.1 | 59.8 | 4.1 | 0.0 | 0.0 |
| Hidráulica Estatal | 464.4 | 32.0 | 464.4 | 31.5 | 342.0 | 33.0 |
| Térmica Estatal | 124.6 | 08.6 | 124.6 | 8.5 | 30.0 | 2.9 |
| Térmica Privada | 787.9 | 54.3 | 787.9 | 53.4 | 665.0 | 64.1 |
| Hidráulica Privada | 13.7 | 0.9 | 37.4 | 2.5 | 0.0 | 0.0 |
| Biomasa Privada | 59.8 | 4.1 | 59.8 | 4.1 | 0.0 | 0.0 |

Tabla 18-Capacidad Instalada y Disponibilidad en Plantas 2005-dic 2006, Fuente: ENEE-Boletín diciembre 2006.

12. BIBLIOGRAFÍA

American Wind Energy Association , Copyright 1996 - 2007 American Wind Energy Association. All Rights Reserved. http://www.awea.org/faq/wwt_basics.html.

Asociación Danesa de la Industria Eólica, © Copyright 1997-2003 <http://www.windpower.org/es/tour/wres/index.htm>.

BERGEY WindPower, © Copyright, <http://www.bergey.com/Prices.htm>.

BIOMASA, © Copyright 2002, BUN-CA, Biomass Users Network, 09/2002, (4,6,10,12,15,17,18,22,24,26) www.bun-ca.org

CIEMAT, © CIEMAT, <http://www.energiasrenovables.ciemat.es/suplementos/oceanica/oceanica.htm>, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.

Definición. <http://www.definicion.org/hidraulica>

Dickson, Fanelli, Mary y Mario, What is Geothermal Energy?, International Geothermal Association, IGA, <http://iga.igg.cnr.it/geo/geoenergy.php>. Istituto di Geoscienze e Georisorse, CNR, Pisa, Italy, preparado en febrero 2004, actualizado abril 5, 2007. (53, 54-57)

Ellis, Abraham & Cota, Alma Delia, Guía de Instalación de Sistemas Fotovoltaicos, p6, SWTDI, Departamento de Energía de Estados Unidos (USDOE) y la Agencia de los Estados Unidos Internacional (USAID)

Empresa Nacional de Energía Eléctrica de Honduras, ENEE, ©2006 Empresa Nacional de Energía Eléctrica, <http://www.enee.hn>

http://www.enee.hn/PDFS/Bol_diciembre06.pdf

Energy Information Administration, <http://www.eia.doe.gov/kids/energyfacts/sources/renewable/geothermal.html>

EÓLICA, © Copyright 2002, BUN-CA, Biomass Users Network, 09/2002, (4, 6, 8, 11, 12, 14, 16, 18, 20) www.bun-ca.org

Geothermal Education Office, GEO © 1997 Geothermal Education Office <http://geothermal.marin.org/map/cenam.html>.

Geothermal Today, (course E197) © 1999-2007, (1) PDHcenter.com, <http://www.PDHcenter.com>

HIDRAULICA, © Copyright 2002, BUN-CA, Biomass Users Network, 09/2002, (4, 7, 8-10, 15, 18, 19, 37-39), www.bun-ca.org

Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa /UNAM, http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/119/htm/sec_13.htm

Instituto Nacional de Energía de Guatemala, INDE, <http://www.inde.gob.gt/inde.htm>.

National Geophysical Data Center (NGDC), <http://www.ngdc.noaa.gov/seg/geotherm.shtml>,

Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas Honduras, UNDP, Copyright©2004, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. <http://www.undp.un.hn>

http://www.undp.un.hn/energia_y_medio_ambiente.htm

“Que es la Energía Geotérmica?”, (48, 53-57), Internacional Geothermal Association. <http://iga.igg.cnr.it>

Real Academia Española, diccionario en línea http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=energ%EDa%20renovable)

Solar and Wind Energy Resource Assessment Program, SWERA © SWERA, <http://swera.unep.net/>

SOLAR TERMICA, © Copyright 2002, BUN-CA, Biomass Users Network, 09/2002, (4), www.bun-ca.org

SOLAR FOTOVOLTAICA), © Copyright 2002, BUN-CA, Biomass Users Network, 09/2002, (4, 6, 7-11, 13, 19, 23, 24), www.bun-ca.org

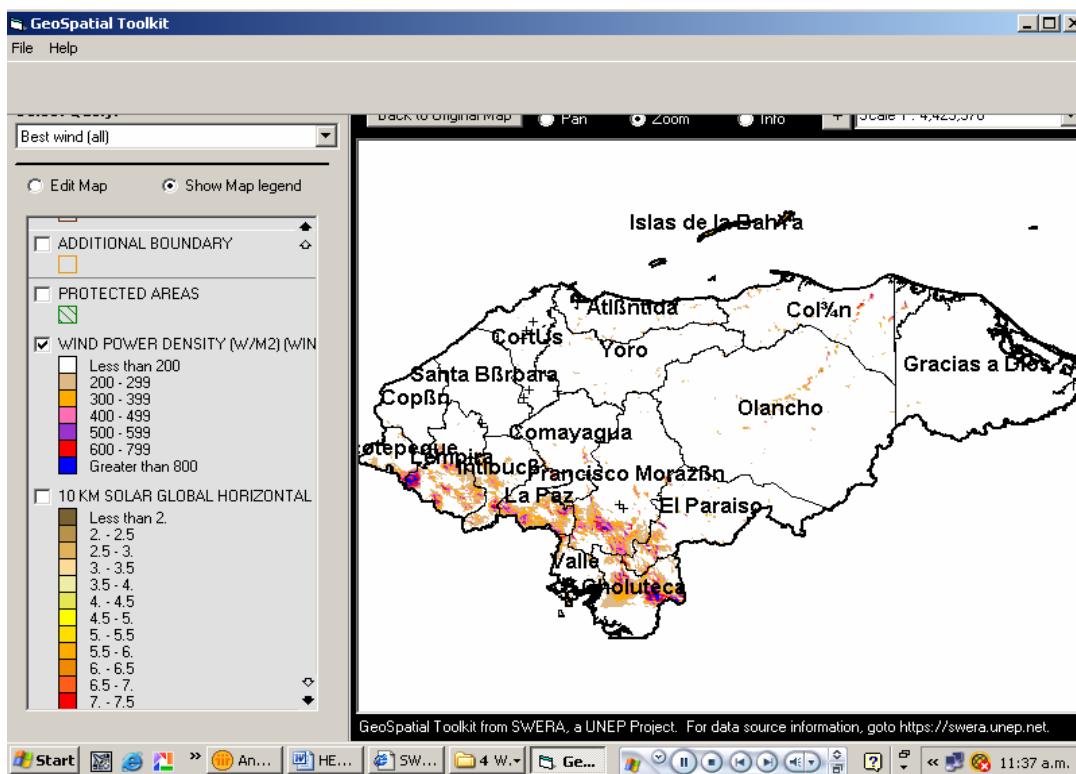
Wave Energy Centre , WEC, www.wave-energy-centre.org/pages/associates.html.

WINDPOWER, © Copyright 1997-2003, <http://www.windpower.org/es/tour/wres/index.htm>

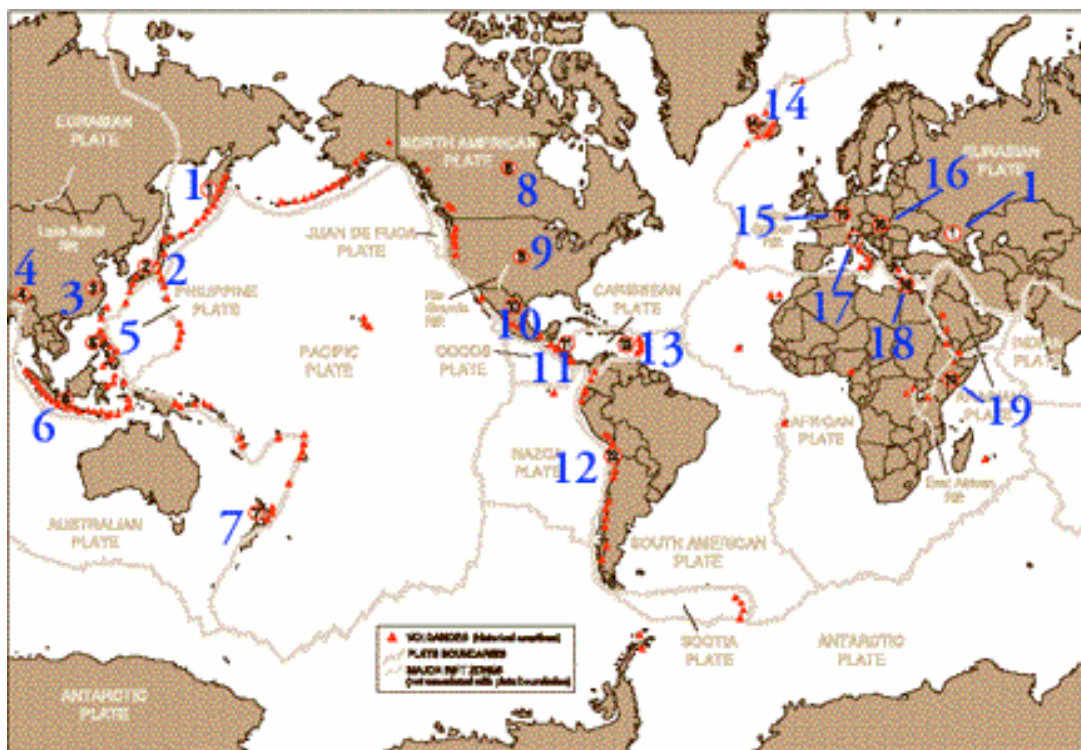
Wikipedia, © Wikipedia Foundation, 2006, <http://es.wikipedia.org/>, licencia específica: GNU Free Documentation License.

http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_renovable

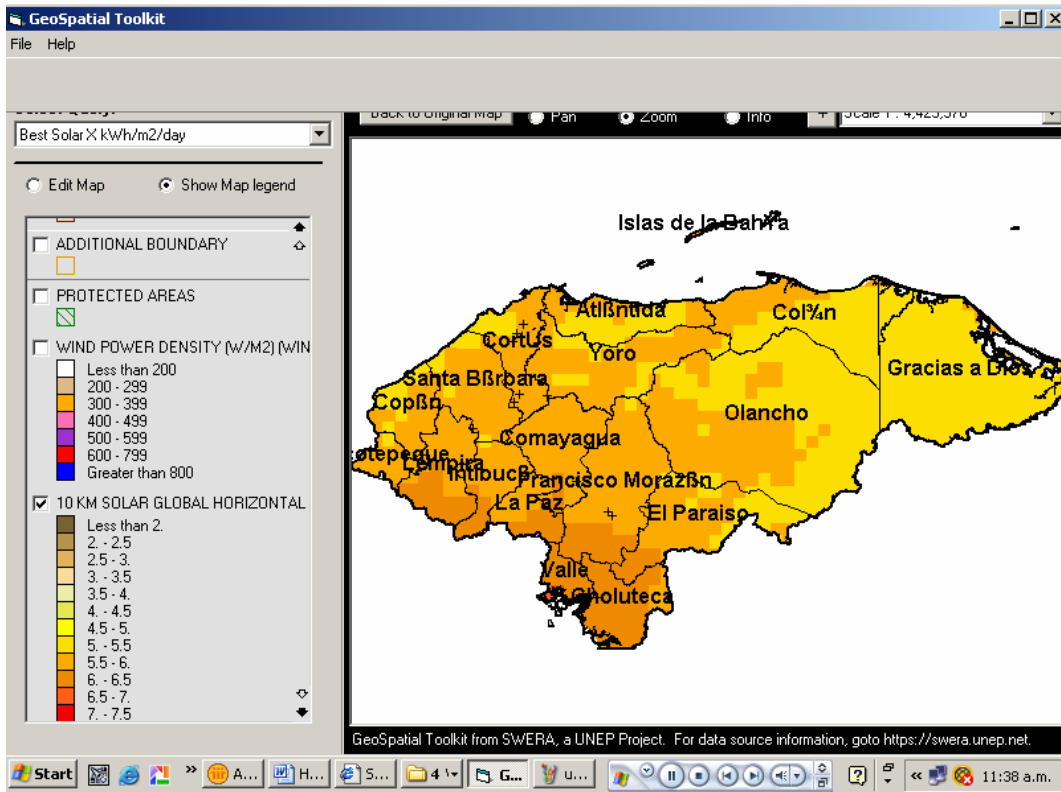
13.ANEXOS



Anexo A- Mapa eólico de Honduras Fuente: SWERA



Anexo B- Mapa geotérmico mundial, Fuente: Geothermal Education Office



Anexo C- Mapa solar de Honduras, Fuente: SWERA

14. EXAMEN

1. Energía renovable.
 - a. Aquella cuya fuente es el combustible fósil.
 - b. Energía cuyas fuentes se presentan en la naturaleza de modo continuo y prácticamente inagotable.
 - c. Todas las anteriores
2. La potencia de un sistema eólico varía según:
 - a. El cubo de la velocidad del viento.
 - b. El cuadrado de la velocidad del viento.
 - c. Todas las anteriores.
3. Las temperaturas bajas producen:
 - a. Densidad de aire más alta.
 - b. Densidad de aire más baja.
 - c. Ninguna de las anteriores.
4. La temperatura del suelo disminuye con la profundidad a una razón promedio de:
 - a. 30°C por kilómetro.
 - b. 30°C por metro.
 - c. Ninguna de las anteriores.
5. La energía geo-térmica depende de:
 - a. De los recursos climáticos.
 - b. De los combustibles fósiles.
 - c. Ninguna de las anteriores.
6. Fuente renovable de energía menos contaminante:
 - a. Geotérmica.
 - b. Eólica.
 - c. Biomasa.
 - d. Todas las anteriores.

7. La cantidad de potencia y energía disponible en los sistemas hidráulicos depende de:
- a. Altura o caída disponible.
 - b. Caudal.
 - c. Todas las anteriores.
8. Se conoce como energía undimotriz:
- a. Energía de las mareas.
 - b. Energía de las olas.
 - c. Energía del gradiente salino.
9. Forma de transformar la energía solar:
- a. Solar térmica
 - b. Solar fotovoltaica.
 - c. Todos los anteriores
10. Irradiancia :
- a. Intensidad de la luz solar.
 - b. Energía solar recibida durante un intervalo de tiempo.
 - c. Todas las anteriores.
11. La insolación se mide en:
- a. kW-h/m².
 - b. W/m²
 - c. Ninguna de las anteriores.
12. En los sistemas FV la mayor fuente de contaminación puede llegar a ser:
- a. Paneles FV.
 - b. Baterías.
 - c. Ninguna de las anteriores.
13. Biomasa
- a. Materia orgánica que proviene de árboles, plantas y desechos de animales que pueden ser convertidos en energía.

- b. Residuos de agricultura y de aserraderos.
- c. Residuos urbanos.
- d. Todas las anteriores.
- e. Ninguna de las anteriores.

14. Cogeneración

- a. Generar energía eléctrica dos o más compañías en forma conjunta.
- b. Producción simultánea de vapor y electricidad.
- c. Todas las anteriores.

15. Recurso disponible en todo el mundo con más abundancia en Centro América.

- a. Eólico.
- b. Solar.
- c. Geotérmico.
- d. Todos los anteriores.

LISTA PARA REVISAR POR SU PROPIA CUENTA EL VALOR DEL DOCUMENTO

Antes de presentar su documento, por favor utilice esta página para determinar si su trabajo cumple con lo establecido por AIU. Si hay más que 2 elementos que no puede verificar adentro de su documento, entonces, por favor, haga las correcciones necesarias para ganar los créditos correspondientes.

(√) Yo tengo una página de cobertura similar al ejemplo de la página 89 o 90 del Suplemento.

(√) Yo incluí una tabla de contenidos con la página correspondiente para cada componente.

(√) Yo incluí un abstracto del documento (exclusivamente para la Tesis).

(√) Yo seguí el contorno propuesto en la página 91 o 97 del Suplemento con todos los títulos o casi.

(√) Yo usé referencias a través de todo el documento según el requisito de la página 92 del Suplemento.

(√) Mis referencias están en orden alfabético al final según el requisito de la página 92 del Suplemento.

(√) Cada referencia que mencioné en el texto se encuentra en mi lista o viceversa.

(√) Yo utilicé una ilustración clara y con detalles para defender mi punto de vista.

(√) Yo utilicé al final apéndices con gráficas y otros tipos de documentos de soporte.

(√) Yo utilicé varias tablas y estadísticas para aclarar mis ideas más científicamente.

(√) Yo tengo por lo menos 50 páginas de texto (15 en ciertos casos) salvo si me pidieron lo contrario.

(√) Cada sección de mi documento sigue una cierta lógica (1, 2,3...)

(√) Yo no utilicé caracteres extravagantes, dibujos o decoraciones.

(√) Yo utilicé un lenguaje sencillo, claro y accesible para todos.

(√) Yo utilicé Microsoft Word (u otro programa similar) para chequear y eliminar errores de ortografía.

(√) Yo no violé ninguna ley de propiedad literaria al copiar materiales que pertenecen a otra gente.

(√) Yo afirmo por este medio que lo que estoy sometiendo es totalmente mi obra propia.

