



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN
GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL**

TEMA:

**“ESTUDIO DE ENERGÍAS RENOVABLES PARA DETERMINAR SU POSIBLE
UTILIZACIÓN EN ECUADOR”**

Previa la obtención del Título

**INGENIERIA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA
CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL**

**ELABORADO POR:
JORGE HUMBERTO OSPINA VELÁSQUEZ**

**DIRECTOR DEL PROYECTO
ING. RAFAEL HIDALGO AGUILAR**

GUAYAQUIL – ECUADOR

Febrero 2014



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. Jorge Humberto Ospina Velásquez como requerimiento parcial para la obtención del título de **INGENIERO EN ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL**

Guayaquil, Febrero de 2014

Ing. Rafael Hidalgo Aguilar
DIRECTOR

REVISADO POR

Ing. Jaime Layana Chancay

Ing. Luis Pinzón Barriga

Ing. Miguel Heras Sánchez
RESPONSABLE ACADÉMICO



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN
EMPRESARIAL INDUSTRIAL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

YO, JORGE HUMBERTO OSPINA VELÁSQUEZ

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado “Estudio de energías renovables para determinar su posible utilización en Ecuador”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Guayaquil, Febrero de 2014

EL AUTOR

Jorge Humberto Ospina Velásquez



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN
EMPRESARIAL INDUSTRIAL

AUTORIZACIÓN

Yo, Jorge Humberto Ospina Velásquez

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del proyecto titulado: “Estudio de energías renovables para determinar su posible utilización en Ecuador”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, Febrero de 2014

EL AUTOR

Jorge Humberto Ospina Velásquez

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mis padres que con su esfuerzo me han apoyado incondicionalmente en todo el transcurso de mi vida estudiantil, brindándome las herramientas y motivándome para culminar exitosamente esta meta.

A mis hermanos, y demás familiares que siempre me dieron ese aliento para seguir adelante y no desmayar en la culminación de mi carrera.

A mis profesores de la Facultad Técnica, quienes a través de su enseñanza y amistad, forjaron base sólida de conocimiento para alcanzar una carrera profesional.

El autor

Jorge Humberto Ospina Velásquez

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios, por darme la vida y la recompensa de culminar con éxito, una carrera profesional,

A toda mi familia, por la motivación y el apoyo incondicional, que me ha permitido poder culminar con éxito, el objetivo de ser un profesional.

Al cuerpo docente de la FETD por compartir experiencias, conocimiento, y su afecto, a mi tutor de tesis Ing. Rafael Hidalgo, por su apreciable gestión de tutoría para finalizar este trabajo de graduación y en especial al Ing. Manuel Romero Paz por haberme brindado su apoyo y amistad durante el transcurso de mi vida estudiantil.

El autor

Jorge Humberto Ospina Velásquez

INDICE GENERAL

Introducción.....	1
Antecedentes.....	2
Definición del Problema.....	3
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos.....	4
Justificación.....	4
Hipótesis.....	5
Breve resumen de las Energías Renovables.....	5
CAPITULO 1	
FUNDAMENTACION TEORICA.....	8
1.1 Concepto de energías renovables.....	8
1.2 Caracterización de las energías renovables.....	9
1.2.1Energía obtenida de la radiación solar.....	9
1.2.2 Energía Geotérmica.....	27
1.2.3 Energía Mareomotriz.....	29
CAPITULO 2	
ENERGIAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES.....	31
2.1 Antecedentes en el Ecuador.....	31
2.1.1 Generación Renovable Existente.....	32
2.2 Antecedentes en otros países del mundo.....	38
2.3 Producción de energía renovable.....	40
2.3.1 Generación de energía eólica.....	41
2.3.2 Generación de energía hidráulica.....	42
2.3.3 Generación de energía de la Biomasa.....	44
2.3.4 Generación de Energía Solar Fotovoltaica.....	46
2.3.5 Generación de Energía por Concentración Térmica Solar concentrating solar thermal power (CSP).....	47
2.3.6 Generación de Energía Oceánica.....	48
2.3.7 Generación de Calefacción Solar Térmica.....	49

2.3.8 Generación de Energía Geotérmica.....	51
CAPITULO 3	
ENERGIAS RENOVABLES EN EL ECUADOR.....	53
3.1 Descripción de los recursos naturales en el Ecuador.....	53
3.2. Recursos Hidrográficos.....	53
3.3. Recursos Solares.....	56
3.4 Recursos de la Biomasa.....	58
3.5 Recursos Eólicos.....	61
3.6 Recursos Geotérmicos.....	65
3.7 Recursos energéticos en Ecuador.....	65
CAPITULO 4	
ANALISIS DE LAS ENERGIAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES UTILIZABLES EN ECUADOR.....	68
4.1 Estudio técnico de las ERNC en nuestro país.....	68
4.2 Evaluación de precios en Ecuador e internacionalmente.....	72
4.3 Análisis técnico-económico de las energías renovables no convencionales en nuestro país.....	76

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Componentes de la radiación electromagnética generada por el sol.....	11
Figura 1.2 Componentes de un colector solar de capa plana.....	12
Figura 1.3 Sistema de calentamiento de agua en una residencia mediante un CPP...	13
Figura 1.4 Concentrador solar.....	14
Figura 1.5 Tecnología térmica solar: torre de concentración.....	15
Figura 1.6 Ejemplo del efecto fotovoltaico en una célula solar.....	16
Figura 1.7 Electrificación de una vivienda mediante energía fotovoltaica.....	16
Figura 1.8 Central Fotovoltaica.....	17
Figura 1.9 Sistemas de vientos mundiales.....	18
Figura 1.10 Mecanismo de un aerogenerador.....	19

Figura 1.11 Central Eólica.....	20
Figura 1.12 Ciclo de generación de biomasa.....	21
Figura 1.13 Central de Biomasa.....	23
Figura 1.14 Ciclo hidrológico del agua.....	24
Figura 1.15 Central hidroeléctrica.....	24
Figura 1.16 Elementos de las olas del mar.....	25
Figura 1.17 Comparación de las centrales térmicas y maremotérmicas.....	26
Figura 1.18 Estructura interna de la Tierra.....	28
Figura 1.19 Esquema de una central geotérmica.....	29
Figura 2.1 Potencia efectiva por Tipo de Central [MW].....	33
Figura 2.2 Potencia efectiva por Sistema [MW].....	34
Figura 2.3 Capacidad global de energía eólica 1996-2012.....	41
Figura 2.4 Capacidad de energía eólica y sus incrementos 1996-2012.....	42
Figura 2.5 Distribución en el mercado de los diez principales fabricantes de turbinas de viento en el año 2012.....	42
Figura 2.6 Distribución de la capacidad global de energía hidráulica en el 2012.....	43
Figura 2.7 Incrementos de la capacidad global de energía hidráulica en el 2012.....	43
Figura 2.8 Promedio anual de generación de biodiesel para el periodo 2010-2012.....	45
Figura 2.9 Producción global de etanol y biodiesel para el periodo 2000-2012.....	45
Figura 2.10 Capacidad global de energía solar fotovoltaica para el periodo 1995-2012.....	46
Figura 2.11 Distribución de la capacidad global de energía solar fotovoltaica en el 2012.....	47
Figura 2.12 Distribución del mercado de fabricantes de módulos solares fotovoltaicos en el 2012.....	47
Figura 2.13 Capacidad global de la energía por concentración solar térmica 1984-2012.....	48
Figura 2.14 Incrementos en la capacidad global de calentamiento solar de agua 2011.....	50

Figura 2.15 Capacidad global de calentamiento solar de agua periodo 2000- 2012.....	50
Figura 3.1 Potencia hidráulica instalada para servicio público en 2011.....	55
Figura 3.2 Potencia hidráulica instalada de autogeneradores año 2011.....	56
Figura 3.3 Distribución global de radiación solar.....	57
Figura 3.4 Grilla de insolación solar.....	57
Figura 3.5 Insolación global anual promedio.....	58
Figura 3.6 Hectáreas de cultivos de caña de azúcar entre 2000 y 2010.....	59
Figura 3.7 Plantaciones de Palma Africana.....	61

FIGURA DE TABLAS

Tabla 2.1 Potencia por tipo de energía y tipo de central.....	33
Tabla 2.2 Infraestructura existente en generación hidroeléctrica y renovable no convencional, año 2012.....	34
Tabla 2.3 Plan de expansión de generación 2013-2022.....	35
Tabla 2.4 Inversiones y capacidad en el año 2012.....	39
Tabla 3.1 Potencia hidráulica instalada para servicio público (MW).....	54
Tabla 3.2 Potencia hidráulica instalada de autogeneradores.....	55
Tabla 3.3 Potencial eólico – eléctrico estimado del Ecuador (Potencial bruto).....	63
Tabla 3.4 Potencial eólico – eléctrico estimado del Ecuador (Potencial factible).....	64
Tabla 4.1 Precios Preferentes Energía Renovables en (cUSD/KWh).....	73
Tabla 4.2 Precios Preferentes Centrales Hidroeléctricas hasta 50 MW en (USD/kWh).....	73
Tabla 4.3 Valores internacionales para energías renovables (cUSD/KWh).....	74
Tabla 4.4 Valores internacionales para energías renovables.....	75
Tabla 4.5 Comparación de costos de distintas alternativas de generación.....	78

RESUMEN

Este trabajo de investigación pretende explicar las energías renovables tales como la eólica, solar y biomasa y determinar si es posible su utilización en el Ecuador. Es decir que se trata de tener una visión global de aquellas zonas del territorio ecuatoriano donde se puedan implementar este tipo de energías renovables no convencionales ya indicadas. En la primera parte se presenta información referente al origen de las energías renovables, su evolución y procedencia, lo cual permite brindar un enfoque de las diversas tecnologías utilizadas para producir electricidad originada en recursos naturales. A continuación se presenta una comparación de los recursos energéticos con que actualmente cuenta el Ecuador y los que poseen otros países, los resultados obtenidos mostrarán el retraso que presenta de nuestro país en este campo, donde aparecen como particularidades las centrales hidroeléctricas y la producción de electricidad a partir de la biomasa residual del bagazo de caña, mientras que otros tipos de energías renovables tienen un desarrollo muy limitado.

Este estudio incluye un resumen de las tipologías geográficas y orográficas y su influencia en el Ecuador. Se realiza una evaluación de la información con que se cuenta de la variedad de recursos naturales con los que se dispone, tales como hídricos, solar, eólico, geotérmico y de biomasa, estos datos permitirán determinar las zonas de instalación y la potencia que podría generarse.

En el último capítulo se desarrolla una evaluación técnica de las energías renovables que se pueden desarrollar en el Ecuador, mostrando las ventajas y las desventajas que podrían presentarse y finalmente se determinará la posibilidad de promover la utilización de las mencionadas energías renovables no convencionales sin perjudicar el medio ambiente.

ABSTRACT

This research aims to explain renewable energy such as wind, solar and biomass and to determine whether their use is possible in Ecuador. I mean it is an overall view of the areas of the Ecuadorian territory where they can implement this type of unconventional and renewable energies indicated. Regarding the source of renewable energy, evolution and origin are presented in the first part, which allows providing an approach to the various technologies used to produce electricity originated in natural resources.

A comparison of energy shares, so currently the Ecuador and those with other countries, the results show that the delay has our country in this area, where hydro and electricity to appear as special features is presented residual biomass from sugarcane bagasse, while other types of renewable energy have very limited development.

This study includes a summary of the geographic and orographic typologies and their influence in Ecuador. An assessment of the information that are available in variety of natural resources that are available, such as water, solar, wind, geothermal and biomass, these data will determine the areas of installation and power that could be generated is performed.

In the last chapter a technical assessment of renewable energy that can be developed in Ecuador, showing the advantages and disadvantages that could arise is developed and finally the possibility of promoting the use of such non-conventional renewable energy shall be determined without harming the environment.

INTRODUCCIÓN

La electricidad es sin lugar a dudas la forma de energía más empleada en todos los ámbitos, desde el sector industrial, oficinas y negocios hasta los hogares donde es imprescindible en la vida cotidiana. Esto significa que la electricidad se ha convertido en aspecto fundamental para el desarrollo de la sociedad en el ámbito industrial, social y tecnológico, por esta razón es importante comprender los principios de la generación de electricidad y la importancia de producir energía a partir de fuentes energéticas renovables.

Es decir que puede considerarse que la electricidad desempeña un rol fundamental en la vida de los individuos, puesto que permite alcanzar muchas ventajas que en la actualidad son indispensables para el ser humano. Simplemente basta imaginar cómo sería un día cotidiano sin energía eléctrica, las experiencias sufridas en momentos de cortes energéticos son una muestra de lo que podría ocurrir en el mundo al no contar con electricidad, la paralización de las industrias, telecomunicaciones, los servicios básicos, todos estos dependen de la electricidad.

Este trabajo de investigación se plantea como objetivo la determinación del potencial energético relacionado con las energías renovables no convencionales en el Ecuador, para lo cual se deben conocer los recursos naturales con los que cuenta el país. Para un mejor aprovechamiento de estos recursos es necesario determinar y utilizar la tecnología más apropiada, esto implica el estudio de las diversas tecnologías disponibles en el mercado para el desarrollo de energías renovables no convencionales.

En este punto es importante reconocer la falta de conocimientos tecnológicos en este campo, lo cual limita la evolución de las energías renovables no convencionales en el Ecuador, siendo un factor que impide el desarrollo de proyectos para producir electricidad mediante la utilización de energías renovables. (CEPAL, 2004)

ANTECEDENTES

Como ya se indicó, la electricidad es indudablemente un descubrimiento fundamental por su rol protagónico en los procesos industriales y tecnológicos. Es un elemento primordial en la producción del país, puesto que en la actualidad prácticamente toda la producción de recursos materiales se realiza en base a la electricidad.

De la misma manera como para el sector industrial, la electricidad es imprescindible en la vida cotidiana de los seres humanos, su utilización en los hogares es fundamental pues permite la iluminación, refrigeración, etc., ya que por medio de la electricidad se pueden generar otras formas energéticas: sonora, calórica, cinética, potencial, etc.

Al mismo tiempo, esta dependencia de la electricidad ha provocado el aumento en el consumo de la misma, razón por la cual su demanda se ha incrementado de manera trascendente en las últimas décadas y continúa creciendo.

Breve reseña histórica de la generación eléctrica.

La generación eléctrica se inicia por la utilización de la energía presente en la naturaleza, posteriormente aparecen otras formas de producirla siguiendo con el mismo principio fundamental que significa el aprovechamiento de la energía natural, estos nuevos métodos permitían mejorar la eficiencia en su producción y finalmente se alcanzó la implementación de las centrales de generación de energía eléctrica. Entre las primeras formas de energía que se utilizaron con este propósito aparece la hidráulica, cuyo aprovechamiento permitió el establecimiento de las centrales hidroeléctricas, uno de los pilares fundamentales en la generación eléctrica en nuestro país.

Sin embargo es necesario indicar que esta opción de generar energía eléctrica tiene un precio elevado, requiere un largo tiempo para entrar en funcionamiento y depende del caudal de los ríos y por lo tanto de las épocas de estiaje en el país.

Otra alternativa para la generación eléctrica es la utilización de la energía térmica obtenida mediante los combustibles, lo cual ha permitido el desarrollo de centrales termoeléctricas, éstas resolvieron algunos problemas por su rápida instalación y su capacidad generativa. A esto debe añadirse que permiten la posibilidad de ser movilizadas, lo cual es una ventaja importante pues pueden ser llevadas a zonas en que se requieren de manera emergente con relativa facilidad. La generación térmica ha representado una gran solución para la provisión de electricidad, sin embargo es innegable la contaminación ambiental que producen, ya que trabajan con combustibles cuya inflamación permite alcanzar altas temperaturas pero al mismo tiempo produce grandes cantidades de monóxido de carbono que el cual es emitido al ambiente. Además, su costo de operación depende del valor del petróleo y en consecuencia este tipo de generación implica un costo final elevado.

Los factores técnicos y económicos indicados y especialmente la contaminación del medio ambiente que producen, ha obligado a investigar nuevas fuentes energéticas, así surgen las “energías limpias”, cuya principal característica es que son de origen natural y por lo tanto prácticamente no producen contaminación. Entre estos tipos de energía están las energías renovables que se utilizan para generar electricidad.

Resumiendo lo indicado, esta investigación acerca de las energías renovables es una alternativa atractiva porque ayudará a cubrir la demanda energética insatisfecha en el Ecuador.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La excesiva dependencia para la generación de energía eléctrica en el Ecuador de fuentes hidráulicas y térmicas, las cuales tienen un alto costo económico y generan un elevado nivel de contaminación ambiental, obligan a investigar otros tipos de energía que permitan generar electricidad sin contaminar el ambiente en el país.

OBJETIVO GENERAL

Realizar un enfoque sobre las ventajas que presenta el desarrollo de energías renovables no convencionales para la generación de electricidad cumpliendo con los parámetros técnicos y económicos más adecuados para el Ecuador, para que puedan ser utilizadas y colaboren como una alternativa en la solución de la demanda energética del país.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ❖ Efectuar un análisis de la evolución de las clases de recursos energéticos renovables no convencionales, tales como energía eólica, geotérmica, fotovoltaica, biomasa, hidroeléctrica, entre otros, y determinar los más adecuados para desarrollarse en el Ecuador.
- ❖ Establecer aquellas zonas en que es posible el desarrollo de cada forma de energía no convencional.
- ❖ Realizar una evaluación económica de las formas de energías no convencionales de acuerdo con cálculos internacionales.
- ❖ Evaluar de manera general el impacto ambiental que estas clases de energías renovables no convencionales podrían provocar.

JUSTIFICACIÓN

Es bastante conocido por la difusión que se ha dado al tema de la contaminación del medio ambiente en todo el mundo, que ésta ha provocado lo que se denomina el calentamiento global y a esto se añade que los combustibles que se utilizan en las centrales termoeléctricas se constituyen en causas principales de ese problema que afecta al entorno. Estos factores mencionados obligan a investigar acerca de nuevas fuentes energéticas que sustituyan a aquellas que producen contaminación y que no afecten al medio ambiente.

La Ley de Régimen del Sector Eléctrico que contiene las normas correspondientes a la estructura del sector eléctrico y su funcionamiento, entre sus articulados establece que: “El Estado fomentará el desarrollo y uso de los recursos energéticos no convencionales a través de los organismos públicos, la banca de desarrollo, las universidades y las instituciones privadas. El CONELEC asignará con prioridad fondos del FERUM a proyectos de electrificación rural a base de recursos energéticos no convencionales tales como energía solar, eólica, geotérmica, biomasa y otras de similares características” y añade que “El Consejo Nacional de Electrificación dictará las normas aplicables para el despacho de la electricidad producida con energías no convencionales tendiendo a su aprovechamiento y prioridad.” Esto establece la necesidad de conocer acerca de las energías renovables, especialmente en el caso de esta investigación de aquellas no convencionales y las zonas en que es posible su implementación y desarrollo para aprovechar sus ventajas. Este estudio comparará la información correspondiente al Ecuador con medidas internacionales para tener una definición acerca del tipo de energía que se puede utilizar y la zona en que se debe desarrollar.

HIPÓTESIS

Una investigación para el desarrollo de fuentes de energías renovables para generar electricidad permitirá demostrar que esto hará posible cubrir la demanda energética insatisfecha en el Ecuador y al mismo tiempo ir paulatinamente reemplazando a las centrales termoeléctricas que contaminan el medio ambiente puesto que utilizan indiscriminadamente combustibles fósiles.

BREVE RESUMEN DE LAS ENERGIAS RENOVABLES

Las energías renovables son aquellas que se obtienen de fuentes naturales prácticamente inagotables y se llaman renovables porque están se renuevan permanentemente de manera natural, esto es posible pues dependen de ciclos cerrados que a su vez dependen

de factores externos a la corteza terrestre que es donde se aprovechan las energías renovables.

Muchas formas de energía dependen del sol. La energía solar se presenta en diversas formas, las cuales son aprovechadas por el hombre en su beneficio. Esta energía proveniente del sol, provoca el movimiento de grandes masas de aire y agua, y es por supuesto responsable directo de la vida. Así por ejemplo, entre las formas de energía que dependen de aquella que proviene del sol se puede mencionar a la eólica, hidráulica, fotovoltaica, biomasa, térmica, etc., las cuales han sido utilizadas por el hombre desde la antigüedad para obtener determinadas facilidades y comodidades.

En lo referente a la energía eólica, es importante mencionar que en el Ecuador los únicos proyectos que se encuentran funcionando son: el de la Isla San Cristóbal en el Archipiélago de Colón o Galápagos y el de Villonaco en Loja que entró en operación en Enero de 2014, otras iniciativas aún se encuentran en la fase de estudio.

Entre las formas de energías renovables también debe mencionarse la geotérmica, la cual se obtiene por el calentamiento interno de la tierra y es emitida desde el centro del planeta hacia las capas exteriores, esta es una alternativa interesante para el Ecuador puesto que a través del país pasa la Cordillera de los Andes con por lo menos unos diez volcanes, de los cuales algunos aún están en actividad, lo cual representa un potencial geotérmico apreciable como fuente de energía.

Una forma de energía muy poco desarrollada es la fotovoltaica, existen unas pocas aplicaciones de ella en electrificación en áreas no atendidas por las empresas eléctricas por su lejana ubicación.

Es también poco conocida la forma de energía denominada mareomotriz, la cual es producida por las mareas provocadas por el constante movimiento del agua de los océanos a causa del acercamiento o alejamiento de la luna con respecto a la Tierra.

Otras formas de energía originadas en los mares y océanos son: la energía undimotriz, la cual es causada por el movimiento superficial producido por las corrientes de aire que chocan con el agua de los océanos dando lugar a este tipo de energía y por ser el viento el causante directo de las olas se considera que también es una forma de energía solar y la energía de gradiente térmico o maremotérmica provocada por la diferencia de temperaturas a diferentes profundidades del mar, este calentamiento de la superficie marina es también debido a la radiación solar.

En esta investigación se clasificará a las energías renovables según la fuente energética que la produce y bajo esta consideración se tienen tres formas de energía principales: solar, geotérmica y la energía de los mares por atracción gravitacional.

Es importante indicar que es poca la información que es posible encontrar acerca del potencial eléctrico en nuestro país que se puede obtener de sus recursos naturales. Se presenta como una excepción a lo indicado la energía hidráulica. Por esta razón se convierte en una tarea difícil poder establecer cuál es el potencial que posee en el campo energético el Ecuador.

CAPITULO 1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1 Concepto de energías renovables

Se denomina energía renovable a aquella que se consigue de las fuentes naturales existentes y que en pueden considerarse interminables, por eso se las llama “renovables” pues como el término lo indica, están renovándose constantemente de manera natural, esto se debe a que obedecen a ciclos cerrados, los mismos que son causados por elementos externos a la corteza terrestre, la cual es la capa de la que se obtienen las energías renovables.

Como ya se indicó en párrafos anteriores, varios tipos de energías dependen de una manera directa o indirecta del sol, cuya energía solar se presenta en variadas formas, las cuales son aprovechadas por el hombre, por esta razón a la energía solar es considerada fundamental para la vida. También es responsable del movimiento de masas de agua y aire, por lo que otros tipos de energía como la eólica, hidráulica, fotovoltaica, biomasa, térmica, etc., en definitiva dependen de la energía solar.

También se anotó anteriormente que la energía geotérmica es causada por el calentamiento interno de la tierra, es decir que nace en el centro del planeta y se propaga al exterior. En contraposición, los océanos son grandes masas de agua en continuo movimiento, el cual es causado por la aproximación o alejamiento de la luna. La mareomotriz utiliza la energía provocada por las mareas de los océanos. De la misma manera la energía undimotriz utiliza el movimiento de las olas del mar y las ráfagas de aire al chocar con el agua, mientras que la energía maremotérmica la diferencia de temperaturas existentes a diferentes profundidades del océano producto de la radiación solar. Nótese que si el viento provoca las olas en el mar y ya se indicó que éste es causado por el sol, esto implica entonces que la energía producida por las olas es consecuentemente una forma de energía solar.

Por consiguiente, como ya se indicó en la parte introductorias de este estudio, se clasificará a las energías renovables según la fuente energética que la produce. Bajo este principio se considerarán tres formas de energía: solar, geotérmica y la obtenida de los mares a causa de la atracción gravitacional.

1.2 Caracterización de las energías renovables

En este apartado se describirán las energías renovables en las variadas formas en que se presentan.

1.2.1 Energía obtenida de la radiación solar

La energía que proviene del sol es denominada energía solar, siendo este astro la fuente energética más cercana a nuestro planeta y cuyo tamaño es aproximadamente 1,3 millones el de la Tierra, a causa del efecto gravitacional de su masa, domina a los planetas que giran a su alrededor, entre ellos la Tierra y formando así el Sistema Solar (Hamilton, 2000). La radiación que produce es energía electromagnética y contribuye de forma directa o indirecta a la vida en nuestro planeta, ya que los alimentos y combustibles provienen de los vegetales que usan la energía solar (Solution, 2013). Su núcleo tiene una temperatura de unos 15'000.000 °C y una presión equivalente a 340.000 veces la presión del aire a nivel del mar en la Tierra. Esto causa reacciones en el núcleo liberando energía hacia el exterior del sol y por convección produce calor y luz, produciendo 5'000.000 de toneladas de energía por segundo. Se calcula que su edad es de 4.600 millones de años y posee suficiente para estar activo unos 5.000 millones de años más (Hamilton, 2000).

La distribución espectral de la radiación solar es de 46% infrarroja, 45% región visible y 9% ultra violeta. La distancia del sol a la tierra es de 149'490.000 Km aproximadamente y su radiación viaja en el vacío a 299.792.458 m/s y por lo tanto tarda en alcanzar la Tierra unos 8,31 minutos (CRC, 1939).

Como ya se indicó anteriormente en este trabajo, la radiación solar produce variados efectos en la Tierra, tales como el calentamiento de la atmósfera, la fotosíntesis en la vegetación y la iluminación de los lugares que reciben su luz, se convierte de esta manera en la principal fuente de energía de nuestro planeta.

Para comprender la radiación solar es necesario caracterizarla desde la consideración de la dualidad onda corpúsculo u onda, esto implica considerar la radiación electromagnética como un flujo de fotones, los cuales son partículas sin masa que trasladan energía y se propagan a la velocidad de la luz por el espacio en forma de ondas de energía producidas por la oscilación de campos eléctricos y magnéticos, propagándose como ondas electromagnéticas con múltiples longitudes de onda, dando lugar al espectro electromagnético que va desde los rayos gamma hasta las ondas de radio, donde la energía de los fotones depende por lo tanto de la longitud de la onda y es directamente proporcional a la frecuencia de la onda y puede calcularse por la relación de Planck: (Puican) (Natura, 2003)

$$E = h \cdot J$$

E = Energía del Fotón (J).

h = constante de Planck = 6.624×10^{-34} J/s

J = Frecuencia de la Onda (Hz).

En el caso del sol la radiación electromagnética llega constantemente a nuestro planeta y considerando que depende de la temperatura del cuerpo que la emite, la radiación solar se ha calculado con la ley de Steffan-Boltzman:

$$M = \sigma \cdot T^4$$

M = Densidad total de flujo radiante emitida por un cuerpo (w/m^2)

σ = Constante de Steffan-Boltzman ($5,67 \times 10^{-8}$)

T = Temperatura del cuerpo (°K)

Lo es la radiación solar que llega a nuestro planeta y es esa energía que incide en una unidad de superficie en un determinado tiempo y su valor es 1.366 w/m^2 . (Puican) (Natura, 2003)

Durante su propagación hacia la Tierra es absorbida “por los gases de la atmósfera, dióxido de carbono, ozono, etc., por el vapor de agua, por la difusión atmosférica por la partículas de polvo, moléculas y gotitas de agua, por reflexión de las nubes y por la inclinación del plano que recibe la radiación respecto de la posición normal de la radiación” (TextosCientíficos, 2005). En la figura 1.1 se observan los componentes en que se divide de la radiación electromagnética generada por el sol al irradiar sobre la tierra.



Figura 1.1 Componentes de la radiación electromagnética generada por el sol

Fuente: www.ecopotencia.com

Entre las energías que aprovechan la radiación solar se tiene en primer lugar aquella que depende del calor producido y se denomina Térmica o Calórica y es utilizada por ejemplo para calentar agua, en sistemas de calefacción o para producir electricidad. En la actualidad se utilizan ampliamente los colectores solares y de esta manera se aprovecha la energía del sol para hacer funcionar calculadoras, relojes, cocinas e incluso autos y para generar energía eléctrica. En estas aplicaciones la radiación del sol se almacena en un colector solar que transforma esa energía en calor. (EnergíaSolar, 2012)

Uno de los modelos de colectores solares utilizados es el de placa plana (CPP) que se integra en los sistemas de energía solar de baja temperatura y se emplea como receptor de energía. Su principal aplicación es para calentamiento de agua y es considerado el sistema activo más simple. Está compuesto básicamente por cuatro elementos: la cubierta transparente, la placa captadora, el aislante y la carcasa. La cubierta transparente reduce las pérdidas por convección y asegura la estanqueidad del colector al agua y al aire, conjuntamente con la carcasa y las uniones. Nótese que se está produciendo un efecto invernadero alcanzado por la cubierta y se fundamenta en que parte de la radiación que atraviesa la cubierta y llega a la placa captadora se refleja a la cubierta transparente, con una longitud de onda para la cual ésta es opaca y así se retiene la radiación en el interior. La Placa Captadora absorbe la radiación solar y la transforma en energía térmica utilizable al transferirla a un fluido caloportador, que consiste en un líquido o gas que absorbe o entrega energía calorífica, esta placa está protegida en su parte posterior y lateral mediante un Aislamiento Térmico para evitar las pérdidas de calor térmico hacia el exterior. Finalmente la Carcasa se encarga de proteger y soportar los elementos que forman el colector solar. (ProCobre, 2012)

En la figura 1.2 se muestra un CPP detallando los elementos que lo componen y que se describieron en el párrafo anterior.

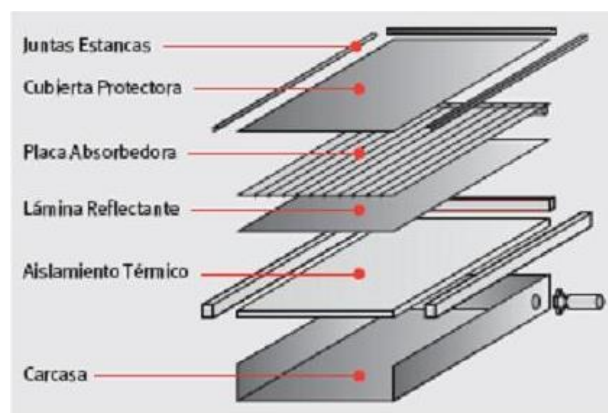


Figura 1.2 Componentes de un colector solar de capa plana

Fuente: www.jcyl.es

En los CPP se aprovecha la radiación solar directa y la difusa y la superficie que absorbe esa radiación es igual a la superficie que la capta. Pueden diseñarse para alcanzar temperaturas de 40 a 130 grados centígrados. No necesitan sistemas de seguimiento solar y prácticamente no requieren mantenimiento. Se utilizan en sistemas de calentamiento de agua, calefacción de edificios y aire acondicionado y el costo de la energía que generan depende del rendimiento térmico del sistema, su vida media y el valor de fabricación. (Loureiro, 2011)

En la figura 1.3 se presenta un ejemplo de la utilización de un CPP en un sistema de calentamiento de agua para una residencia.

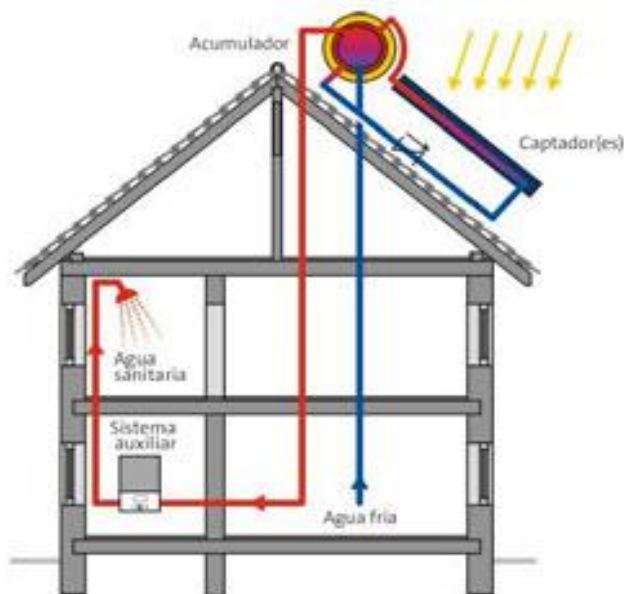


Figura 1.3 Sistema de calentamiento de agua en una residencia mediante un CPP

Fuente: www.terra.org

A continuación se tratará acerca de otro tipo de colector denominado Concentrador Solar, el cual recibe la radiación del sol y la utiliza para producir energía eléctrica. Hay dos sistemas para conseguir la concentración de calor, por alta o baja concentración. En el caso de alta concentración se utiliza un mecanismo llamado “central de torre” formado por discos parabólicos o espejos curvos, denominados heliostatos orientados hacia el sol, así al recibir la radiación la reflejan a un punto central receptor, en el que se

concentra la suma de esos reflejos. El dispositivo de baja concentración incluye varios cilindros parabólicos dirigidos al sol que concentran su radiación en un medio acuoso que está en una tubería junto a los cilindros. Nótese que en ambos casos el calor concentrado calienta un líquido que fluye por tuberías especiales que reducen las pérdidas de calor. En la figura 1.4 se muestra un modelo de un concentrador solar destacando los elementos que lo conforman.

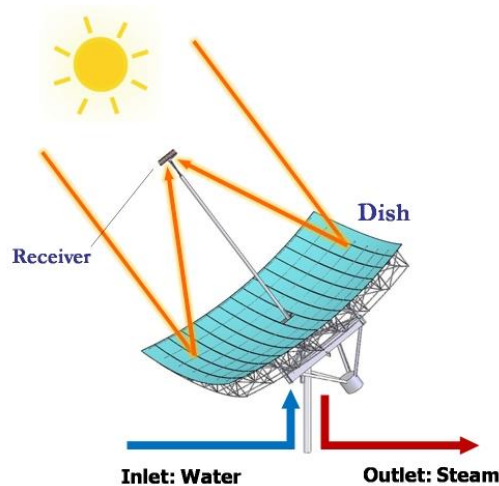


Figura 1.4 Concentrador solar

Fuente: www.ison21.es

La Torre Solar es un tipo de colector solar que se diferencia de los anteriores porque no realiza la concentración y transmisión de calor mediante un fluido por tubería. Es una gran superficie con base acristalada y una chimenea muy alta. Con esta estructura el aire en la superficie acristalada se calienta y sube por la chimenea a gran velocidad. En la chimenea hay varios generadores eléctricos, del tipo de los aerogeneradores, los cuales producen energía eléctrica.

En la figura 1.5 se presenta esta aplicación de tecnología térmica solar mediante una torre de concentración o torre solar. Es importante acotar que es posible acoplar al sistema algunos concentradores de calor en su base y así se podría producir electricidad en la noche.

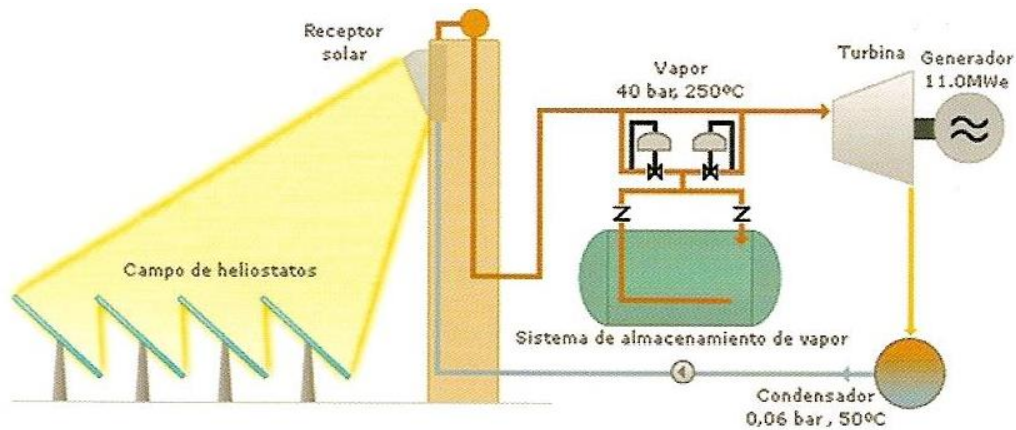


Figura 1.5 Tecnología térmica solar: torre de concentración

Fuente: (Martínez, 2008)

La siguiente tecnología que se estudiará en el desarrollo de este trabajo de investigación es la Energía Solar Fotovoltaica (ESF), el cual utiliza la radiación del sol de manera directa para producir electricidad mediante el empleo de paneles fotovoltaicos, recurriendo a la energía de los fotones de la radiación solar y se fundamenta en el principio fotoeléctrico explicado por Albert Einstein en 1905 por primera vez. El efecto fotoeléctrico o fotovoltaico es la conversión de la luz en electricidad y se obtiene gracias a materiales con la característica de absorber fotones y emitir electrones, los cuales al ser capturados producen una corriente eléctrica. La cantidad de electrones que genera el material depende de la frecuencia de onda de los fotones, así a mayor frecuencia más electrones se liberan y al tener gran cantidad de fotones se tendrán los electrones necesarios para producir electricidad. Su estructura se basa en células fotovoltaicas hechas de silicio, material semiconductor muy utilizado también en electrónica, en ellas a una rejilla semiconductor se da un proceso químico que produce un campo eléctrico, positivo en un lado y negativo en el otro, de esta manera al incidir la luz del sol en la célula, los electrones son desalojados del semiconductor. Se colocan conductores eléctricos en los dos lados, positivo y negativo de la rejilla, creando así un circuito eléctrico en el cual los electrones son capturados como una corriente eléctrica que puede utilizarse por ejemplo para encender una bombilla, este ejemplo del efecto fotovoltaico en una célula solar se muestra en la figura 1.6. Al conectar varias células se obtiene un módulo o panel que produce corriente continua. De la misma manera, la conexión de

varios módulos forma un campo solar para conseguir el voltaje requerido. (AMTSolar, 2012)

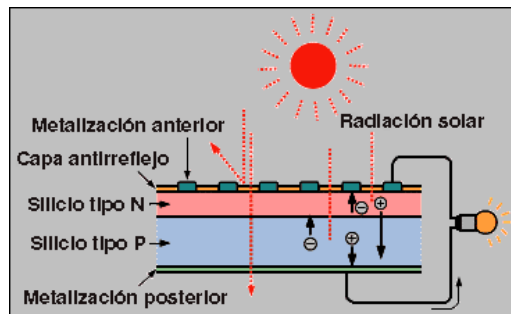


Figura 1.6 Ejemplo del efecto fotovoltaico en una célula solar

Fuente: www.solartronic.com

Las principales aplicaciones de la ESF son la dotación de electricidad a sitios apartados de las redes de distribución mediante sistemas aislados, así es posible atender viviendas, sistemas de control remoto, telecomunicaciones, letreros luminosos, luminarias, barcos, alarmas, etc., el bombeo solar directo y centrales de generación conectadas a la red. En la figura 1.7 se puede apreciar un ejemplo de electrificación de una vivienda mediante energía fotovoltaica.

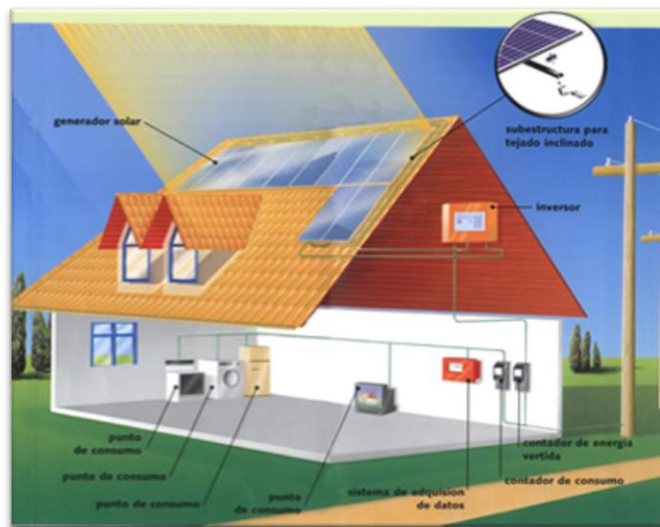


Figura 1.7 Electrificación de una vivienda mediante energía fotovoltaica.

Fuente: <http://www.solanerosolarenergy.es/fotovoltaica.htm>

Mediante los sistemas aislados de ESF en los que se capta la de radiación solar en paneles solares fotovoltaicos y se acumula la electricidad producida en baterías o acumuladores, para brindar energía eléctrica a sitios apartados de la red de distribución eléctrica. Se utilizan convertidores para transformar esa corriente continua en alterna para su consumo. En el caso de Sistemas Fotovoltaicos conectados a red, se produce electricidad en paneles solares fotovoltaicos y se la introduce a la red de distribución eléctrica. Bajo las condiciones descritas es posible tener pequeñas instalaciones de 1 a 5 kwp (*kilowatt-peak*) otras mayores de hasta 100 kwp e incluso plantas de varios megavatios, esto ha convertido a la ESF en una alternativa económicamente viable para generar electricidad. En la figura 1.8 se observa una central fotovoltaica en la que se produce energía a bajo voltaje (380-800 V) y en corriente continua, la cual se transforma en alterna con un dispositivo electrónico llamado inversor. En plantas que generan potencias inferiores a 100 kW se introduce la energía directamente a la red de distribución en baja tensión (230V) y para aquellas superiores a 100 kW se emplea un transformador para aumentar la energía a media tensión (15 ó 25 kV) y se conecta a las redes de transporte para su distribución. (TecnologíaIndustrial, 2012)



Figura 1.8 Central Fotovoltaica

Fuente: (TecnologíaIndustrial, 2012)

La energía eólica es aquella generada por el viento, es decir aire en movimiento originado en áreas de alta presión y va a zonas de baja presión. Es conocido que el sol calienta la

superficie terrestre en el día de una manera no uniforme, ya que este es mayor sobre tierra que en los océanos, lo cual causa que la masa de aire colocada sobre ella se caliente rápido y pierda y se eleve, produciendo un vacío relativo que se llena con aire frío y denso del mar, causando viento desde el mar hacia tierra. En la noche al enfriarse la tierra se produce el proceso inverso causando viento de la tierra al mar. Lo mismo pasa entre las laderas de las montañas y los valles. Los vientos provocados así, se unen a los de la atmósfera. En el caso de nuestro país, estos factores se incrementan porque “La cantidad de calor que reciben las masas de aire ecuatoriales en comparación con las masas polares provoca un desequilibrio térmico que da lugar a desplazamientos desde los polos hacia el ecuador en la superficie terrestre y desde el ecuador hacia los polos por las zonas altas de la atmósfera.” (OLADE, 1979) (CEPAL, 2009)

A este respecto cabe acotar que también la rotación terrestre influye en la dirección del viento, pues las masas de aire caliente que van a los polos por la parte superior de la atmósfera giran al este y las de aire frío que van al ecuador superficialmente viran al oeste. Así, sabiendo cómo se produce el viento se determina que el proceso eólico tiene un ciclo permanente e interminable, siendo por lo tanto un recurso renovable y fuente de energía inagotable. “Se calcula que la potencia renovable de los vientos en todo el mundo sería de 10’000.000 de MW, diez veces más en comparación con todos los recursos hídricos” (OLADE, 1979). En la figura 1.9 se muestra un diagrama de los Sistemas de vientos mundiales

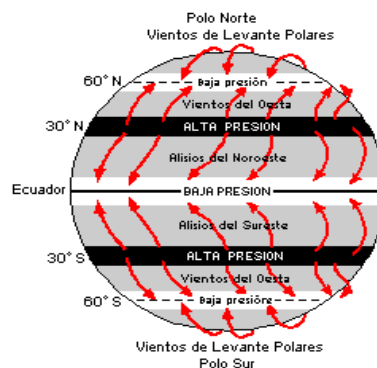


Figura 1.9 Sistemas de vientos mundiales

Fuente: www.unesco.org

La complejidad en la utilización de este tipo de energía empieza con la búsqueda del lugar idóneo para la implementación de un parque eólico, ya que es necesario conocer los registros del viento por lo menos de diez años, dirección, velocidad a diferentes alturas sobre el nivel del suelo, velocidades máximas y mínimas, y saber si es constante o no, sus variaciones estacionales, diurnas y nocturnas, conociendo estas características es posible elaborar un estudio para saber si en una determinada ubicación es posible producir electricidad generada por la energía eólica. Si el resultado es positivo, se determina la capacidad de generación y la cantidad de aerogeneradores para implementar el parque eólico.

Un aerogenerador o turbina de viento, son máquinas que transforman la energía cinética del viento en energía eléctrica. En la figura 1.10 se muestra la estructura de un generador, sus componentes básicos son: góndola, palas del rotor, buje, eje de baja velocidad, multiplicador, eje de alta velocidad con freno mecánico, generador eléctrico, mecanismo de orientación, controlador electrónico, sistema hidráulico, la unidad de refrigeración, torre, anemómetro y la veleta. El viento hace girar las paletas de la turbina del aerogenerador produciendo electricidad por la rotación de una gran bobina magnética. Pueden ser de turbina en eje horizontal y vertical, siendo las de eje horizontal las más comunes porque son más eficientes. Para generar grandes cantidades de electricidad se concentran varios aerogeneradores formando parques eólicos. (Aerogeneradores, 2011)

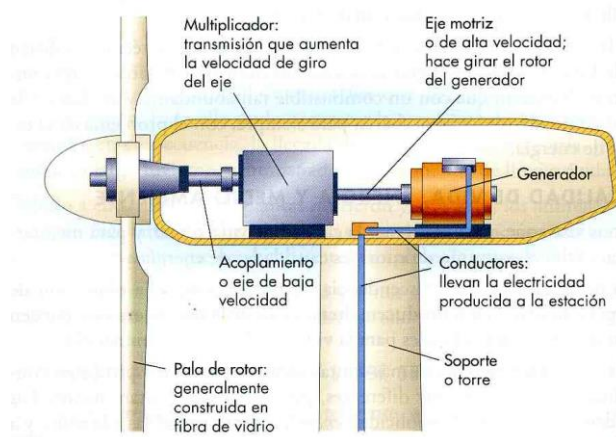


Figura 1.10 Mecanismo de un aerogenerador

Fuente: exterior.pntic.mec.es

En la figura 1.11 se puede observar un modelo de la infraestructura de una central eólica en el que se detallan sus componentes principales.

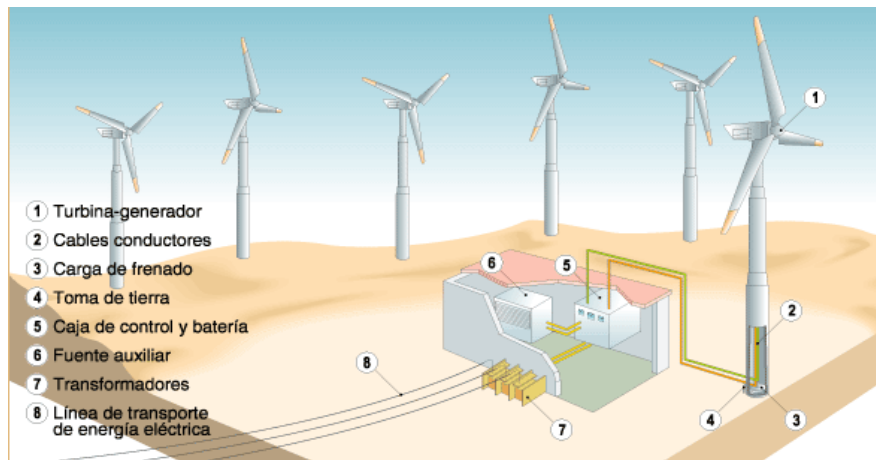


Figura 1.11 Central Eólica

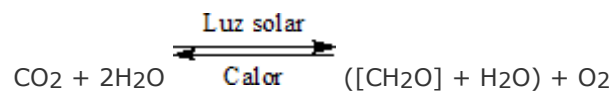
Fuente: <http://www.energy-spain.com/energia-eolica/animacion-energia-eolica>

Otra forma de energía solar es la obtenida a partir de la biomasa, considerada una alternativa frente a las energías tradicionales, especialmente por el efecto de los combustibles fósiles en el medio ambiente. “La Biomasa es toda materia orgánica proveniente de un proceso biológico, su aprovechamiento constituye una fuente renovable de energía”. (Ministerio Electricidad y Energía Renovable, 2013)

Para aclarar este concepto se inserta la siguiente cita: “La biomasa es el nombre dado a cualquier materia orgánica de origen reciente que haya derivado de animales y vegetales como resultado del proceso de conversión fotosintético. La energía de la biomasa deriva del material de vegetal y animal, tal como madera de bosques, residuos de procesos agrícolas y forestales, y de la basura industrial, humana o animales”. (TextosCientíficos, 2005)

Se la menciona como una forma de energía solar porque de ella proviene la energía acumulada en la biomasa. En otras palabras, la energía de la biomasa se produce al acumularse energía solar en la materia orgánica.

La fotosíntesis es el proceso por el que a partir de la energía solar da valor energético a la biomasa de materia vegetal, en él la energía química acumulada en los vegetales y animales que se alimentan de plantas o de otros animales, o en los desechos que producen, se denomina bioenergía. En los procesos de conversión como la combustión, la biomasa libera su energía, a menudo en forma de calor, donde el carbón se oxida nuevamente y pasa a dióxido de carbono para reponer el que se absorbió en el crecimiento de la planta. En otras palabras, el uso de la biomasa para la energía es el proceso inverso de la fotosíntesis, como se muestra a continuación:



En el proceso de bioconversión de la energía solar, los carbohidratos son los productos químicos primarios en su formación. (TextosCientíficos, 2005)

En la figura 1.12 se presenta el proceso de generación de biomasa en el que se incluye toda fuente de materia orgánica: desechos agrícolas y forestales, plantas acuáticas, desechos animales y basura urbana.

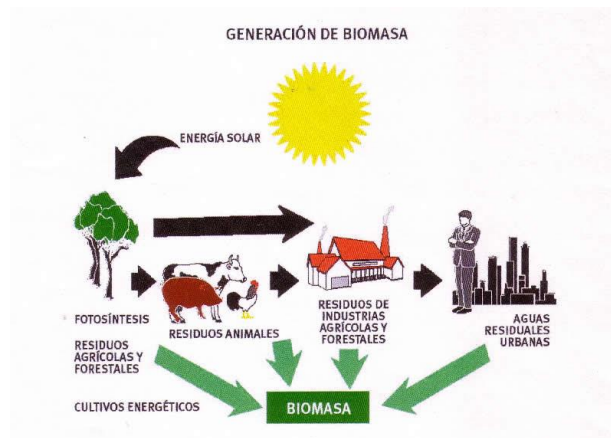


Figura 1.12 Ciclo de generación de biomasa

Fuente: (Opex-energy)

La biomasa utilización es posible emplearla de manera directa o indirecta, siendo la primera la más usada especialmente en calefacción o cocido de alimentos. En cambio

mediante el uso indirecto de la biomasa se obtiene combustible líquido o gaseoso, que son utilizados para producir electricidad, también se obtiene abono. Se ha determinado que la energía neta aprovechable en la biomasa por combustión es de aproximadamente 8MJ/kg en madera verde, 20MJ/kg en materia vegetal seca en horno, 55MJ/kg del metano. (TextosCientíficos, 2005)

De lo expresado se desprende que la biomasa puede considerarse como una fuente de energía renovable que incluye cualquier materia orgánica animal o vegetal, por lo cual es necesario determinar el tipo de biomasa más adecuada para generar electricidad. La madera ha sido el material más empleado para producir biomasa especialmente como fuente de energía calórica, su combustión parcial permite obtener carbón de madera usado en variadas formas. Además de la biomasa de la madera hay otras poco conocidas. A través de los avances tecnológicos se ha logrado desarrollar procesos más eficientes y limpios para transformar biomasa en energía, por ejemplo, en combustibles líquidos o gaseosos, que son más convenientes y eficientes. Se constituyen en las fuentes más importantes de biomasa los campos forestales y agrícolas donde se producen residuos dejados en el campo al consumirse sólo un bajo porcentaje para energía. Otro ejemplo está en la agroindustria, donde en el secado de granos se producen subproductos usados para generar de calor en sistemas de combustión directa, por ejemplo el bagazo de caña de azúcar, la cascara de café y la de arroz. Además, en las ciudades se producen grandes cantidades de basura que contiene materia orgánica que puede transformarse en energía. (Opex-energy)

De acuerdo a lo expresado, en las “granjas energéticas” se puede producir gran parte de los requerimientos energéticos mundiales, brindando energía de manera independiente y segura y sin afectar el ambiente. En la figura 1.13 se puede observar una central de biomasa y sus diversos componentes.



Figura 1.13 Central de Biomasa

Fuente: (Opex-energy)

Se va ahora a presentar la información correspondiente a la energía hidráulica o hídrica es decir aquella que emplea la energía cinética de los ríos y cascadas, siendo usada para mover ruedas hidráulicas o turbinas que permiten producir hidroelectricidad para lo cual fue necesario construir represas para almacenar agua como solución al problema generado por la disminución del caudal de los ríos en épocas secas. La creación del generador eléctrico y el desarrollo de las turbinas permitieron el crecimiento de las centrales hidroeléctricas, en las cuales se aprovecha la energía cinética producida por el agua a causa de la diferencia de altura. Por medio de válvulas se mantiene constante el caudal del agua y se lo envía a través de una tubería de presión a la turbina, la cual es movida por el agua y está conectada al generador mediante un eje.

Anteriormente se indicó que la energía hidráulica es considerada como una forma de energía solar por la incidencia del sol para que se complete el ciclo hidrológico del agua, el cual puede observarse en la figura 1.14, donde se aprecia que el agua está en océanos, mares, lagos y lagunas, cuando se calienta por la acción del sol se evapora y se almacena

en las nubes, las cuales se mueven hasta descargarse en forma de lluvia o nieve, ésta se acumula en los nevados y al subir la temperatura ocurren deshielos y se forman los ríos. Además, la lluvia también alimenta a los ríos y así su caudal aumenta.

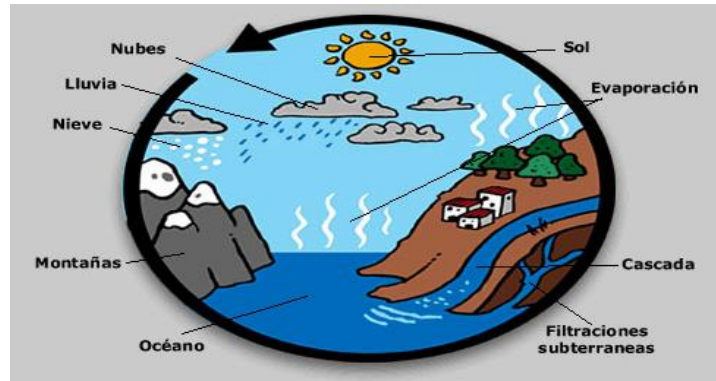


Figura 1.14 Ciclo hidrológico del agua

Fuente: www.ambientum.com

En resumen, se puede decir que en una central hidroeléctrica se transforma la energía potencial, que está asociada a la altura y la cinética, asociada al movimiento, en energía eléctrica. En la figura 1.15 se observa una central hidroeléctrica y sus componentes, así como la represa para almacenar el agua.

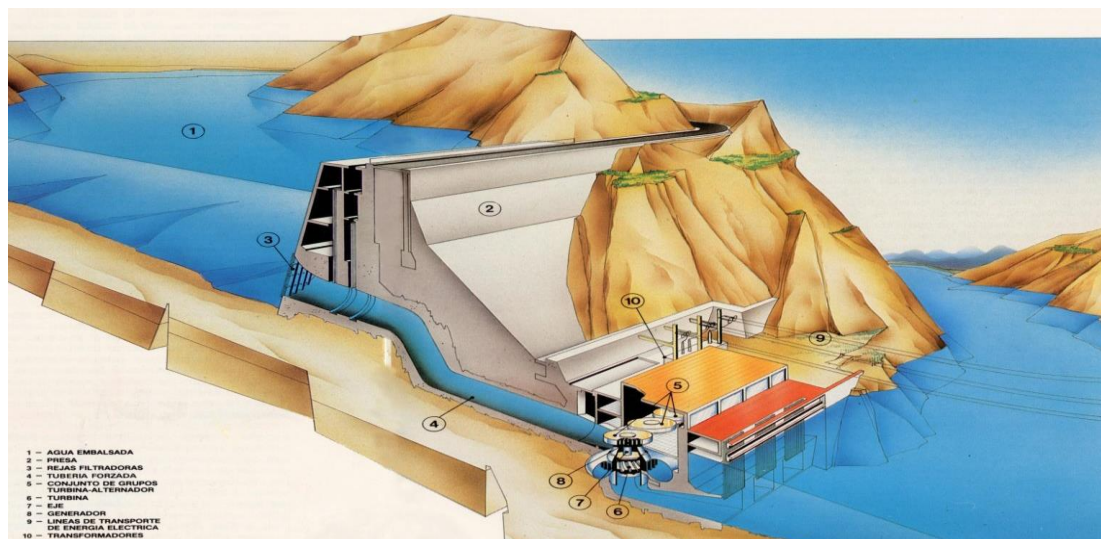


Figura 1.15 Central hidroeléctrica

Fuente: tecnologianivel2.blogspot.com

La siguiente forma de energía solar de la que se tratará es la undimotriz, es decir aquella generada por las olas del mar. Actualmente está siendo considerada una fuente energética no convencional muy competente, especialmente en países con costas muy extensas. Si se considera que las olas del mar están invariablemente presentes en el océano puede afirmarse que es una forma de energía renovable. Se genera a causa del viento, que es originado al calentarse el aire por el sol, es por lo tanto una forma de energía solar.

Cuando el viento hace contacto con la superficie del océano se forman las olas y la fricción del viento con esas olas ya formadas provoca que aumenten su tamaño, esto permite una mejor utilización de la energía del viento puesto que ha aumentado la superficie de contacto. Luego de formadas las olas, son independientes del viento y ahora solo dependen de la gravedad. La onda avanza a la costa con una pérdida mínima de energía, porque las partículas de agua no sufren movimiento de traslación sino un movimiento circular en el mismo sitio. Aquellos sistemas que usan energía undimotriz absorben el empuje de las olas y aprovechan la variación de altura de la superficie y de la presión bajo la superficie, elementos mostrados en la figura 1.16.

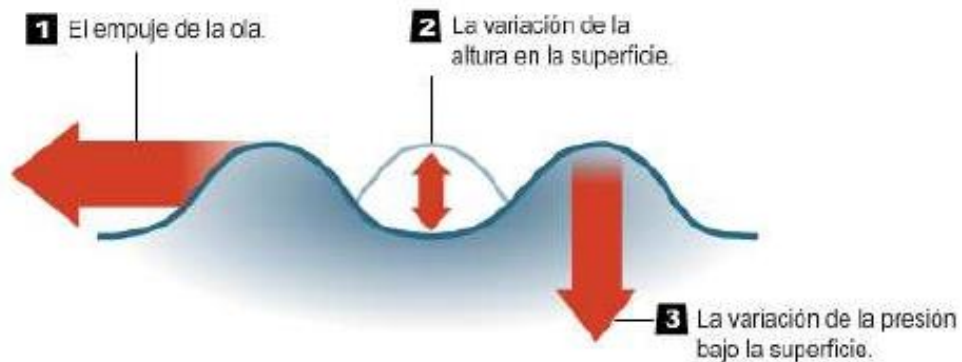


Figura 1.16 Elementos de las olas del mar

Fuente: (Eroski, 2009)

Este tipo de energía tiene como inconveniente su alto costo y el pausado desarrollo de esta tecnología, aunque independientemente de las razones indicadas se han desplegado algunos sistemas de energía undimotriz.

Continuando con el estudio de las diferentes formas de energía que dependen del sol, ahora se presenta la Maremotérmica, que como ya se indicó anteriormente aprovecha las mareas para generar energía. Si se considera que el 97,7% de la superficie terrestre es agua, esto implica que la mayor parte de la radiación solar llega a los océanos calentando su superficie, esto ocurre más lento que en tierra el calor específico del agua de mar, en otras palabras, se requiere más calor para elevar la temperatura en el agua que en la tierra. En los océanos la radiación alcanza unos 100 m profundidad si el agua es turbia y 1.000 m si es cristalina. Igual como demora más en calentarse, tarda más en enfriarse, lo que hace a la temperatura más estable en el mar y por lo tanto los cambios de clima entre noche y día o estacionarios no sean tan fuertes. A mayor profundidad la radiación tiene menos importancia y la temperatura se reduce, es decir que se puede considerar a los océanos divididos en dos capas y una interface entre ellas. La superior alcanza los 200 m y el agua es menos salina, menos densa y relativamente caliente y la inferior con unos 4° C de temperatura y llega a 1000 m de la superficie, entre los 200 y 400 m hay una interface llamada termoclima. Después de los 1000 m de profundidad la temperatura está bajo los 4°C en cualquier lugar independientemente de la estación del año. Entre las dos capas hay una diferencia de temperatura de unos 15°C, lo cual se emplea como fuente energética para generar electricidad mediante máquinas térmicas, las cuales funcionan como una central térmica convencional, aunque las centrales maremotérmicas tienen bajo rendimiento de acuerdo a los gradientes térmicos. En la figura 1.17 se realiza una comparación de los esquemas de los dos tipos de centrales mencionadas.

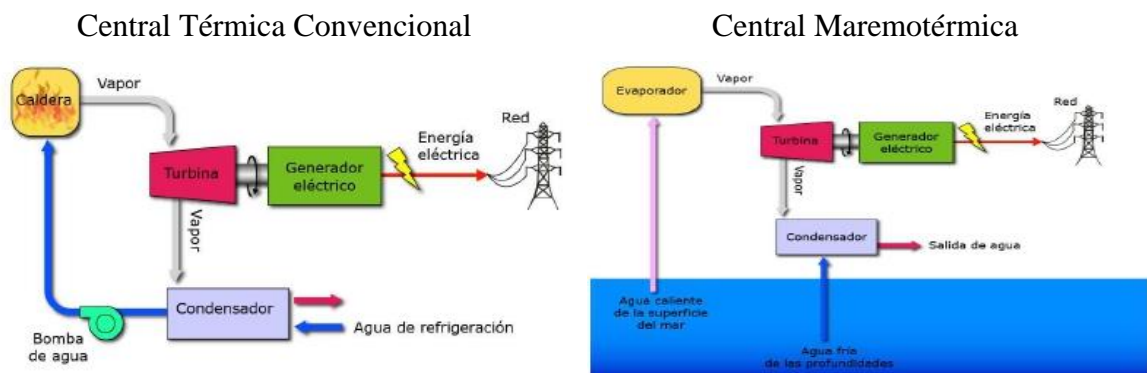


Figura 1.17 Comparación de las centrales térmicas y maremotérmicas

Fuente: (Calero, Carta, & Padrón)

El ciclo termodinámico de Rankine permite demostrar el proceso para transformar la energía térmica del mar en electricidad: el calor evapora el agua, ese vapor mueve la turbina de un generador eléctrico.

1.2.2 Energía Geotérmica

Esta energía se obtiene del calor del interior de la tierra, donde se forma por la descomposición de isótopos y se libera hacia el exterior de varias maneras. El diámetro de nuestro planeta es de aproximadamente 12.756 Km y el de su centro es de 2.400 Km. Presenta cuatro capas interiores: el núcleo interno compuesto de níquel y hierro sólido con una temperatura de 4.000° C aproximadamente, a su alrededor está el núcleo externo líquido de 2.270 km. de espesor, compuesto de hierro y níquel fundidos, la siguiente capa es básicamente roca de silicato sólida llamada “manto” con un espesor de 2.900 Km aproximadamente y por último la corteza terrestre, en la cual se desarrolla la flora y fauna y está compuesta básicamente de material rocoso de silicato delgado. Su espesor varía entre 20 y 64 Km en la parte continental y entre 5 y 6 Km en los océanos. En esta estructura, es en el núcleo donde se tiene una gran densidad y presión. (Enerclub) (Tech-Faq, 2012)

Cuando esa energía interna se libera violentamente, se producen terremotos y erupciones volcánicas. Las emanaciones gaseosas, anomalías térmicas, fuentes termales y minerales son otras manifestaciones de esa energía liberada. La energía geotérmica emplea esas manifestaciones en diversas aplicaciones: calefacción, calentamiento de agua, producción de electricidad, agricultura, acuicultura y aplicaciones industriales. En la figura 1.18 se muestra la estructura interna de la Tierra con sus diferentes capas que la conforman.

La entalpía es una magnitud termodinámica que indica la cantidad de energía que un sistema intercambia con su entorno y de acuerdo a ese parámetro se establece las aplicaciones de la reserva geotérmica. La entalpía se determina por el gradiente térmico de la reserva, en otras palabras por el aumento de temperatura según la profundidad de la corteza terrestre.

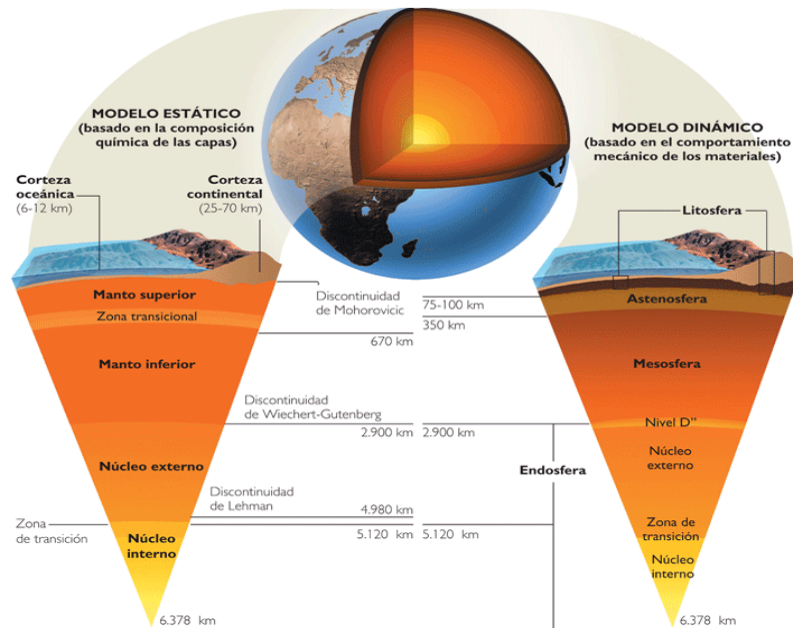


Figura 1.18 Estructura interna de la Tierra

Fuente: www.ceibal.edu.uy

La entalpía puede ser **baja** con temperaturas que no superan los 70°C y se manifiestan en las aguas termales, **media** con temperaturas entre 70° y 150° C empleadas con máquinas de absorción para sistemas de refrigeración y calefacción y **alta** con temperaturas de más de 150° C que generan vapor que es usado para mover una turbina y producir electricidad. La energía geotérmica depende de una fuente de calor de magma ubicada a una profundidad de entre 3 y 15 Km sobre la cual hay una reserva acuífera. Por la alta temperatura del magma el agua se convierte en vapor. Para generar energía eléctrica, el vapor sale a gran presión a la superficie por las rocas fracturadas ubicadas sobre la reserva, ese vapor es llevado por tubería a una turbina conectada a un generador eléctrico. Luego de mover la turbina el vapor va a un tanque en que se mezcla con agua fría y se condensa y pasa a una torre de enfriamiento para enfriarse completamente con un sistema de ventilación. A continuación el agua se envía por tubería de vuelta a la reserva acuífera, cerrando así el ciclo y asegurando la renovación de este recurso. (Enerclub) (Tech-Faq, 2012)

Un esquema que muestra el funcionamiento que se describió de una central geotérmica se presenta en la figura 1.19.

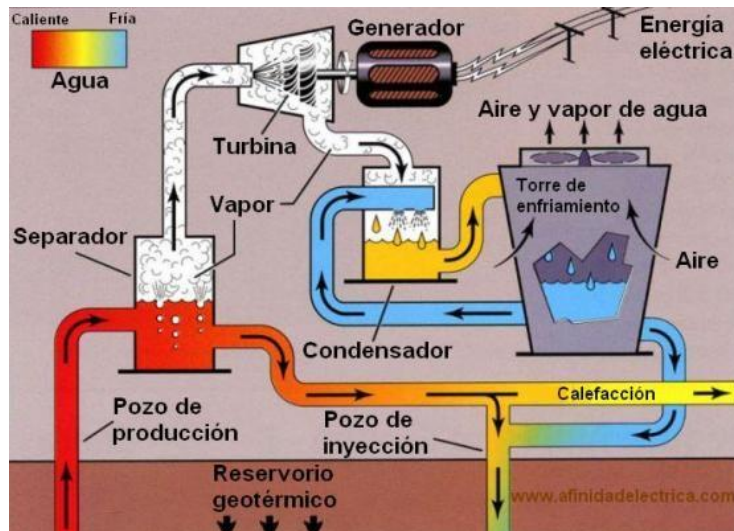


Figura 1.19 Esquema de una central geotérmica

Fuente: (Santamarta, 2013)

1.2.2 Energía Mareomotriz

Es el tipo de energía renovable no convencional que menos se ha investigado y por lo tanto que menos desarrollo ha alcanzado, especialmente por su costo alto y las dificultades operativas en los océanos. Es conocido que nuestro planeta tiene sus tres cuartas partes cubiertas de masas gigantescas de agua que se mueven como un solo cuerpo por la atracción gravitacional de la luna, del sol y el movimiento de rotación de la Tierra. La mayor incidencia corresponde a la Luna por su cercanía a la Tierra, es decir que la energía mareomotriz se debe a la atracción gravitacional entre cuerpos celestes. Ya se ha indicado que el agua del mar es un recurso inagotable y en constante renovación, por consiguiente la energía que se obtiene de las mareas es un recurso renovable y limpio ya que no causa contaminación. (TextosCientíficos, 2009)

La energía mareomotriz emplea la diferencia de altura causada al subir y bajar la marea para producir energía eléctrica. De acuerdo a la ubicación esa diferencia puede ser de 2

a 15 metros, siendo necesaria una diferencia mínima de 5 metros para generar electricidad, lo cual no es común y pocos sitios cumplen esa condición, siendo esta una limitación para su aplicación. Además, la ubicación debe presentar una forma adecuada como las bahías, estuarios o golfos, donde el canal de ingreso sea estrecho para construir la represa o dique y se puede aprovechar la energía de las mareas. En una estructura como la descrita, cuando el agua pasa y sube la marea la presa se cierra produciendo un embalse y cuando baja la marea se abren las compuertas de las turbinas, el agua de mar pasa por ellas haciéndolas girar accionando los generadores que generan energía eléctrica.

CAPITULO 2 ENERGIAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES

2.1 Antecedentes en el Ecuador

En las dos últimas décadas nuestro país ha sufrido un panorama de inestabilidad referente a la oferta y demanda eléctrica, observándose un incremento del 6,5% anual de la demanda y apenas un aumento de la oferta de un 5%. Factores políticos han limitado la implementación de proyectos hidroeléctricos y el desarrollo de investigaciones acerca de energías renovables no convencionales, acerca de las cuales hay muy poco conocimiento lo que ubica al Ecuador atrasado en este tema en el ámbito mundial.

A continuación se tratará acerca de la implementación y evolución de las energías renovables no convencionales en el Ecuador y otros países del mundo. Este estudio abarcará estadísticas de su desarrollo y una comparación de la situación ecuatoriana con la de otros países.

Es importante indicar que aunque el Ecuador posee un gran caudal de recursos renovables, únicamente se han desarrollado proyectos hídricos. Históricamente, INECEL (Instituto Ecuatoriano de Electrificación) inició los trabajos para desarrollar centrales en todo el país para generar electricidad utilizando la fuerza hidráulica de los ríos ecuatorianos, se obtuvo información que permitió realizar los estudios respectivos y el levantamiento de inventarios de recursos disponibles. Algunos proyectos fueron realizados y otros adicionales fueron planificados y no se construyeron en esa oportunidad y actualmente algunos han sido reiniciados y están siendo ejecutados. Nótese que este desarrollo incluye únicamente los recursos hidráulicos.

Gracias a los ingresos producidos por el petróleo se ejecutaron grandes centrales hidroeléctricas. De acuerdo al Boletín Estadístico del Sector Eléctrico Ecuatoriano correspondiente al año 2011, presentado por el CONELEC (Consejo Nacional de Electricidad) en noviembre de 2012, en la Tabla 1.3, página 40, la energía renovable hidráulica alcanzó en ese año los 2.234,41 MW, que representa el 44.55% de la capacidad

total instalada, mientras que la energía solar aparece con un aporte del 0,05 MW (0 %), la eólica con 2,40 MW (0,05%) y la Térmica Turbovapor 101,30 MW (2,02 %) que corresponde a la generación cuyo combustible es la Biomasa (Bagazo de caña), dando un total para las energías renovables de 2.338,16 o se 46,61% de la capacidad total instalada. (CONELEC, 2012)

Nótese los bajos porcentajes que representan las restantes energías renovables, mostrando el poco desarrollo de las mismas en el Ecuador, se pueden anotar como singularidades los casos de la Central Eólica Galápagos, ubicada en la Isla de San Cristóbal que inició sus operaciones el 1 de Octubre de 2007 con una potencia instalada de 2,4 MW y una energía media estimada de 3,20 GWh/año, la producción de biomasa en los ingenios de azúcar y los escasos sistemas fotovoltaicos que se han instalado en nuestro país en poblaciones rurales sin acceso al SNI (Sistema Nacional Interconectado). A lo indicado hay que añadir la Central Eólica Villonaco en Loja que entró en operación el 2 de enero de 2014 generando 16,5 MW.

2.1.1 Generación Renovable Existente

En el numeral anterior se detallaron las cifras que presenta el CONELEC en su Boletín Estadístico del Sector Eléctrico Ecuatoriano correspondiente al año 2011, de la producción eléctrica con energías renovables respecto de la generación total: hídrica 44,55%, biomasa 2,02%, eólica 0,05% y solar 0.0%. (CONELEC, 2012)

En la figura 2.1 se presenta porcentualmente la potencia efectiva por tipo de central, notándose que las de mayor incidencia son las termoeléctricas que en conjunto alcanzan el 54,33 % del total de la potencia efectiva, en tanto que las centrales hidráulicas el 45,62 %. La energía obtenida de la biomasa está incluida en las cantidades consideradas como energía térmica en razón del tipo de maquinaria usada para producir energía eléctrica de este tipo. Las energías renovables aportan en su conjunto 2.303,02 MW de potencia efectiva que corresponde al 49,53% de la potencia efectiva total [Datos de la Tabla 1.5 Página 44 de (CONELEC, 2012)]. Los datos anotados se presentan en la tabla 2.1.

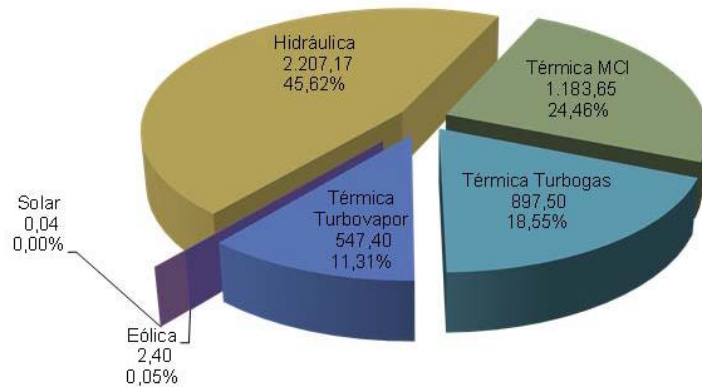


Figura 2.1 Potencia efectiva por Tipo de Central [MW]

Fuente: (CONELEC, 2012)

Tipo de energía	Tipo de Central	Potencia Nominal		Potencia Efectiva	
		MW	%	MW	%
Renovable	Hidráulica	2.234,41	44,55	2.207,17	47,47
	Térmica Turbovapor (1)	101,30	2,02	93,40	2,01
	Eólica	2,40	0,05	2,40	0,05
	Solar	0,05	0,00	0,05	0,00
Total Renovable		2.338,16	46,61	2.303,02	49,53
No Renovable	Térmica MCI	1.379,94	27,51	1.119,44	24,07
	Térmica Turbogas	839,94	16,75	773,50	16,63
	Térmica Turbovapor	458,00	9,13	454,00	9,76
Total No Renovable		2.677,87	53,39	2.346,94	50,47
Total general		5.016,03	100,00	4.649,96	100,00

Tabla 2.1 Potencia por tipo de energía y tipo de central

Fuente: (CONELEC, 2012)

La potencia efectiva de los sistemas incorporados y no incorporados al SNI se muestra en la figura 2.2.

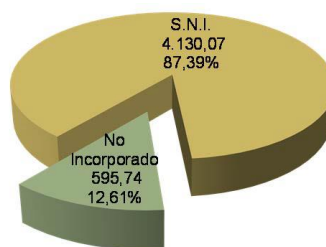


Figura 2.2 Potencia efectiva por Sistema [MW]

Fuente: (CONELEC, 2012)

En la tabla 2.2 se muestra la infraestructura existente en generación hidroeléctrica y renovable no convencional en el Ecuador al año 2012.

Tabla 2.2 Infraestructura existente en generación hidroeléctrica y renovable no convencional, año 2012

Fuente: (CONELEC, 2013)

No.	Empresa	Central	Unidades	MW	Energía media (GWh/año)	Factor de Planta (%)
1	CELEC EP HIDROPAUTE	PAUTE	10	1.100	5.865,0	62,28
2	CELEC EP HIDROAGOYÁN	SAN FRANCISCO	2	216	914,00	45,30
3	CELEC EP HIDRONACIÓN	DAULE PERIPA	3	213	1.050	56,30
4	CELEC EP HIDROPAUTE	MAZAR	2	163	908,40	61,00
5	CELEC EP HIDROAGOYÁN	AGOYÁN	2	156	1.010	73,90
6	CELEC EP HIDROAGOYÁN	PUCARÁ	2	73	149,40	23,40
7	E.E. QUITO	CUMBAYÁ	4	40	181,09	52,40
8	HIDROABANICO	HIDROABANICO	5	37,5	325,00	97,70
9	E.E. QUITO	NAYÓN	2	29,7	151,14	58,90
10	ELECAUSTRO	OCAÑA	2	26	203,00	89,00
11	ELECAUSTRO	SAUCAY	4	24	141,42	68,20
12	E.E. QUITO	GUANGOPOLO	6	20,92	86,40	47,80
13	ENERMAX	CALOPE	2	18	90,00	62,50
14	HIDROSIBIMBE	SIBIMBE	1	15	89,25	63,70
15	EMAAP-Q	RECUPERADORA	1	14,5	102,60	81,90
16	ELECAUSTRO	SAYMIRIN	6	14,4	96,26	77,20
17	E.E. RIOBAMBA	ALAO	4	10	69,12	80,00
18	E.E. COTOPAXI	ILLUCHI 1-2	6	9,2	47,69	60,00
19	EMAAP-Q	EL CÁRMEN	1	8,2	36,77	51,90
20	E.E. NORTE	AMBI	2	8	34,56	50,00
21	ECOLUZ	PAPALLACTA	2	6,2	23,62	44,10
22	MANAGENERACIÓN	ESPERANZA	1	6	19,00	-
23	LA INTERNACIONAL	VINDOBONA	3	5,86	32,66	64,50
24	E.E. QUITO	PASOCHOA	2	4,5	24,03	61,80
25	MANAGENERACIÓN	POZA HONDA	1	3	16,00	-
26	E.E. RIOBAMBA	RÍO BLANCO	1	3	18,09	69,80
27	PERLABÍ	PERLABÍ	1	2,46	13,09	61,60
28	E.E. SUR	CARLOS MORA	3	2,4	17,00	82,00
29	ECOLUZ	LORETO	1	2,15	12,97	69,80
30	E.E. NORTE	BUENOS AIRES	1	1	7,00	80,00
31	HIDROSIBIMBE	CORAZÓN	1	0,98	7,62	90,00
32	-	Otras Menores	24	21,97	94,91	50,00
		Total	108	2.256	11.837	

No	Empresa	Central (ERNC)	Unidades	Potencia Efectiva (MW)	Energía Media (GWh/año)
1	ECOLECTRIC	ECOLECTRIC	3	35,20	110,84
2	SAN CARLOS	SAN CARLOS	4	30,60	87,72
3	ECUDOS	ECUDOS A - G	4	27,60	97,80
4	GENSUR	VILLONACO	11	16,50	-
		Total	22	109.90	296,35

ERNC: Energía Renovable No Convencional

Actualmente el gobierno nacional está impulsando el desarrollo de estudios, diseños y construcción de centrales hidroeléctricas como Sopladora, Mazar, Toachi-Pilatón, Coca-Codo-Sinclair, Minas del Río Jubones, La Unión, Ocaña, entre otras, en la tabla 2.3 se presentan los proyectos del plan de expansión de generación 2013-2022 en Ecuador.

Tabla 2.3 Plan de expansión de generación 2013-2022

Fuente: (CONELEC, 2013)

Proyecto/Central	Empresa/Institución	Tipo	Potencia (MW)
Villonaco	CELEC EP - Gensur	Eólico	16,5
Baba	Hidrolitoral EP	Hidroeléctrico	42,0
Isimanchi	EERSSA	Hidroeléctrico	2,3
San José del Tambo	Hidrotambo S.A.	Hidroeléctrico	8,0
Guangopolo II (50 MW)	CELEC - EP	Termoeléctrico	50,0
Mazar-Dudas	CELEC EP - Hidrozogues	Hidroeléctrico	21,0
Esmeraldas II	CELEC EP - Termoesmeraldas	Termoeléctrico	96,0
Saymirín V	Elecaastro S.A.	Hidroeléctrico	7,0
Proyectos solares fotovoltaicos y de Otras fuentes de ERNC	Varias empresas	ERNC	200,0
Chorrillos	Hidrozamora EP	Hidroeléctrico	4,0
Topo	Pemaf Cía. Ltda	Hidroeléctrico	29,2
Victoria	Hidrovictoria S.A.	Hidroeléctrico	10,0
San José de Minas	San José de Minas S.A.	Hidroeléctrico	6,0
Manduriacu	CELEC EP - Enemorte	Hidroeléctrico	60,0
Machala Gas 3ra. Unidad	CELEC EP - Termogas Machala	Termoeléctrico	70,0
Generación Térmica	CELEC - EP	Termoeléctrico	150,0
Paute - Sopladora	CELEC EP - Hidropaute	Hidroeléctrico	487,0
Toachi - Pilatón	Hidrotoapi EP	Hidroeléctrico	253,0
San Bartolo	Hidrosanbartolo	Hidroeléctrico	48,1
Machala Gas Ciclo Combinado	CELEC EP - Termogas Machala	Termoeléctrico	100,0
Delsi Tanisagua	CELEC EP - Gensur	Hidroeléctrico	116,0
Quijos	CELEC EP - Enemorte	Hidroeléctrico	50,0
Minas - San Francisco	CELEC EP - Enerjubones	Hidroeléctrico	276,0
Coca Codo Sinclair	CocaSinclair EP	Hidroeléctrico	1.500,0
Soldados Minas Yanuncay	Elecaastro S.A	Hidroeléctrico	27,8
La Merced de Jondachi	CELEC EP - Termopichincha	Hidroeléctrico	18,7
Santa Cruz	Hidroacruz S.A.	Hidroeléctrico	129,0
Tigre	Hidroequinoccio EP	Hidroeléctrico	80,0
Due	Hidroalto S.A.	Hidroeléctrico	49,7
Térmica Gas Ciclo Simple I	CELEC - EP	Termoeléctrico	250,0
Térmica Gas Ciclo Combinado I	CELEC - EP	Termoeléctrico	125,0

Sabanilla	Hidrelgen S.A.	Hidroeléctrico	30,0
Chontal - Chirapi	CELEC EP - Enemorte	Hidroeléctrico	351,0
Paute - Cardenillo	CELEC EP - Hidropaute	Hidroeléctrico	564,0
		Total	5.227

A pesar de que todos los proyectos indicados en la tabla 2.3 producen energía renovable, tendrán consecuencias en el ambiente, especialmente al construirse represas, será necesario inundar el área por el embalse, lo cual afectará ecológicamente al sector. Además hay que considerar el alto precio de construcción de estas obras y el tiempo que tardará su edificación, el cual podría ser de unos cuatro años. Por lo indicado, podría pensarse en la implementación de centrales hidroeléctricas pequeñas como solución a corto plazo, las cuales son de menor costo y tiempo de construcción. Considerando que estas no requieren una represa no afectarían la ecología de la zona. En el Ecuador existen una serie de centrales de este tipo, de las cuales algunas aun funcionan y otras están fuera de servicio, es claro que se presenta como una buena alternativa modernizar y repontenciar estas centrales pequeñas, incluyendo las que no están en servicio para que vuelvan a funcionar, esto significaría un aporte adicional a la generación eléctrica hídrica.

La energía obtenida de la biomasa empleando el bagazo de la caña de azúcar, se ha convertido en la segunda fuente de energía renovable en nuestro país y actualmente la potencia instalada de este tipo es de 101,3 MW. Hace más de diez años que los ingenios azucareros lo usan para producir energía eléctrica para su propio consumo, esta producción ha crecido hasta los niveles ya indicados. En este tipo de producción de energía, el bagazo de la caña se usa para reemplazar los combustibles fósiles empleados en las centrales térmicas. El uso de otros materiales para la biomasa diferentes al bagazo de la caña es mínimo.

La pirolisis y gasificación son opciones frente a la combustión convencional y aparecen como una nueva alternativa de generación en Ecuador. La pirolisis es la descomposición térmica de materia orgánica en ausencia de oxígeno u otros agentes gasificantes, generándose cantidades variables de gases (gas de síntesis), líquidos (alquitranes y aceites) y residuo carbonoso. (Cuevas)

En esta técnica se emplea un reactor o pirolizador en el que se aplica una temperatura de unos 1000° C para que la biomasa se gasifique, el gas producido se purifica y se inyecta en un motor de combustión interna conectado a un generador. Este proceso utiliza biomasa residual, es decir materiales como el hueso de palma africana, nuez de macadamia, cascarilla de arroz, cascara de café, etc. El INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias) tiene una planta de investigación de esta clase en la Estación Experimental Santo Domingo y produce 30 KW, es una planta piloto de biocombustibles, desarrollada por la CIE (Corporación para la Investigación Energética) con un financiamiento parcial de SENACYT (Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación) a partir del 2007, siendo la única planta de este tipo en el Ecuador, tiene una sección de gasificación por pirolisis de residuos de biomasa que produce gas de síntesis con propósitos energéticos. El reactor está conectado a través de varios filtros a un motor de combustión interna que, con un generador eléctrico, puede producir hasta 30 kVA. (CIE, 2014)

Otra técnica que está teniendo mucha aceptación en nuestro país es el uso de “biodigestores”, los que utilizan los restos sólidos para producir abono orgánico y gas, el cual puede usarse para generar electricidad, algo que aún no se ejecuta pero se realizan investigaciones al respecto.

En cuanto a producción de energía eólica, como ya se indicó anteriormente, en el año 2007 inició sus operaciones la Central Eólica Galápagos, ubicada en la Isla de San con una potencia instalada de 2,4 MW y una energía media estimada de 3,20 GWh/año, y en enero de 2014 entró en funcionamiento la Central Eólica Villonaco en Loja generando 16,5 MW.

Hay pocos sistemas instalados para producción fotovoltaica de electricidad, estos están en poblaciones alejadas de las redes de distribución eléctrica. De acuerdo a información del CONELEC, en el Ecuador hay una potencia instalada de 20 KW de este tipo de energía en la actualidad.

Otros tipos de energías como la geotérmica, calórica, undimotriz, mareomotérmica o mareomotriz no han sido desarrolladas en nuestro país en incluso hay muy poco conocimiento acerca de ellas.

2.2 Antecedentes en otros países del mundo

Las investigaciones de las energías renovables no convencionales se incrementaron por la situación en los países luego de la segunda guerra mundial. El desarrollo de las investigaciones también fue influido por el alza en el precio de los combustibles, el cual dependía del precio del barril de petróleo puesto que son derivados de él y estos eran utilizados en las centrales termoeléctricas para producir electricidad. Esta dependencia hacía que las investigaciones se suspendan o disminuyan cuando los precios de los combustibles bajaban y se normalizaban, esto impedía un constante desarrollo de los estudios relacionados con las energías renovables no convencionales.

A fines del siglo pasado los países más desarrollados empiezan a invertir en investigaciones relacionadas con el desarrollo de tecnologías para la producción de electricidad a partir de las energías renovables no convencionales, esto permitió la evolución de las técnicas para producir energía eléctrica a partir de los recursos naturales, alcanzando niveles de eficiencia aceptables y acrecentando la capacidad de producción. Es claro que los recursos naturales energéticos son diferentes de un lugar a otro, de esta manera la producción de electricidad con energías renovables depende de los recursos que cada región posea. La demanda energética obliga a algunos países a incrementar sus esfuerzos para desarrollar mejores técnicas de producción de electricidad. Por eso los países del primer mundo están adelantados en lo referente a las energías renovables no convencionales. Por ejemplo en Europa, donde los recursos naturales convencionales ya fueron completamente utilizados forzándolos a investigar fuentes renovables no tradicionales para producir electricidad. Una solución temporal fueron las centrales de generación térmica pero el precio de los combustibles impidió que cubran su demanda con estos sistemas.

Adicionalmente la preocupación mundial por el calentamiento atmosférico causado por la contaminación obliga a reducir la producción de monóxido de carbono, para esto es necesario sustituir en la medida de lo posible los combustibles fósiles y emplear en su lugar energías renovables. En este sentido la primera etapa consistió en identificar las fuentes de recursos naturales existentes, caracterizar sus potenciales y de acuerdo a la información recopilada iniciar la investigación de tecnologías para generar energía con estos recursos.

REN21 es una publicación del “Reporte del estatus mundial de energías renovables 2013 (*Renewables 2013 Global Status Report*)” que incluye las “Tendencias mundiales de la inversión en energías renovables 2013 (*Global Trends in Renewable Energy Investment 2013*)” de Frankfurt School-PNUMA/BNEF, su última edición se publicó el 12 de junio de 2013 y en ella se establece que “la demanda mundial de energías renovables continuó aumentando durante el 2011 y 2012, suministrando aproximadamente un 19% del consumo de energía en el 2011 (datos más recientes). Un poco menos de la mitad fue suministrada a través de fuentes de energía de biomasa tradicional”, nótese el impulso que se está dando a estas tecnologías, esto ocurre principalmente en los países desarrollados, como se observa en la tabla 2.4 por los países que encabezan cada uno de los listados elaborados por esta publicación que indica que en energías renovables las inversiones mundiales alcanzan los \$244 mil millones en el 2012 aunque también señala que se observa un movimiento geográfico hacia países en vía de desarrollo, lo cual es alentador para nuestros países. (REN21, 2013)

Tabla 2.4 Inversiones y capacidad en el año 2012

Fuente: (REN21, 2013)

Inversiones anuales/incrementos/producción en 2012

	Inversión en nueva capacidad	Capacidad en Hidroenergía	Capacidad solar fotovoltaica	Capacidad eólica	Capacidad de calentadores solares de agua	Producción de biodiesel	Producción de etanol
1	China	China	Alemania	USA	China	USA	USA
2	USA	Turquía	Italia	China	Turquía	Argentina	Brasil
3	Alemania	Brasil/Vietnam	China	Alemania	Alemania	Alemania/Brasil	China
4	Japón	Rusia	USA	India	India	Francia	Canadá

5	Italia	Canadá	Japón	Reino Unido	Brasil	Indonesia	Francia
---	--------	--------	-------	-------------	--------	-----------	---------

Capacidad total a fines de 2012

	Energía renovable (Inc. Hidro)	Energía renovable (No inc. Hidro)	Energía renovable per cápita (No inc. Hidro)	Bio-energía	Energía Geotérmica	Hidroenergía	Energía térmica solar (CSP)
1	China	China	Alemania	USA	USA	China	España
2	USA	USA	Suecia	Brasil	Filipinas	Brasil	USA
3	Brasil	Alemania	España	China	Indonesia	USA	Argelia
4	Canadá	España	Italia	Alemania	México	Canadá	Egipto/Marruecos
5	Alemania	Italia	Canadá	Suecia	Italia	Rusia	Australia

	Solar Fotovoltaica	Solar Fotovoltaica per cápita	Energía eólica	Calentadores solares de agua	Calentadores solares de agua per cápita	Capacidad calórica geotermal	Uso directo de calor geotermal
1	Alemania	Alemania	China	China	Chipre	USA	China
2	Italia	Italia	USA	Alemania	Israel	China	USA
3	USA	Bélgica	Alemania	Turquía	Austria	Suecia	Suecia
4	China	República Checa	España	Brasil	Barbados	Alemania	Turquía
5	Japón	Grecia	India	India	Grecia	Japón	Japón/Islandia

2.3 Producción de energía renovable

En lo relacionado a políticas para el progreso de las energías renovables no convencionales han mejorado mucho a nivel mundial en las dos últimas décadas, lográndose reemplazar gran cantidad de la energía que era generada con combustibles fósiles. Se espera que estas tecnologías alcancen un desarrollo que permita que tales energías reemplacen al petróleo, ya que se considera que existen suficientes recursos renovables aprovechables para suplir la demanda energética mundial. Es importante subrayar que como se vio en la tabla 2.4, ya aparecen países latinoamericanos entre los cinco primeros países en algunos indicadores considerados por la publicación citada, la cual señala que se observa una tendencia continua de crecimiento en países en vía de desarrollo, con inversiones que superan 112 mil millones de dólares americanos, mientras

que en los países desarrollados las inversiones totalizaron 132 mil millones de dólares americanos una diferencia de solo 18%. (REN21, 2013)

En términos de capacidad para generar energía eléctrica, el año 2012 nuevamente marcó un récord, con 115 GW de energía renovable instalada a nivel mundial, lo que corresponde a un poco más de la mitad del total de la energía adicional neta. Dos tercios de los 138 países que han introducido objetivos o políticas de energías renovables se encuentran en el mundo en vía de desarrollo.

2.3.1 Generación de energía eólica

Durante el año 2012, casi 45 GW de energía eólica empezaron a operar, incrementando la capacidad global 19% a casi 283 GW. En la tabla 2.4 mostrada anteriormente, en esta categoría el primer lugar en el mercado lo ocupa Estados Unidos (USA), seguido de China, India, Alemania y el Reino Unido. La figura 2.3 muestra la evolución de la capacidad global de energía eólica en GW entre los años 1996 y 2012

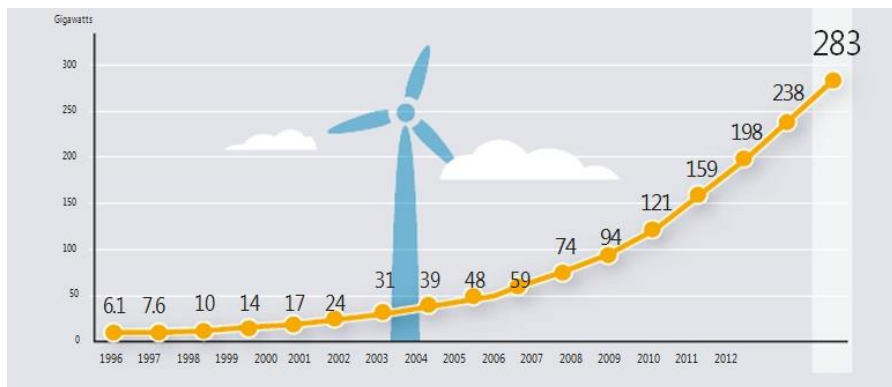


Figura 2.3 Capacidad global de energía eólica 1996-2012

Fuente: (REN21, 2013)

La capacidad de energía eólica y sus incrementos durante el año 2012 en los diez primeros países se muestra en la figura 2.4.

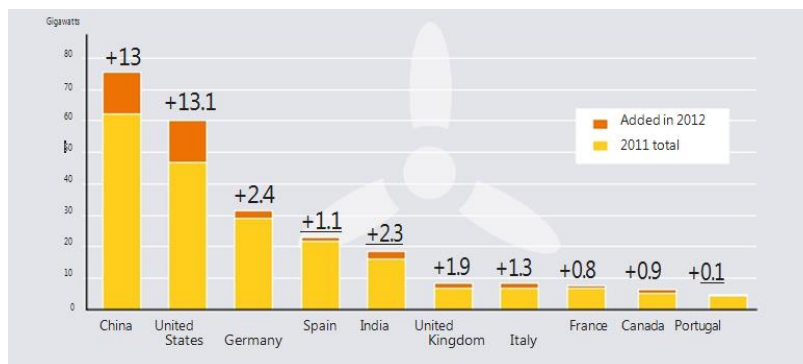


Figura 2.4 Capacidad de energía eólica y sus incrementos 1996-2012

Fuente: (REN21, 2013)

La distribución en el mercado de los diez principales fabricantes de turbinas de viento en el año 2012 aparece en la figura 2.5.

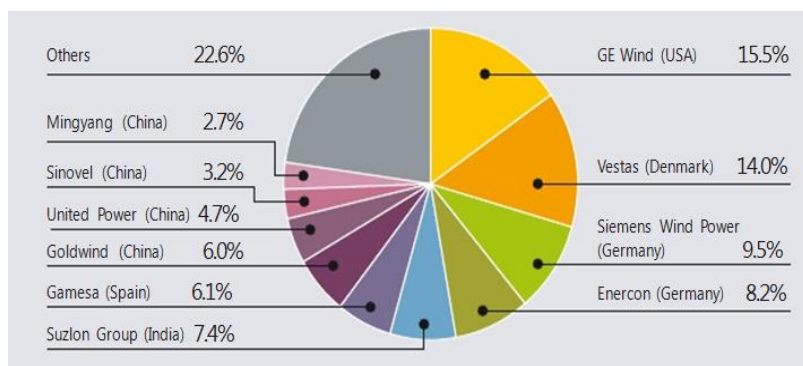


Figura 2.5 Distribución en el mercado de los diez principales fabricantes de turbinas de viento en el año 2012

Fuente: (REN21, 2013)

2.3.2 Generación de energía hidráulica

Se estima que unos 30 GW de nueva capacidad de nueva capacidad hidráulica se incrementaron en 2012, con lo que el crecimiento de la capacidad global instalada es de aproximadamente 3% para un estimado de 990 GW. Los diez principales países que encabezan la lista de esta categoría son: China, Brasil, Estados Unidos (USA), Canadá y Rusia, que juntos alcanzan el 52% de la capacidad total instalada (Figura 2.6). En la

clasificación por generación, aparece el mismo orden, excepto que Canadá supera a USA. Globalmente, la hidroenergía generada se estima en 3,700 TWh de electricidad durante el 2012, esta cifra incluye aproximadamente 864 TWh en China, seguida por Brasil (441 TWh), Canadá (376 TWh), USA (277 TWh), Rusia (155 TWh), Noruega (143 TWh) e India (menos de 116 TWh) (Figura 2.7).

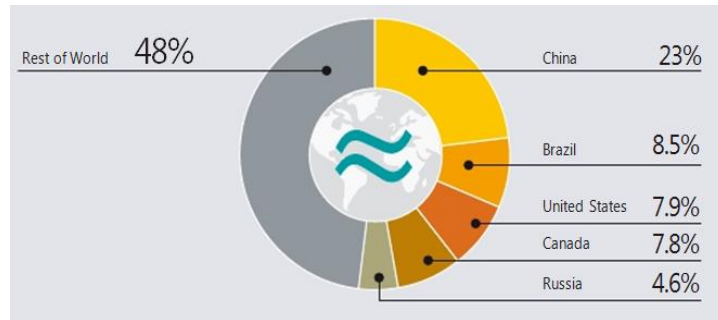


Figura 2.6 Distribución de la capacidad global de energía hidráulica en el 2012

Fuente: (REN21, 2013)

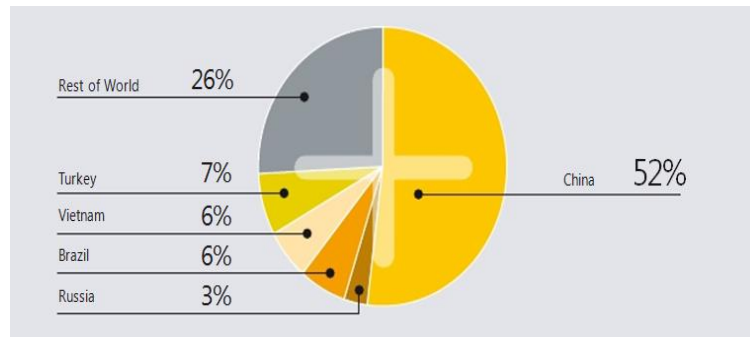


Figura 2.7 Incrementos de la capacidad global de energía hidráulica en el 2012

Fuente: (REN21, 2013)

De acuerdo a OLADE el 22,7% del potencial hidroeléctrico mundial está en América Latina, es decir que hay un gran potencial hídrico en el continente americano para impulsar la construcción de centrales hidroeléctricas, especialmente pequeñas por el corto tiempo de implementación y el bajo impacto ambiental.

2.3.3 Generación de energía de la Biomasa

El uso de la biomasa para proveer modernos servicios energéticos ha continuado incrementándose en los sectores de la construcción, industria, y transporte a los usuarios en los últimos años. Además de ser una fuente alimenticia, de fibra y materia prima para el ganado, también lo es para la producción de materiales y químicos, la biomasa está sobre el 10% del suministro de energía global primaria y es la cuarta fuente mundial más grande de energía, después del aceite, carbón y gas natural.

La Biomasa usada para propósitos energéticos se deriva de algunas fuentes: residuos de los bosques, procesamiento de madera, y cultivos alimenticios son las dominantes. Cultivos energéticos de rotación corta, que se cultiva en las tierras agrícolas específicamente con fines energéticos corrientemente proveen aproximadamente el 3 o 4% de los recursos de la biomasa total consumida anualmente. El área total de tierra usada para cultivos bioenergéticos es difícil de cuantificar por falta de datos, además, algunos cultivos energéticos se producen para usos no energéticos. Por ejemplo, el volumen de producción de etanol de la caña de azúcar fluctúa con el precio de mercado de los productos básicos de azúcar y en el caso del aceite de palma, solo alrededor del 15% de la producción total es usada para biodiesel.

La producción de material prima de biomasa y su conversión a energía útil tiene variaciones por los impactos ambientales y socioeconómicos que dependen de un número de factores igual que otras energías renovables. La sostenibilidad de la producción de biomasa, el cambio de uso de la tierra asociado, la competencia de la materia prima, las restricciones de negociación, y el impacto de los biocombustibles producidos de cultivos de alimentos tales como el maíz, permanecen en revisión y podría afectar el futuro de la demanda. La producción de etanol en los Estados Unidos, por ejemplo consume aproximadamente el 10% de la producción anual global de maíz, levantando preocupaciones sobre su impacto en el suministro de alimentos. Por esta razón, el sector bioenergético es relativamente complejo porque hay muchas formas de recursos de biomasa, diversos combustibles sólidos, líquidos y vectores bioenergéticos gaseosos y

numerosas rutas posibles para su conversión a servicios de energía útil. En la figura 2.7 se muestra el promedio anual de generación de biodiesel para el periodo 2010-2012 y la figura 2.8 la producción global de etanol y biodiesel para el periodo 2000-2012.

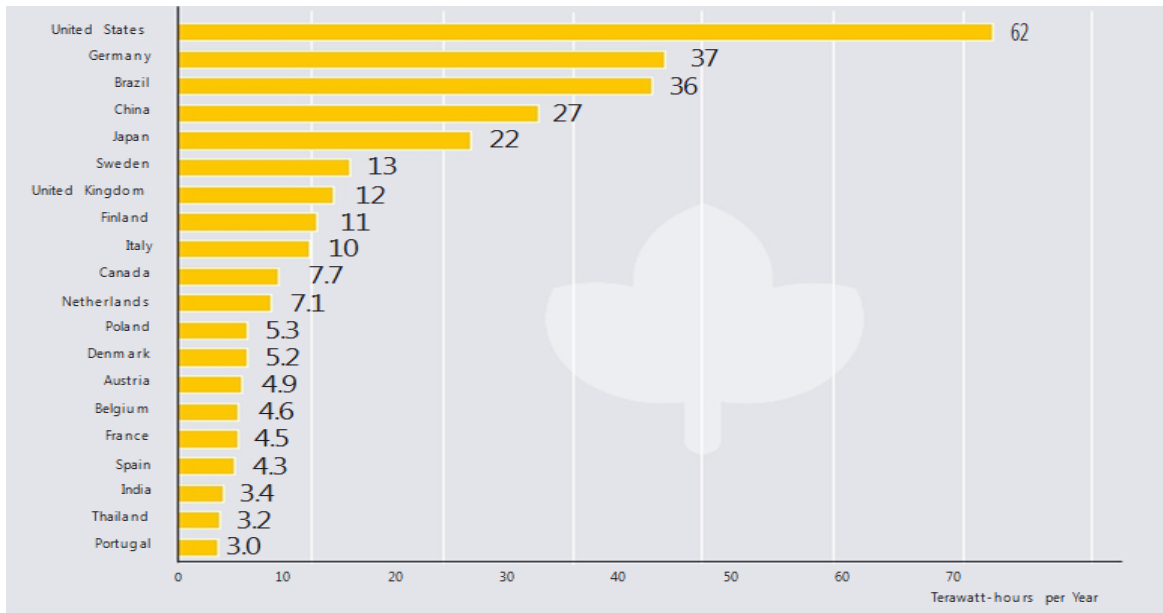


Figura 2.8 Promedio anual de generación de biodiesel para el periodo 2010-2012

Fuente: (REN21, 2013)



Figura 2.9 Producción global de etanol y biodiesel para el periodo 2000-2012

Fuente: (REN21, 2013)

2.3.4 Generación de Energía Solar Fotovoltaica

El mercado de la energía solar fotovoltaica tuvo en el 2012 otro año fuerte con una capacidad total de operación global alcanzando los 100 GW. Este mercado fue bastante estable en relación con el año 2011, con una capacidad algo menor, pero probablemente mayores niveles de entrega y los más de 29.4 GW incrementados representan casi un tercio de la capacidad global total en operación a finales de año. La cuota de mercado de película delgada se redujo de 15% en 2011 al 13% en 2012. Ocho países añadieron más de 1 GW de energía solar fotovoltaica para sus redes en 2012, y la distribución de las nuevas instalaciones continuó ampliándose. Los líderes del mercado, Alemania, Italia, China, USA y Japón, lo fueron también en la categoría de capacidad total. Los líderes de energía solar fotovoltaica por habitante fueron Alemania, Italia, Bélgica, República Checa, Grecia y Australia. Se considera que este es el tipo de energía renovable no convencional que ha tenido la mayor evolución tecnológica en los últimos años, lo que permitió incrementar su capacidad en los últimos diez años en aproximadamente seis veces. La figura 2.9 muestra la variación de la capacidad global de energía solar fotovoltaica entre los años 1995-2012. De la misma manera la figura 2.10 presenta la distribución de la capacidad global de energía solar fotovoltaica en el 2012 entre los diez primeros países de la lista.

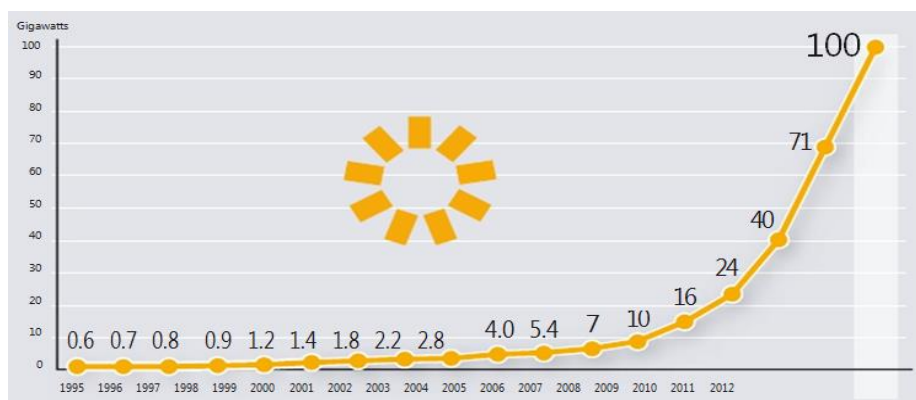


Figura 2.10 Capacidad global de energía solar fotovoltaica para el periodo 1995-2012

Fuente: (REN21, 2013)

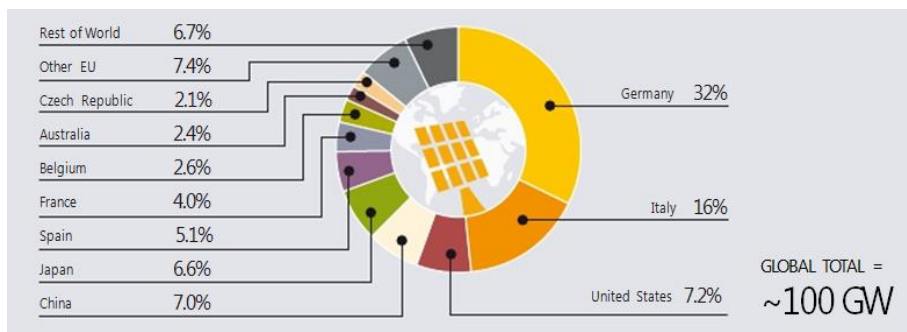


Figura 2.11 Distribución de la capacidad global de energía solar fotovoltaica en el 2012

Fuente: (REN21, 2013)

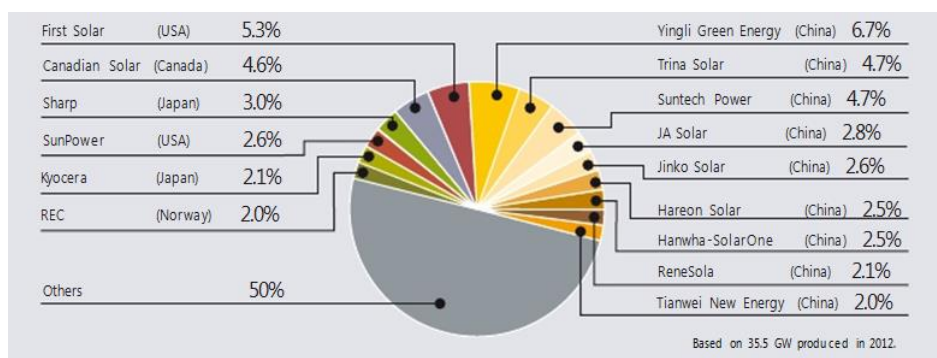


Figura 2.12 Distribución del mercado de fabricantes de módulos solares fotovoltaicos en el 2012

Fuente: (REN21, 2013)

2.3.5 Generación de Energía por Concentración Térmica Solar, *concentrating solar thermal power (CSP)*.

El mercado de Energía por Concentración Térmica Solar (CSP) continuó avanzando en el año 2012, con una capacidad global total superior al 60% aproximadamente 2,550 MW. El mercado se duplicó con relación al 2011. Desde finales del 2007 hasta el 2012, la capacidad global total creció en una tasa promedio anual de aproximadamente el 43%.³ La artesa parabólica es la tecnología más madura y continua dominando el mercado representando aproximadamente 95% de los procesos en operación en el 2011 y el 75% de las plantas en construcción a mediados del 2012. Los receptores Torre/central se han

hecho más comunes y llegan al 18% de las plantas en construcción a mediados de año seguidas por Fresnel (6%) y la tecnología de discos parabólico, los cuales aún están en desarrollo. La figura 2.11 muestra el incremento de la capacidad global de la energía por concentración solar térmica en el periodo 1984-2012.

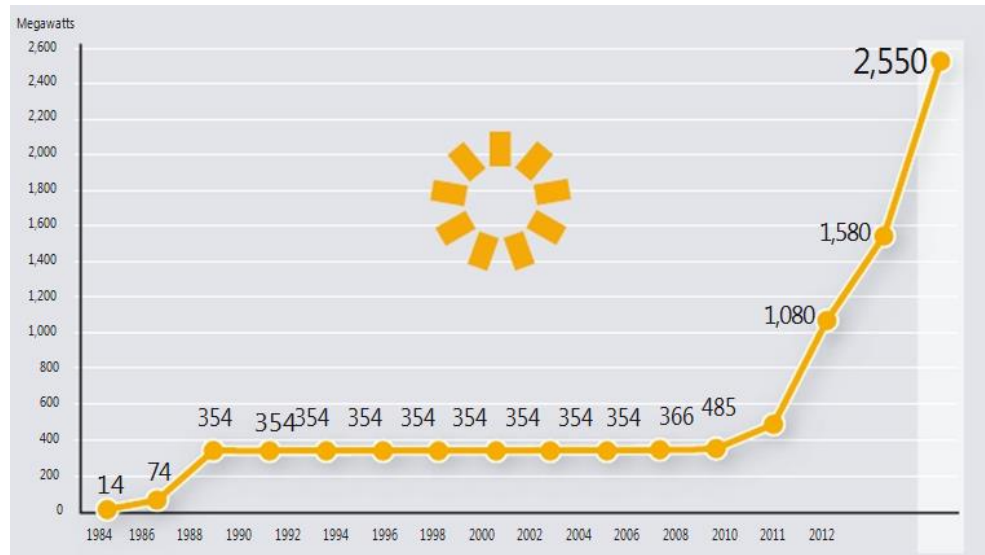


Figura 2.13 Capacidad global de la energía por concentración solar térmica 1984-2012.

Fuente: (REN21, 2013)

2.3.6 Generación de Energía Oceánica

Después de la introducción en el año 2011 de un proyecto energético de marea de 254 MW en Corea del Sur y otro mucho más pequeño de onda energética de 300 kW en España, otras nuevas capacidades pequeñas se añadieron en el 2012. La capacidad comercial de energía oceánica permaneció en aproximadamente 527 MW a finales de año.

La ausencia de nuevos proyectos grandes de implementaciones comerciales debe ser considerada en el contexto de esta industria que aún es relativamente nueva. Hay numerosas demostraciones de proyectos en el campo o que pronto serán desarrollados, especialmente en el Reino Unido. La marcha lenta pero estable de la energía oceánica

hacia proyectos comerciales es vista como positiva y particularmente prometedoras a corto plazo para la tecnología de energía de las mareas.

2.3.7 Generación de Calefacción Solar Térmica

La tecnología Solar Térmica contribuye significativamente en la producción de agua caliente en muchos países y se incrementa para la calefacción de locales y refrigeración, así como en los procesos industriales. En el año 2011, el mundo incrementó aproximadamente

51 GWth (Gigawatt térmico), más de 72 millones de m² de capacidad de calor solar, llegando a fin de año a un total de 247 GWth. Se ha que estimado 49 GWth (menos del 96%) del mercado era de sistemas de agua vidriados y el resto eran no vidriados para calentamiento de piscinas, además como sistemas colectores de aire vidriados y no vidriados. La gran mayoría de capacidad de calor solar de todos los tipos está en China y Europa, juntos poseen más del 90% del mercado mundial y el 81% de la capacidad total en el 2011. Los principales países con la capacidad total en operación estaban en China, USA, Alemania, Turquía y Brasil. China se enfoca en los colectores de agua de evacuados por tubo (vidriado), mientras que la mayoría de sistemas en USA usados en colectores de agua para calentamiento de piscinas eran no vidriados. Los únicos mercados restantes del informe de los colectores de agua sin esmaltar son Australia y menos extendido Brasil, otros mercados claves dependen principalmente de la tecnología de colectores de agua de placa plana (vidriados).

Al final del año 2012, la capacidad global solar térmica en operación alcanza un estimado de 282 GWth. La capacidad global de colectores de agua vidriados llega a 255 GWth. China fué otra vez el principal país en demanda de energía térmica solar, incrementando 44.7 GWth, un incremento de mercado del 11% sobre la demanda del 2011. La capacidad total creció 18.6% (28.3 GWth), para llegar a 180.4 GWth, aproximadamente dos tercios de la capacidad global. En China, el costo de los calentadores solares es mucho menor en comparación con el tiempo de vida útil que los calentadores eléctricos o de gas, es otro factor que influye en el mercado.

En la figura 2.12 se presenta los incrementos en la capacidad global de calentamiento solar de agua y su distribución entre los doce países principales en el año 2011.

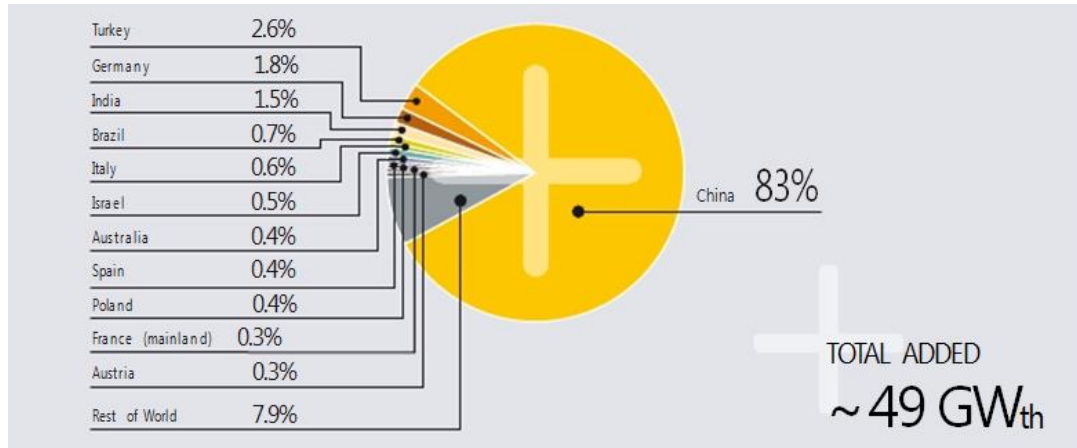


Figura 2.14 Incrementos en la capacidad global de calentamiento solar de agua 2011

Fuente: (REN21, 2013)

La figura 2.13 muestra la capacidad global de calentamiento solar de agua durante el periodo 2000 – 2012, observándose el continuo crecimiento de este indicador.

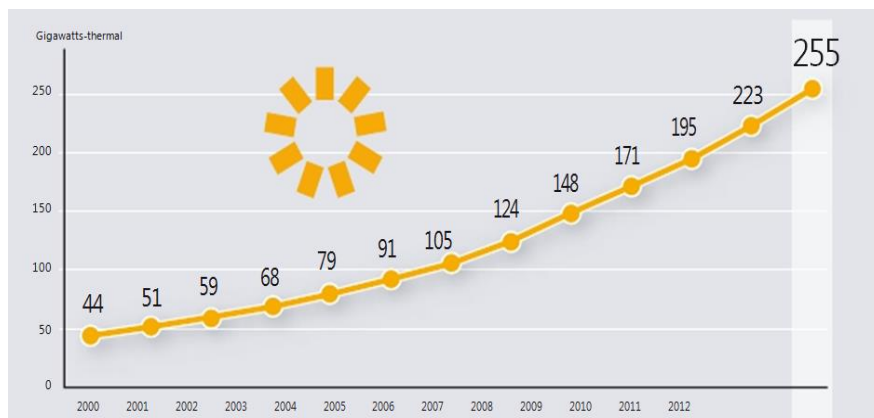


Figura 2.15 Capacidad global de calentamiento solar de agua periodo 2000 – 2012

Fuente: (REN21, 2013)

2.3.8 Generación de Energía Geotérmica

La energía geotérmica implica calor y energía, este recurso provee energía en forma de calor directo y electricidad, en el año 2012 llegó a un total estimado de 805 PJ (Peta Joule), es decir 223 TWh. Dos tercios de esta fue distribuida como calor directo, y el saldo remanente como electricidad. El uso Geotérmico directo continuó incrementándose globalmente durante el 2012. El uso directo se refiere a la extracción térmica directa para calentamiento y enfriamiento. Una sub-categoría del uso directo es la aplicación de bombas de calor geotérmicas (ground-source heat pumps: GHP), que usan electricidad para extraer algunas unidades de energía térmica de la tierra para cada unidad de energía eléctrica usada. Aunque hay datos limitados recientes disponibles del crecimiento del uso directo de la energía térmica, los resultados conocidos muestran un promedio anual de 10% desde el 2005 hasta el 2010, mucho de ese crecimiento se atribuye a las GHP, las cuales experimentaron un promedio anual de crecimiento del 20%. Asumiendo que esa tasa de crecimiento se ha mantenido en los dos últimos años, la capacidad global de calor geotérmico alcanza un estimado de 66 GWth in 2012, distribuyendo 548 PJ of heat.

Es considerada una de las tecnologías de mayor evolución en los últimos años, por eso se han construido grandes centrales en el mundo cuya producción es de algunos cientos de MW. En Latinoamérica se constituye en la energía renovable no convencional de más avance después de las pequeñas centrales hidráulicas. La generación de electricidad geotérmica, ocurre por la conversión cinética de vapor de temperatura alta o media, se estima que en 2012 alcanzó por lo menos 72 TWh la capacidad global de producción de electricidad geotérmica, lo que significa un crecimiento estimado de 300 MW durante el 2012, con incrementos en USA de 147 MW, Indonesia 110 MW, Nicaragua 36 MW, y Kenya 7.5 MW, produciendo así una capacidad global total estimada de 11.7 GW. Los países con las más grandes cantidades de capacidad de generación eléctrica geotérmica son: USA 3.4 GW, Filipinas 1.9 GW, Indonesia 1.3 GW, México 1.0 GW, Italia 0.9 GW, Nueva Zelanda 0.8 GW, Islandia 0.7 GW, y Japón 0.5 GW.

Los Estados Unidos incrementaron 147 MW su capacidad de generación geotérmica en el 2012, con lo que su capacidad total se incrementó un 5% para llegar a 3.4 GW, esto representa el segundo más alto incremento en capacidad de energía geotérmica en un año desde el 2005. Un caso particular fue la primera instalación combinada de generación solar fotovoltaica y geotérmica en la Planta de Energía Geotérmica Stillwater en Nevada. Esta planta híbrida fue reconocida por su mejora de la eficiencia térmica, la mejora de la estabilidad de la producción y el menor riesgo de inversión. Para el 2013, USA tenía 175 proyectos geotérmicos en desarrollo, lo cual representa más de 5.5 GW de potencia. Además del incremento de la capacidad en Nicaragua, otras noticias de Latinoamérica incluyen a El Salvador con una capacidad adicional de 90 MW y Chile que realiza exploraciones en varias áreas. Algunas islas en el Caribe planean empezar o incrementar el uso de energía geotérmica.

CAPITULO 3 ENERGIAS RENOVABLES EN EL ECUADOR

3.1 Descripción de los recursos naturales en el Ecuador

A continuación se describirán los recursos naturales de nuestro país enfatizando en aquellos que se pueden aprovechar para generar electricidad. Con los datos obtenidos se considerará el potencial de energía renovable y una valoración técnica de las mismas para producir electricidad. El Ecuador por su ubicación presenta tipologías particulares: está ubicado sobre la línea ecuatorial y atravesado por la Cordillera de los Andes y en el “cinturón de fuego del Pacífico”, contando con volcanes como el Tungurahua en constante actividad y otros potencialmente activos como el Cotopaxi, Reventador, Sangay, entre otros. Ya se explicó en el capítulo 1, los procesos que se producen en la salida del magma y las erupciones volcánicas, esta cordillera también divide al Ecuador en tres regiones geográficas denominadas Litoral o Costa, Interandina o Sierra y Amazonía u Oriente. Esto incide en la diversidad de climas que presenta nuestro país.

En la Cordillera de los Andes existen montañas nevadas donde nacen gran cantidad de ríos generando un alto potencial hídrico y una gran variedad de flora y fauna. Se encuentran en toda la extensión del país una exuberante vegetación, grandes sembríos y diversidad de productos, esto ha llevado a la agricultura a un gran protagonismo en la producción nacional. También esto ocurre en el mar, donde circulan corrientes cálidas y frías y se encuentra gran diversidad de especies marinas

En resumen, el Ecuador cuenta con una gran diversidad de recursos naturales y estos pueden aprovecharse para producir electricidad. A continuación se analizará ese potencial energético abundante, siendo hasta ahora el más utilizado el hidrográfico.

3.2. Recursos Hidrográficos

Ya se indicó que este es el recurso renovable más aprovechado, en razón del gran número de ríos de diverso caudal, capacidad y profundidad que tiene el país, los cuales

desembocan en el Océano Pacífico o en el río Amazonas, los que desembocan en esta segunda vertiente son los más caudalosos y constituyen casi el 73% del caudal hídrico ecuatoriano. Prácticamente todos los ríos nacen en la Sierra, región que presenta grandes desniveles por su sistema montañoso, de tal manera que los caudales de agua caen de forma abrupta, por lo que a esta región se la considera la de más potencial para generar electricidad a partir de los recursos hídricos.

INECEL (Instituto Ecuatoriano de Electrificación), entidad estatal ya desaparecida e INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología) han registrado diariamente con sus estaciones meteorológicas el caudal de la mayor parte de los ríos en Ecuador, así como las estadísticas mensuales de las precipitaciones que se producen. Estos datos permiten determinar la potencia aprovechable en cada río y establecer cuales tienen las características adecuadas producir electricidad. En el Ecuador hay 29 sistemas con 79 cuencas hidrográficas, de las cuales 22 desembocan en el Océano Pacífico cubriendo el 48% de la superficie (123.243 Km²) y 7 en el río Amazonas que cubren 51.41% (131.802 Km²). (Galárraga, 2004) (Ecuaworld) (Roldán, 2013)

Estudios de la OLADE indican que el potencial hidrográfico de nuestro país es de aproximadamente 22.520 MW. (OLADE, 1979). Al respecto, CONELEC en su Boletín estadístico del sector eléctrico ecuatoriano del 2011 presenta los datos que se incluyen en siguiente tabla 3.1 acerca de la potencia hidráulica instalada para servicio público en el periodo 2002-2011 para los países sudamericanos.

Tabla 3.1 Potencia hidráulica instalada para servicio público (MW)

Fuente: (CONELEC, 2012)

País	Potencia Hidráulica Instalada para servicio público (MW)									
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
BOLIVIA	459,20	415,69	436,99	436,99	460,99	461,38	416,38	461,48	461,58	458,36
URUGUAY	1.538,00	1.538,00	1.538,00	1.538,00	1.538,00	1.538,00	1.538,00	1.538,00	1.538,00	1.539,00
ECUADOR	1.668,66	1.702,76	1.702,72	1.719,73	1.731,40	1.959,72	1.992,82	2.018,71	2.203,22	2.157,69
PERU	2.917,60	2.946,82	2.969,06	3.119,20	3.126,00	3.145,14	3.152,04	3.183,13	3.344,80	3.359,33
CHILE	4.077,00	4.196,92	4.196,92	4.725,70	4.813,17	4.907,00	4.517,10	5.318,58	5.384,00	5.894,09
PARAGUAY	7.410,00	7.410,00	7.410,00	7.410,00	8.110,00	8.130,00	8.130,00	8.810,00	8.810,00	8.810,00
COLOMBIA	9.036,00	8.792,37	8.875,98	8.899,08	8.907,04	8.943,86	8.952,82	8.983,07	8.983,07	9.671,35
ARGENTINA	9.761,73	9.761,73	9.831,00	9.831,00	9.831,00	9.920,00	9.991,36	10.102,31	10.024,00	10.025,00
VENEZUELA	12.491,00	12.491,00	13.864,00	14.597,00	14.597,00	14.597,00	14.567,00	14.622,00	14.623,00	14.622,00
BRASIL	64.146,00	66.586,10	67.571,65	69.274,00	72.013,46	75.166,86	74.168,00	75.209,95	76.573,00	78.022,00

En la tabla 3.1 se observa que Ecuador se ubica en el tercer lugar con un crecimiento significativo de la energía hidráulica promedio del 3% en los diez años de análisis, habiéndose producido su mayor crecimiento en el 2010 en el cual ingresaron nuevos proyectos hidroeléctricos, en el 2011 decrece ligeramente debido a la salida de empresas como Manageración entre otras. (CONELEC, 2012)

La figura 3.1 muestra la potencia hidráulica instalada en los países sudamericanos en el año 2011, observándose que Venezuela encabeza los proyectos hidroeléctricos en Sudamérica, es importante acotar que a Brasil no se lo incluyó en este informe por su gran desarrollo en este aspecto.

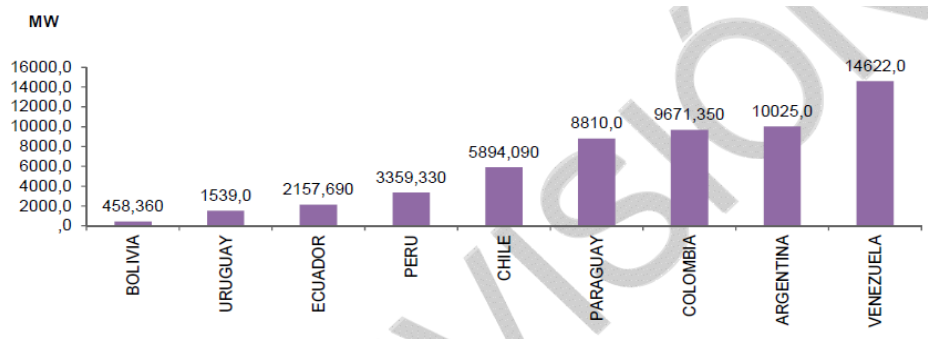


Figura 3.1 Potencia hidráulica instalada para servicio público en 2011

Fuente: (CONELEC, 2012)

En la tabla 3.2 se hace el mismo análisis notándose que la potencia hidráulica instalada de autogeneradores en el Ecuador creció del 2010 al 2011 y en la figura 3.2 se muestran datos de esa potencia instalada en el año 2011.

Tabla 3.2 Potencia hidráulica instalada de autogeneradores

Fuente: (CONELEC, 2012)

País	Potencia Hidráulica Instalada de Autogeneradores (MW)									
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
ARGENTINA	20.62	21.00	21.00	21.00	21.00	20.35	20.35	20.00	20.00	20.00
BOLIVIA	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.02	24.02	26.62	26.63	26.44
COLOMBIA	41.34	40.63	41.02	42.92	42.96	43.14	43.18	43.32	43.32	46.64
ECUADOR	32.97	30.82	29.97	44.43	70.09	97.69	39.74	40.26	39.19	85.72
PERU	78.87	85.49	86.81	87.86	88.00	88.46	89.99	89.99	92.81	93.54
BRASIL	1.165,00	1.205,70	1.427,00	1.583,00	1.724,24	1.775,00	3.339,00	3.401,05	4.064,00	4.436,00
CHILE	78,00	82,22	82,22	86,40	86,40	462,77	426,10	82,33	97,00	ND

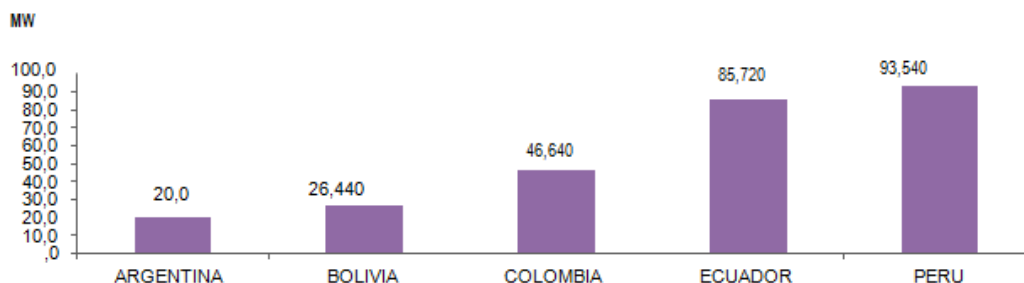


Figura 3.2 Potencia hidráulica instalada de autogeneradores año 2011

Fuente: (CONELEC, 2012)

Ya se indicó anteriormente la importancia y las ventajas que se derivan de la construcción de pequeñas centrales, no producen impacto ecológico, su costo de construcción es bajo e igual lo es el de operación y mantenimiento, además las ubicaciones donde es posible edificarles son numerosas por los grandes recursos hidrográficos que posee nuestro país, todos estos aspectos indican que este tipo de centrales son alternativas que deben considerarse para la generación de energía eléctrica.

3.3. Recursos Solares

La ubicación geográfica de nuestro país le permite poder aprovechar los beneficios que se derivan del sol, al recibir su radiación todo el año de manera perpendicular, siendo por lo tanto prácticamente constante y de gran magnitud. Su clima presenta dos estaciones: invierno, con días de sol con fuertes lluvias en la tarde y verano, también con días con sol y la presencia de vientos. Durante los meses de verano de Julio y Agosto la órbita de nuestro planeta se acerca más al sol y en los de invierno de Enero y Febrero su órbita se ubica lo más distante del sol.

La intensidad de la radiación solar que se recibe en el Ecuador depende de diferentes características, por ejemplo de la nubosidad en cada sitio del país. En la figura 3.3 se muestra el mapa de la distribución global de radiación solar, se observa que el Ecuador está en la zona con más de 2300 KWh/m², es decir entre las más altas del mundo, demostrando que la energía solar es un recurso que debe ser aprovechado.

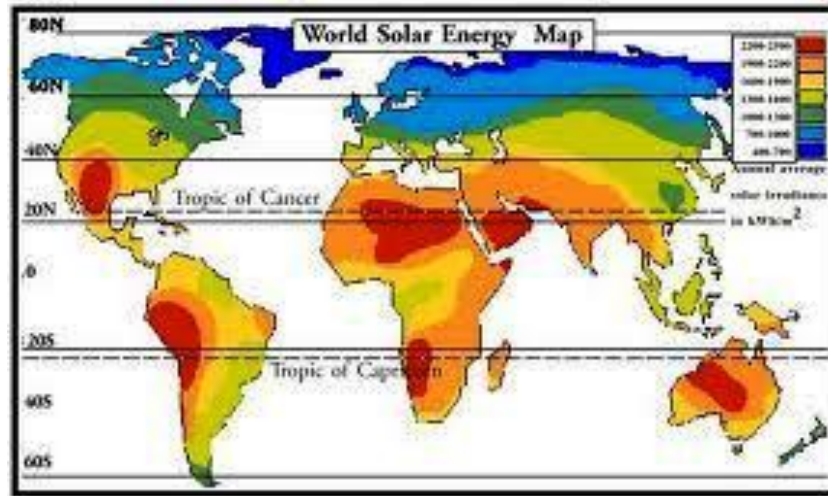


Figura 3.3 Distribución global de radiación solar

Fuente: energeticafutura.com

Mediante este recurso natural es posible producir electricidad por la concentración de calor o implementando paneles fotovoltaicos. La cantidad de energía como radiación solar que llega a un sitio de nuestro planeta en un día determinado o anualmente, se denomina insolación y es un factor que debe determinarse para calcular el potencial con que se cuenta para la generación de electricidad. Otro factor importante es la heliofanía, la cual indica las horas de sol. El INAMHI recabó los primeros datos acerca de estos factores en nuestro país desde 1962. La CIE en base a estos datos y la información obtenida de los satélites publicó en Agosto de 2008 el Atlas Solar con fines de Generación Eléctrica, el cual incluye datos de la insolación en nuestro país, los cuales pueden resumirse en la grilla de insolación solar mostrada en la figura 3.4.



Figura 3.4 Grilla de insolación solar

Fuente: (CIE, 2008)

La insolación global anual promedio se muestra en la figura 3.5.

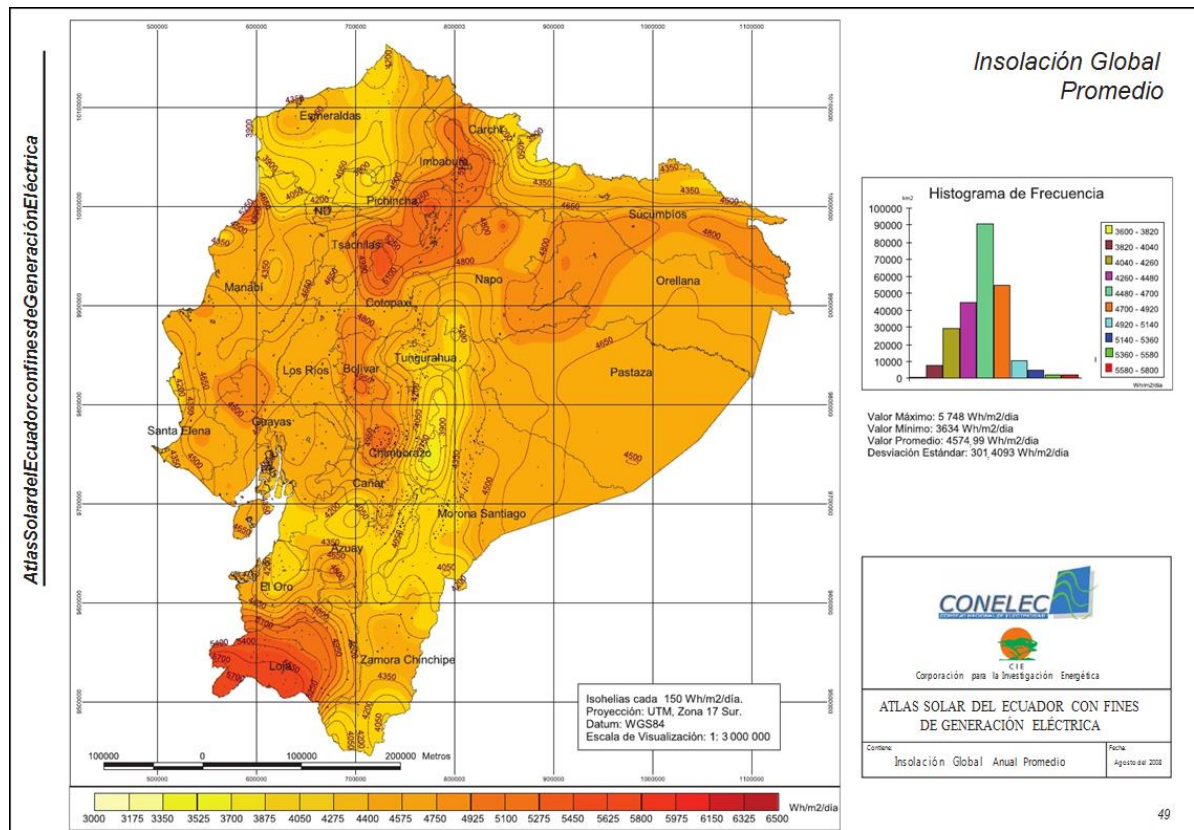


Figura 3.5 Insolación global anual promedio

Fuente: (CIE, 2008)

En este mapa se observa que Loja se constituye en la zona de mayor intensidad de insolación global con un promedio anual que alcanza un máximo en determinadas áreas de esa provincia de 5700 Wh/m2/día. Este informe también permite determinar que en septiembre, octubre y noviembre se produce la mayor insolación global y la menor en abril, mayo y junio.

3.4 Recursos de la Biomasa

Ya se indicó con anterioridad que nuestro país es eminentemente agrícola y su economía dependió de este sector antes de la era petrolera. Banano, cacao, caña de azúcar, palma africana, maíz, entre otros son los principales productos que se cosechan en el Ecuador,

donde además se puede encontrar grandes zonas de bosques. En el proceso de cosecha de la fruta por ejemplo, ésta se separa del tallo y es llevada a las industrias donde se procesan retirando lo comestible de los desechos, esto dependerá del producto que se procese. Los desechos orgánicos así obtenidos, las ramas y hojas que caen en los bosques son materia prima para la obtención de biomasa residual. Esta biomasa puede utilizarse como abono, pero en este estudio el interés estriba en su aprovechamiento para producir electricidad.

En nuestro país actualmente sólo se aprovecha el bagazo de la caña de azúcar para elaborar biomasa para producir energía eléctrica. Se están desarrollando proyectos para obtener un importante biocombustible, el etanol, en el proceso de producción de azúcar, es decir pasar de la producción de azúcar a la de alcohol o viceversa de acuerdo al mercado. En Ecuador, la caña de azúcar es uno de sus principales productos agrícolas, alcanzando en el 2010 las 80.000 hectáreas. (Dominguez, 2011)

La figura 3.6 muestra la evolución de este cultivo desde el 2000 al 2010. De este total casi el 56% se destina a la producción de azúcar, 37% a panela y aguardiente y solo el 7% para elaborar etanol. (Dominguez, 2011)



Figura 3.6 Hectáreas de cultivos de caña de azúcar entre 2000 y 2010

Fuente: MAGAP

Además hay otro tipo de desechos utilizables para producir electricidad. La determinación de la energía que es posible producir con estos recursos, debe saberse la

cantidad de biomasa residual con que se puede contar y sus propiedades. El Sistema de Información Geográfica y Agropecuaria (SIGAGRO) dependencia del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca del Ecuador (MAGAP), realizó un estudio de los cultivos en nuestro país que permite ubicar las zonas de mayor producción. Esta información servirá de base para determinar el potencial energético del país a partir de la biomasa.

En la actualidad se busca la forma de utilizar óptimamente la biomasa en la producción de biocombustibles de primera generación, es decir que aprovechan materias primas de uso alimentario y técnicas como la fermentación en su producción. Lo mismo pasa con las tecnologías de segunda generación que buscan incluir desechos agrícolas y forestales y biomasa vegetal, es decir materias primas sin usos alimentarios y semillas oleaginosas no comestibles producidas de manera convencional y a través de procesos termoquímicos. Con esta premisa, se está considerado al piñón y la higuera para producir biocombustibles, productos que reemplazarían a la palma africana usada tradicionalmente para obtener biodiesel, es decir determinar otros productos agrícolas de mejor rendimiento, menor costo y evitar la competencia con la industria de alimentos. Los cultivos de higuera se localizan principalmente en Manabí y Guayas, mientras que el piñón que crece de manera silvestre se encuentra en Manabí, Loja, El Oro y Guayas. La disponibilidad de higuera y piñón en nuestro país permitirían su aprovechamiento con las tecnologías indicadas. Además, se promociona el piñón como materia para la obtención de aceite para producir biodiesel, destacándose que este insumo no compite con la industria alimenticia, no desplaza otros cultivos y crece en zonas con lluvias irregulares. Hasta ahora el biodiesel se obtiene de la palma africana cultivada en Costa y Oriente en una extensión de 207.285 hectáreas. (Dominguez, 2011)

En la figura 3.7 se observa que el cultivo de palma africana se concentra en Esmeraldas con más del 60% de la producción total, Santo Domingo de los Tsáchilas, Los Ríos y Sucumbíos.

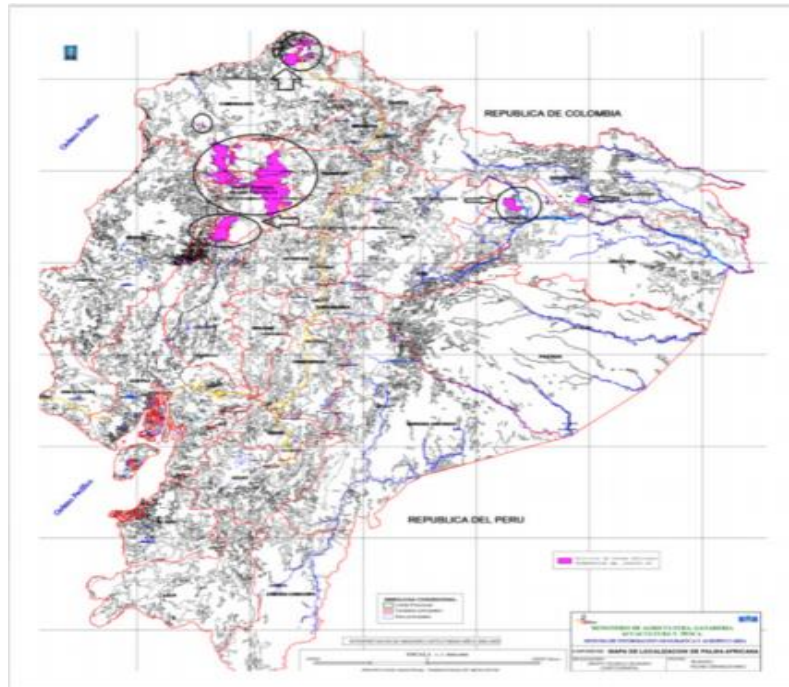


Figura 3.7 Plantaciones de Palma Africana

Fuente: SIGAGRO

Aunque la producción de palma es abundante, su aprovechamiento en la elaboración de biodiesel puede afectar a la industria de alimentos, ya que también se la utiliza para producir aceite vegetal, productos farmacéuticos, etc.

Lo indicado muestra la importancia de determinar los lugares en que es posible encontrar desechos o cultivos para generar electricidad a partir de la biomasa residual. Estudios realizados por la CIE en la provincia de Los Ríos, indican que si se usara el 50% de la biomasa residual, con una eficiencia del 30% sería posible implementar una planta de generación eléctrica de 55 MW.

3.5 Recursos Eólicos

Este es un recurso escaso en nuestro país, sin embargo hay varios lugares con vientos constantes y de alta velocidad que podrían aprovecharse para producir electricidad. El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) presentó el 7 de marzo de 2013

el primer Atlas Eólico del Ecuador, con fines de generación, el cual servirá de referente informativo energético, se elaboró mediante un mapeo satelital identificando las zonas más idóneas para desarrollar estudios de viento y verificar el potencial eólico a nivel nacional, este documento reúne mapas geo referenciados que muestran indicadores para estimar el recurso eólico: velocidad y dirección del viento, densidad de potencia, altura, rugosidad y pendiente del terreno, entre otras. Incluye además la estimación del potencial de generación eléctrica a partir del viento a nivel nacional y provincial. A partir de esta información es posible determinar los sitios en que se deberán realizar estudios de prefactibilidad y factibilidad, para la posible construcción de nuevos parques eólicos. Esta modelización del recurso eólico con una resolución de 200 m permite determinar la distribución de este recurso en el país. En lo referente a circulación general terrestre, los vientos dominantes son los alisios, provenientes del Este y que llegan al país tras atravesar todo el continente, por lo que el viento horizontal a gran escala sea débil. Con todas estas consideraciones, se estimó un potencial disponible bruto total de 1670MW, conforme se muestra en la tabla 3.3 y un potencial factible a corto plazo de 884MW en la tabla 3.4. (Ministerio de Electricidad y energía renovable, 2013)

Ya anteriormente se mencionó que en el Ecuador en el 2007 inició sus operaciones la Central Eólica Galápagos, ubicada en la Isla de San con una potencia instalada de 2,4 MW y una energía media estimada de 3,20 GWh/año, y en enero de 2014 entró en funcionamiento la Central Eólica Villonaco en Loja generando 16,5 MW y en la tabla 2.1 se indicaba que la energía eólica era de 2.4 MW que correspondía al 0.05% de la capacidad energética total del país, cabe indicar que este dato corresponde antes de que entre en operación la Central Villonaco.

Tabla 3.3 Potencial eólico – eléctrico estimado del Ecuador (Potencial bruto)

Fuente: (Ministerio de Electricidad y energía renovable, 2013)





















PROVINCIA	POTENCIAL INSTALABLE					INTEGRACIÓN ACUMULADA			
	RANGO VELOCIDAD m/s	ÁREA [km ²]	POTENCIA INSTALABLE [MW]	FACTOR DE CAPACIDAD	ENERGÍA ANUAL [GWh/año]	VIENTO [m/s]	ÁREA [km ²]	POTENCIA INSTALABLE [MW]	ENERGÍA ANUAL [GWh/año]
	7,0 - 7,5	1,24	3,72	0,20	6,39	> 7	4,60	13,80	23,69
	7,5 - 8,0	1,56	4,68	0,25	10,04	> 7,5	3,36	10,08	21,63
	8,0 - 8,5	0,96	2,88	0,30	7,42	> 8	1,80	5,40	13,91
	> 8,5	0,84	2,52	0,35	7,57	> 8,5	0,84	2,52	7,57
	7,0 - 7,5	2,46	7,39	0,20	12,68	> 7	6,32	18,96	32,54
	7,5 - 8,0	1,75	5,24	0,25	11,26	> 7,5	3,86	11,57	24,83
	8,0 - 8,5	1,47	4,40	0,30	11,34	> 8	2,11	6,32	16,28
	> 8,5	0,64	1,92	0,35	5,77	> 8,5	0,64	1,92	5,77
	6,5 - 7,0	0,39	1,16	0,20	1,99	> 6,5	41,19	123,58	212,18
	7,0 - 7,5	21,25	63,76	0,20	109,48	> 7	40,81	122,42	210,18
	7,5 - 8,0	12,01	36,02	0,25	77,31	> 7,5	19,55	58,65	125,88
	8,0 - 8,5	5,08	15,23	0,30	39,23	> 8	7,54	22,63	58,29
	> 8,5	2,47	7,40	0,35	22,23	> 8,5	2,47	7,40	22,23
	7,0 - 7,5	2,51	7,54	0,20	12,95	> 7	5,99	17,98	30,87
	7,5 - 8,0	1,84	5,52	0,25	11,85	> 7,5	3,48	10,44	22,41
	8,0 - 8,5	0,80	2,40	0,30	6,18	> 8	1,64	4,92	12,67
	> 8,5	0,84	2,52	0,35	7,57	> 8,5	0,84	2,52	7,57
	6 - 6,5	4,48	13,44	0,20	23,08	> 6	5,34	16,02	27,51
	6,5 - 7,0	0,71	2,13	0,20	3,66	> 7	0,86	2,58	4,43
	7,0 - 7,5	0,15	0,45	0,25	0,97	> 7,5	0,15	0,45	0,97
	7,0 - 7,5	1,02	3,05	0,20	5,23	> 7	2,42	7,27	12,49
	7,5 - 8,0	0,48	1,44	0,25	3,09	> 7,5	1,41	4,22	9,07
	8,0 - 8,5	0,48	1,44	0,30	3,71	> 8	0,93	2,78	7,17
	> 8,5	0,45	1,34	0,35	4,04	> 8,5	0,45	1,34	4,04
	7,0 - 7,5	14,97	44,91	0,20	77,10	> 7	30,60	91,80	157,62
	7,5 - 8,0	8,97	26,92	0,25	57,78	> 7,5	15,63	46,90	100,65
	8,0 - 8,5	4,58	13,75	0,30	35,42	> 8	6,66	19,97	51,44
	> 8,5	2,07	6,22	0,35	18,68	> 8,5	2,07	6,22	18,68
	7,0 - 7,5	11,50	34,49	0,20	59,21	> 7	23,95	71,85	123,36
	7,5 - 8,0	7,09	21,26	0,25	45,62	> 7,5	12,45	37,36	80,18
	8,0 - 8,5	3,16	9,47	0,30	24,39	> 8	5,37	16,10	41,48
	> 8,5	2,21	6,63	0,35	19,94	> 8,5	2,21	6,63	19,94
	7,0 - 7,5	62,16	186,47	0,20	320,17	> 7	98,25	294,75	506,07
	7,5 - 8,0	26,90	80,71	0,25	173,22	> 7,5	36,09	108,28	232,38
	8,0 - 8,5	7,16	21,47	0,30	55,29	> 8	9,19	27,56	70,99
	> 8,5	2,03	6,10	0,35	18,31	> 8,5	2,03	6,10	18,31
	7,0 - 7,5	106,92	320,77	0,20	550,75	> 7	293,40	880,19	1511,26
	7,5 - 8,0	69,46	208,39	0,25	447,25	> 7,5	186,47	559,42	1200,64
	8,0 - 8,5	43,76	131,27	0,30	338,07	> 8	117,01	351,03	904,06
	> 8,5	73,25	219,76	0,35	660,32	> 8,5	73,25	219,76	660,32
	7,0 - 7,5	1,97	5,91	0,20	10,15	> 7	4,71	14,12	24,24
	7,5 - 8,0	2,39	7,17	0,25	15,38	> 7,5	2,74	8,21	17,62
	8,0 - 8,5	0,35	1,04	0,30	2,68	> 8	0,35	1,04	2,68
	7,0 - 7,5	20,32	60,97	0,20	104,67	> 7	45,08	135,25	232,22
	7,5 - 8,0	10,82	32,45	0,25	69,64	> 7,5	24,76	74,29	159,44
	8,0 - 8,5	7,16	21,49	0,30	55,35	> 8	13,95	41,84	107,75
	> 8,5	6,78	20,35	0,35	61,14	> 8,5	6,78	20,35	61,14
TOTAL ESTIMADO PARA EL ECUADOR [MW]						> 7	556,99	1670,96	2868,98
						> 7,5	309,96	929,87	1935,68
						> 8	166,54	499,61	1286,72
						> 8,5	91,59	274,76	825,57

Tabla 3.4 Potencial eólico – eléctrico estimado del Ecuador (Potencial factible)

Fuente: (Ministerio de Electricidad y energía renovable, 2013)

TABLA 7: POTENCIAL EÓLICO - ELÉCTRICO ESTIMADO DEL ECUADOR									
POTENCIAL FACTIBLE A CORTO PLAZO									
POTENCIAL INSTALABLE						INTEGRACIÓN ACUMULADA			
PROVINCIA	RANGO VELOCIDAD m/s	ÁREA [km²]	POTENCIA INSTALABLE [MW]	FACTOR DE CAPACIDAD	ENERGÍA ANUAL [GWh/año]	VIENTO [m/s]	ÁREA [km²]	POTENCIA INSTALABLE [MW]	ENERGÍA ANUAL [GWh/año]
	7,0 - 7,5	1,24	3,72	0,20	6,39	> 7	4,60	13,80	23,69
	7,5 - 8,0	1,56	4,68	0,25	10,04	> 7,5	3,36	10,08	21,63
	8,0 - 8,5	0,96	2,88	0,30	7,42	> 8	1,80	5,40	13,91
	> 8,5	0,84	2,52	0,35	7,57	> 8,5	0,84	2,52	7,57
	7,0 - 7,5	1,08	3,24	0,20	5,56	> 7	3,68	11,04	18,96
	7,5 - 8,0	1,00	3,00	0,25	6,44	> 7,5	2,80	7,80	16,74
	8,0 - 8,5	1,04	3,12	0,30	8,04	> 8	1,80	4,80	12,36
	> 8,5	0,56	1,68	0,35	5,05	> 8,5	0,56	1,68	5,05
	7,0 - 7,5	21,25	63,76	0,25	109,48	> 7	40,81	122,42	210,18
	7,5 - 8,0	12,01	36,02	0,30	77,31	> 7,5	19,55	58,65	125,88
	8,0 - 8,5	5,08	15,23	0,35	39,23	> 8	7,54	22,63	58,29
	> 8,5	2,47	7,40	0,20	22,23	> 8,5	2,47	7,40	22,23
	7,0 - 7,5	1,02	3,05	0,20	5,23	> 7	2,42	7,27	12,49
	7,5 - 8,0	0,48	1,44	0,25	3,09	> 7,5	1,41	4,22	9,07
	8,0 - 8,5	0,48	1,44	0,30	3,71	> 8	0,93	2,78	7,17
	> 8,5	0,45	1,34	0,35	4,04	> 8,5	0,45	1,34	4,04
	7,0 - 7,5	7,31	21,93	0,20	37,66	> 7	11,87	35,61	61,14
	7,5 - 8,0	3,25	9,76	0,25	20,94	> 7,5	4,56	13,67	29,35
	8,0 - 8,5	1,19	3,56	0,30	9,16	> 8	1,31	3,92	10,08
	> 8,5	0,12	0,36	0,35	1,08	> 8,5	0,12	0,36	1,08
	7,0 - 7,5	11,50	34,49	0,20	59,21	> 7	23,95	71,85	123,36
	7,5 - 8,0	7,09	21,26	0,25	45,62	> 7,5	12,45	37,36	80,19
	8,0 - 8,5	3,16	9,47	0,30	24,39	> 8	5,37	16,11	41,48
	> 8,5	2,21	6,64	0,35	19,94	> 8,5	2,21	6,64	19,94
	7,0 - 7,5	21,38	64,14	0,20	110,13	> 7	33,92	101,77	174,74
	7,5 - 8,0	8,29	24,86	0,25	53,34	> 7,5	12,54	37,63	80,77
	8,0 - 8,5	2,90	8,70	0,30	22,40	> 8	4,26	12,78	32,91
	> 8,5	1,36	4,08	0,35	12,26	> 8,5	1,36	4,08	12,26
	7,0 - 7,5	71,46	214,38	0,20	368,08	> 7	173,49	520,46	893,62
	7,5 - 8,0	42,20	126,59	0,25	271,70	> 7,5	102,03	306,09	658,92
	8,0 - 8,5	22,48	67,45	0,30	173,72	> 8	59,83	179,49	462,27
	> 8,5	37,35	112,04	0,20	336,65	> 8,5	37,35	112,04	336,65
TOTAL ESTIMADO PARA EL ECUADOR [MW]						> 7	294,74	884,22	1518,17
						> 7,5	158,50	475,51	1020,54
						> 8	82,64	247,91	638,47
						> 8,5	45,35	136,06	408,81

3.6 Recursos Geotérmicos

En una investigación realizada por la desaparecida INECEL determinó que los prospectos Tufiño-Chiles, Chachimbiro y Chalupas son de alta temperatura y los de Ilaló, Chimborazo y Cuenca de baja temperatura. Otras potenciales ubicaciones no han sido investigadas para poder determinar si son adecuadas o no.

Actualmente no hay plantas de Generación eléctrica geotérmica en operación en América del Sur, aunque se han identificado grandes sistemas geotérmicos de alta temperatura en la Cordillera de los Andes, por lo que esto podría cambiar ya que Chile, Argentina y Perú, han implementado políticas para incentivar el desarrollo de recursos geotérmicos para generación de energía. Hay un proyecto para el desarrollo geotérmico en Colombia con la exploración de pre-factibilidad en el volcán Nevado del Ruiz, los gobiernos de Colombia y Ecuador están formando una empresa para desarrollar un recurso geotérmico volcánico en la frontera. En Ecuador, estudios realizados con asistencia técnica extranjera entre 1970 y 1990 reconocieron el potencial de varios cientos de megavatios de generación eléctrica a partir de recursos geotérmicos. Las actividades de Exploración Geotérmica en el país, han definido un potencial teórico de 533 MWe en tres zonas: Tufiño-Chiles, Chalupas y Chachimbiro, en las regiones altas del centro-norte. Recientemente se han determinado otras zonas: Chacana (418 MWe) y Alcedo (150 MW). Adicionalmente, en Chimborazo, Guapán y Cuenca no se tienen datos para determinar su potencial. En 2008, el gobierno ecuatoriano puso en marcha una nueva iniciativa de desarrollo geotérmico, y a finales de 2010 las ofertas solicitadas para realizar la exploración de pre-factibilidad (hasta perforación) en dos de los recursos geotérmicos más prometedores. (GeoLA)

3.7 Recursos energéticos en Ecuador

Hasta ahora se ha demostrado que aunque no se cuente con mucha información, los datos disponibles indican la gran cantidad de recursos naturales que posee para generar electricidad. Es por lo tanto necesario identificar las energías renovables no convencionales que deberían considerarse a futuro como prioritarias, independientemente

de la necesidad de que todos los recursos renovables no convencionales deberán ser intensamente investigados para tener una base de datos de los mismos disponible. Sin embargo, la información presentada en este trabajo de investigación permite indicar que los principales son los recursos hidrográficos ecuatorianos que han permitido el desarrollo de algunas grandes centrales hidroeléctricas, las cuales presentan tres problemas básicos: la posibilidad de no poder funcionar por falta de lluvias, el daño ecológico por el embalse y las limitadas ubicaciones para su construcción, sin dejar de reconocer que también son importantes los altos costos de construcción y el tiempo que tarda su edificación. Ante estos inconvenientes aparecen como una alternativa interesante las pequeñas centrales, las cuales no requieren la construcción de un embalse, por lo tanto no afectan el ambiente y no se detiene su operación durante el estiaje, además del gran número de sitios donde se pueden implementar y se puede añadir el corto plazo para ser implementadas y su menor costo. En el capítulo anterior se anotó que de esta manera se podría contar con 260,91 MW y 40 MW adicionales repotenciando y modernizando viejas centrales que no están conectadas al SIN.

Otro recurso que representa un gran potencial futuro es la biomasa especialmente aquella que se obtiene de residuos residual vegetales. Los resultados obtenidos en los ingenios azucareros debe aprovecharse, al igual que los estudios de la CIE acerca de otros tipos de residuos vegetales, desarrollando tecnologías para generar energía de tales residuos, lo cual aportaría 200 MW adicionales a partir de la biomasa residual obtenida de residuos vegetales y de la agroindustria.

En cambio para otras formas de energías como la solar calórica y fotovoltaica su futuro desarrollo en nuestro país no es claro. La energía solar total que llega la Tierra es de 1.559.280TWh en un año, y un 1% podría ser utilizable (comunidad.eduambiental). Se anotó ya los altos niveles de insolación del Ecuador dados por las estadísticas del CIE, mostrando las regiones adecuadas para la implementación de centrales de este tipo. Un limitante en la evolución de estos sistemas es su costo, el mejoramiento de la eficiencia y la disminución de los costos incrementarán su utilización.

Algunos sistemas fotovoltaicos se han instalado en el país en ubicaciones alejadas de las redes de distribución eléctrica, en la región Oriental y en Esmeraldas. En cambio no se han implementado aplicaciones con energía solar calórica para producir electricidad, por las mismas causas de costos y estudios. En resumen estos dos tipos de energía son atractivas para producir electricidad limpia por lo que se debería aprovechar los recursos solares del Ecuador.

El enorme potencial geotérmico de nuestro país aparenta un gran uso en el futuro para esta tecnología para lo cual será necesaria la realización de estudios completos de aquellas potenciales ubicaciones para centrales de este tipo, sin ellos no es posible confirmar su capacidad real y esos proyectos serán reemplazados por otros de recursos renovables no convencionales cuya realización es más segura. En otras palabras es mejor contar con una pequeña central hidroeléctrica o una turbina movida por biomasa o paneles fotovoltaicos de menor capacidad que una central geotérmica de gran potencial teórico.

Respecto a los otros tipos de energías renovables no convencionales como maremotérmica, undimotriz o mareomotriz, los conocimientos de que se dispone sobre ellas en Ecuador es pobre y no se han realizado investigaciones que respalden inversiones para su implementación.

Resumiendo lo tratado hasta ahora es posible concluir que de acuerdo a los recursos aprovechables, debe priorizarse la construcción de centrales hidroeléctricas pequeñas así como de biomasa. También debe motivarse la ejecución de investigaciones que brinden datos serios y seguros para identificar lugares adecuados que garanticen la producción de electricidad. La geotermia es una opción que por la carencia de información segura debe considerarse como insegura. Y aquellas energías que provienen de las mareas, océanos y olas y calor deben ser estudiadas y consideradas como opciones futuras.

CAPITULO 4 ANALISIS DE LAS ENERGIAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES UTILIZABLES EN ECUADOR

A continuación se analizará desde el punto de vista técnico las energías renovables no convencionales que podrían utilizarse en nuestro país.

4.1 Estudio técnico de las ERNC en nuestro país.

En el capítulo anterior se determinó cuáles son los recursos naturales utilizables para producir electricidad, ahora se realizará un análisis técnico de aquellas que se indicó como prioritarias y viables de utilizarse en el Ecuador.

Se aclaró que depende de la altura de la caída y del caudal del agua el poder obtener electricidad de los ríos, con estos dos factores se puede determinar la potencia que es posible alcanzar, cantidad que se corrige de acuerdo al factor de eficiencia del motor y generador que se utilizan determinando así la potencia a conseguir. El gran caudal hidrográfico del país y las altas caídas existentes garantizan que la construcción de centrales hídricas pequeñas permite obtener electricidad más fácilmente. Es también importante la base de datos que se posee de los recursos hídricos ecuatorianos, la experiencia del personal técnico nacional en este tipo de proyectos, son factores que garantizan el éxito de los mismos.

Es concluyente la importancia de los estudios hídricos en este tipo de proyectos pues con esta información se calculan las necesidades de infraestructura y el equipamiento eléctrico y mecánico que requiere la central a implementarse. Una pequeña central hidroeléctrica no requiere embalse para almacenar agua, el tipo recomendado para esto es mediante la derivación del caudal, su diseño es fácil y su potencia va de 100 a 1000 KW, ésta es de filo de agua, toma el caudal mediante una bocatoma hacia un canal en el que se alcanza la caída suficiente para tener la potencia necesaria, después se tiene un tanque de presión y un desarenador que lleva el caudal a una tubería a presión hacia la turbina de

generación. Esta construcción produce un mínimo impacto ambiental. (Mora & Hurtado, 2004)

Un profesional de la ingeniería civil con experiencia en proyectos hidráulicos se encarga del diseño y los cálculos estructurales y un ingeniero eléctrico-mecánico calcula la potencia nominal y el equipamiento de la central, adicionalmente deben realizarse estudios ambientalistas para determinar el impacto de las obras a realizarse. Su construcción toma de 6 a 18 meses. Representan la mejor solución en sectores alejados de las redes de distribución eléctrica. Los datos preliminares requeridos incluyen los estudios necesarios para determinar si el lugar posee el recurso hídrico suficiente y la caída con la altura necesaria. La calidad de electricidad que brindan permite la estabilización del voltaje y la frecuencia, además considerando que van a servir a regiones donde el suministro energético ha sido muy restringido, esta obra permitirá mejorar la confiabilidad del sistema y por supuesto incrementar la cobertura del servicio eléctrico. Por lo expresado en este apartado, para el Ecuador este es un tipo de obra energética que debería implementarse en diferentes sectores del país para brindar este servicio.

El segundo recurso en el orden de prioridades recomendado a desarrollarse es la biomasa por el alto potencial de este recurso del Ecuador. Anteriormente se indicó que nuestro país ya tiene instalaciones de producción de biomasa pero sin embargo aún hay poca información al respecto. El uso de turbinas movidas a vapor cuyo combustible es la biomasa obtenida del residuo de la caña de ha resultado exitoso, empezó en los ingenios azucareros para utilizar el bagazo de la caña como biomasa residual y producir electricidad para satisfacer sus requerimientos energéticos propios, sin embargo al cumplir este propósito exitosamente incrementaron su capacidad y entregan electricidad al SIN. A causa de este desarrollo estas generadoras se han convertido en empresas eléctricas, creándose nuevos empleos y ganancias económicas. La regulación 004/11 del CONELEC establece los requisitos, precios y forma de despacho para la energía eléctrica entregada al Sistema Nacional Interconectado y sistemas aislados, por los generadores que utilizan fuentes renovables no convencionales, esto implica que la electricidad limpia producida en base a biomasa es pagada con precios especiales.

Sin embargo, hay mucho otros tipos de residuos como el bagazo de la caña de azúcar para producir biomasa, los cuales se producen en grandes cantidades diariamente en todo el país y que servirían para incrementar la producción de biomasa residual y consecuentemente de electricidad, esto es una demostración de que la producción de energía eléctrica mediante biomasa residual es una opción muy favorable para el país. Además si se considera que los desechos normalmente se incineran o se lanzan en ríos, esto implicaría que su uso para producir biomasa involucraría dos acciones importantes contra la contaminación, evitar la forma anterior de eliminación de desechos agrícolas y agroindustriales y aprovecharlos para generar energía limpia. (CIE, 2013)

Resumiendo las características de esta forma de generación, se puede afirmar que permite obtener energía renovable sustentable al utilizar los residuos existentes que causan contaminación, mediante diferentes tecnologías y su aplicación en zonas alejadas de los centros de distribución eléctrica mejoraría la electrificación rural y la calidad del servicio.

Es importante establecer que todo lo indicado debe aplicarse a la biomasa residual y evitar la producción de biomasa a partir de cultivos energéticos que ocupan grandes zonas reemplazando posiblemente cultivos alimenticios, pero sus productos solo se usan con fines energéticos, en cambio la biomasa residual no disminuye la producción de alimentos. En el capítulo 2, se mencionó que la SENACYT apoyó el financiamiento de la Estación Experimental de Santo Domingo, una planta piloto de biocombustibles, desarrollada por la CIE y el INIAP a partir del 2007, la cual produce gas de síntesis con propósitos energéticos mediante una sección de gasificación por pirolisis de residuos de biomasa y puede producir hasta 30 kVA. Este proyecto innova en el país la generación por pirolisis, la planta produce gas que se inyecta a un motor de combustión interna conectado a un generador eléctrico, su capacidad es de 30 kW/h y usa cuesco de palma africana, con una tonelada de esta materia prima que se produce en un día en una industria pequeña de aceite de palma, se generaría electricidad durante 1,5 días sin interrupción. Estos resultados obtenidos en las pruebas presentan a la biomasa residual como una opción excelente para el futuro energético ecuatoriano. (CIE, 2014)

La generación eléctrica mediante paneles fotovoltaicos y concentradores de calor es también una opción promisoría por la nueva tecnología aplicada aunque su eficiencia aún es baja, ha sido mejorada y los costos de implementación han bajado también. En este proceso es muy importante la capacidad de insolación en Ecuador por lo que puede implementarse en cualquier sitio aunque su rendimiento no será igual, a esto se añade la fácil instalación y mantenimiento de estos sistemas. Ya se han instalado en nuestro país sistemas de hasta 100 W en sitios aislados y de difícil acceso. Proyectos de más 200 kW están en estudio, debido al costo de implementación de las centrales fotovoltaicas y térmicas solares, no se han construido, esto significa que estos recursos no representan soluciones inmediatas. Los paneles fotovoltaicos pueden usarse en regiones no conectadas a redes de distribución eléctrica y deberían ser investigadas las mejores ubicaciones para su implementación. También debería impulsarse la instalación de estos sistemas en la cubierta de edificios o viviendas unifamiliares.

Continuando con el análisis de las prioridades energéticas que podrían desarrollarse en Ecuador se tiene ahora la energía eólica, se parte de los datos estadísticos aportados por el Atlas Eólico del Ecuador publicado por el MEER. Ya se indicó los parques eólicos que funcionan en Galápagos y Loja, cuyos resultados deben estimular la implementación de nuevos proyectos en los sitios adecuados con la tecnología apropiada, puesto que es un recurso renovable sustentable de bajo impacto ecológico sin emisiones de gases y recomendable en áreas rurales.

En cambio, el caso de la energía geotérmica es diferente pues no se cuenta con datos concretos del potencial que podría aportar, solo se especula que podría ser de unos 500 MW en el país. Otros países ya cuentan con instalaciones de este tipo que generan unos 10 GW. Lo mismo puede decirse de las energías undimotriz, mareomotérmica y mareomotriz que en este estudio no se han calificado como prioridades para su implementación en el Ecuador por la falta de datos específicos al respecto, razón por la cual si deberían realizarse estudios para determinar si estos recursos pueden aportar energía a nuestro país en el futuro.

Este análisis técnico ratifica lo indicado en el capítulo anterior en lo referente al orden prioritario de implementación de instalaciones para producir electricidad en este país a partir de los recursos renovables no convencionales: las centrales hidroeléctricas pequeñas, de biomasa residual y las eólicas, sin dejar de lado las demás cuya investigación debe continuar.

4.1 Evaluación de precios en Ecuador e internacionalmente.

En la regulación 004/11 el CONELEC estableció los valores por las energías renovables no convencionales con los cuales se ha realizado este estudio. En ella se establece la fundamental importancia de promover y garantizar el desarrollo sustentable de las tecnologías renovables no convencionales, considerando que los mayores costos iniciales de inversión, se compensan con los bajos costos variables de producción, lo cual a mediano plazo, incidirá en una reducción de los costos de generación y el consiguiente beneficio a los usuarios finales y que como parte de la equidad social, se requiere impulsar el suministro de la energía eléctrica hacia zonas rurales y sistemas aislados, en donde no se dispone de este servicio, con la instalación de centrales renovables no convencionales, distribuyendo los mayores costos que inicialmente estos sistemas demandan entre todos los usuarios del sector y reconoce como energías renovables no convencionales las siguientes: eólica, biomasa, biogás, fotovoltaica, geotermia y centrales hidroeléctricas de hasta 50 MW de capacidad instalada. En general limita a los generadores hidroeléctricos con capacidad instalada mayor a los 50 MW que no podrán acogerse a esta regulación y determina los requisitos que los interesados en desarrollar un proyecto de generación que utilice fuentes renovables como las descritas podrá solicitar el tratamiento preferente como generador no convencional. (CONELEC, 2011)

Los precios a reconocerse por la energía medida en el punto de entrega, expresados en centavos de dólar de los Estados Unidos por KWh, se indican la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Precios Preferentes Energía Renovables en (cUSD/KWh)

Fuente: (CONELEC, 2011)

Centrales	Territorio Continental	Territorio Insular de Galápagos
Eólicas	9.13	10.04
Fotovoltaicas	40.03	44.03
Biomasa y Biogás < 5 Mw	11.05	12.16
Biomasa y Biogás > 5 Mw	9.60	10.56
Geotérmicas	13.21	14.53

Para centrales hidroeléctricas de hasta 50 MW se reconocerán los precios indicados en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2 Precios Preferentes Centrales Hidroeléctricas hasta 50 MW en (cUSD/kWh)

Fuente: (CONELEC, 2011)

CENTRALES	PRECIO
Centrales Hidroeléctricas hasta 10 MW	7.17
Centrales Hidroeléctricas mayores a 10 MW hasta 30 MW	6.88
Centrales Hidroeléctricas mayores a 30 MW hasta 50 MW	6.21

Los precios establecidos en esta Regulación se garantizarán y estarán vigentes por un período de 15 años a partir de la fecha de suscripción del título habilitante, para todas las empresas que hubieren suscrito dicho contrato hasta el 31 de diciembre de 2012. (CONELEC, 2011)

De esta manera el Estado ecuatoriano pretende motivar la producción de energía renovable no convencional, estrategia que se usa internacionalmente con resultados

positivos, donde se aplican en este aspecto dos sistemas. El del mínimo precio es el más usado, establece el valor de cada tipo de energía y exige a los distribuidores a adquirir toda la energía generada, la política de precios de CONELEC expresada en párrafos anteriores se fundamenta en este mecanismo. El de la “cuota verde” es el otro método que se aplica por el cual establece a los distribuidores que determinada cantidad de energía debe venir de fuentes renovables no convencionales. En la Tabla 4.3 se presentan los valores que fue posible obtener de algunos países para energía producida con recursos renovables en centavos de dólares americanos por KW/h.

Tabla 4.3 Valores internacionales para energías renovables (cUSD/KWh)

Fuente: (REN21, 2013)

País	Eólica	Hidro pequeña	Biomasa y Biogas	Fotovoltaica	Geotérmica
Alemania	11,29 en tierra	13,05 < 500 kW	15,05 < 150kW	69,93 < 30kW	20,25 < 5MW
		8,98 (500kW-5MW)	12,96 (150KW-500KW)	66,51 (30kW-100kW)	18,90 (5MW-10MW)
	11,43 en mar	8,88 (5MW-10MW)	11,65 (500KW-5MW)	65,75 > 100kW	12,08 (10MW-20MW)
			11,00 (5MW-20MW)		9,67 > 20 MW
Austria	10,53	-	13,91 > 1MW	81,00 < 20kW	9,45
			9,63 (Biogás)	63,45 > 20 kW	
España	9,30 en tierra	9,30 < 1MW	9,30	59,44 < 100kW	9,30 < 5MW
		9,30 (1-2.5) MW		31,01 > 100kW	
	9,30 en mar	8,26 (2.5-10) MW			
Francia	11,07 2400 h	7,43	11,61 / 6,62	40,50	16,20
	10,13 2600 h				
Grecia	9,86 continente	9,86 continente	9,86 continente	60,75 < 100 kW continente	9,86 continente
				54,00 > 100 kW continente	
	11,48 isla	11,48 isla	11,48 isla	50,00 < 100 kW isla	11,48 isla
			60,75 > 100 kW isla		

Holanda	13,10 en tierra	15,80	15,80 < 50 MW	15,80	--
	15,80 en mar				
Portugal	15,20 < 2000 h	12,46	--	62,78 < 5kW	--
	11,48 2000-2200h				
	9,72 2200-2400h			38,48 > 5 kW	
	8,10 2400-2600h				
	7,02 >2600h				
Chile	14,19	14,50	14,76	14,13	14,81

En la tabla 4.4 se muestra una comparación de los valores en nuestro país con los incluidos en la tabla 4.3, se observa que aparentemente los ecuatorianos son motivantes, excepto aquel relacionado con pequeñas hidroeléctricas debido al excelente desarrollo de este recurso en Europa.

Tabla 4.4 Valores internacionales para energías renovables

Elaborado por: Autor

País	Eólica %	Hidro pequeña %	Biomasa y Biogas %	Fotovoltaica %	Geotérmica %
Alemania	+23,66 en tierra	+82,05 < 500 kW	+36,19 < 150kW	+74,69 < 30kW	+53,29 < 5MW
		+25,24 (500kW-5MW)	+17,28 (150KW-500KW)	+66,15 (30kW-100kW)	+43,07 (5MW-10MW)
	+13,84 en mar	+23,84 (5MW-10MW)	+5,42 (500KW-5MW)	+64,25 > 100kW	-9,35 (10MW-20MW)
			14,58 (5MW-20MW)		-36,6 > 20 MW
Austria	+15,33	-	+25,88 > 1MW	+102,34 < 20kW	-39,78
			-14,74 (Biogás)	+58,5 > 20 kW	
España	+1,86 en tierra	+29,70 < 1MW	-18,82	+48,48 < 100kW	-42,04 < 5MW
		+29,70 (1-2.5) MW		+29,08 > 100kW	
	-7,96 en mar	+15,2 (2.5-10) MW			
Francia	+21,24 2400 h	+3,62	+5,06 / -68,95	+1,01	+22,63
	+10,95 2600 h				

Grecia	+7,99 continente	+37,51 continente	+6,02 continente	+51,76 < 100 kW continente	-74,64 continente
				+34,89 > 100 kW continente	
	+14,34 isla	+60,11 isla	+8,71 isla	+24,90 < 100 kW isla	-79,00 isla
				+51,76 > 100 kW isla	
Holanda	+43,48 en tierra	+20,36	+64,58 < 50 MW	-153,35	--
	+57,37 en mar				
Portugal	+63,44 < 2000 h	+73,77	--	+56,83 < 5kW	--
	+25,74 2000- 2200h				
	+6,46 2200- 2400h			-4,02 > 5 kW	
	-14,81 2400- 2600h				
	-30,05 >2600h				
Chile	55,42	+13,46	+33,57	-183,29	-12,11

4.2 Análisis técnico-económico de las energías renovables no convencionales en nuestro país.

En muchos apartados de esta investigación se ha podido establecer que uno de los factores más importantes para evitar el desarrollo en el Ecuador de las energías renovables no convencionales es el financiero. La inversión necesaria para implementar nuevas formas de energías en el país significa un alto valor que incluye todo lo que debe estudiarse previo a la aplicación del proyecto, en su ejecución y en la evaluación para determinar los resultados obtenidos.

A más del aspecto económico es importante considerar los pocos conocimientos respecto a los recursos renovables y las técnicas adecuadas para cada una de ellas, siendo necesario examinar exhaustivamente todos los aspectos útiles para su futura aplicación o la evolución de las existentes y como se indicó en el párrafo anterior esto implica una inversión.

Esta investigación incluye la recopilación de datos históricos sobre los recursos renovables, para poder calcular el potencial que podrían generar y en esto se fundamenta el análisis técnico-económico del proyecto pues permite establecer si es conveniente financieramente.

Al saber el potencial a obtener y su valor de acuerdo a los precios referenciales del CONELEC, se puede calcular los valores a recibirse y conociendo los gastos que se realizarán es posible determinar las utilidades que rendirá el proyecto. Es importante considerar en esos gastos los valores correspondientes a los estudios, equipamiento, instalación, operación y mantenimiento del sistema para que los resultados sean reales, ya que de estos resultados depende la motivación de los inversionistas.

Técnicamente la limitación estriba en la carencia de datos del recurso, ya que si no se cuenta con ellos será necesario determinarlos mediante un estudio para determinar si el proyecto es realizable, lo cual podría tomar mucho tiempo y ser caro, de allí la importancia de contar previamente con información histórica sobre el recurso, la recopilación de estos datos es un proceso de algunos años y por consiguiente una elevada inversión que no genera utilidades antes de la puesta en marcha del proyecto.

Entonces, con la información histórica se determina si el proyecto es realizable y se procede al diseño del proyecto, esto implica más inversión, esta etapa también toma su tiempo y tampoco produce ganancias inmediatas. El siguiente paso es la compra de equipamiento, materiales, insumos, etc., en este punto también se debe considerar la contratación de personal, todo esto la convierte en la fase de mayor inversión.

Con estos antecedentes, se desprende que la utilización de centrales hidroeléctricas pequeñas es procedente porque se tiene los datos hídricos recopilados históricamente de los ríos ecuatorianos, así como también de las lluvias que se producen en el país. De acuerdo a lo indicado esto es un ahorro de tiempo y dinero para iniciar un proyecto de este tipo.

En el caso de la biomasa aunque no se tiene toda la información necesaria, los datos conocidos sirven para implementar sistemas con biomasa residual. Aunque es importante realizar estudios para conocer otras formas de este recurso para utilizarlas, hay que notar que también se cuenta con información que fundamente la iniciación de un proyecto de esta clase.

Otros recursos no cuentan con información histórica de sus características como en los casos de los hidrográficos y biomasa, lo que los hace muy caros pues se requiere mucho tiempo para iniciar su instalación de acuerdo al proceso que ya se indicó y que requiere mucho tiempo al no contar con información previa.

Continuando con el análisis de la competitividad de las ERNC, se requería establecer precios de instalación de las distintas alternativas de generación a efectos de comparación, debido a lo difícil de recopilar datos de este tipo, se tomó a modo de ejemplo los datos de Chile, puesto que se consideró una información bastante completa para ilustrar este punto, de este modo se obtuvieron los datos que aparecen en la tabla 4.5

Tabla 4.5 Comparación de costos de distintas alternativas de generación

Fuente: (PNUD, 2005)

Tipo de energía	Costos de inversión US\$/MW	Costo total operación Mills/KWh	Factor de Planta %	Costo medio total de generación Mills/KWh	Fuente
No convencional					
Geotérmica	1.360.000	4,5	90	19 – 30	CNE – UChile
Eólica	1.012.000	6,7	30 – 33	43 – 56	CNE - UChile
Solar (PV)	4.550.000	7 – 20	7 – 15	240 – 300	US DOE
Biomasa	1.818.000	3,6 – 4,7	80 - 85	67 – 75	US DOE
Hidráulica					
Embalse	998.000	0,7	70	18	CNE
Pasada	1.320.000	0,7 - 3	52 – 75	17 – 33	CNE
Térmica					
Gas (CCC)	629.000	14,1	90	22,6	CNE
Térmica Carbón	922.000	16,5	75	32,3	CNE
Térmica diesel	424.000	80,9	30	81	CNE

Estos valores que precisamente las tres opciones recomendadas en este estudio (Eólica, Hidráulica de pasada o pequeña y Biomasa) presentan precios de construcción aceptables

y que con los precios referenciales establecidos para el KW/h por el CONELEC en la regulación 004/11 puede producir una buena rentabilidad para los inversores.

Es necesario sin embargo, que se realice un análisis más detallado para nuestro país de los costos de inversión que significa la instalación de centrales de energías renovables no convencionales, los gastos de materia prima, operación y mantenimiento, para determinar el precio real del KW/h y de acuerdo a los precios del CONELEC calcular el tiempo de recuperación de la inversión, datos necesarios para incentivar la inversión en estas generadoras de ERNC. En base a los resultados que se determinen los valores del KW/h de la regulación 004/11 del CONELEC deberían revisarse para cumplir los costos operativos y las expectativas de rentabilidad adecuadas de los inversores.

Una vez realizada la evaluación de la inversión necesaria para instalar plantas de energías renovables no convencionales y efectuada la evaluación económica incluyendo la comparación de los precios referenciales ecuatorianos con los internacionales, es posible concluir que los valores determinados por CONELEC son adecuados y brindan utilidades aceptables a los inversionistas. Sin embargo al considerar la realidad ecuatoriana y observar que no hay inversiones en este aspecto que permitan un gran desarrollo de la generación eléctrica a través de estos recursos, permite pensar que esos precios referenciales no cubren los valores adicionales tales como los necesarios para llevar adelante estudios sobre las ERNC, esto se demuestra por ejemplo al ver que en el caso de la energía solar fotovoltaica aunque tienen muy buenos precios referenciales en nuestro país, no se han desarrollado sistemas de alta capacidad de un recurso que puede ser una excelente alternativa de generación en el futuro.

Igual argumento se puede establecer para la energía de la biomasa, en la evaluación técnica-económica realizada se determinó como prioritario su desarrollo, siendo necesario invertir en plantas con materia prima diferente al residuo de la caña de azúcar.

También el desarrollo de sistemas para energía eólica depende del alto costo de la implementación de una central o parque de esta naturaleza. En nuestro país existen

algunos proyectos con sus diseños terminados y no se han realizado por motivos económicos.

Para el caso de la energía geotérmica ya se indicó que no se tienen datos concretos que permitan determinar su verdadero potencial y no se han efectuado estudios para determinarlo, además no son proyectos financieramente motivantes.

Las centrales pequeñas o de pasada de energía hidráulica brindan menos utilidades económicas que los otros recursos por los precios referenciales establecidos, sin embargo se pueden considerar aún dentro de un rango de rentabilidad aceptable para los inversionistas.

Resumiendo los resultados de la evaluación técnica-económica realizada, se establece que los recursos naturales materia de este trabajo de investigación deben continuar siendo investigados y desarrollados. Si se plantea un listado prioritario, este empezaría por las centrales hidroeléctricas de pasada o pequeñas por la disponibilidad tecnológica existente en base a su desarrollo en nuestro país, el siguiente recurso sería la biomasa residual, continuando con la fotovoltaica, eólica y geotérmica.

CONCLUSIONES

Realizar un enfoque sobre las ventajas que presenta el desarrollo de energías renovables no convencionales para la generación de electricidad cumpliendo con los parámetros técnicos y económicos más adecuados para el Ecuador, para que puedan ser utilizadas y colaboren como una alternativa en la solución de la demanda energética del país.

En este trabajo de investigación se ha efectuado un análisis de la evolución de las clases de recursos energéticos renovables no convencionales, tales como energía eólica, geotérmica, fotovoltaica, biomasa, hidroeléctrica y se determinó un orden de prioridades de los más adecuados para desarrollarse en el Ecuador.

En base a la información existente de datos estadísticos históricos de la capacidad de producción de estos recursos en el Ecuador, se estableció aquellas zonas en que es posible el desarrollo de cada forma de energía no convencional.

De la misma manera se tomó como base registros existentes para realizar una evaluación económica de las formas de energías no convencionales y se efectuaron comparaciones de acuerdo con cálculos internacionales.

Al presentar el análisis realizado de cada uno de los recursos se incluyó una evaluación general del impacto ecológico que estas clases de energías renovables no convencionales podrían provocar.

Lo indicado establece que se alcanzaron los objetivos específicos planteados para este trabajo de investigación y que en base a ellos se pudo realizar un enfoque sobre las ventajas que presenta el desarrollo de energías renovables no convencionales para la generación de electricidad cumpliendo con los parámetros técnicos y económicos más adecuados para el Ecuador, para que puedan ser utilizadas y colaboren como una alternativa en la solución de la demanda energética del país, con lo cual se considera que se cumple el objetivo general de este estudio.

RECOMENDACIONES.

CONELEC debe encargarse de todo lo relacionado con la investigación y desarrollo de proyectos de producción de electricidad mediante los recursos renovables no convencionales que posee el Ecuador.

De acuerdo al recurso que se desee explotar, se pueden formar consorcios que puedan afrontar los gastos de inversión que estos proyectos requieren.

El MEER debe hacer un proyecto para el desarrollo de todos los recursos naturales energéticos que posee el país en base a un estudio detallado que haya permitido determinar el potencial energético que se puede disponer de cada uno de los recursos renovables no convencionales, las ubicaciones de implementación y el costo de tales instalaciones. Los resultados de este estudio deben difundirse para conocimiento de los potenciales inversores para incentivar su participación.

Las Universidades y Escuelas Politécnicas del país deben capacitar a técnicos de nuestro país en la explotación de los recursos naturales renovables no convencionales para producir electricidad. Esta tecnificación también debe hacerse a nivel del personal que labora en empresas de generación ya establecidas.

Actualizar la ley para el sector eléctrico de tal manera que brinde el marco legal que brinde seguridad a los inversores en proyectos energéticos a partir de los recursos naturales no convencionales.

BIBLIOGRAFÍA

Aerogeneradores. (2011). *Aerogeneradores*. Recuperado el 22 de Diciembre de 2013, de Aerogeneradores.com: <http://www.aerogeneradores.com/>

AMTSolar. (2012). *¿Que es la energía fotovoltaica?* Recuperado el 22 de Diciembre de 2013, de AMT SolarThe Energy Innovations Company: <http://www.amt-solar.com/index.php/fotovoltaica>

Ávila, A., Mendoza, J., & Beltrán, J. (2010). *Evaluación energética de un colector solar de placa plana de doble cubierta*. Recuperado el 21 de Diciembre de 2013, de Ingeniería y Desarrollo:

<http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/article/viewFile/869/513>

Azcarate, B., & Mingorance, A. (2003). *Energías e impacto ambiental*. Equipo Sirius S.A.

Bermúdez, V. (2000). *tecnología energética*. Universidad Politécnica de Valencia.

Calero, R., Carta, J., & Padrón, J. (s.f.). *Programa Educativo Eficiencia Energética*. Las Palmas: comunidad.eduambiental.org.

Castells, X. (2012). *Biomasa y Bioenergía: energía, agua, medioambiente, territorialidad y sostenibilidad*. Diciones Diaz de Santos.

CEPAL. (2004). *Fuentes renovables de energía en América Latina y El Caribe. Situación y propuestas de políticas*. Naciones Unidas.

CEPAL. (2009). *Fuentes renovables de energía en América Latina y El Caribe. Situación y propuestas de políticas*. Naciones Unidas.

CIE. (2008). *Atlas Solar del Ecuador con fines de generación eléctrica*. Quito: Corporación para la Investigación Energética.

CIE. (26 de Septiembre de 2013). *Bioenergía*. Recuperado el 30 de Enero de 2014, de CIE/Energias/Biomasa: http://www.energia.org.ec/cie/?page_id=45

CIE. (17 de Enero de 2014). *Estudio básico de la gasificación de la biomasa para la obtención del gas de síntesis*. Recuperado el 30 de Enero de 2014, de CIE/Biomasa: <http://www.energia.org.ec/cie/?cat=11>

comunidad.eduambiental. (s.f.). *Energías Renovables*. Recuperado el 10 de Enero de 2014, de comunidad.eduambiental.org:

<http://comunidad.eduambiental.org/file.php/1/curso/contenidos/docpdf/capitulo10.pdf>

CONELEC. (2011). *Regulación 004/11*. Quito: CONELEC.

CONELEC. (2012). *Boletín estadístico sector eléctrico ecuatoriano Año 2011*.

CONELEC. (2013). *Plan Maestro de Electrificación 2012-2022*. CONELEC.

CRC. (1939). *Handbook of Chemistry and Physics* (23 ed.). Boca Ratón EEUU: CRC press.

Cuevas, J. (s.f.). *pirólisis y gasificación*. Recuperado el 2 de enero de 2014, de <http://www.uam.es/>:

http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/jaimefa/jaimecuevas/clase8.pdf

Daniels, F. (1964). *Direct use of the sun's energy*. Yale University Press.

Dominguez, J. (2011). *Biocombustibles: hacia una industria cero desechos*. Guayaquil: ESPA-E-ESPOL.

Ecuaworld. (s.f.). *Una rica red hidrográfica*. Recuperado el 3 de Enero de 2014, de [ecuaworld.com.ec](http://www.ecuaworld.com.ec): http://www.ecuaworld.com.ec/hidrografia_ecuatoriana.htm

Enerclub. (s.f.). *las Energías Renovables*. Recuperado el 28 de Diciembre de 2013, de Club Español de la Energía:

<http://www.enerclub.es/extfrontenerclub/img/File/nonIndexed/recorrido/index/index.html>

energia.gob.mx. (2004). *Energías renovables para el desarrollo sustentable en México*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2013, de Ministerio de Energía:

http://www.energia.gob.mx/res/PE_y_DT/fe/e_renovables_mexico.pdf

EnergíaSolar. (2012). *Fundamentos de la Energía Térmica*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2013, de Instalación Energía Solar:

<http://www.instalacionenergiasolar.com/termica/>

Eroski, C. (1 de Febrero de 2009). *Infografía: Energía undimotriz*. Recuperado el 28 de Diciembre de 2013, de Consumer Eroski:

http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/energia_y_ciencia/2009/02/01/183097.php

Galárraga, R. (26 de Marzo de 2004). *Estado y gestión de los recursos hídricos en el Ecuador*. Recuperado el 4 de Enero de 2014, de HidroRed:

<http://tierra.rediris.es/hidrored/basededatos/docu1.html>

GeoLA. (s.f.). *Energía geotérmica*. Recuperado el 26 de Enero de 2014, de GeoLA Energía Geotérmica Ecuatoriana SA:

http://geolaecuador.com/index_ecuador_energia.html

Gil, G. (2008). *Energías del siglo XXI: de las energías fósiles a las alternativas*. . Ediciones Mundi-Prensa.

Gonzalez, J. (2009). *Energías Renovables*. Reverté S.A.

Hamilton, C. (2000). *Vistas del sistema solar*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2013, de Solar Views: <http://www.solarviews.com/span/sun.htm#intro>

Hatchett, D. (2005). *Energy alternatives*. Heinemann.

Loureiro, M. (2011). *Colectores de Placa Plana*. Recuperado el 21 de Diciembre de 2013, de Energía Solar Térmica:

<http://www.marioloureiro.net/ciencia/EnerSolarTermica/SolarPROCESOSTERMO/Solar3%20.pdf>

Martínez, A. (29 de Noviembre de 2008). *Tecnología térmica solar: torre de concentración*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2013, de Desenchufados:

<http://desenchufados.net/tecnologia-termica-solar-torre-de-concentracion/>

Menéndez, E. (2001). *Energías, renovables, sustentabilidad y creación de empleo: una economía impulsada por el sol*. . Los Libros de la Catarata.

Menéndez, Emilio. (1998). *Las energías renovables: un enfoque público ecológico*. Los Libros de la catarata.

Ministerio de Electricidad y energía renovable. (2013). *Atlas eólico del Ecuador. Con fines de generación eléctrica*.

Ministerio Electricidad y Energía Renovable. (2013). *Biomasa*. Recuperado el 26 de Diciembre de 2013, de Ministerio de Electricidad y Energía Renovable:

<http://www.energia.gob.ec/biomasa/>

Mora, D., & Hurtado, J. (2004). *Guía para estudios de prefactibilidad de pequeñas centrales hidroeléctricas como parte de sistemas híbridos*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana .

Mosquera, M., & Merino, L. (2006). *Empresa y energías renovables: lo que su empresa debe saber sobre energías renovables, eficiencia energética y Kioto*. FC.

Natura, F. (2003). *Energías Renovables: Conceptos y Aplicaciones*. Quito: WWF, Fundación Natura.

NESTA. (2012). *Ventanas al Universo*. Recuperado el 10 de Enero de 2014, de NESTA, National Earth Science Teachers Association: <http://windows2universe.org/>

OLADE. (1979). *Metodología propuesta para el aprovechamiento de la energía eólica en América Latina*. OLADE, Departamento técnico.

Opex-energy. (s.f.). *Plantas de biomasa*. Recuperado el 28 de Diciembre de 2013, de opex-energy.com: <http://www.opex-energy.com/biomasa/>

PNUD. (Agosto de 2005). *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2013, de www.pnud.cl: http://www.pnud.cl/areas/Energia-Medio-Ambiente/taller_energia_ppt/pta_arenas/Santana.pdf

ProCobre. (2012). *Colector Solar de Placa Plana CPP*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2013, de Aplicaciones del Cobre / Energía Solar: procobre.org/es/wp-content/plugins/download.../download.php?id=205

Puican, C. (s.f.). *Radiación*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2013, de Universidad Nacional del Santa: <http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/curzoz/radiacion.pdf>

REN21. (12 de Junio de 2013). *Renewables 2013 Global Status Report*. Recuperado el 15 de Enero de 2014, de REN21 Renewable Energy Policy network for the 21st Century: http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2013/GSR2013_lowres.pdf

Roldan, J. (2012). *Energías renovables: lo que hay que saber*. Paraninfo.

Roldán, P. (26 de Septiembre de 2013). *Energía Hidroeléctrica*. Recuperado el 4 de Enero de 2014, de CIE: http://www.energia.org.ec/cie/?page_id=41

Santamarta, J. (2 de Junio de 2013). *Ecuador quiere generar energía geotérmica*. Recuperado el 28 de Diciembre de 2013, de reve, Revista eólica y del vehículo eléctrico: <http://www.evwind.com/2013/06/02/ecuador-quiere-generar-energia-geotermica-por-jose-santamarta/>

- Sardón, J. (2003). *Energías renovables para el desarrollo*. Paraninfo.
- Schuldt, T. (2013). *Generación de Electricidad Mediante Energías Renovables: Aplicación de la Directiva Europea de Energías Renovables al Sector Eléctrico en España*. GRIN Verlag.
- SENPLADES. (2010). *Geotermia en el Ecuador: una hoja de ruta para su desarrollo sustentable*. Ibarra: SENPLADES.
- Solution, E. S. (2013). *Soluciones amigables con el medio ambiente*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2013, de Enea Solar Solution:
http://www.eneasolarsolution.com/eneasolarsolution/Historia_Energia_Soar.html
- Tech-Faq. (26 de Septiembre de 2012). *Geothermal Energy*. Recuperado el 28 de diciembre de 2013, de www.tech-faq.com: <http://www.tech-faq.com/geothermal-energy.html>
- TecnologíaIndustrial. (8 de Diciembre de 2012). *Energía Solar Fotovoltaica*. Recuperado el 22 de Diciembre de 2013, de Tecnoblogueando:
<http://tecnoblogueando.blogspot.com/2012/12/energia-solar-fotovoltaica.html>
- TextosCientíficos. (25 de Noviembre de 2005). *Biomasa*. Recuperado el 26 de Diciembre de 2013, de [Textos Científicos.com](http://www.textoscientificos.com):
<http://www.textoscientificos.com/energia/biomasa>
- TextosCientíficos. (15 de Julio de 2005). *Energía eólica*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2013, de [textoscientificos.com](http://www.textoscientificos.com):
<http://www.textoscientificos.com/energia/eolica>
- TextosCientíficos. (16 de Junio de 2005). *Energía Solar*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2013, de [Textos Científicos.com](http://www.textoscientificos.com):
<http://www.textoscientificos.com/energia/solar>
- TextosCientíficos. (23 de Enero de 2009). *Energía mareomotriz*. Recuperado el 29 de Diciembre de 2013, de [Textos Científicos.com](http://www.textoscientificos.com):
<http://www.textoscientificos.com/energia/mareomotriz>
- Zapater, P. (s.f.). *Catálogo de proyectos hidroeléctricos*. Quito: Escuela Politécnica nacional.

Glosario de términos

CEPAL:	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CIE:	Corporación para la Investigación Energética
CONELEC:	Consejo Nacional de Electricidad
CPP:	Colector de Placa Plana
CSP:	Energía por Concentración Térmica Solar, Concentrating Solar Thermal Power
ERNC:	Energía Renovable No Convencional
ESF:	Energía Solar Fotovoltaica
GHP:	Ground-source Heat Pumps
INAMHI:	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INECEL:	Instituto Ecuatoriano de Electrificación
INIAP:	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
kWp:	<i>kilowatt-peak</i>
MAGAP:	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca del Ecuador
MEER:	Ministerio de Electricidad y Energía Renovable
OLADE:	Organización Latinoamericana de Energía
PNUD:	Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo
SENACYT:	Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación
SIGAGRO:	Sistema de Información Geográfica y Agropecuaria
SNI:	Sistema Nacional Interconectado