

**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:

**Análisis del estado actual de la implementación de energías
renovables en el Ecuador. Propuesta de una guía de uso eficiente de la
energía eléctrica**

AUTOR:

PILLAJO AMAGUA, TONY OSCAR

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO EN ELÉCTRICO MECÁNICA**

TUTOR:

ING. HIDALGO AGUILAR, JAIME RAFAEL

Guayaquil, 17 de septiembre del 2019



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

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por, como requerimiento para la obtención de Título de **Ingeniero en Eléctrico Mecánica**

TUTOR

HIDALGO AGUILAR, JAIME RAFAEL

DIRECTOR DE LA CARRERA

ING. HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO, M.Sc.

Guayaquil, 17 de septiembre del 2019



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO – MECÁNICA CON
MENCIÓN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **PILLAJO AMAGUA, TONY OSCAR**

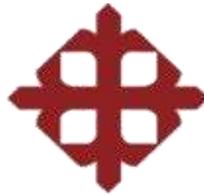
DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación: **Análisis del estado actual de la implementación de energías renovables en el Ecuador. Propuesta de una guía de uso eficiente de la energía eléctrica**, previa a la obtención del Título de **Ingeniero en Eléctrico Mecánica**, ha sido desarrollada respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecutivamente este trabajo es de mi total autoría. En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, 17 de septiembre del 2019

EL AUTOR

PILLAJO AMAGUA, TONY OSCAR



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

AUTORIZACIÓN

Yo, **PILLAJO AMAGUA, TONY OSCAR**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del trabajo de titulación: **Análisis del estado actual de la implementación de energías renovables en el Ecuador. Propuesta de una guía de uso eficiente de la energía eléctrica**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 17 de septiembre del 2019

EL AUTOR

PILLAJO AMAGUA, TONY OSCAR

REPORTE URKUND

URKUND

Documento: TRABAJO TONY PILLAJO URKUND.docx (D19008178)

Presentado: 2024-09-26 18:18 (+05:00)

Presentado por: orlandophilco_1@hotmail.com

Recibido: orlando.philco.azc@univas.edu.ec

Mensaje: tony Oscar Pillajo [Ver el mensaje completo](#)

2% de estas 33 páginas, se componen de texto presente en 2 fuentes.

Lista de fuentes: Bloques

ID	Categoría	Enlace/nombre de archivo
1		http://www.ajudo.org/consultas/consultas-nacionales-del-estado-actual-de-efici
2		https://www.ajudo.org/consultas/consultas-nacionales-del-estado-actual-de-efici
3		https://www.ajudo.org/consultas/consultas-nacionales-del-estado-actual-de-efici
4		https://www.ajudo.org/consultas/consultas-nacionales-del-estado-actual-de-efici
5		https://www.ajudo.org/consultas/consultas-nacionales-del-estado-actual-de-efici
6		https://www.ajudo.org/consultas/consultas-nacionales-del-estado-actual-de-efici
7		https://www.ajudo.org/consultas/consultas-nacionales-del-estado-actual-de-efici
8		https://www.ajudo.org/consultas/consultas-nacionales-del-estado-actual-de-efici
9		https://www.ajudo.org/consultas/consultas-nacionales-del-estado-actual-de-efici
10		https://www.ajudo.org/consultas/consultas-nacionales-del-estado-actual-de-efici

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO - MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL

TEMA: Análisis del estado actual de la implementación de energías renovables en el Ecuador. Propuesta de una guía de uso eficiente de la energía eléctrica

AUTOR: PILLAJO AMAGUA, TONY OSCAR Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de INGENIERO EN ELÉCTRICO - MECÁNICA

TUTOR: ING. HIDALGO ÁGUILAR, JORGE RAFAEL, Guayaquil, Ecuador

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO - MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL

CERTIFICACIÓN: Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por, como requisito para la obtención de Título de Ingeniería en Eléctrico - Mecánica.

TUTOR

_____ HIDALGO AGUILAR, JORGE RAFAEL

DIRECTOR DE LA CARRERA

Reporte Urkund del trabajo de titulación en Ingeniería en Eléctrico-Mecánica titulado: **“Análisis del estado actual de la implementación de energías renovables en el Ecuador. Propuesta de una guía de uso eficiente de la energía eléctrica”** del estudiante **PILLAJO AMAGUA, TONY OSCAR** el análisis de coincidencia indica el 2% de coincidencias.

Atentamente

Ing. Orlando Philco A.

Revisor

AGRADECIMIENTO

A DIOS todo poderoso que con su infinita bendición me ha permitido llegar hasta este día sin el nada es posible. Ya que ha puesto en mi camino a personas valiosas en el momento exacto.

A la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil

A mi Padre y Madre que con esfuerzo me han dado su apoyo, cariño y ejemplo para superarme, a mi familia que me ha apoyado en este reto académico.

A mi tutor Ing. Rafael Hidalgo por guiarme, gracias a sus consejos y acertadas opiniones he logrado culminar el presente trabajo de titulación.

El Autor

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico a DIOS por haberme dado la sabiduría, entendiendo y fuerzas necesarias para llegar hasta alcanzar esta meta trazada desde muchos años atrás y que hoy estoy cumpliendo.

A mis padres que con su ferviente amor han sabido guiarme y darme la oportunidad de cumplir este reto.]

El autor



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO MECÁNICA CON MENCIÓN
EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

ING.ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS, M.Sc.

DECANO

ING. HERAS SÁNCHEZ MIGUEL ARMANDO, M.Sc.

DIRECTOR DE CARRERA

ING. PHILCO ASQUI, LUIS ORLANDO M.SC.

OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	VI
DEDICATORIA	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
INDICE DE TABLAS	XVI
RESUMEN.....	XVII
CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	2
1.1 Introducción	2
1.2 Justificación y Antecedente.....	3
1.3 Planteamiento del problema.....	3
1.4 Objetivos	3
1.4.1 Objetivo General	3
1.4.2 Objetivos Específicos.....	4
1.5 Metodología	4
CAPÍTULO 2: ENERGÍA RENOVABLES A NIVEL MUNDIAL.....	5
2.1 Energía renovables en el mundo	5
2.2 Producción de energía eléctrica en Ecuador	11
2.2.3 Exportaciones	12
2.2.4 Importaciones	13
2.3 Energía Renovable en Ecuador	15
2.3.1 Ley de Eficiencia Energética en Ecuador.....	16

CAPÍTULO 3: DISPONIBILIDAD DE RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVABLES.....	20
3.1 Energía por central hidráulica	20
3.1.1 Energía Hidráulica – Pequeñas Centrales	21
3.1.1.1 Rehabilitación de la central hidroeléctrica Gualaceo	22
3.2 Energía Eólica del Ecuador:.....	22
3.2.1 Energía Eólica en Ecuador	24
3.2.3 Aerogenerador	25
3.2.3.2.1 Tipos	28
3.2.4 Mediciones de viento	31
3.2.5 Proyecto eólicos San Cristóbal.	31
3.3 Energía geotérmica del Ecuador.....	33
3.3.1 Solar Térmica de Alta Temperatura	33
3.3.2 Solar Térmica de Baja Temperatura	35
3.3.3 Solar Térmica de Media Temperatura.	36
3.4 Recurso Solar	36
3.4.1 Relación con las energías renovables.	37
3.4.2 Equipos de medición.....	37
3.4.3 Configuraciones.....	39
3.4.3.1 Sistema Termosifón	39
3.4.3.2 Sistema Forzado.....	40
3.4.4.2 Energía Solar Térmica en Ecuador.....	44

3.5 Energía Solar Fotovoltaica	45
3.5.1 Clasificación de los Sistemas Fotovoltaicos.....	45
3.6 Proyectos FV de conexión a red.	52
3.6.1 Plantas generadoras ALTGENOTEC y GENRENOTEC.....	52
3.7 Biomasa	57
3.7.1 Recurso Biomásico	57
3.7.2 Procesos de conversión de biomasa	58
3.7.3 Proyectos Bio Energéticos en Ecuador.....	61
3.7.3.1 Cocción eficiente mediante uso cocinas mejoradas en el Ecuador. 61	
3.7.3.2 Beneficios y experiencia de iniciativas de cocinas mejoradas en Ecuador	62
3.7.4 Plan de implementación de biodigestores a nivel nacional.....	63
3.7.4.1 Iniciativas de biodigestores en el Ecuador	64
3.8 Caso de las Islas Galápagos	64
3.8.1 Impacto de la energía renovable en la generación	67
APORTES.....	68
CAPÍTULO 4.....	68
ANÁLISIS DE ENERGÍA RENOVABLE EN ECUADOR	68
4.1 Observación a Ley Orgánica de Eficiencia Energética	68
4.2 Subsidio a Tarifa eléctrica.....	70
4.3 Exportación o venta de energía	71
4.4 Generación Distribuida (GD).....	72

CONCLUSIONES	74
RECOMENDACIONES.....	76
BIBLIOGRAFÍA.....	77
ANEXO 1: Eficiencia Energética	81

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 2:

Figura 2. 1 Renovables en el mundo	6
Figura 2. 2 Estadísticas de capacidad instalada por energía renovable a nivel global.....	6
Figura 2. 3 Energía Renovable instalada.....	7
Figura 2. 4 Generación eléctrica por energía no renovable y renovable ...	8
Figura 2. 5 Energía renovable instalada	9
Figura 2. 6 Tecnologías de Energía Renovable en 2018.....	10
Figura 2. 7 Tecnologías de Energía Renovable no convencional en 2018	10
Figura 2. 8 Producción de energía de CELEC EP (GWh), 2018.....	12
Figura 2. 9 Exportaciones de energía mensual (GWh), 2018.....	13
Figura 2. 10 Importaciones de energía (GWh), 2018.....	14
Figura 2. 11 Producción energética anual porcentual, 2018.....	14
Figura 2. 12 Energía renovables y no renovables en Ecuador	17
Figura 2. 13 Tecnologías de energías renovables en Ecuador.	17
Figura 2. 14 Cifras de la energía renovable en Ecuador	18
Figura 2. 15 Producción de energía e importaciones en Ecuador	19

CAPÍTULO 3:

Figura 3. 1 Mapa de Isoyetas del Ecuador.	20
Figura 3. 2 Mapa de ubicación de pequeñas centrales hidroeléctricas ...	22
Figura 3. 3 Central Hidroeléctrica Gualaceo.....	22
Figura 3. 4 Atlas Eólico del Ecuador.....	23
Figura 3. 5 Estudios de Recursos Eólicos.	25

Figura 3. 6 Curvas aerogeneradores.....	26
Figura 3. 7 Aerogeneradores eje horizontal.....	27
Figura 3. 8 Aerogenerador Savonius.....	28
Figura 3. 9 Aerogenerador Darrieus.....	29
Figura 3. 10 Aerogenerador Darrieus más grande del mundo.....	29
Figura 3. 11 Aerogenerador Onshore.....	30
Figura 3. 12 Aerogenerador Offshore.....	30
Figura 3. 13 Parque eólico Cerro Tropezón.....	32
Figura 3. 14 Parque eólico Villonaco.....	32
Figura 3. 15 Parque eólico Baltra.....	33
Figura 3. 16 Captadores cilíndricos parabólicos.....	34
Figura 3. 17 Centrales de torre.....	34
Figura 3. 18 Centrales de Torre. Emplea motor Stirling. Experimental....	34
Figura 3. 19 Receptores lineales de Fresnel.....	35
Figura 3. 20 Captador Plano.....	35
Figura 3. 21 Tubo de vacío U-Pipe.....	36
Figura 3. 22 Tubo de vacío U-Pipe (II).....	36
Figura 3. 23 Equipos de medición.....	38
Figura 3. 24 Elementos de medida de radiación solar.....	39
Figura 3. 25 Sistema Termosifón.....	39
Figura 3. 26 Sistema Forzado.....	40
Figura 3. 27 Esquema de componentes.....	40
Figura 3. 28 Climatización de piscinas.....	41
Figura 3. 29 Diagrama de flujo de la bomba de calor.....	42
Figura 3. 30 Funcionamiento.....	43

Figura 3. 31 Ubicación de los Proyectos Geotérmicos del Ecuador.	44
Figura 3. 32 Histograma de Frecuencia.....	44
Figura 3. 33 Instalación de 2240 SST.....	45
Figura 3. 34 Instalación de 2632 SST.....	45
Figura 3. 35 Clasificación de los sistemas fotovoltaicos.....	46
Figura 3. 36 Sistemas aislados CC.....	47
Figura 3. 37 Sistema aislado para carga en corriente alterna AC.....	47
Figura 3. 38 Sistema aislado en AC	48
Figura 3. 39 Autoconsumo instantáneo con inyección cero.....	49
Figura 3. 40 Autoconsumo instantáneo o diferido con inyección cero.	50
Figura 3. 41 Autoconsumo diferido aislado de red.	50
Figura 3. 42 Autoconsumo diferido con acumulación y acoplamiento AC	51
Figura 3. 43 Vista de planta fotovoltaica de ALTGENOTEC y GENRENOTEC.....	53
Figura 3. 44 SANSAU y WILDTECSA.	55
Figura 3. 45 CABAL ENERGY – BRINEFORCORP S.A.	56
Figura 3. 46 Ciclo de la Biomasa.	57
Figura 3. 47 Aplicaciones de biomasa	57
Figura 3. 48 Combustión interna.....	58
Figura 3. 49 Biogás.....	59
Figura 3. 50 Biogás de vertebrados.....	59
Figura 3. 51 Bioetanol.....	59
Figura 3. 52 Métodos termoquímicos.	61
Figura 3. 53 Uso de materiales de cocción en residencias.....	62
Figura 3. 54 Matriz de generación de energía eléctrica 2018.....	64

Figura 3. 55 Potencia instalada en Galápagos.	65
Figura 3. 56 Proyectos en energías renovables en las Islas Galápagos.	65
Figura 3. 57 Proyectos en energías renovables en las Islas Galápagos.	66
Figura 3. 58 Impacto de la Energía Renovable.	67

INDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 2.

Tabla 2. 1 Generación por tipo de producción (GWh), 2018.....	11
---	----

CAPÍTULO 3

Tabla 3. 1 Potencia efectiva en las grandes centrales hidroeléctricas del SNI.	21
Tabla 3. 2 Unidades del Sistema Internacional.....	37
Tabla 3. 3 Proyectos fotovoltaicos en Ecuador.....	52
Tabla 3. 4 Ventajas y desventajas de la Biomasa.....	60
Tabla 3. 5 Uso de combustibles para cocción.....	62
Tabla 3. 6 Residuos agropecuarios.	63

RESUMEN

Se presenta un trabajo de titulación actualizado en el tema de energía renovable, a nivel mundial, nacional y local en cuanto a proyectos energéticos en el Ecuador. Las medidas para sustituir el uso de combustibles fósiles (combustible de termoeléctricas, motores de combustión interna etc.) por energías apreciadas como 'limpias' no han forjado mayores resultados. La generación del recurso energético del país aún depende, principalmente, del petróleo. Por consiguiente, el aporte de este trabajo de titulación es buscar y analizar registros de la evolución de proyectos energéticos en el país.

La metodología que se va aplicar es descriptiva ya que se va documentar datos y cifras del estado de la energía renovable convencional y no convencional. También se empleará el método analítico, por la propuesta de una guía de eficiencia energética.

PALABRAS CLAVES: Energía eléctrica, Fotovoltaica, Eólica, Eficiencia energética.

ABSTRACT

An updated state of the art is presented in the field of renewable energy, worldwide, national and local in terms of energy projects in the country. Measures to replace the use of fossil fuels (thermoelectric fuel, internal combustion engines, etc.) with energies seen as "clean" have not forged greater results. The generation of the country's energy resource still depends mainly on oil. Therefore, the contribution of this titling work is to search and analyze records of the evolution of energy projects in the country

The methodology to be applied is descriptive since data and figures on the state of conventional and unconventional renewable energy will be documented. The analytical method will also be used, based on the proposal of an energy efficiency guide.

KEY WORDS: Renewable energy, Electricity, Photovoltaic, Wind, Efficiency.

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

1.1 Introducción

La definición de recurso según la R.A.E. señala que es un conjunto de elementos disponibles para resolver una necesidad o llevar a cabo una empresa. Se conoce como recurso natural a cada bien y servicio que surge de la naturaleza de manera directa, es decir, sin necesidad de que intervenga el hombre. Estos recursos resultan de vital importancia para el desarrollo del ser humano, ya que brindan la posibilidad de obtener alimentos, producir energía y de subsistir a nivel general. Existen dos Tipos; recursos no renovables y recursos renovables.

También existen energías alternas convencionales, estas son fuentes de origen renovable que, por su trayectoria en la explotación, son habituales en los sistemas de generación: Hidráulica, Sistemas de biomasa basados en la combustión, Biogás en algunas partes del mundo como La India.

Además existen energías alternas no convencionales, son aquellas fuentes alternas las cuales su explotación ha sido poco difundida en comparación al resto de fuentes alternas.

- Energía solar térmica y solar fotovoltaica.
- Energía solar fotovoltaica.
- Energía Eólica.
- Biomasa en la mayor parte de sus aplicaciones.
- Oceánicas, mareomotriz, undimotriz.

Los proyectos energéticos deben garantizar la sostenibilidad para estos proyectos de electrificación rural mediante el desarrollo de Modelos de

gestión, adaptados a cada una de las particularidades de las zonas a instalarse.

1.2 Justificación y Antecedente

Con la finalidad de optimizar la generación de electricidad en Ecuador de forma amigable con el medio ambiente, se indica que es justificable estudiar y analizar avances de proyectos de fuentes de energía renovables, ya que los combustibles fósiles generan emisión de gases invernadero, los efectos medioambientales de una incorrecta manipulación (vertidos de petróleo, contaminación en su explotación), son limitados. La electrificación sobre la base de energías renovables competitivas en costos es la columna vertebral de la transformación de energía y una solución clave de descarbonización de bajo costo en apoyo de los objetivos climáticos establecidos en el Acuerdo de París. (IRENA, 2019)

1.3 Planteamiento del problema

No existe un estudio actualizado de las fuentes renovables convencionales y no convencionales en el Ecuador. La necesidad nacional de diversificar la matriz energética con energía renovable presenta barreras técnicas que deben analizarse.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Analizar el estado actual de la implementación de energías renovables convencionales en el Ecuador. Propuesta de una guía de uso eficiente de la energía eléctrica

1.4.2 Objetivos Específicos

- Estudiar la tendencia de energías renovables en el mundo y en el Ecuador
- Caracterizar proyectos energéticos de energía renovable convencional en el Ecuador.
- Analizar evolución de energía renovable fotovoltaica y eólica y propuesta de una guía de uso eficiente de la energía eléctrica.

1.5 Metodología

La metodología a emplearse es de tipo documental por cuanto se revisa la situación de los últimos años a nivel mundial y de país en cuanto al uso de energía renovable para la generación de electricidad. Así también se investigan cifras estadísticas de proyectos ejecutados y proyecciones de energía renovable convencional en Ecuador. Se emplea el método de analítico para de manera reflexiva plantear las dificultades y avances de la evolución y factibilidad de proyectos eléctricos con sistemas fotovoltaicos y eólicos.

CAPÍTULO 2: ENERGÍA RENOVABLES A NIVEL MUNDIAL

El Banco Mundial en su informe (20124) Acceso universal a un nivel asequible, confiable y sostenible de energía: Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 7 puntualiza que el acceso a energía es esencial para poner fin a la pobreza y constituye el eje de los esfuerzos para hacer frente al cambio climático (Banco Mundial, 2018).

Hoy en día, cerca de 1000 millones de personas aún viven sin electricidad, y cientos de millones más viven con un suministro insuficiente o poco confiable. Al mismo tiempo, aproximadamente 3000 millones de personas utilizan combustibles contaminantes como leña u otra biomasa para cocinar o calefaccionar sus viviendas, lo que genera contaminación del aire en espacios abiertos y cerrados que tiene impactos generalizados en la salud.

La energía renovable desempeña un papel cada vez más importante en el proceso de ayudar a los países a desarrollar sistemas energéticos modernos y seguros. Los costos marcadamente más bajos de la energía limpia están contribuyendo a esta transición, y las tecnologías disruptivas, como las redes inteligentes, los medidores inteligentes y los sistemas de datos geoespaciales han transformado la planificación energética.

La aplicación de nuevos enfoques a gran escala que combinan electrificación con y sin conexión a la red también ha contribuido a generar resultados asombrosos en el acceso a la energía en muchos países. En otros, las minirredes están demostrando ser prometedoras para subsanar la brecha en materia de acceso. Al mismo tiempo, los sistemas de energía solar domiciliarios son cada vez más eficientes y menos costosos, lo que los hace más asequibles en Asia meridional y África, regiones que presentan las mayores deficiencias de acceso a la energía (Banco Mundial, 2018).

2.1 Energía renovables en el mundo

La Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA) produce estadísticas completas de energía renovable sobre una variedad de temas. Esta publicación presenta estadísticas de capacidad de generación de energía renovable. La capacidad de generación de energía renovable se mide como la capacidad de generación neta máxima de las centrales eléctricas y otras

instalaciones que utilizan fuentes de energía renovables para producir electricidad. Los datos reflejan la capacidad instalada y conectada al final del año calendario.

La figura 2.1 se muestra datos globales de consumo de la energía renovable por continente.

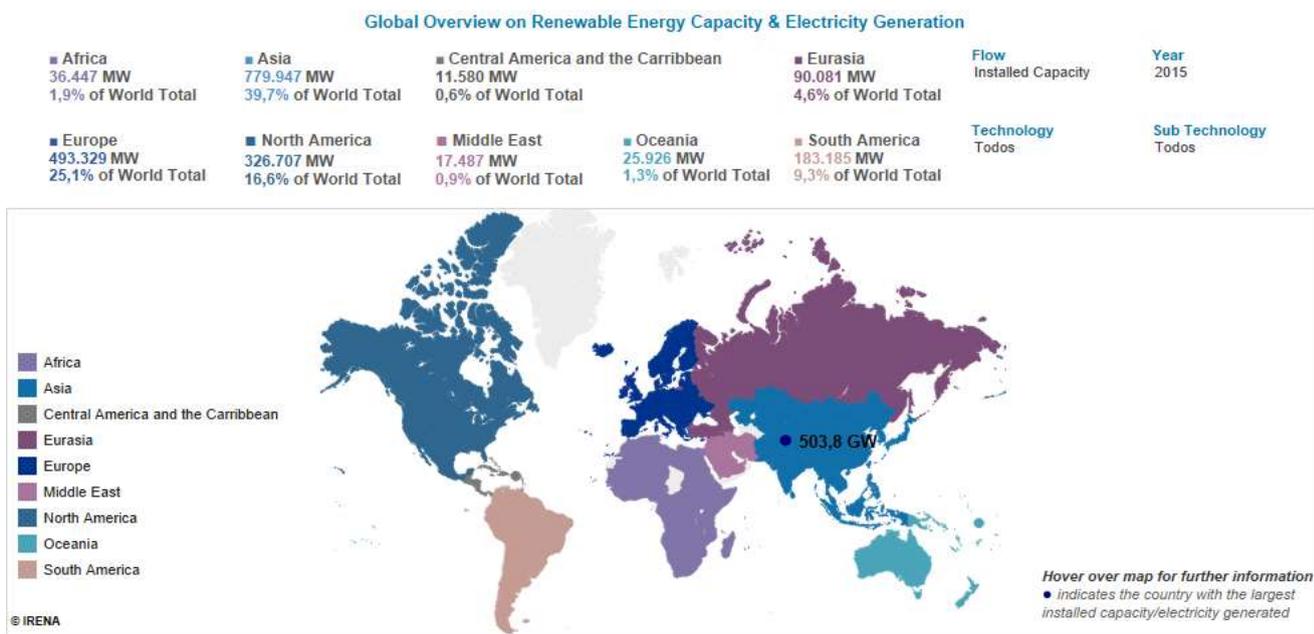


Figura 2. 1 Renovables en el mundo

Fuente: (IRENA, 2019)

Se puede apreciar que Asia posee 779.945 Mega Watts de potencia instalada en el 2015, esto representa el 39.7% de la potencia instalada a nivel mundial, Sudamérica posee potencia instalada de 1243.1245 MW (9.3%). La figura 2.2 muestran cifras de capacidad instalada de energía renovable hasta el 2018.



Figura 2. 2 Estadísticas de capacidad instalada por energía renovable a nivel global

Fuente: (IRENA, 2019)

En el 2018 Asia representó el 61% de la nueva capacidad en 20124 (ligeramente por debajo del año pasado) y resultó en más de un Teravatio de capacidad renovable (44% del total mundial). Asia y Oceanía también fueron las regiones de más rápido crecimiento, con crecimiento de +11.4% y +17.7% respectivamente. Europa se expandió en la misma cantidad que el año pasado (+24 GW, un 4.6% incrementar). La expansión en América del Norte se recuperó ligeramente, con un aumento de 19 GW (+5,4%). Crecimiento de capacidad en África también fue una repetición del año pasado, con un aumento de 3.6 GW (+ 24.4%).

En la figura 2.3 se muestra las cifras por regiones de capacidad o potencia instalada en energía renovable desde el año 2000 hasta el 2015.

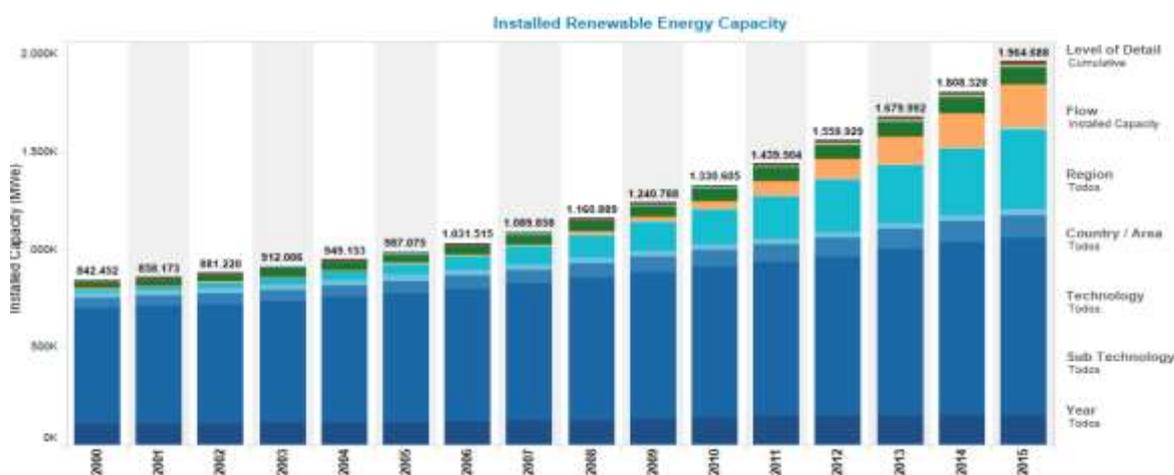


Figura 2. 3 Energía Renovable instalada

Fuente: (IRENA, 2019)

El fuerte crecimiento del 2015 continúa con la notable tendencia hasta el 2018, que refleja un cambio continuo hacia la energía renovable como el motor de la transformación energética global. La capacidad de generación renovable aumentó (171 GW o + 7.9%). La energía solar continuó dominando, con un aumento de capacidad de 94 GW (+ 24%), seguido de energía eólica con un aumento de 49 GW (+ 10%). (IRENA, 2019).

La capacidad hidroeléctrica aumentó en 21 GW (+ 2%) y la bioenergía en 6 GW (+ 5%). La energía geotérmica aumentó en poco más de 500 MW.

La expansión de la capacidad renovable sigue siendo impulsada principalmente por nuevas instalaciones de energía solar y eólica. Estos

representaron el 244% de toda la nueva capacidad instalada en 2018, finalmente empujando la participación general de hidroeléctrica a poco menos del 50%

Véase en la figura 2.4 datos estadísticos de la generación eléctrica por energía no renovable y renovable.

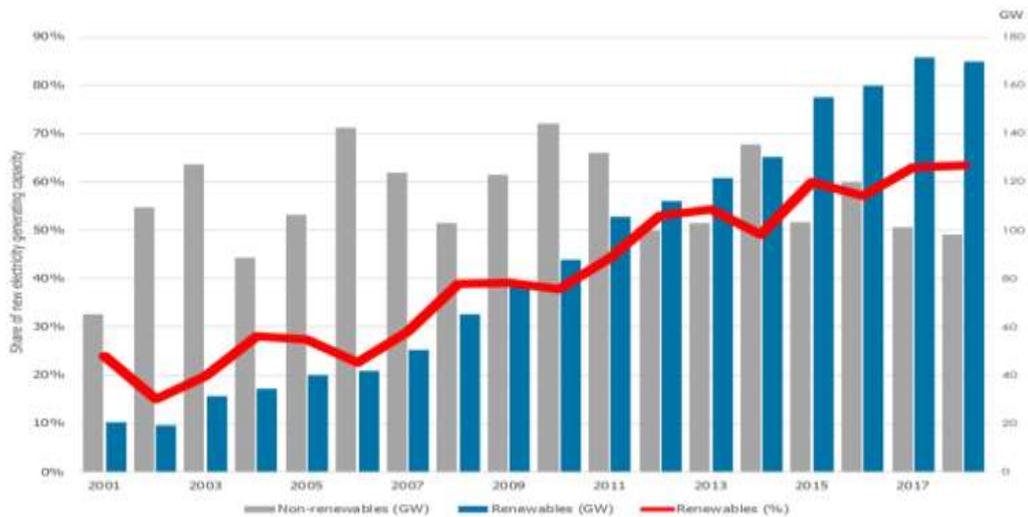


Figura 2. 4 Generación eléctrica por energía no renovable y renovable

Fuente: (Revista RD Energía, 2019)

La figura 2.4 muestra el crecimiento en la capacidad de generación de energías renovables (barras color rojo) versus energía no renovable (barra color gris), principalmente combustibles fósiles y nuclear. Si bien la capacidad de generación no renovable ha disminuido en Europa, América del Norte y Oceanía en aproximadamente 245 GW desde 2010, ha aumentado tanto en Asia como en Oriente Medio durante el mismo período. Desde el año 2000, la capacidad de generación no renovable se ha ampliado en aproximadamente 115 GW por año (en promedio), sin una tendencia perceptible hacia arriba o hacia abajo (Revista RD Energía, 2019).

Siemens (2019) señala que, se están aplicando medidas que se adoptarán a nivel mundial a lo largo de 2019 para acometer la llamada transición energética. El concepto de “transición energética” se define como un cambio estructural a largo plazo en los sistemas energéticos. Actualmente la transición en curso prevé la sustitución de las fuentes contaminantes por energías limpias además de la progresiva descarbonización y electrificación de la economía. (Siemens, 2019).

Se pronostica que, en 2030, las minirredes, antes consideradas una solución para necesidades específicas, podrán suministrar electricidad a 500 millones de personas y ayudar así a reducir la brecha energética. Debido a una combinación de factores como la caída de los costos, el importante aumento en la calidad del servicio y un entorno de políticas favorables, dicha modalidad se ha convertido en una opción que puede ampliarse para complementar los sistemas de extensión de redes y de energía solar para uso doméstico. (Banco Mundial, 2019).

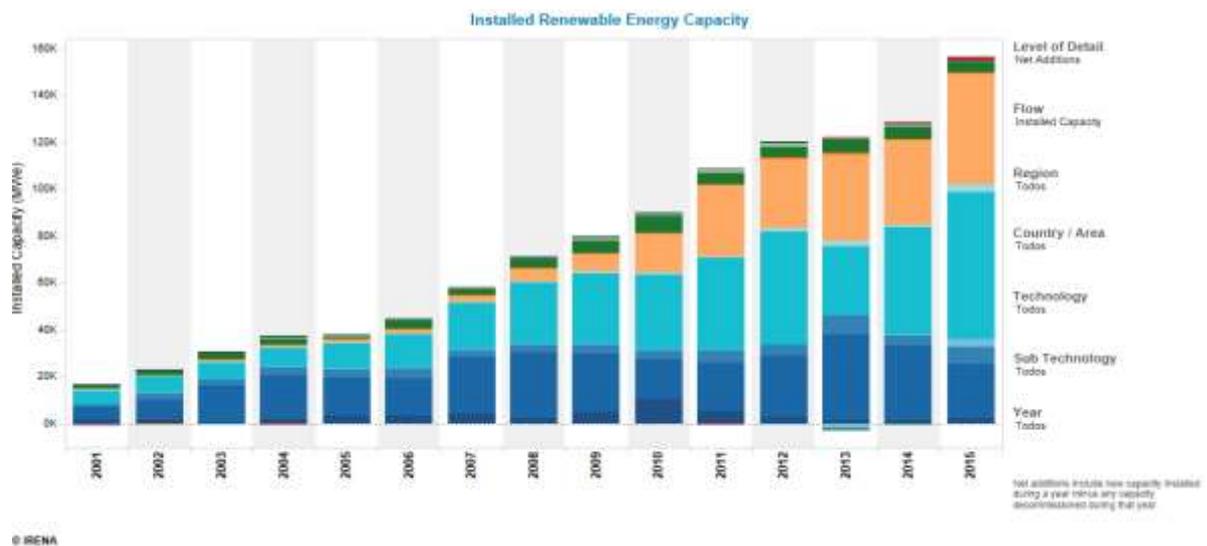


Figura 2. 5 Energía renovable instalada

Fuente: (IRENA, 2019)

La curva de potencia instalada es positiva o creciente hasta el 2015 a nivel global en cuanto a capacidad de potencia instalada en energía renovable. Es necesario que los países de todo el mundo movilicen activamente la inversión privada, por ejemplo, estableciendo políticas que respalden programas integrales de electrificación, promoviendo modelos comerciales viables y proporcionando fondos públicos, como subsidios basados en el desempeño.

El Banco Mundial ha intensificado su apoyo a las minirredes y, al mismo tiempo, ayuda a los países a elaborar programas de electrificación integrales. En la figura 2.6 se muestra las tecnologías de energía renovables implementadas a nivel global.

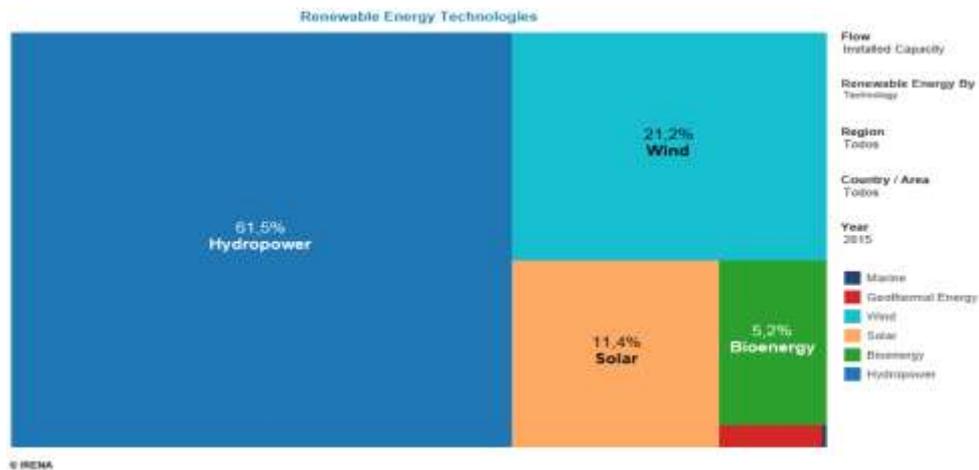


Figura 2. 6 Tecnologías de Energía Renovable en 2018

Fuente: (IRENA, 2019)

A nivel mundial, la capacidad total de generación de energía renovable alcanzó 2,351 GW a fines del año pasado, aproximadamente un tercio de la capacidad total de electricidad instalada. La energía hidroeléctrica representa la mayor parte con una capacidad instalada de 1 172 GW, aproximadamente la mitad del total. La energía eólica y solar representan la mayor parte del resto con capacidades de 564 GW y 480 GW respectivamente. Otros renovables incluyen 121 GW de bioenergía, 13 GW de energía geotérmica y 500 MW de energía marina (energía de mareas, olas y océanos).

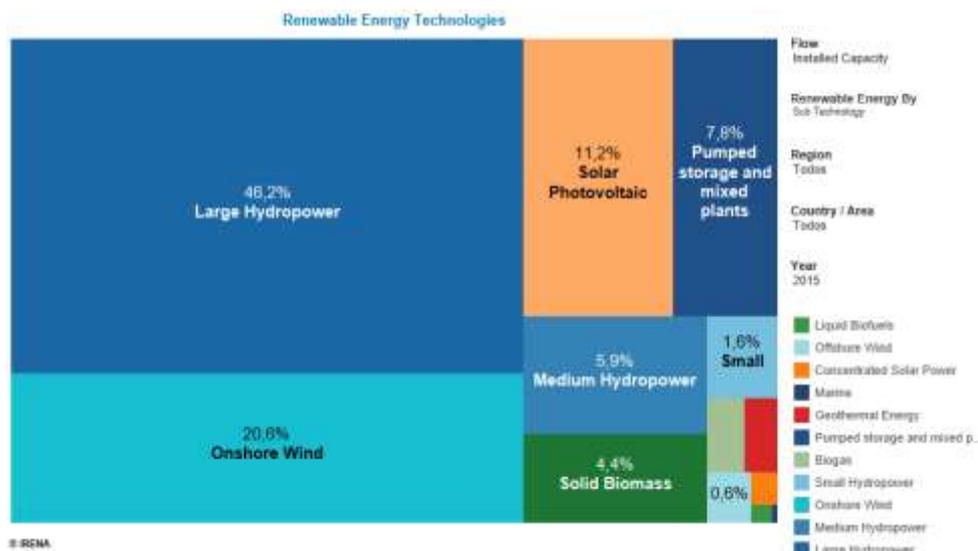


Figura 2. 7 Tecnologías de Energía Renovable no convencional en 2018

Fuente: (IRENA, 2019)

A continuación se muestran datos de energía renovable en el Ecuador

2.2 Producción de energía eléctrica en Ecuador

La energía neta total producida por las centrales consideradas en las transacciones en bloque en 2018 fue de 24 774,32 GWh, con una participación del 242,243% de la producción hidroeléctrica, seguida de la fuente termoeléctrica con el 15,17%, el 1,51% de energía proveniente generación no convencional y el 0,43% de importaciones internacionales de electricidad.

Tabla 2. 1 Generación por tipo de producción (GWh), 2018.

TIPO DE PRODUCCIÓN	CONVENCIONAL		NO CONVENCIONAL		TIE		TOTAL (GWh)	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%	GWh	%
HIDRO	18 819,24	75,96%	1 701,51	6,87%	-	-	20 520,75	82,83%
EÓLICO	-	-	72,49	0,29%	-	-	72,49	0,29%
BIOGAS	-	-	45,42	0,18%	-	-	45,42	0,18%
BIOMASA	-	-	222,02	0,90%	-	-	222,02	0,90%
FOTOVOLTAICO	-	-	33,99	0,14%	-	-	33,99	0,14%
SUBTOTAL RENOVABLE	18 819,24	75,96%	2 075,43	8,38%	-	-	20 894,67	84,34%
DIÉSEL	186,24	0,75%	-	-	-	-	186,24	0,75%
FUEL OIL	1 481,10	5,98%	-	-	-	-	1 481,10	5,98%
GAS NATURAL	877,73	3,54%	-	-	-	-	877,73	3,54%
NAFTA	-	-	-	-	-	-	-	-
RESIDUO	1.228,51	4,96%	-	-	-	-	1 228,51	4,96%
SUBTOTAL NO RENOVABLE	3 773,58	15,23%	-	-	-	-	3 773,58	15,23%
TIE	-	-	-	-	106,07	0,43%	-	-
SUBTOTAL TIE	-	-	-	-	106,07	0,43%	106,07	0,43%
TOTAL	22 592,82	91,19%	2 075,43	8,38%	106,07	0,43%	24 774,32	100,0%

Fuente: (CENACE, 2019)

En 2018 la demanda ha sido abastecida principalmente por el parque hidroeléctrico, gracias a las favorables condiciones hidrológicas que se han presentado. La mayor cantidad de generación hidroeléctrica fue producida en enero de 2018, mientras que los meses de noviembre y diciembre fueron los de menor producción hidroeléctrica, situación prevista debido a las condiciones hidrológicas presentadas. (CENACE, 2019)

En 2018, la generación de la Corporación Eléctrica del Ecuador - CELEC EP representó el 24,6% de toda la producción del Sistema Nacional Interconectado; este valor comprende el 71,54% de generación hidroeléctrica, 14,52% de generación termoeléctrica y el 0,29% de generación eólica, respecto al total de generación del S.N.I.

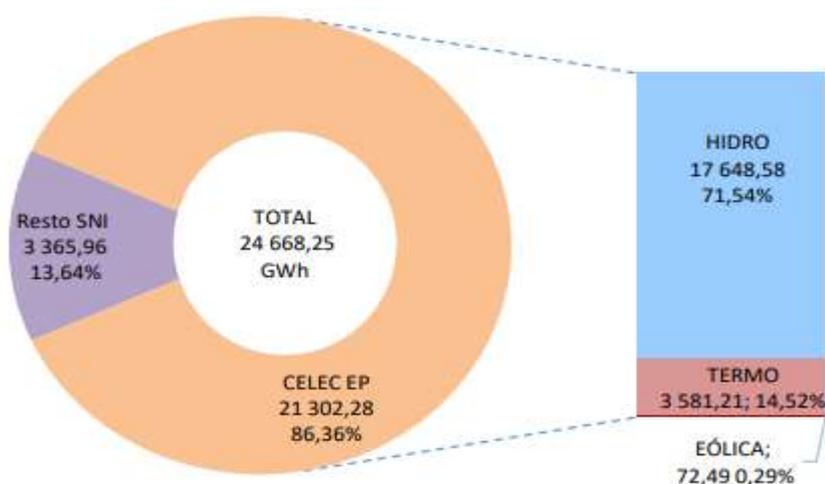


Figura 2. 8 Producción de energía de CELEC EP (GWh), 2018.

Fuente: (CENACE, 2019)

2.2.3 Exportaciones

El importante incremento de la generación hidráulica por el ingreso de nuevos proyectos como Minas San Francisco con 270 MW y Delsitanisagua con 1240 MW, contribuyó a que se incrementen las exportaciones internacionales de 210,99 GWh en el 2017 a 254,56 GWh en el 2018, registrándose un crecimiento del 20,65%. El mes con mayor exportación fue enero con 117,71 GWh. Si se toma como referencia el máximo valor histórico de energía exportada que se registró en el 2017 con 400,94 GWh, el valor alcanzado en el 2018 representa el 63,49%. Del total de la energía exportada, el 91,59% fue para Colombia y el 24,41% para Perú.

La evolución mensual de las exportaciones se muestra en la Figura 2.9.



Figura 2. 9 Exportaciones de energía mensual (GWh), 2018

Fuente. (CENACE, 2019)

2.2.4 Importaciones

El total importado desde Colombia por el enlace Pomasqui – Jamondino 170 kV fue de 106,07 GWh, valor que representa 5,72 veces lo importado en el 2017 (124,52 GWh) o un crecimiento del 472,240%. En este año no se registraron importaciones desde Perú. El mes con mayor importación fue octubre con 57,67 GWh. Si se toma como referencia el máximo valor histórico de energía importada que se registró en el 2014 con 2436,74 GWh, el valor alcanzado en el 2018 representa el 12,624%. (Párraga, Intriago, Velasco, Cedeño, & Murillo, 2018)

El mayor porcentaje de producción de energía por medio de fuentes renovables fue consecuencia de las mejores condiciones hidrológicas presentadas en las cuencas que alimentan las principales centrales hidroeléctricas.

En la Figura 2.10 se muestra la información mensual correspondiente al 2018. En este año no se importó a través del enlace Tulcán – Panamericana 1324 kV y la máxima potencia importada por la interconexión Ecuador – Colombia 170 kV se registró el 9 de octubre del 2018.



Figura 2. 10 Importaciones de energía (GWh), 2018

Fuente. (CENACE, 2019)

Ecuador como se mencionó cuenta con proyectos energéticos basado en hidroeléctricas, se tiene que tomar en cuenta que las centrales hidroeléctricas, en esencia, dependen de la red hidrográfica oriental del país que tiene un ciclo natural de lluvias y capacidad hídrica. Estas tienen mayor capacidad entre los meses de junio y noviembre, y su capacidad baja considerablemente entre diciembre y mayo. En el 2018 dominan con el 82.17% las hidroeléctricas frente a la generación termoeléctrica 15.92% y del 1.49% de generación no convencional (solar, eólica.). Véase la figura 2.11.

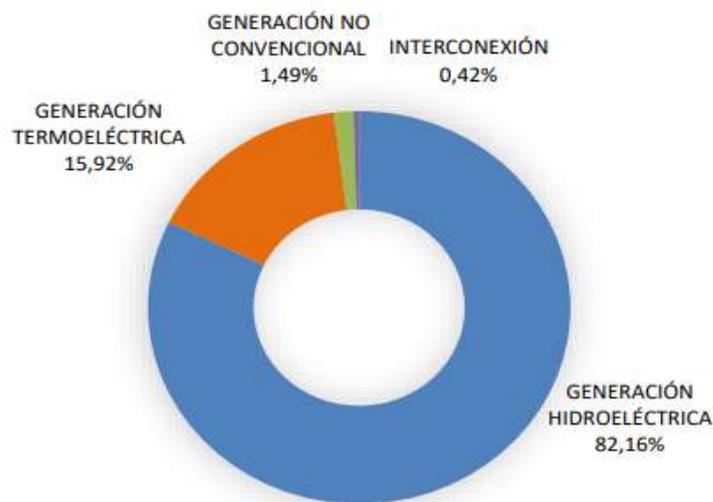


Figura 2. 11 Producción energética anual porcentual, 2018

Fuente. (CENACE, 2019)

2.3 Energía Renovable en Ecuador

Las energías renovables ofrecen la posibilidad de generar electricidad y calor prácticamente sin emisiones, a bajos precios de operación y de manera sustentable, en conjunto con esto, cada país tiene un lógico interés aprovechar sus recursos renovables locales.

La participación de las energías renovables en la matriz energética del Ecuador considera los siguientes aspectos; generación de electricidad, a través del aprovechamiento de recursos naturales en proyectos hidroeléctricos, eólicos, biomasa (co-generación) y solares (fotovoltaicos); la obtención de gas combustible (biogás), utiliza residuos orgánicos producidos por la agroindustria; el uso de biocombustibles para el transporte, a través de la sustitución parcial del consumo de la gasolina extra con etanol (proyecto piloto en la ciudad de Guayaquil); calentamiento de agua con energía solar, para reemplazar el uso de electricidad o de gas licuado de petróleo (Álvarez, et al., 2017). (Párraga, Intriago, Velasco, Cedeño, & Murillo, 2018).

En Ecuador, estudios realizados por Centeno et al. (2018), manifiestan que la actualidad el ecosistema es el más afectado con el sistema de generación eléctrica existente en el país, convirtiendo entonces el tema de la energía, es un sector estratégico para el gobierno ecuatoriano. Para modificar el tema de generación eléctrica, se han desarrollado varios proyectos, hidráulicos fundamentalmente, entre los que se destacan coca codo Sinclair, Manduriacu, Minas San Francisco, Quijos, entre otros.

De manera circunstancial, el 12 de marzo de 2019, la Asamblea Nacional del Ecuador aprobó la Ley de Eficiencia Energética, proyecto de Ley que contó con el apoyo técnico de Organización Latinoamericana de Energía (OLADE).

2.3.1 Ley de Eficiencia Energética en Ecuador

La normativa busca que la eficiencia energética se desarrolle en el país, con una legislación específica y clara, la cual contribuirá al ahorro de energía, la lucha contra el cambio climático y a vivir en un ambiente sano.

Promueve el ahorro de energía, favoreciendo el bolsillo de los ciudadanos; fomenta la competitividad; el uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias. Con esto se reducirá el impacto ambiental y contribuirá a no poner en riesgo la soberanía alimentaria, tomando en cuenta que el cambio climático ha empeorado las condiciones de vida de los agricultores y pescadores.

También, se orienta a la optimización de los recursos del país, puesto que se reducirá el uso de combustibles no renovables, como gasolina y diésel, los cuales el Estado tiene que subsidiar. En Ecuador, de toda la energía que se consume, el 67 % está en uso de diésel, gasolina y gas licuado. Apenas el 15 % es a base de electricidad. (OLADE, 2019).

La propuesta incentiva la proliferación de la movilidad eléctrica (vehículos públicos y privados); crea un Fondo Nacional de Fomento e Inversión en eficiencia energética; establece un Sistema Nacional de Eficiencia Energética (SNEE) para promover el uso eficiente, racional y sustentable de la energía.

Se desarrollará un monitoreo de los avances y resultados de los programas ejecutados para contar con estadísticas que permitan tomar futuras decisiones. (Asamblea Nacional, 2019).

Esta Ley tiene ideas positivas y que se encuentran encaminadas a favorecer la energía renovable y cambiar la matriz energética de consumo y generación primaria, pero que sin un control sobre los reglamentos que se creen a partir

de ella, puede golpear a ciertos sectores económicos y generar desempleo.
(Revista RD Energía, 2019)

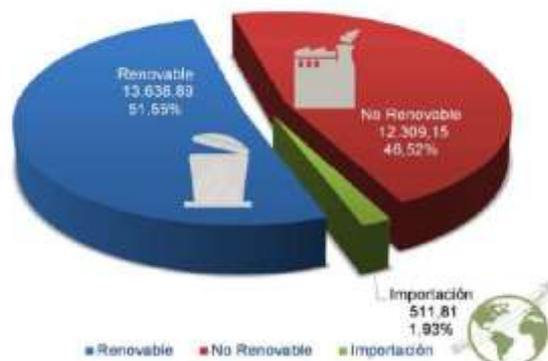


Figura 2. 12 Energía renovables y no renovables en Ecuador

Fuente: (OLADE, 2019)

El 75% de la electricidad del país proviene de fuentes de energía renovable que tienen un menor impacto en el medioambiente. Hace diez años, el 50% tenía ese origen. Si bien hay un avance, este es lento (51.65%). En la figura 2.13 se muestra la tecnología de energía renovable y sus porcentajes de operación.

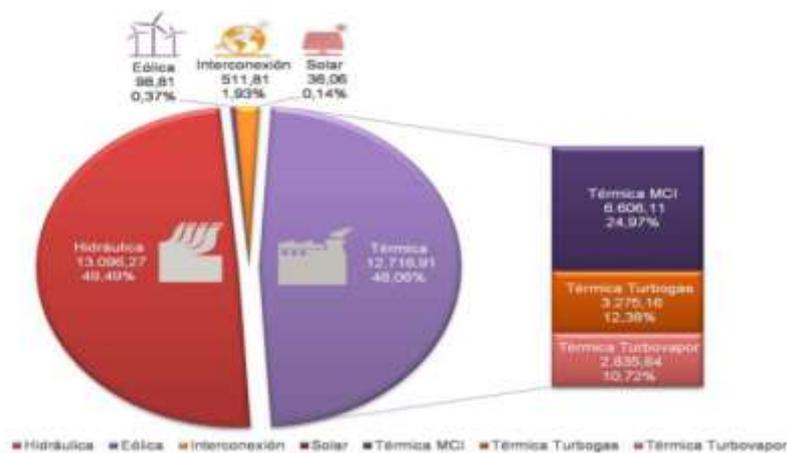


Figura 2. 13 Tecnologías de energías renovables en Ecuador.

Fuente: (OLADE, 2019)

Ecuador cuenta desde el 2015 con las centrales hidroeléctricas (que producen energía con la fuerza de los ríos) Manduriacu, Sopladora y Coca Codo Sinclair. Más Delsitanisagua y Minas San Francisco desde fines del 2018. Aunque el director encargado del Fondo Mundial para la Naturaleza

capítulo Ecuador, señala que aún están pendientes Toachi-Pilatón, Mazar-Dudas y Quijos.

En toda esta nueva infraestructura el Estado ecuatoriano ha invertido alrededor de \$5.600 millones. Sin embargo, falta impulsar las otras formas de energía renovable (solar, eólica, etc.). Un obstáculo para las energías alternativas, como la solar, la eólica, el biogás o la geotérmica, es el precio. El costo de un kilovatio de estas energías es aún muy superior al kilovatio generado con agua. Las energías; eólica, geotérmica y el biogás cuestan casi el doble y la fotovoltaica (solar) es mucho más costosa (CESLA, 2019)

La energía eléctrica eólica y solar no representa ni el 1% de la producción total de electricidad del país. El actual Gobierno tiene previsto licitar cinco proyectos para generar energía hidroeléctrica, eólica y solar fotovoltaica, todas de fuentes renovables.

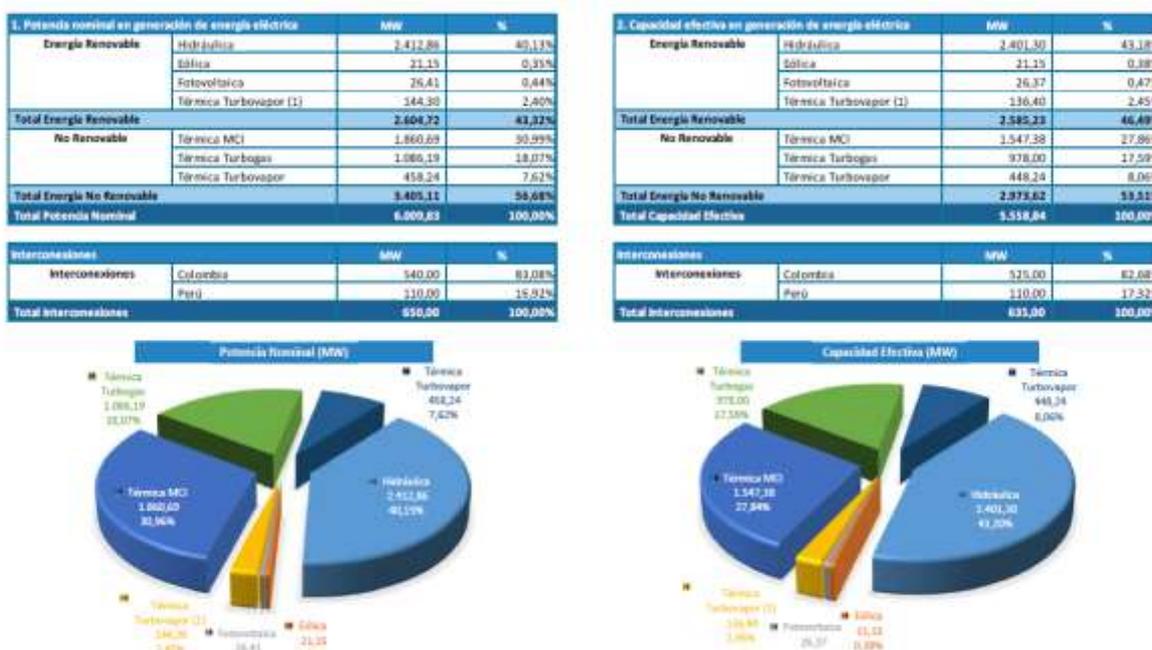


Figura 2. 14 Cifras de la energía renovable en Ecuador

Fuente: (OLADE, 2019)

El Estado Ecuatoriano es el propietario de los recursos naturales que permiten la generación de energía eléctrica, y este a su vez, facultó al ARCONEL (ex CONELEC) como ente regulador público. Dicha institución emite la concesión para el desarrollo de proyectos energéticos. Se muestran estadísticas por tecnología en cuanto a potencia nominal tanto para energía renovable como no renovable (lado izquierdo figura 2.15) así también de capacidad efectiva en generación de energía eléctrica (lado derecho figura 2.15).

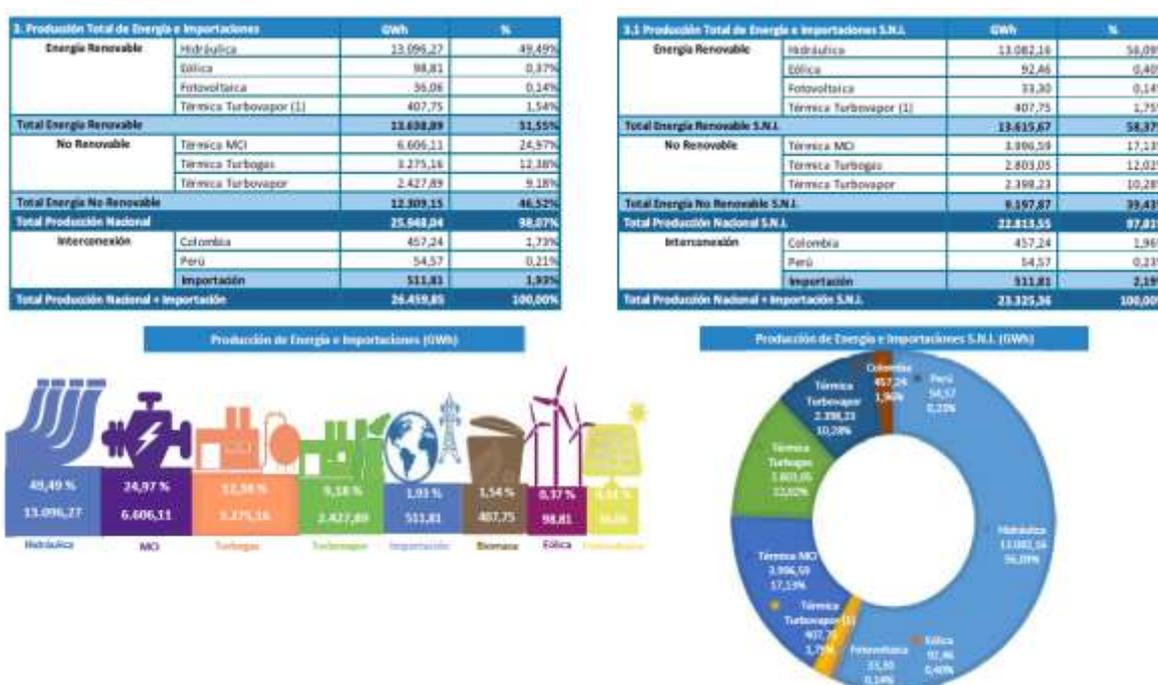


Figura 2. 15 Producción de energía e importaciones en Ecuador

Fuente: (OLADE, 2019)

La figura 2.15 muestra estadísticas de la producción de energía eléctrica y datos de exportación e importación en Ecuador, como se indicó anteriormente (figura 2.10). En el 2018 no se importó a través del enlace Tulcán – Panamericana 1324 kV y la máxima potencia importada por la interconexión Ecuador – Colombia 170 kV se registró el 9 de octubre del 2018.

CAPÍTULO 3: DISPONIBILIDAD DE RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVABLES

3.1 Energía por central hidráulica

En la figura 3.1 se aprecia la isoyeta o isohieta del país. La cual es una isolínea que une los puntos en un plano cartográfico que presentan la misma precipitación en la unidad de tiempo considerada.

La precipitación es cualquier forma de hidrometeoro que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye lluvia, llovizna, nieve, aguanieve, granizo, pero no neblina ni rocío, que son formas de condensación y no de precipitación.

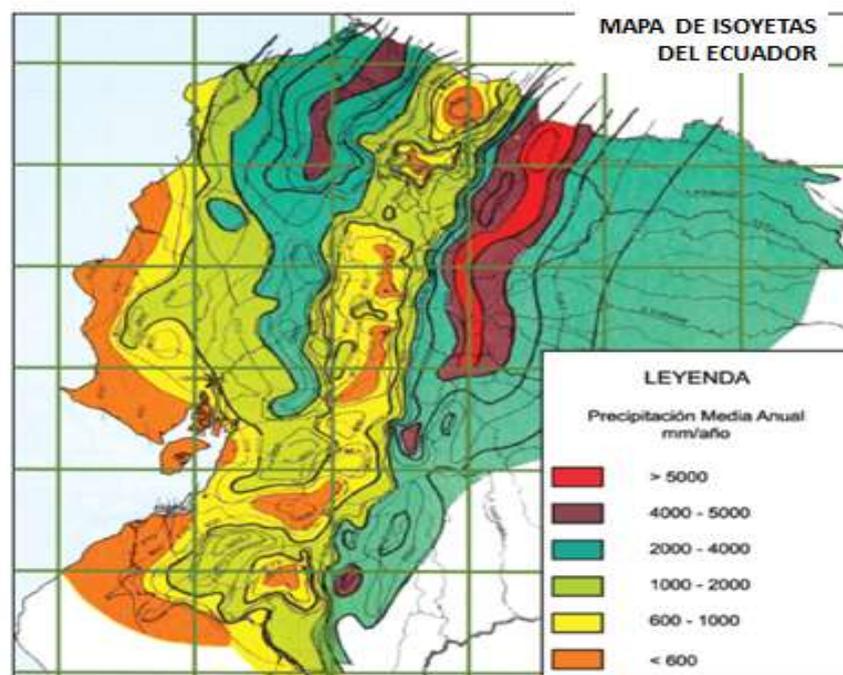


Figura 3. 1 Mapa de Isoyetas del Ecuador.

Fuente: Recursos Energéticos del Ecuador con Fines de Generación Eléctrica – Diciembre 2018

En Ecuador Continental se identifican dos vertientes, en el Pacífico (Occidental) y el río Amazonas (Oriental), en esta última se ubican las centrales hidroeléctricas más grandes del Sistema Nacional Interconectado, SNI, lugar en que la época lluviosa se presenta generalmente, desde abril

hasta septiembre, mientras que la época de sequía es característica desde octubre hasta marzo. El 78% de la capacidad total existente en las centrales hidroeléctricas está constituida principalmente por diez grandes centrales: Coca Codo Sinclair, Paute Molino, Minas San Francisco, San Francisco, Marcel Laniado de Wind, Delsitanisagua, Mazar, Agoyán, Pucará y Manduriacu, pertenecientes a la empresa pública CELEC EP. De las centrales citadas, únicamente Minas San Francisco, Manduriacu y Marcel Laniado de Wind se encuentran ubicadas en la vertiente del Pacífico. Por otro lado, las centrales Marcel Laniado de Wind y Mazar poseen los embalses más representativos del sistema eléctrico nacional. La tabla 3.1 muestra la potencia instalada de las centrales hidráulicas en Ecuador hasta el 2018.

Tabla 3. 1 Potencia efectiva en las grandes centrales hidroeléctricas del SNI.

CENTRAL	POTENCIA (MW)
CUENCA HIDROGRÁFICA ORIENTAL	
C.H. Coca Codo Sinclair	1 500,0
C.H. Paute Molino	1 100,0
C.H. San Francisco	224,0
C.H. Delsitanisagua	180,0
C.H. Mazar	170,0
C.H. Agoyán	154,0
C.H. Pucará	70,6
CUENCA HIDROGRÁFICA OCCIDENTAL	
C.H. Minas San Francisco	270,0
C.H. Marcel Laniado de Wind	213,0
C.H. Manduriacu	65,0
TOTAL	3 946,6

Nota: CH: central Hidroeléctrica. Fuente: (CENACE, 2019)

3.1.1 Energía Hidráulica – Pequeñas Centrales

La figura 3.2 muestra en el mapa territorial ecuatoriano la ubicación de pequeñas centrales hidroeléctricas y sus valores de generación eléctrica.

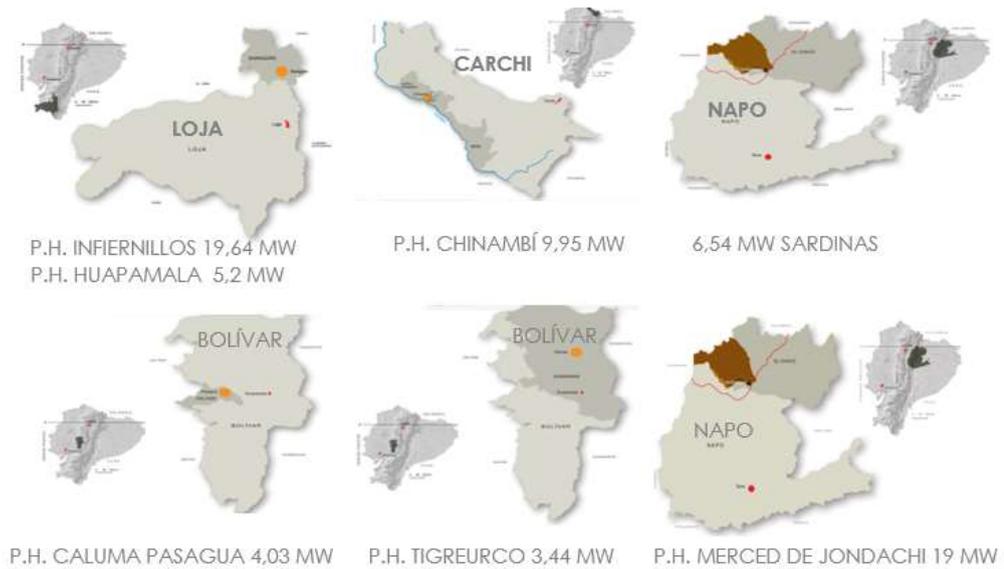


Figura 3. 2 Mapa de ubicación de pequeñas centrales hidroeléctricas

Fuente: (IRENA, 2019)

3.1.1.1 Rehabilitación de la central hidroeléctrica Gualaceo

Se efectuaron obras de repotenciación para tubería de presión, casa de máquinas y equipamiento electromecánico.

Potencia Original: 172 kW.

Obras Originales: Canal de conducción, acueducto, tanque de carga.

Potencia final: 970 kW



Figura 3. 3 Central Hidroeléctrica Gualaceo.

Fuente: (IRENA, 2019)

3.2 Energía Eólica del Ecuador:

En la figura 3.4 se muestra el mapa o atlas eólico del Ecuador el cual se ha elaborado mediante mapeo satelital, y permite conocer las zonas potenciales

para el aprovechamiento energético en el Ecuador. Esta información constituye un valioso aporte para los sectores productivos público y privado del país con la finalidad de promover la inversión e investigación en el uso de la energía eólica como fuente energética renovable y no contaminante.

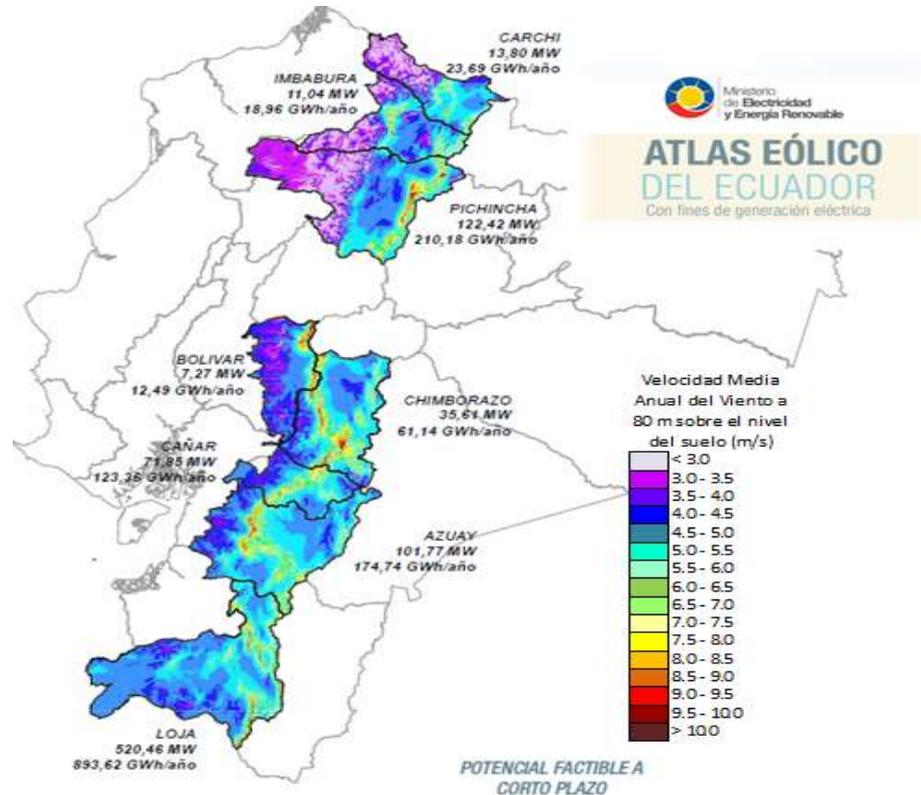


Figura 3. 4 Atlas Eólico del Ecuador.

Fuente: MEER Ministerio de Electricidad y Energía Renovable

La energía eólica es utilizada principalmente para producir electricidad mediante aerogeneradores conectados a las grandes redes de distribución de energía eléctrica. Los parques eólicos construidos en tierra suponen una fuente de energía cada vez más barata y competitiva.

Potencial factible a corto plazo:

- Continental: 884 MW
- Insular: 7 MW

Potencia en operación: 21,15 MW (Continental 17,5 MW; Insular 4,65 MW)

Proyectos estudios: 155 MW (Continental)

Velocidades medias anuales $\geq 7\text{m/s}$ bajo 3.000 msnm, y distancia menor a 10km a redes de transmisión y carreteras, son considerados técnicamente aprovechables.

3.2.1 Energía Eólica en Ecuador

De acuerdo al MEER, la energía eólica en el Ecuador, está siendo aprovechada en la Isla San Cristóbal con una capacidad de 2,4 MW.

Así mismo en la provincia de Loja, en el cerro Villonaco, con una potencia instalada de 17,5 MW. Además del proyecto recientemente inaugurado en la Isla Baltra con una capacidad de 2,25 MW

Desde el 2017 hasta la actualidad se han desarrollado:

- Estudios de prefactibilidad y factibilidad del proyecto eólico García Moreno en la provincia de Carchi. Potencia estimada 22-33 MW
- Campaña de medición de viento de los proyectos eólicos Membrillo y Chinchas (Huacacocha) en la provincia de Loja. Potencia estimada 42-424 MW
- Campaña de medición de viento en el sector de el arenal en la provincia de Bolívar. Potencia estimada: 57 MW

Para realizar una estimación de recurso de un sitio, son necesarios datos de viento generados por una estación meteorológica preferentemente de un periodo largo. Estos datos deben incluir por lo menos, dirección y velocidad del viento. Existen muchas formas de resumir los datos para llevar a cabo una evaluación de recurso de un sitio en particular, estas técnicas incluyen métodos estadísticos y directos. Para pronosticar la variación de la velocidad media del viento para un largo tiempo se utiliza la función de distribución acumulada o curva de duración del viento.

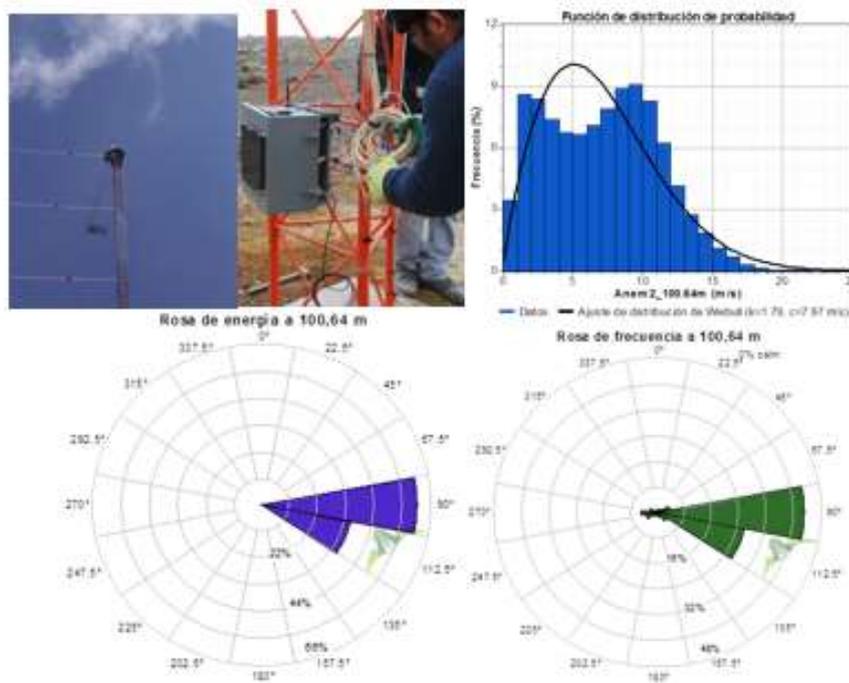


Figura 3. 5 Estudios de Recursos Eólicos.

Fuente: (CESLA, 2019)

3.2.3 Aerogenerador

El generador eólico es un generador que convierte la energía cinética del viento en trabajo mecánico. La curva de potencia del generador describe la relación entre la variable de entrada de la velocidad del viento en m/s y la variable de salida de la potencia eléctrica en Watts o vatios.

Existen tres tipos de aerogeneradores:

- Eje horizontal
- Eje vertical
- Concentradores.

En la figura 3.6 se muestran curvas del desempeño entre los distintos tipos de aerogeneradores, cuanto mayor sea la energía cinética que un aerogenerador extraiga del viento, mayor será la ralentización que sufrirá el viento que deja el aerogenerador.

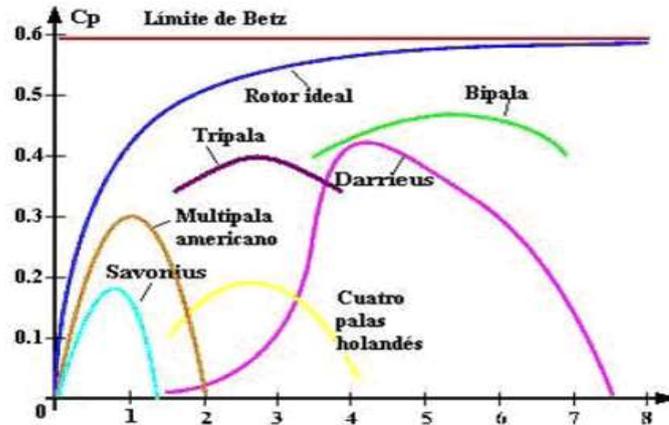


Figura 3. 6 Curvas aerogeneradores.

Fuente: (Párraga, Intriago, Velasco, Cedeño, & Murillo, 2018)

Eje horizontal.

Ventajas:

- Los extremos de pala variable, lo que permite un ángulo de ataque óptimo. Permite que el ángulo de ataque sea vagamente ajustado, lo que proporciona un gran control de modo que se puede aprovechar la máxima cantidad de energía eólica en cada momento.
- Las torres altas permiten acceder a vientos de mayor velocidad.
- Concentradores.

Desventajas:

- Los aerogeneradores horizontales presentan problemas de funcionamiento a alturas reducidas próximas al suelo, como consecuencia de las turbulencias.
- Las torres altas y las palas largas son difíciles de transportar. Encarece entorno a un 20% el coste del equipamiento.
- Precisan de maquinaria específica y de gran envergadura para su instalación.
- Pueden afectar a los radares de aeropuertos si se instalan a gran altura.
- Presentan impacto visual en el entorno. Las legislaciones nacionales, prohíben emplear los aerogeneradores como reclamos publicitarios.

- Precisan de un control cuidadoso, al ser propensos a fatiga de material y daños estructurales.
- Precisan de orientación al viento.



Figura 3. 7 **Aerogeneradores eje horizontal.**

Fuente: (OLADE, 2019)

Eje vertical:

Ventajas:

- No se precisa de torre.
- Al ser vertical no precisa orientación y funciona con cambios rápidos de la dirección del viento.
- Se pueden ubicar cerca del suelo, facilitando su mantenimiento.
- Pueden tomar ventaja de las irregularidades del terreno que incrementan la velocidad del viento.
- Menor velocidad de arranque.
- Menor probabilidad de rotura con vientos fuertes.
- Las aves pueden evitarlas fácilmente.

Desventajas:

- Su rendimiento en la mayoría de los casos es un 50% inferior a un aerogenerador de eje horizontal.
- No toman ventaja de los vientos fuertes a mayor altura.

3.2.3.2.1 Tipos

Dentro de los aerogeneradores de eje vertical se subdividen dos categorías:

Aerogeneradores accionados por resistencia.

- Savonius simples, 2 palas.
- Savonius multipala, 4 palas.
- Tipo pantalla.
- Tipo cazoleta.

Aerogeneradores accionados por sustentación.

- Darrieus, tipo batidora de huevos.
- D-Darrieus.
- Giromill
- Basados en turbinas.

Savonius.

Los aerogeneradores Savonius fueron inventados por el ingeniero finlandés Sigurd J. Savonius en el año 1922.

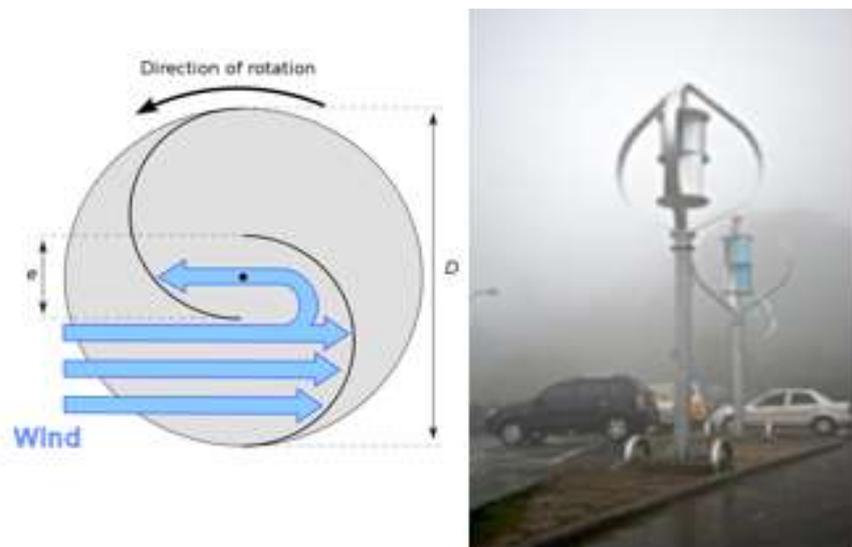


Figura 3. 8 **Aerogenerador Savonius.**

Fuente: (OLADE, 2019)

Darrieus.

Este aerogenerador debe su nombre al ingeniero francés George Darrieus, el cual lo patentó en 1931. Se construye con dos o tres palas y no requiere la construcción de una torre. Trabaja con vientos mínimos de 4 a 5 m/s.

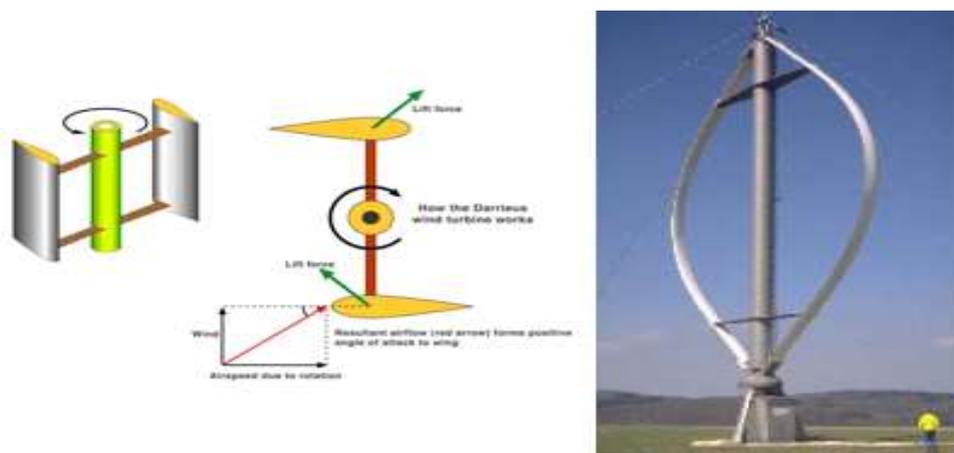


Figura 3. 9 **Aerogenerador Darrieus.**

Fuente: (OLADE, 2019)

El aerogenerador Darrieus más grande del mundo se encuentra en Cap-Chat en Canadá, con una altura de 110 metros y una potencia de 4 MW. Estuvo en funcionamiento hasta el año 1992, en el cual un fuerte temporal lo desestabilizó, actualmente es un monumento a la investigación.



Figura 3. 10 Aerogenerador Darrieus más grande del mundo.

Fuente: (OLADE, 2019)

Onshore



Figura 3. 11 **Aerogenerador Onshore.**

Fuente: (OLADE, 2019)

Offshore



Figura 3. 12 **Aerogenerador Offshore.**

Fuente: (OLADE, 2019)

Sobre la potencia de una turbina existen tres factores que determinan la distribución del viento donde la turbina sea instalada, por tanto, se debe elegir un sitio con un buen potencial de energía eólica. Ya que la velocidad del viento varia, incluso de segundo a segundo, se utiliza una función de distribución de probabilidades de Weibull, la cual describe la velocidad del viento más adecuada.

- La altura de la turbina. Existen muchas relaciones que se utilizan para encontrar la variación del viento a una altura determinada. Ya que son

muy complejas, se utilizan expresiones mucho más simples, que, aunque no son exactas, sus aproximaciones son satisfactorias.

- La curva de potencia eléctrica de salida. Esta información la genera y proporciona el fabricante, ya que cada generador cuenta con diferente diseño y clasificación.

3.2.4 Mediciones de viento

La velocidad del viento está siempre fluctuando, por lo que el contenido energético del viento varía continuamente. De qué magnitud sea exactamente esa fluctuación depende tanto de las condiciones climáticas como de las condiciones de superficie locales y de los obstáculos. La producción de energía de una turbina eólica variará conforme varíe el viento, aunque las variaciones más rápidas serán hasta cierto punto compensadas por la inercia del rotor de la turbina eólica.

La normativa de medición del viento según las normas internacionales para efectuar las mediciones, se deben realizar:

- A una altura de 10 metros.
- Con una frecuencia de 5 minutos.

Para términos de aprovechamiento de energía eólica, estos valores no suelen ser de mucha utilidad en las grandes potencias, aunque sí es más habitual en las pequeñas.

3.2.5 Proyecto eólicos San Cristóbal.

- Ubicado en la Isla de San Cristóbal. Cerro Tropezón.
- Potencia instalada: 2,4 MW (3 x 2400 kW).
- Energía año promedio: 3.600 MWh.

- Cobertura: aproximadamente el 32 % de la demanda de la isla. Con picos del 90%.
- Reducción de emisiones de CO₂: 2.2400 T/ año (aprox).
- Inicio de operación: octubre 2007.



Figura 3. 13 Parque eólico Cerro Tropezón

Fuente: (IRENA, 2019)

- **Parque Eólico Villonaco**

La Central Eólica Villonaco de 17.5 MW de potencia inició su construcción en Septiembre de 2011. Cuenta con 11 aerogeneradores de 1.5 MW cada uno, del tipo GW70/1500. Tuvo una inversión: USD 424,35 millones de dólares.

Es el primer proyecto eólico en Ecuador continental, además de ser el primero en el mundo con una velocidad promedio anual de 12.7 m/s a una altitud de 2700 msnm.



Figura 3. 14 Parque eólico Villonaco.

Fuente: (IRENA, 2019)

El proyecto se encuentra ubicado en la provincia de Loja, cantón Loja. Inicio de operación: desde el 2 de enero de 2013. La energía producida desde su puesta en marcha hasta Septiembre de 2017: 273,25 GWh.

Emisiones reducidas de CO₂: 32.000 T/año.

Parque Eólico Baltra

- Parque Eólico: Cerro Tropezón.
- Ubicado en la Isla de Baltra.
- Potencia instalada: 2,25 MW (3 x 750 kW).
- Energía año promedio: 6.000 MWh.
- Reducción de emisiones de CO₂: 3.600 T/ año (aprox.).
- Reducción diésel: 550.000 gal/año.
- Inicio de operación: 22 de diciembre de 2014.



Figura 3. 15 Parque eólico Baltra.

Fuente: (IRENA, 2019)

3.3 Energía geotérmica del Ecuador

La clasificación de la solar térmica y geotérmica, se la exterioriza por: Solar Térmica de Alta, Media y Baja Temperatura

3.3.1 Solar Térmica de Alta Temperatura

Su temperatura de trabajo es superior a los 500 °C. Se emplea para la generación de energía eléctrica.

- Las tecnologías utilizadas son:
 - Captadoras cilíndricos parabólicos.

- Centrales de torre.
- Discos parabólicos.
- Receptores lineales de Fresnel.

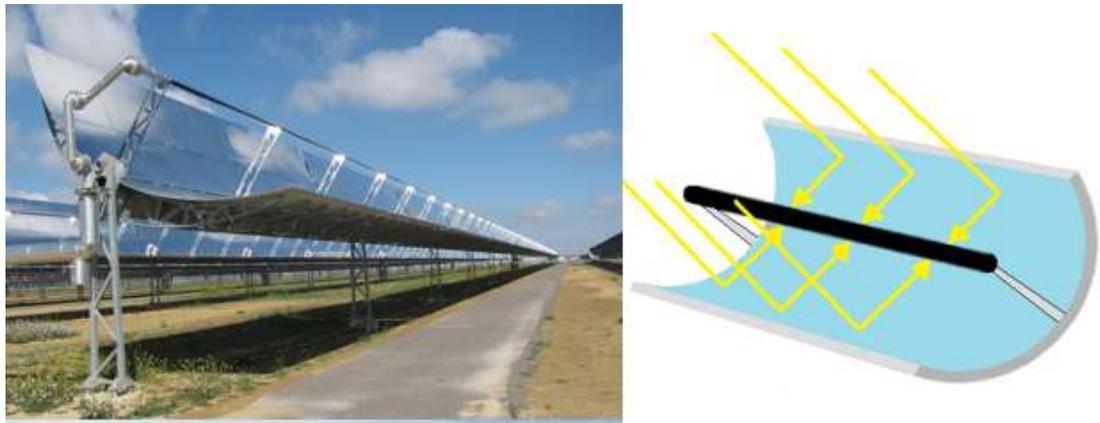


Figura 3. 16 Captadores cilíndricos parabólicos.

Fuente: (IRENA, 2019)

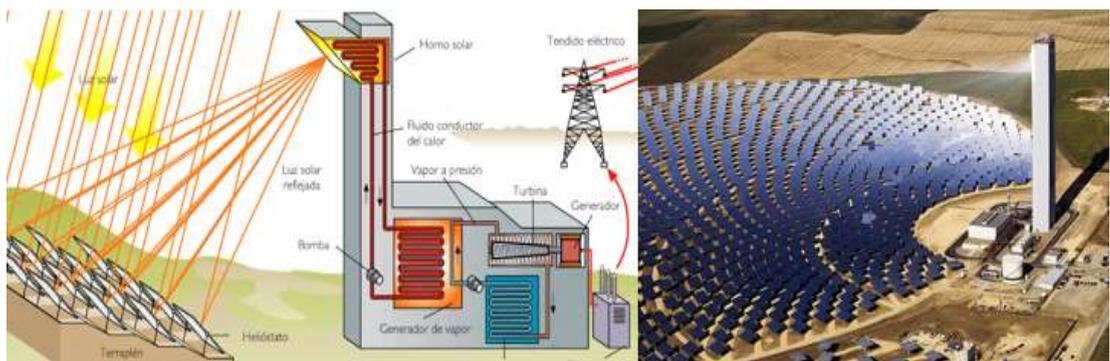


Figura 3. 17 Centrales de torre

Fuente: (IRENA, 2019)



Figura 3. 18 Centrales de Torre. Emplea motor Stirling. Experimental

Fuente: (IRENA, 2019)



Figura 3. 19 Receptores lineales de Fresnel.

Fuente: (IRENA, 2019)

3.3.2 Solar Térmica de Baja Temperatura

Su temperatura de trabajo es inferior a los 120 °C. Su finalidad es la producción de ACS (Agua Caliente Sanitaria).

Aplicaciones:

- Producción de ACS. Residencial, procesos industriales.
- Calefacción.
- Climatización de piscinas.
- Frío solar.

Las tecnologías utilizadas son:

- Captadores planos.
- Captadores tubo de vacío, heat-pipe.
- Captadores tubo de vacío, u-pipe.

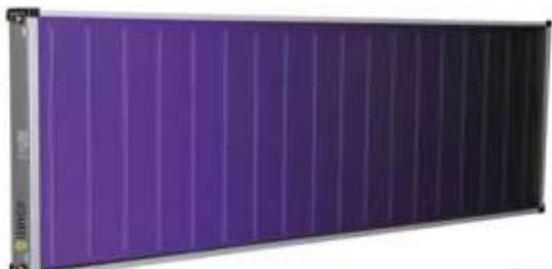


Figura 3. 20 Captador Plano.

Fuente: (Revista RD Energía, 2019)



Figura 3. 21 Tubo de vacío U-Pipe
Fuente: (Revista RD Energía, 2019)



Figura 3. 22 Tubo de vacío U-Pipe (II).
Fuente: (Revista RD Energía, 2019)

3.3.3 Solar Térmica de Media Temperatura.

Su temperatura de trabajo entre 120 °C y 250 °C. Su finalidad es la producción de vapor de agua.

Requieren de técnicas de concentración generalmente mediante la reflexión de espejos. La producción de vapor de agua se emplea en procesos industriales y en la generación de electricidad.

3.4 Recurso Solar

Como Recurso Solar se entiende toda la energía recibida diariamente, por unidad de área, en una determinada ubicación. Las unidades para expresar este concepto en el Sistema Internacional (SI), es el J/m^2 . Aunque generalmente se expresa en las siguientes unidades.

Tabla 3. 2 Unidades del Sistema Internacional.

Unidad	Equivalencia (SI)
MJ/m ²	1x10 ⁶ J/m ²
kWh/m ²	3,6x10 ⁶ J/m ²
Btu/ft ²	11,356x10 ³ J/m ²
Langley = 1 cal/cm ²	2,4x10 ⁻⁵ J/m ²

Fuente: el autor

Septiembre, es el trabajo necesario para producir un watt de potencia durante 1 segundo. Es decir, un vatio-segundo (W·s).

Septiembre, es el trabajo necesario para mover una carga eléctrica de 1 Culombio a través de una diferencia de potencial de 1 Voltio, Es decir, un Voltio-Culombio (V·C).

El sol es la fuente de las principales energías renovables.

3.4.1 Relación con las energías renovables.

- Energía solar térmica.
- Energía solar fotovoltaica.
- Energía Eólica. El sol produce el calentamiento de la masa de aire de manera indirecta a través del calentamiento de la superficie del planeta. Se generan corrientes de convección, masa de aire caliente asciende, se enfría y desciende.
- Biomasa, fotosíntesis.
- Hidráulica. Ciclo hidrológico o ciclo del agua.

3.4.2 Equipos de medición

Se requiere de instrumentos para medir tanto la radiación difusa como la directa. Hallar la radiación solar en un momento determinado puede ayudar a conocer mejor cómo funcionaría el sistema, Se toman en cuenta los siguientes equipos de medición. sin embargo, es de mayor interés conocer la radiación durante un periodo de mayor duración, ya que puede proporcionar una visión

a largo plazo sobre cómo funcionará el sistema durante todo el año, o durante varios meses.

La figura 3.23 muestra algunos instrumentos de medición de radiación solar.

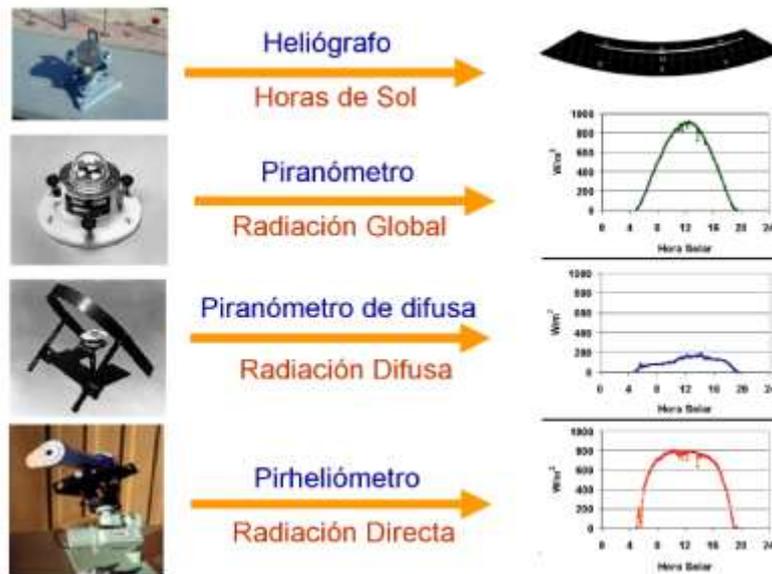


Figura 3. 23 Equipos de medición.

Fuente: (Revista RD Energía, 2019)

Estos instrumentos de medición de radiación pueden ser:

- Heliógrafo. Instrumento que mide la insolación, que son las horas de sol brillante que tiene el día.
- Actinómetro o pirheliómetro. Instrumento para medir la radiación directa.
- Solarímetro o piranómetro. Instrumento para la medición de la radiación global: directa + difusa + reflejada.

El piranómetro posee una termocupla. la cual, al incidir los rayos del sol, existirá aumento de temperatura y se puede medir. La salida de la termocupla es medida para la radiación instantánea total en un momento dado.

La figura 3.24 muestra algunos piranómetros



Figura 3. 24 Elementos de medida de radiación solar

Fuente: (Revista RD Energía, 2019)

3.4.3 Configuraciones

3.4.3.1 Sistema Termosifón

En los sistemas termosifón la circulación del fluido caloportador se produce de manera natural por diferencia de densidad. Requieren que el conjunto captador y acumulador se encuentren próximos. Son sistemas habituales en regiones con una gran radiación solar.

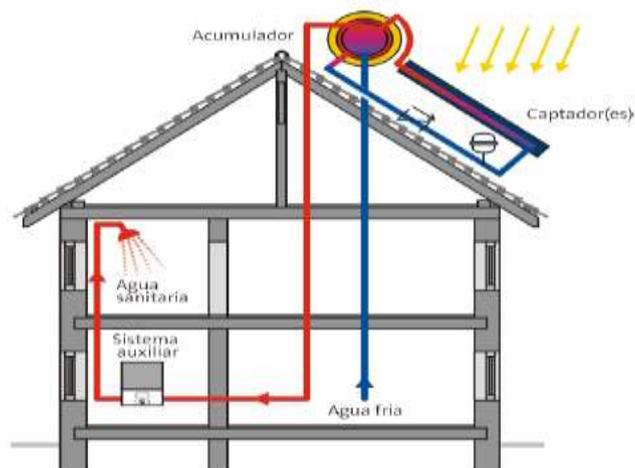


Figura 3. 25 Sistema Termosifón.

Fuente: (Revista RD Energía, 2019)

3.4.3.2 Sistema Forzado

El sistema forzado se caracteriza por disponer de un sistema de impulsión para forzar al desplazamiento del fluido caloportador a lo largo del circuito primario, favoreciendo la captación de calor en los captadores y su posterior intercambio de calor en el acumulador. Económicamente en un sistema con un coste mayor al sistema termosifón, incorpora el sistema de bombeo y control. Permite ubicar el acumulador en una ubicación alejada del captador. Véase las figuras 3.26 y 3.27.

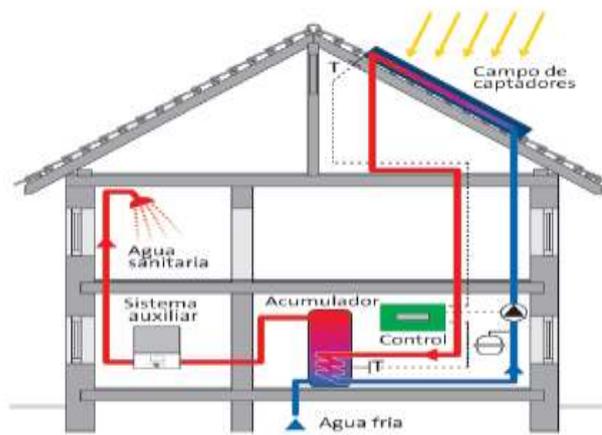


Figura 3. 26 Sistema Forzado.

Fuente: (Revista RD Energía, 2019)

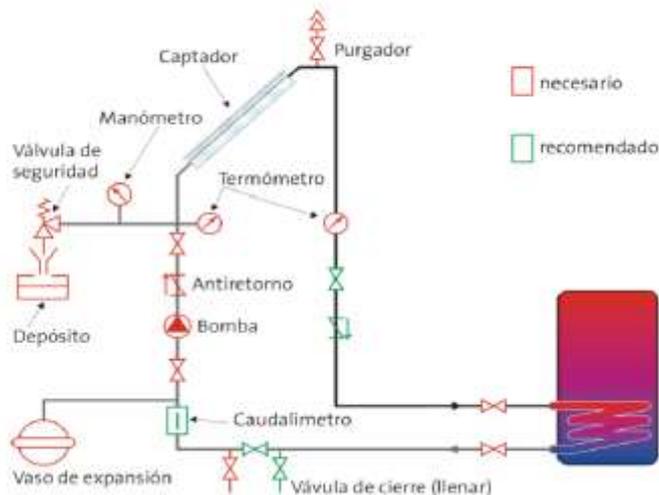


Figura 3. 27 Esquema de componentes.

Fuente: (OLADE, 2019)

Un sistema de climatización solar de piscinas calienta el agua en captadores solares. Estos captadores se colocan en una zona que recibe mucha luz solar a diario. La bomba de agua absorbe el líquido de la piscina, lo empuja hasta el captador solar, y lo devuelve a la piscina. El agua que discurre por el captador recoge su calor, que es a su vez lo que calienta el agua. (Solución de energía renovables, 2015).

Un esquema básico de climatización de piscina con colectores/captadores solares se muestran en la figura 3.28

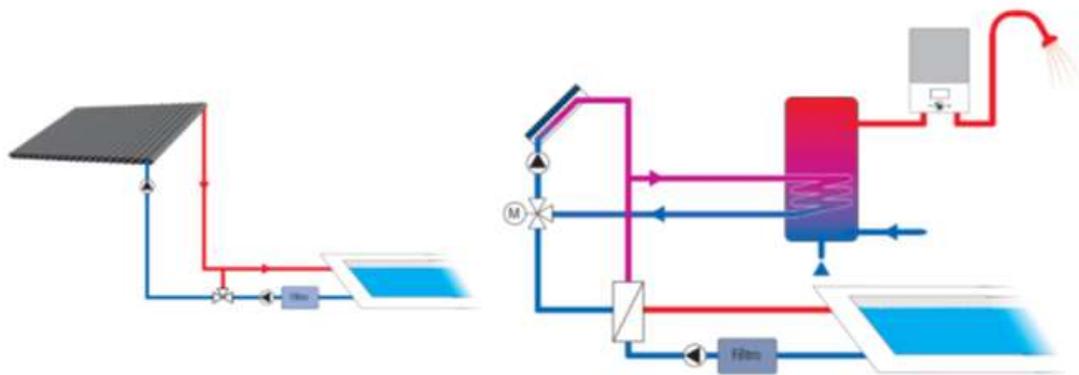


Figura 3. 28 Climatización de piscinas.

Fuente: (OLADE, 2019)

Casos aplicados de Energía Solar.

Un Programa de la Alianza en Energía y Ambiente con la Región Andina junto con el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura llevó agua caliente solar al Páramo ecuatoriano.

El Páramo ecuatoriano comprende las comunidades de Cotopaxi, Chimborazo y Bolívar, ubicadas a más de 3.800 m sobre el nivel del mar.

El proyecto en principio se centró en escuelas y centros comunitarios para extender luego a todos los habitantes el uso del agua caliente sanitaria solar.

Se instalaron 44 sistemas en 42 centros educativos, beneficiando directamente a 2.186 niños y 2.206 niñas, además de a un centro al cual

asisten 32 adultos mayores. En una planta agroindustrial comunitaria donde se procesan plantas medicinales pudo reducirse el consumo de gas licuado de petróleo (GLP).

En otra iniciativa, el MEER y el MIDUVI entregaron colectores solares a la población.

A escala nacional son 2.632 las viviendas beneficiadas con la instalación de estos colectores otorgados a las viviendas financiadas por el bono de la vivienda a través del MIDUVI.

En caso de que no exista la radiación solar necesaria para cubrir la demanda del tanque de agua, existe un sistema auxiliar a base a energía eléctrica.

Bombas de calor

La bomba de calor es una máquina térmica que consigue la temperatura perfecta en cualquier tipo de local o recinto, tanto en invierno, como en verano y pudiendo también producir agua caliente de una forma sencilla, económica y respetuosa con el medio ambiente.

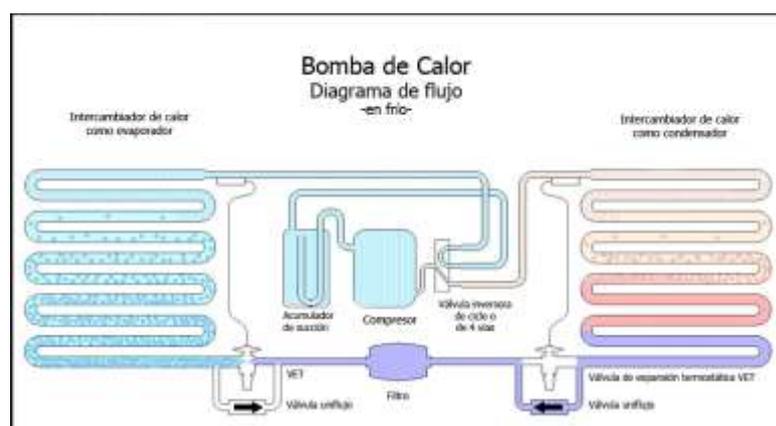


Figura 3. 29 Diagrama de flujo de la bomba de calor.

Fuente: (AFEC, 2016)

La bomba de calor es un sistema que puede suministrar calor y/o frío mediante un ciclo de refrigeración reversible a partir de una fuente de energía

externa. El elemento consumidor principal de una bomba de calor es el compresor. Es un sistema de elevada eficiencia debido a que la cantidad de electricidad usada es comparativamente pequeña frente a la energía térmica producida, alcanzándose en algunos casos rendimientos superiores al 400%

En países donde existen temperaturas extremas, se escoge entre dos tecnologías geotérmicas: aerotermia y geotermia (Naturgy, 2019).

La energía almacenada en el aire (aerotermia) se puede utilizar también para calentar estancias o para producir agua caliente. Las bombas de calor hacen uso de esta energía, y por lo tanto, ayudan a ahorrar en los gastos de la calefacción. La bomba de calor de aire puede utilizar la energía del aire (aerotermia) y utilizarla para la calefacción.

La geotermia, por su parte, también conocida como bomba de calor agua - agua, es la energía que procede de la tierra con los máximos niveles de eficiencia y confort. Las bombas de calor geotérmicas lo que hacen en este caso es aprovechar la temperatura estable del terreno para proporcionar calefacción en invierno, refrigeración en verano y agua caliente durante todo el año.



Figura 3. 30 **Funcionamiento.**

Fuente: (OLADE, 2019)

En la figura 3.31 se muestra el mapa del país que indica los lugares con proyectos geotérmicos.

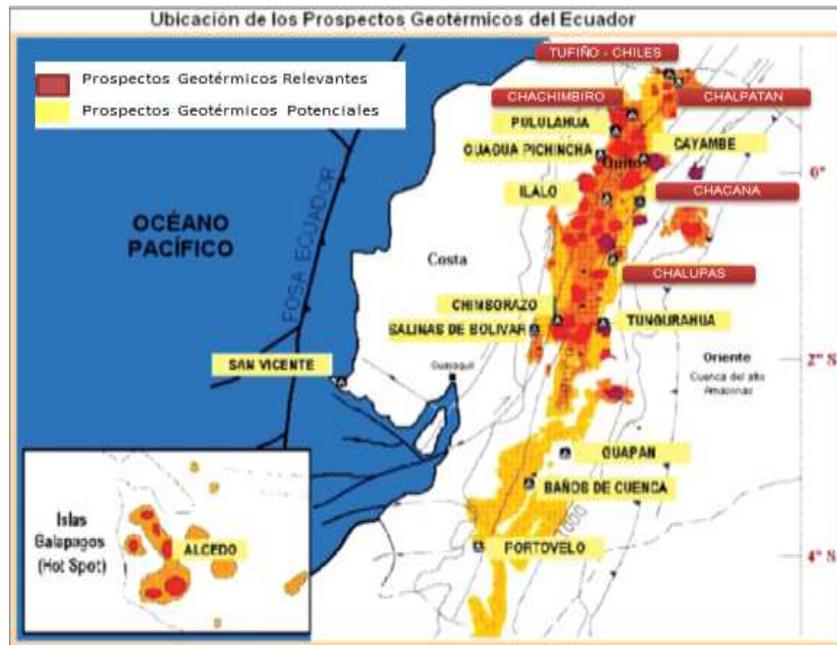


Figura 3. 31 Ubicación de los Proyectos Geotérmicos del Ecuador.

Fuente: Plan para el aprovechamiento de recursos geotérmicos del Ecuador. MEER. 2010

Geotermia:

Potencial teórico: 6.500 MWe

Potencial estimado 5 prospectos: 1.0242 MWe

Proyectos en estudio de pre factibilidad inicial: 400 MWe

Insolación Media Global del Ecuador: 4 575 Wh/m² por día

Niveles de insolación \geq a 4.000 Wh/m² por día, son considerados tecno económicamente aprovechables.

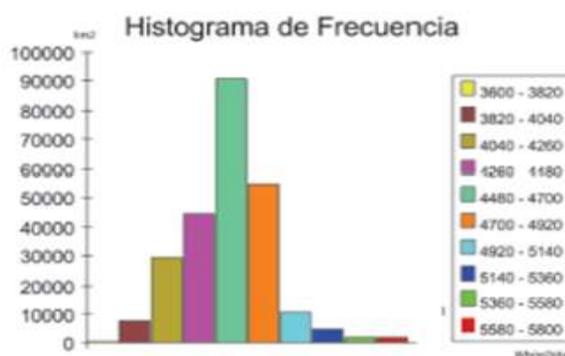


Figura 3. 32 Histograma de Frecuencia.

Fuente: MEER. 2010

3.4.4.2 Energía Solar Térmica en Ecuador

Dotación de 2912 sistemas de energía solar térmica (sst) para agua caliente sanitaria

Primera etapa:

Se instalaron 2240 SST, en las provincias de Pichincha, Imbabura y Chimborazo, por 249.000,00 USD.



Figura 3. 33 Instalación de 2240 SST.

Fuente: (IRENA, 2019)

Segunda etapa:

Se instalaron 2632 SST, en las provincias de Bolívar, Carchi, Imbabura, Pichincha y Tungurahua, por 2´499.172,64 USD.



Figura 3. 34 Instalación de 2632 SST.

Fuente: (IRENA, 2019)

3.5 Energía Solar Fotovoltaica

3.5.1 Clasificación de los Sistemas Fotovoltaicos

Las instalaciones fotovoltaicas se dividen en dos grandes grupos en función del objetivo de la mismas: las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red, que tienen como objetivo fundamental entregar la energía a la red eléctrica pública; esta última, de gran superficie e instalaciones aisladas de la red, cuya

finalidad es satisfacer total o parcialmente la demanda de energía eléctrica convencional residencial o de una comunidad. Véase la figura 3.35



Figura 3. 35 Clasificación de los sistemas fotovoltaicos.

Fuente: (Circuitor, 2015)

Sistemas aislados

Se emplean en localidades lejanas, que no tienen acceso a la red pública: instalaciones rurales, iluminación de áreas aisladas, telecomunicaciones, balizas o boyas de señalización y bombeo de agua. Estas instalaciones posibilitan dos tipos de suministros según sea el tipo de distribución:

- **El sistema centralizado:** Consiste en un único gran sistema que cubre las necesidades de un conjunto de usuarios. La ventaja es disminuir los costos del sistema manteniendo la calidad del suministro.

- **El sistema descentralizado:** Consiste en la instalación de un sistema individual completo en cada vivienda para cubrir sus necesidades; al contrario del anterior, este tiene un mayor costo.

En la figura 3.36 se muestra un esquema fotovoltaico básico de sistema aislado para corriente continua CC el cual tiene cuatro componentes principales, el panel, el controlador de carga, batería y la carga (luminarias) o consumo eléctrico en corriente continua.

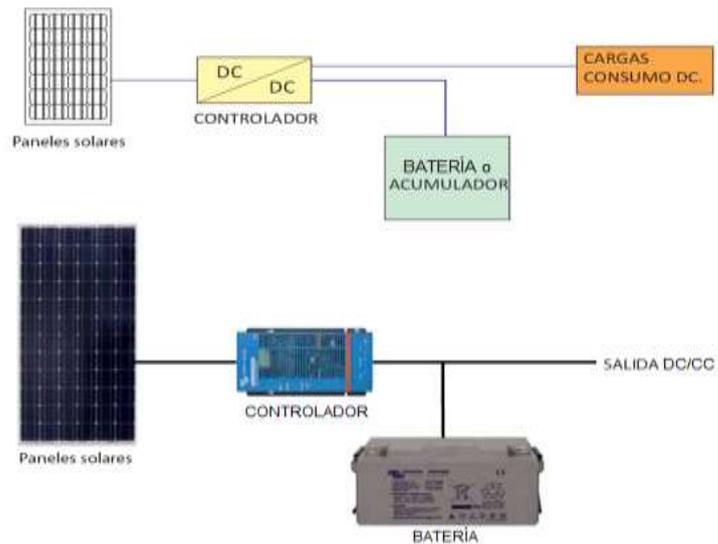


Figura 3. 36 Sistemas aislados CC.

Fuente: (Circuitor, 2015)

En la figura 3.37 se muestra el esquema para un sistema aislado para carga en corriente alterna AC. Este se diferencia del anterior esquema por cuanto la corriente continua debe convertirse a corriente alterna, para aquello después de la batería se conecta un inversor de CC a CA con esta corriente se puede alimentar máquinas o equipos eléctricos.

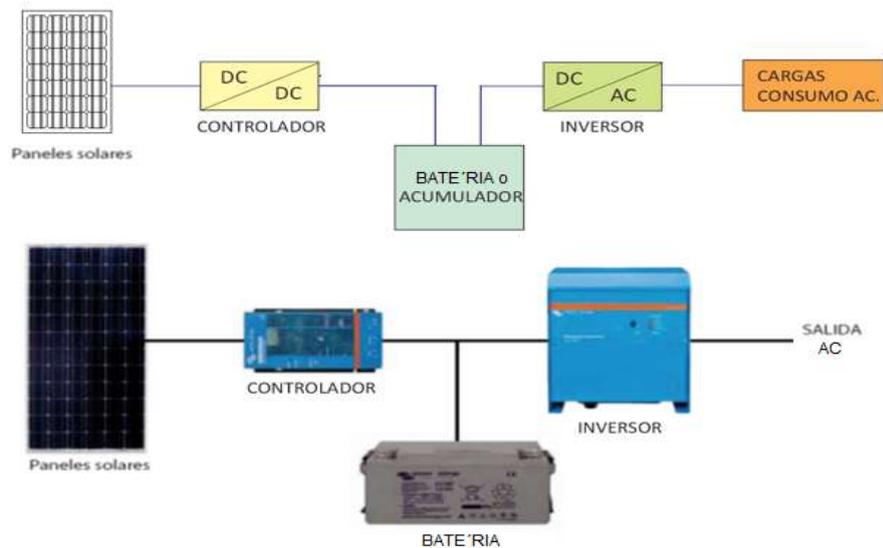


Figura 3. 37 Sistema aislado para carga en corriente alterna AC.

Fuente: (Circuitor, 2015)

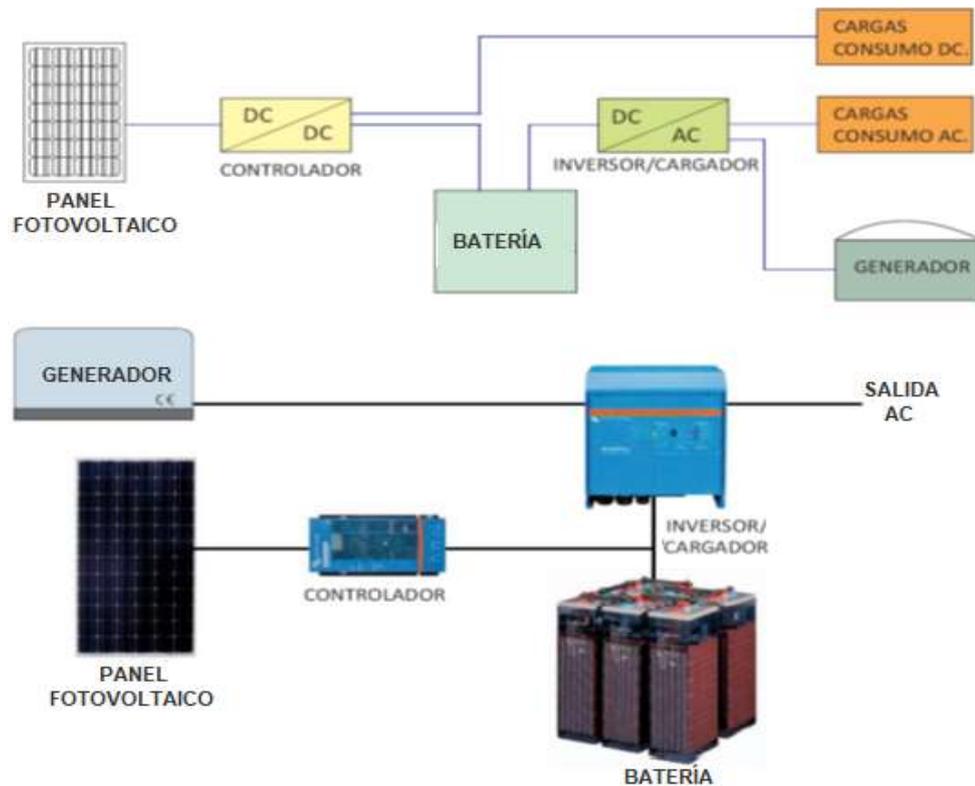


Figura 3. 38 Sistema aislado en AC

Fuente: (Circuitor, 2015)

En las instalaciones conectadas a la red con sistema aislado AC, la red pública actúa como un disipador de energía infinita y acepta toda la energía disponible del sistema fotovoltaico, tanto de paneles fotovoltaicas como de los instalados en viviendas y edificios. Incluso puede tener un respaldo a través de un generador eléctrico conectado al sistema (Solución de energía renovables, 2015).

Este sistema requiere de condiciones de funcionamiento diferentes a la solución aislada, no necesita de subsistema de almacenamiento, y el sistema de regulación cumple la función de indicar al inversor de energía la disponibilidad en cada momento en los paneles (el punto de máxima potencia); este sistema conlleva, además, un beneficio económico: "huertos solares" (Revista Urbanismo-U. Chile, 2005)

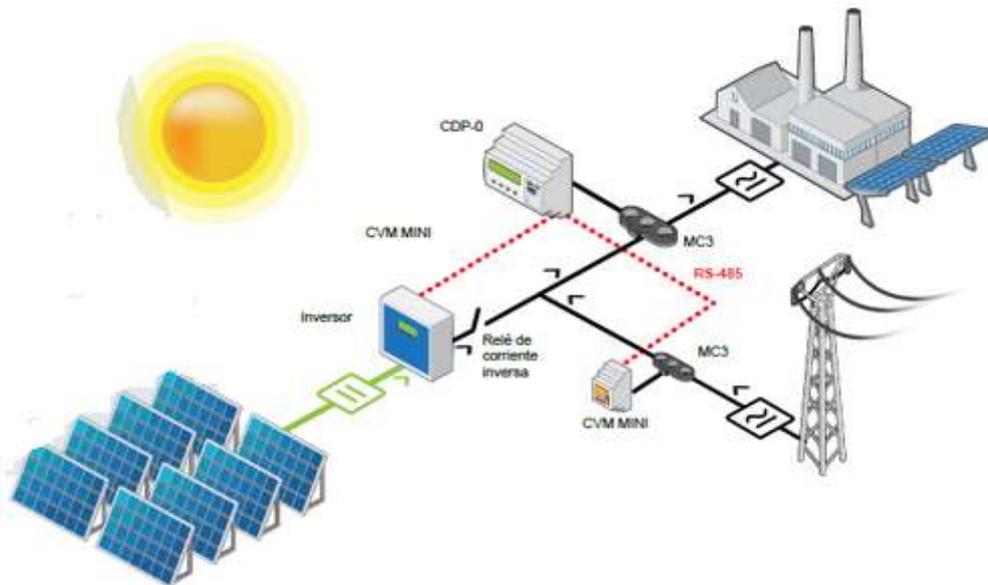


Figura 3. 39 Autoconsumo instantáneo con inyección cero.

Fuente: (Circuitor, 2015)

El esquema de la figura 3.39 es ideal para sistemas con conexión a red, contienen todos los elementos necesarios para auto-consumir la energía solar de forma instantánea, en el momento que es generada, garantizando en todo el momento la no inyección a red de excedentes.

La figura 3.40 muestra paneles solares integrados a una sólida estructura que permite integrar el campo de generación fotovoltaico optimizando el uso del terreno, garantizando la seguridad de la instalación. La energía proporcionada por el generador solar fotovoltaico del panel se puede combinar para alcanzar diferentes usos energéticos:

- Autoconsumo instantáneo conectado a la red interior del edificio o vivienda.
- Autoconsumo aislado de la red mediante la alimentación de un sistema de recarga de baterías.
- Alimentación de cualquiera de los sistemas de recarga de vehículo eléctrico mediante la combinación con una estación inteligente.

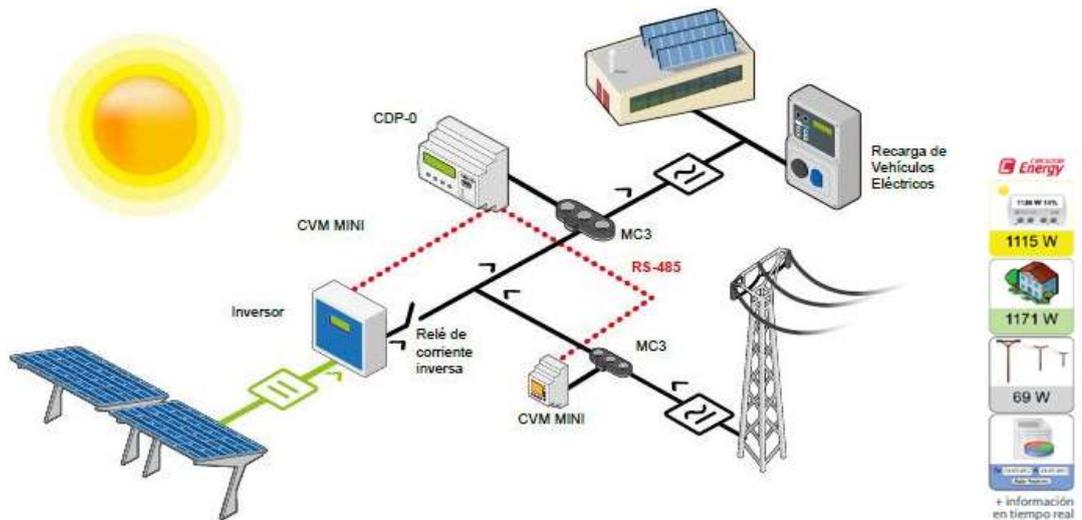


Figura 3. 40 Autoconsumo instantáneo o diferido con inyección cero.

Fuente: (Circuitor, 2015)

Se plantea el caso del autoconsumo diferido aislado de red para sistemas aislados de la red contienen un conjunto de dispositivos necesarios para auto consumir energía de forma autónoma, en sistemas aislados de la red de distribución.

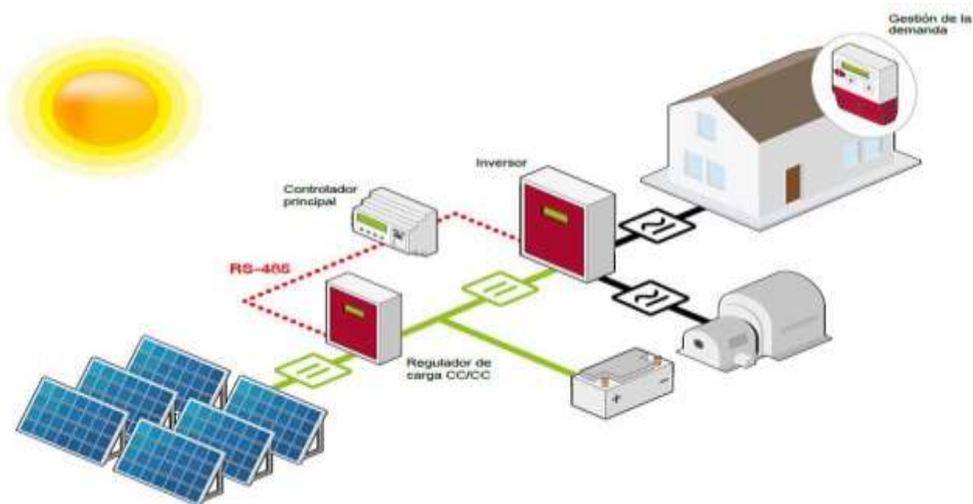


Figura 3. 41 Autoconsumo diferido aislado de red.

Fuente: (Circuitor, 2015)

La figura 3.42. muestra el autoconsumo diferido con acumulación. Acoplamiento AC, esta solución está especialmente indicada para aquellos

edificios que ya disponen de una instalación fotovoltaica conectada a red para venta de energía en la que se desea desviar parte de la producción para ser consumida cuando decrezca la radiación solar.

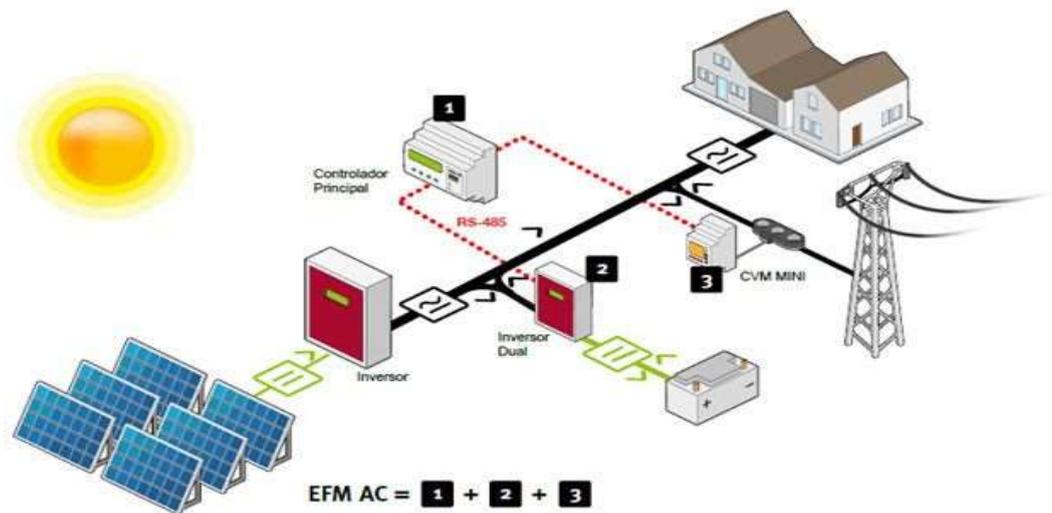


Figura 3. 42 Autoconsumo diferido con acumulación y acoplamiento AC

Fuente: (Circuitor, 2015)

En estos sistemas, el supervisor modula al inversor-cargador con el objetivo de conseguir reducir al máximo el intercambio de energía con la red. Carga la batería en función del excedente en horas diurnas y descarga la batería en función del consumo en horas de baja o nula insolación.

Elementos internos

- Ondulador bidireccional
- Control y supervisión de baterías
- Conexión a red a través de relé de transferencia
- Monitorización y registro de datos vía Internet

Aplicaciones

- Autoconsumo con acumulación asistido por red
- Alimentación de cargas aseguradas
- Control del coste de la energía
- Instalaciones autónomas aisladas de la red

3.6 Proyectos FV de conexión a red.

En la tabla 3.3 se muestran datos de empresas de generación fotovoltaica y su potencia instalada.

Tabla 3. 3 Proyectos fotovoltaicos en Ecuador

Nº	DENOMINACIÓN.	CÓDIGO.	POTENCIA
1	ALTGENOTEC	ALFVG	0,990
2	BRINEFORCORP	BRFVG	1,000
3	ELECTRISOL	ELFVG	1,000
4	ENERSOL	ENFVG	0,490
5	EMPRESA PÚBLICA FV	EPFVG	2,000
6	GENRENOTEC	GEFVG	0,990
7	GRANSOLAR	GSFVG	3,000
24	GONZAENERGY	GZFVG	1,000
9	LOJAENERGY	LOFVG	1,000
10	RENOVALOJA	RLFVG	1,000
11	SANSAU	SAFVG	1,000
12	SABIANGOSOLAR	SBFVG	1,000
13	SOLCHACRAS	SCFVG	1,000
14	SOLHUAQUILLAS	SHFVG	1,000
15	SOLSANTROS	SLFVG	1,000
17	SANERSOL	SNFVG	1,000
17	SOLSANTONIO	SOFVG	1,000
124	SAN PEDRO SOLAR	SPFVG	1,000
19	SURENERGY	SRFVG	1,000
20	SARACAYSOL	SYFVG	1,000
21	VALSOLAR	VAFVG	1,000
22	WILDTECSA	WIFVG	1,000
TOTAL			24,470

Fuente: el autor a partir MEER .2018

3.6.1 Plantas generadoras ALTGENOTEC y GENRENOTEC

Son dos proyectos adosados de 0,940 MWac, cada uno de ellos con una potencia de pico 1.0524,40 kWp. Su ubicación: Parroquia Juan Gómez Rendón del cantón Guayaquil, Guayas, Ecuador.

En la figura 3.43 se muestra imágenes de las plantas generadoras ALTGENOTEC y GENRENOTEC.



Figura 3. 43 Vista de planta fotovoltaica de ALTGENOTEC y GENRENOTEC.

Fuente: (Electro Ecuatoriana, 2016)

Cuenta cada uno con 4.320 paneles de 245 Wp de la marca Yingli Solar. Con una orientación Sur e inclinación entre 12 y 14 grados.

Las estructuras seleccionadas fueron del fabricante MÜPRO, proporcionadas desde su filial en España. Para los inversores se optó por la modalidad de Edificio Técnico. Los equipos y la solución seleccionados fueron de la marca INGETEAM.

El proyecto se inició con la empresa Energyfutur España, en formato de colaboración con una empresa local.

SANSAU y WILDTECSA.

Son dos proyectos adosados. Se encuentra ubicado en la parroquia La Victoria, Cantón Salitre, provincia del Guayas. Cada planta solar de 995 kW

genera a diario un aproximado a 4200 kW, de ese modo se beneficia con energía a más de 2000 hogares que acceden a la tarifa de la dignidad. (Ministerio del Ambiente, 2014)

La Ingeniería inicial y suministro de componentes fue realizado por un consorcio de empresas chinas. Cada uno de los proyectos cuenta con 4.280 paneles de 245 Wp de la marca Solarland, los cuales se encuentran orientados al Norte con una inclinación de 6°.

Las estructuras fueron proporcionadas por el consorcio, así como el resto de los equipos, para los inversores se contó con dos módulos de 500 kW cada uno de la marca KLNE.

En este caso se optó por levantar los Edificios Técnicos in situ, distribuyendo y ensamblando los equipos y conexiones dentro de los edificios técnicos. Potencia de conexión a red por planta, 0,999 MW (CENACE, 2019).

Inicialmente el servicio requerido fue el de asesoramiento, aunque posteriormente se amplió a los servicios de:

- Rediseño, el cual se realizó en colaboración con la parte china.
- Apoyo en dirección de proyecto y obra.
- Capacitación del personal propio contratado para la ejecución de determinados trabajos.
- Elaboración de manuales de operación y planta.
- En este proyecto pese a iniciarse por Energyfutur España, contó con la participación del personal que luego formaría parte de Energyfutur Ecuador.



Figura 3. 44 **SANSAU y WILDTECSA.**

Fuente: (Electro Ecuatoriana, 2016)

CABAL ENERGY – BRINEFORCORP S.A.

Es un proyecto de gran integración social y ambiental. Los operarios fueron contratados en casi su totalidad en la zona y algunos elementos de la construcción fueron realizados empleando materiales del entorno.

Se dispuso de una política de tratamiento de residuos. Supuso la transición de Energyfutur España a Energyfutur Ecuador.

- Se ubica en el sitio Briceño, cantón San Vicente, provincia de Manabí,
- Proyecto de 0,999 MW.

- La planta cuenta con 4.472 paneles de 250 Wp de la marca Yingli Solar. Su orientación es Sur geográfico, con una inclinación de 10°. Una potencia total de campo fotovoltaico de 1.1124 kWp.
- La estructura empleada fue de fabricación nacional, al igual que el cableado.
- Como solución para los inversores, se seleccionó Edificio Técnico, en formato hormigón prefabricado, el cual consta de 24 módulos de 125 kW cada uno, del fabricante español Power Electronics.
- La estructura empleada fue de fabricación nacional, al igual que el cableado.



Figura 3. 45 **CABAL ENERGY – BRINEFORCORP S.A.**

Fuente: (Electro Ecuatoriana, 2016)

Actualmente el mantenimiento de planta, así como el Servicio de Asistencia Técnica es proporcionado Energyfutur Ecuador, igualmente que cualquier consulta a nivel técnico sobre la planta.

3.7 Biomasa

Esta es la fuente de energía renovable más antigua conocida por el ser humano. Los avances tecnológicos han permitido el desarrollo de procesos más eficientes y limpios para la conversión de biomasa en energía: métodos termoquímicos y bioquímicos.

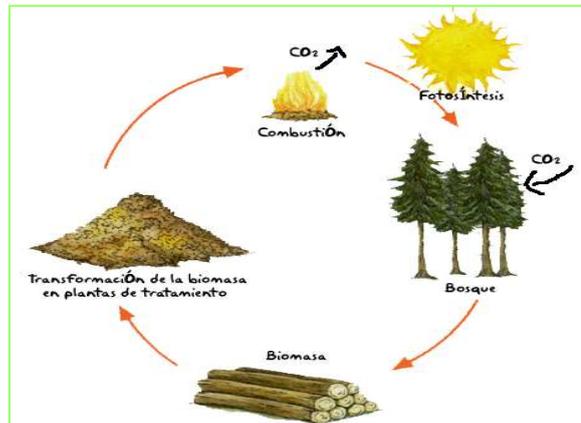


Figura 3. 46 Ciclo de la Biomasa.

Fuente: (CESLA, 2019)

3.7.1 Recurso Biomásico

Los recursos biomásicos incluyen cualquier fuente de materia orgánica. Su disponibilidad varía según:

- Región
- Clima
- Suelo
- Actividades productivas

Aplicaciones: Las aplicaciones energéticas de la biomasa pueden concretarse en tres grupos:



Figura 3. 47 Aplicaciones de biomasa

Fuente: (Arboleda, 2013)

3.7.2 Procesos de conversión de biomasa

Los procesos de conversión de biomasa más relevantes se clasifican en tres categorías:

- Combustión directa.
- Bioquímicos.
- Termoquímicos.

Combustión directa

Esta es la forma más antigua y común para extraer la energía de la biomasa (calor, vapor para procesos industriales y electricidad). Las tecnologías de combustión directa van desde sistemas simples, como estufas, hornos y calderas, hasta otros más avanzados como combustión de lecho fluidizado.

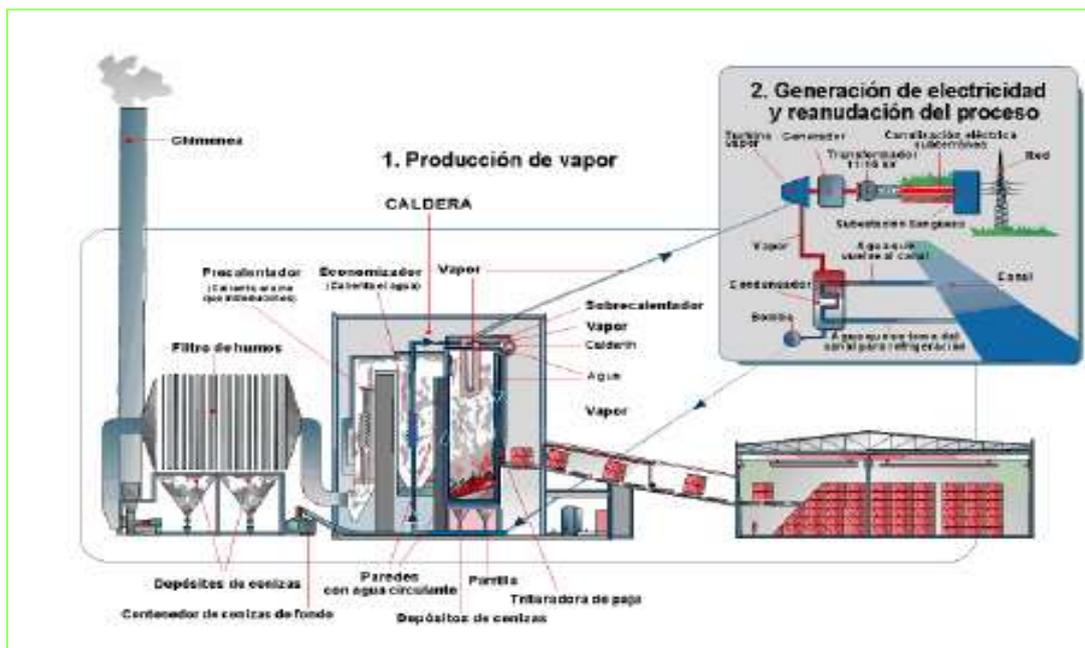


Figura 3. 48 Combustión interna.

Fuente: (CESLA, 2019)

Métodos bioquímicos

Estos procesos utilizan las características bioquímicas de la biomasa y la acción metabólica de microorganismos para producir combustibles gaseosos y líquidos.

Tecnologías:

- Digestión anaeróbica (plantas de biogás).

- Aprovechamiento de biogás de vertederos.
- Combustibles alcohólicos.
- Biodiesel.



Figura 3. 49 Biogás.

Fuente: (CESLA, 2019)



Figura 3. 50 Biogás de vertebrados.

Fuente: (Gas Natural FENOSA, 2012)

Combustibles Alcohólicos.

Bioetanol.- Mediante la fermentación anaerobia de azúcares con levadura en disolución acuosa y posterior destilación.

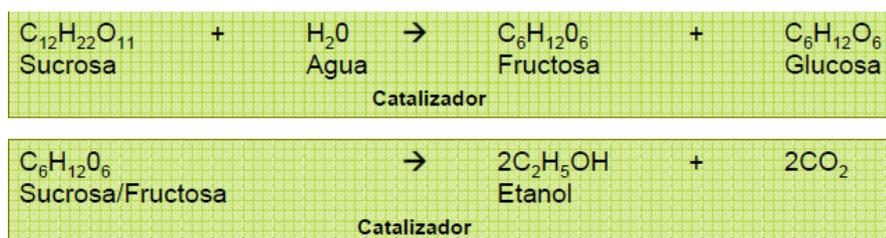


Figura 3. 51 Bioetanol.

Fuente: (CESLA, 2019)

1. Sustancias con alto contenido de sacarosa (caña de azúcar, remolacha, melazas, sorgo dulce)
2. Sustancias con alto contenido de almidón (maíz, papa, yuca)
3. Sustancias con alto contenido de celulosa (madera, residuos agrícolas)

Biodiesel. - Se obtiene a partir de la esterificación y transesterificación de lípidos naturales. oleaginosas, aceites usados.

En la tabla 3.4 se muestran aspectos de ventaja y desventaja de la biomasa.

Tabla 3. 4 Ventajas y desventajas de la Biomasa

Ventajas:

1. Disminución de las emisiones de los vehículos.
2. Alternativa de uso del suelo.
3. Ahorro de entre un 25% a un 80% de las emisiones de CO₂.
4. Reduce el desgaste motor.
5. No tiene compuestos de azufre.
6. Alternativa de aceite para motores de dos tiempos.
7. Puede ser utilizado como aditivo para motores a gasolina (nafta) para la limpieza interna de estos.

Inconvenientes:

1. Mejor capacidad solvente, por lo que los residuos existentes son disueltos y enviados por la línea de combustible, pudiendo atascar los filtros.
2. Menor su capacidad energética.
3. Es un producto hidrófilo y degradable.
4. El rendimiento promedio para oleaginosas como girasol, maní, arroz, algodón, soja o ricino ronda los 900 litros de biodiésel por hectárea cosechada.

Nota: el autor

Métodos Termoquímicos

Cuando la biomasa es quemada bajo condiciones controladas su estructura se rompe en compuestos gaseosos, líquidos y sólidos que pueden ser usados como combustible para generar calor y electricidad.

Tecnologías:

- Producción de carbón.
- Pirólisis.
- Gasificación.



Figura 3. 52 Métodos termoquímicos.

Fuente: (CESLA, 2019)

3.7.3 Proyectos Bio Energéticos en Ecuador

El atlas Bioenergético del Ecuador, esfuerzo conjunto del MEER-INP-MCPEC. Es una herramienta que describe, localiza, identifica y cuantifica las áreas de mayor potencial Bioenergético de País del sector agrícola, pecuario y forestal. Son un conjunto de mapas que muestran la cantidad de biomasa residual disponible por cantón a nivel nacional.

3.7.3.1 Cocción eficiente mediante uso cocinas mejoradas en el Ecuador.

Entre sus aspectos principales las cocinas mejoradas deben usar el calor generado en el proceso de cocción de alimentos. De manera coyuntural la leña tiene un roll representativo para usos de cocción en zonas rurales, y registra el 14% del total de consumo de energía en el sector residencial. (Balance Energético Nacional 2014).

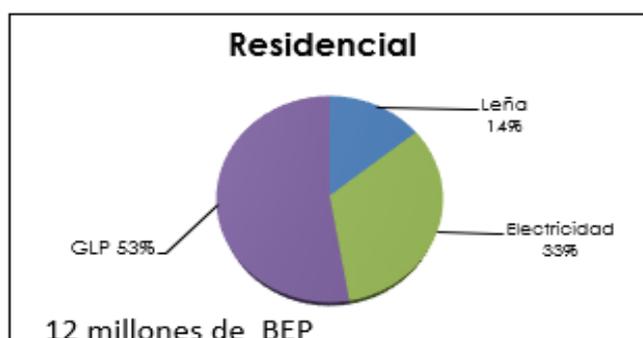


Figura 3. 53 Uso de materiales de cocción en residencias.

Fuente: (CESLA, 2019)

Tabla 3. 5 Uso de combustibles para cocción.

Combustible para cocción.	Urbano	Rural
	%	%
Gas (tanque o cilindro)	96,24	80,75
Gas centralizado	0,49	
Electricidad	0,59	0,14
Leña, carbón	0,73	17,6
Residuos vegetales y/o de animales	0	0,03
Otro (Ej. Gasolina, keréx o diesel etc)	0,01	0,01
No cocina	1,94	1,47
Total	100	100

Fuente: (CESLA, 2019)

La leña y el carbón vegetal son utilizados para la cocción de alimentos por el 0,7% de los hogares urbanos y 17,7% rurales y en general lo hacen en fogones tradicionales. Esto representa cerca de 260.000 hogares. (Censo Población y Vivienda 2010).

3.7.3.2 Beneficios y experiencia de iniciativas de cocinas mejoradas en Ecuador

Beneficios:

- Ahorra entre el 30 y 60% del consumo de leña.
- Provee calefacción.
- Remueve el humo fuera de la vivienda.
- Reduce el tiempo de cocción.
- Mejora las condiciones de limpieza y comodidad.

- Mejora la calidad de vida de la población, etc.´

Experiencia:

Existe una experiencia focalizada en comunidades de Cuenca, Guano y Pujilí con la implementación de aproximadamente 1000 cocinas mejoradas por entidades no gubernamentales. Ejecutado por la Agencia Adventista de Desarrollo y Recursos Asistenciales (ADRA) apoyado por el Programa Alianza en Energía y Ambiente con la Región Andina (AEA) del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), con el financiamiento del Ministerio de Asuntos Exteriores de Finlandia.

3.7.4 Plan de implementación de biodigestores a nivel nacional

El uso de biodigestores en Ecuador es una alternativa para el manejo adecuado de los residuos pecuarios potencialmente contaminantes y una fuente de energía para iluminación, calefacción y cocción de alimentos en áreas rurales.

Tabla 3. 6 Residuos agropecuarios.

Producto	Total Residuos [t/año]	Energía Bruta [TJ/año]
Avícola	510.980,10	301,94
Porcino	62.154,70	83,49
Vacuno carne	9.340,61	2,39
Vacuno leche	857.413,15	170,76

Fuente: (CESLA, 2019)

El País produce una variedad de residuos agropecuarios cuyo potencial de aprovechamiento energético se encuentra registrado en el Atlas Bioenergético del Ecuador.

3.7.4.1 Iniciativas de biodigestores en el Ecuador

Actores:

Entidades públicas y privadas se han sumado para implementar biodigestores y difundir su tecnología en el País.

- Públicas: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), Ministerio de Industrias y Productividad (MIPRO), Ministerio del Ambiente (MAE).
- Privadas: CEA y Biodigestores Ecuador.

Avances y logros:

- Implementación de 4 biodigestores de bajo costo en Guayas y Orellana y 6 de escala industrial en Santo Domingo.
- Difusión de la tecnología; cerca de 1000 personas capacitadas.
- Fortalecimiento de la demanda de biodigestores en el País.

3.8 Caso de las Islas Galápagos

Generación Eléctrica Galápagos

Matriz de generación de energía eléctrica 2018:

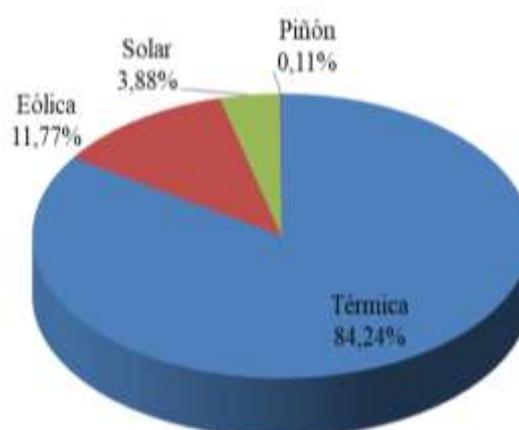


Figura 3. 54 Matriz de generación de energía eléctrica 2018.

Fuente: (ELECGALAPAGOS-MEER, 2018)

En las figuras 3.55 y 3.56 se muestran la potencia instalada en sectores de las islas Galápagos.



Figura 3. 55 Potencia instalada en Galápagos.

Fuente: ELECGALAPAGOS-MEER, 2018

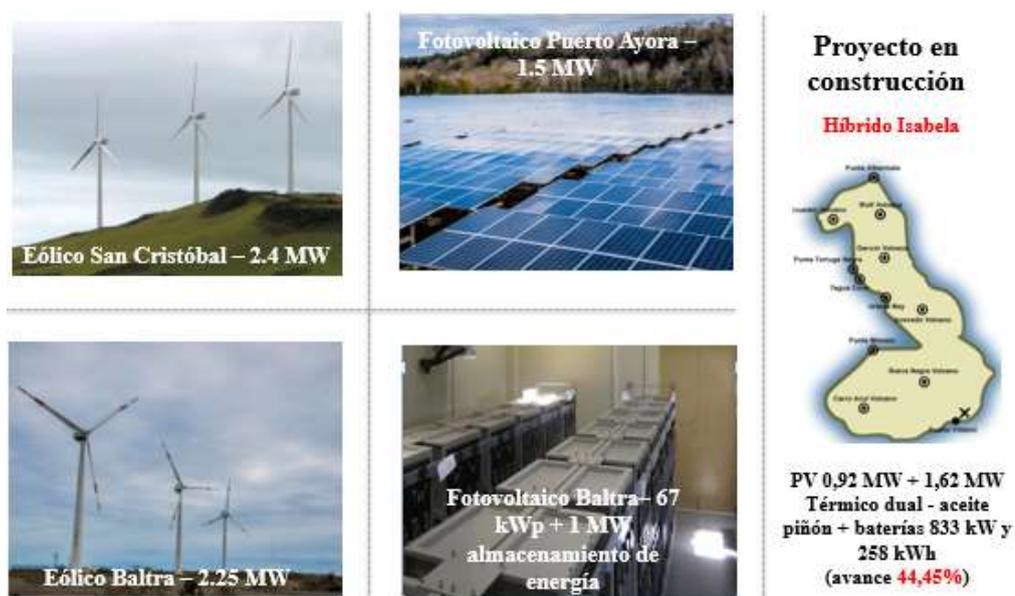


Figura 3. 56 Proyectos en energías renovables en las Islas Galápagos.

Fuente: ELECGALAPAGOS-MEER, 2018

La Planta Fotovoltaica de la isla Isabela aprovecha la inagotable energía del sol para generar electricidad y su potencia pico nominal en la planta será de 952 kW (kilovatios) con 3.024 paneles fotovoltaicos y ocupará un área

rellenada de 1.25 hectáreas. Esta planta trabajará en conjunto con un sistema de baterías de litio-ion de 333 kWh de capacidad para compensar las fluctuaciones de energía que son propias de la generación renovable no-convencional. (ELECGALAPAGOS-MEER, 2018).

De forma coyuntural también la energía eólica está siendo aprovechada en la Isla San Cristóbal con una capacidad de 2,4 MW. Además del proyecto recientemente inaugurado en la Isla Baltra con una capacidad de 2,25 MW.

Biocombustible

El proyecto Piñón emplea el uso de materia prima que se cultiva en la costa continental de Ecuador, específicamente en la provincia de Manabí, donde se elabora el aceite vegetal que puede ser usado como fuente limpia y sustentable de energía y que reduce la emisión de gases de efecto invernadero.



Figura 3. 57 Proyectos en energías renovables en las Islas Galápagos.

Fuente: ELECGALAPAGOS-MEER, 2018

De tal manera el proyecto prevé contribuir a reducir el consumo de diésel para la generación de electricidad en las islas Galápagos al mismo tiempo que se mejora el desempeño económico de la cadena de proveedores (pequeños

productores/recolectores) de materia prima para la producción de biocombustible (EFE, 2018).

El rendimiento energético al utilizar el biodiesel, para generación de energía eléctrica disminuyó de 12,4 a 11,1 que corresponde a un descenso del 1,2 % con relación al del diésel.

El consumo específico del biodiesel se incrementó de 0,0241 a 0,090, esto es debido al menor poder calorífico del biodiesel con relación al del diésel. El biodiesel tiene un 12 % más bajo su poder calorífico (Párraga, Intriago, Velasco, Cedeño, & Murillo, 2018).

3.8.1 Impacto de la energía renovable en la generación

En estos últimos 9 años se dejó de generar 33.574,824 MWh térmicos. Ahorro de 2,9 millones de galones de diésel, es decir se dejó de emitir 22.495,17 T de CO₂ al ambiente.

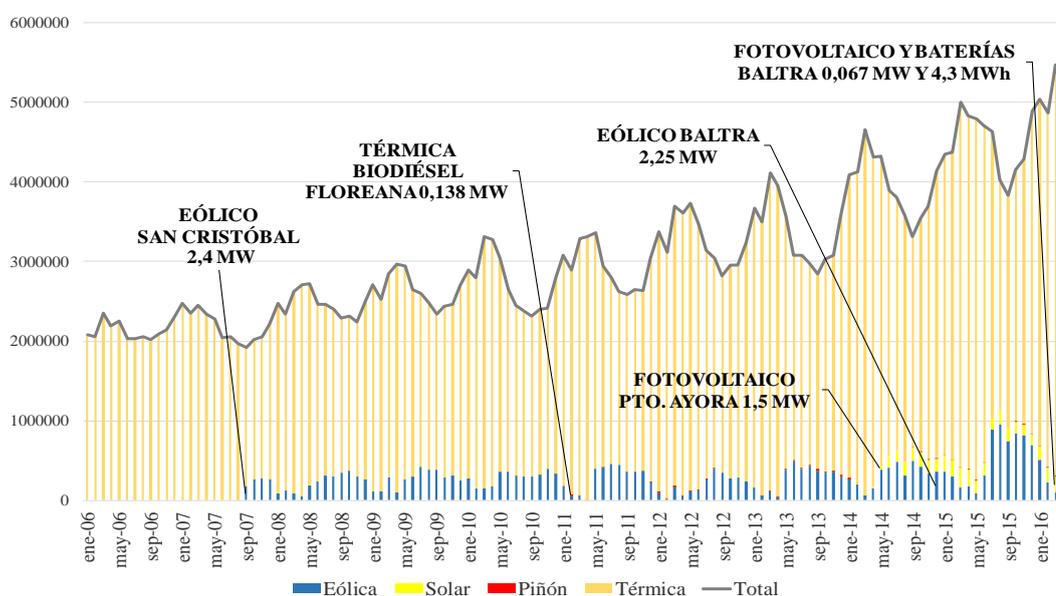


Figura 3. 58 Impacto de la Energía Renovable.

Fuente: ELECGALAPAGOS. Elaboración: MEER, 2019

APORTES

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE ENERGÍA RENOVABLE EN ECUADOR

El proyecto fotovoltaico El Aromo, en la provincia de Manabí, es uno de los dos proyectos grandes que implementará el gobierno vigente, el Aromo tendrá una capacidad instalada de 200 megavatios y "desde su puesta en operación comercial, se reducirían alrededor de 1224 mil toneladas de CO₂ al año y se evitaría el consumo de combustible Fuel Oil. Mientras los proyectos eólicos Villonaco II y III tendrán una potencia mínima de 110 MW, lo que permitirá una reducción de 219.870 toneladas de CO₂ al año gracias a la sustitución de generación térmica por el uso de del viento para la operación de aerogeneradores.

Para los proyectos fotovoltaico y eólico se concesionará con empresas privadas internacionales para que desarrollen estas nuevas centrales de generación eléctrica. Según la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica en el artículo 25 demanda que por excepción el Ministerio de Energía de una concesión a través de un proceso público.

4.1 Observación a Ley Orgánica de Eficiencia Energética

La Ley Orgánica de Eficiencia Energética, aprobada el 24 de enero del 2019 por la Asamblea de Ecuador, pretende combatir el cambio climático y cambiar hábitos de consumo eléctrico en el país, aprovechando la infraestructura y los incentivos normativos (Registro Oficial, 2019)

Por su carácter transversal, en los temas energéticos deben involucrarse todos los sectores productivos de un país, tanto públicos como privados, así como su masa social ya que, sin esta asociación, será imposible que una ley

como la que entró en vigor pueda ayudar al objetivo de mitigar la huella de carbono en el planeta.

Con la Ley Orgánica de Eficiencia Energética (LOEE) se encuentran encauzados proyectos para favorecer la energía renovable y cambiar la matriz energética de consumo y generación primaria, pero sin un control sobre los reglamentos que se creen a partir de ella, puede 'golpear' a ciertos sectores económicos y generaría desempleo.

A continuación, se indican algunas normativas de la LOEE:

- El cumplimiento del Plan Nacional de Eficiencia Energética será obligatorio para el sector público e indicativo para el privado.
- Los Gobiernos Autónomos Descentralizados implementarán las acciones y medidas necesarias para que en el campo de sus competencias se cumpla con las normas, reglamentos y disposiciones relacionados con eficiencia energética.
- El Ministerio rector en construcción y vivienda, el INEN y los municipios emitirán políticas y normas para que en las edificaciones destinadas al uso industrial, comercial, recreativo, residencial y equipamientos se aplique el principio de eficiencia energética. Su cumplimiento será obligatorio.
- En las edificaciones nuevas o aquellas que sean remodeladas, ampliadas o rehabilitadas se evaluará el cumplimiento de las disposiciones y se calificará el consumo energético. Los constructores deberán informar a los compradores. Para comercializar cualquier tipo vehículo nuevo se debe incluir una etiqueta de eficiencia energética. En

esta se mostrará al cliente sobre los límites de niveles de consumo y emisiones, que debe cumplir cada automotor.

- El Gobierno Nacional a través de los ministerios competentes crearán un plan de chatarrización para los vehículos de trabajo de personas naturales y del transporte público que salgan de servicio y se remplacen por eléctricos.
- A partir del 2025 todos los vehículos que se incorporen al servicio de transporte público urbano e Inter parroquial deberán ser eléctricos.
- Los proyectos de eficiencia energética contarán con condiciones de financiamiento preferentes.

4.2 Subsidio a Tarifa eléctrica

Lastimosamente los subsidios a la tarifa eléctrica, al diésel y, en parte, al GLP siguen siendo uno de los obstáculos para el impulso de la eficiencia energética.

La tarifa eléctrica se mantiene subvencionada con subsidio Según estudios de las instituciones de gobierno, se estima que la tarifa real debe estar entre (14 y 15 centavos) 0,14-0,15/kWh, parte de los subsidios a los combustibles para generación térmica y al CAPEX (coste de desarrollo o el suministro de componentes no consumibles para el producto o sistema) de proyectos hidroeléctricos estatales emblemáticos. La tarifa actual para industriales es de alrededor de US\$0,10/kWh, lo cual hace que una medida de eficiencia energética tenga una TIR menor, y esto desincentiva de alguna manera cualquier tipo de inversión en cambio de tecnología para reducir el consumo de energía eléctrica.

Esta subvención directa que tiene Ecuador en los combustibles de uso industrial (diésel) también hace más lenta la introducción de la eficiencia energética.

En el 2018, las centrales térmicas que usan combustibles fósiles aportaron con apenas el 19% del total de la energía producida. Esto representa menores costos y gastos operacionales, porque se deja de emplear derivados. En promedio, el costo de generación de energía con plantas térmicas oscila entre 3,5 centavos y 10 centavos por kilovatio, depende del derivado que se emplee. Mientras que la energía que se produce con recursos hídricos fluctúa entre menos de 1 centavo por kilovatio y 2,3. Estos costos no incluyen la inversión ejecutada en los proyectos, debido a que así establece la normativa.

4.3 Exportación o venta de energía

En el 2018, el Ecuador vendió 273 Gigavatios hora (GWh). Esto representa el 1% del total de la producción. Los principales compradores son Colombia y Perú. En el 2009 se exportaban apenas 21 GWh. Aparte del agua y los combustibles fósiles, el resto de producción de energía del país se cubre en menores porcentajes con fuentes amigables con el ambiente: agua, sol, viento, gas natural y caña de azúcar. En total, con estos recursos se generaron 154 GWh el año anterior. Esto representó menos del 1% del total de la producción energética que ascendió a 25 717,6 GWh.

En contexto, la incorporación de cinco centrales hidroeléctricas, de ocho que estaban planificadas, permitió que en la última década la producción de este recurso se haga en su mayoría empleando recursos renovables (hidrogeneración) y se reduzca el uso de combustibles.

Con la producción descentralizada de energía eléctrica para su implementación en zonas aisladas del país a través de mini centrales de fuentes renovables (generación distribuida) favorece el desarrollo regional homogéneo de todo el Ecuador.

4.4 Generación Distribuida (GD)

Considerando diversos rangos de potencia se habla de micro generación-para instalaciones de potencia inferior a 5 KW, minigeneración -entre 5 kW y 5 MW- y generación de media y gran escala para sistemas cuya potencia esté entre 5 y 50 MW y 50 y 100 MW respectivamente.

Las aplicaciones de la GD van desde la generación en base, generación en punta, cogeneración, hasta la mejora de la calidad de suministro, respaldo y soporte a la red de transporte y distribución. Ninguna tecnología abarca todo el rango de beneficios por sí misma, sino que cada una se ajusta mejor a unas aplicaciones que a otras.

Las barreras técnicas de interconexión incluyen las exigencias de las compañías distribuidoras dirigidas a la compatibilidad con la explotación de la red (especificaciones relativas a calidad de suministro, fiabilidad y continuidad, seguridad, medida, distribución local y control). Las redes de distribución no están preparadas técnicamente para conectar GD, pues fueron diseñadas para conectar cargas, no generadores. Es por esto que la conexión de dichos generadores puede acarrear problemas de estabilidad, fiabilidad, flujos bidireccionales, etc. Es necesario, por tanto, adoptar normativas técnicas de interconexión que aseguren la fiabilidad, seguridad y calidad del suministro y acelerar el desarrollo de los sistemas y tecnologías de control en GD.

La falta de madurez de algunas tecnologías y la poca difusión que ello conlleva, hacen que los costes de la inversión inicial, así como el mantenimiento posterior, se eleven, resultando en un obstáculo a su penetración. Todo esto, implica plazos de amortización muy altos que se traducen en un mayor riesgo para el inversor.

CONCLUSIONES

La construcción de las nuevas centrales Hidroeléctricas y por consiguiente el esquema actual de producción no implica un cambio de la matriz energética del país. Se concluye que se ha formado el cambio en la matriz de generación de energía eléctrica hasta el 2018. Aunque este cambio no ha comprometido la eliminación de los combustibles fósiles, aunque sí se ha reducido su utilización.

Las energías hidráulica y no convencional aportan actualmente con el 62,249% de la oferta de energía total del país y las no convencionales sin incluir energía hidráulica representan el 2,55% de la potencia eléctrica construida en el país.

A través de la Ley de eficiencia energética del Ecuador se pretende introducir cambios sustanciales en la vida de la sociedad, pero sin involucramiento de empresa pública, privadas y consumidores puede que no se genere el éxito previsto.

El desarrollado del “Atlas Eólico del Ecuador” constituye un valioso aporte para los sectores productivos público y privado del país con la finalidad de promover la inversión e investigación en el uso de la energía eólica como fuente energética renovable y no contaminante.

Ecuador por estar ubicado en la línea ecuatorial, con radiación solar homogénea en intensidad a lo largo del año, facilita un potencial anual promedio de 4,4 a 4,24 kWh/m²/d en radiación solar.

La energía fotovoltaica y eólica lideran en cuanto a sistemas conectados a red, pues presentan madurez tecnológica (materiales de fabricación,

desarrollo de sistemas de almacenamiento e integración al sistema de suministro eléctrico) y con tendencia de precios cada vez más competitivos.

La Biomasa necesita mejorar las tecnologías de gasificación para valorización energética, desarrollar la tecnología de pirólisis y nuevos métodos de recolección de residuos forestales. En biocombustibles, la impulsión de los procesos de obtención de bioetanol y biodiésel a partir de piñón, palma africana, caña de azúcar etc., será el principal desarrollo tecnológico.

La falta de madurez de algunas tecnologías Geotermia, Mareomotriz y la poca difusión que ello conlleva, hacen que los costes de la inversión inicial, así como el mantenimiento posterior, se eleven, resultando en un obstáculo a su penetración.

En cuanto al despliegue de la generación distribuida con energías renovables, se debe dar marco legal con normativas a favor de empresas privadas que en consorcio con las públicas puedan invertir en proyectos con fuentes renovables.

Se debe eliminar el subsidio al gas de uso doméstico o elevar el costo del mismo y reactivar el Plan de cocción por cocinas de inducción y calentamiento de agua con calentadores eléctricos.

El transporte y la construcción son parte de los ejes y líneas de acción que se incluirán en el Plan Nacional de Eficiencia Energética. Desde el 2025 todos los vehículos de transporte público deben ser eléctricos y deben llevar etiquetas de eficiencia energética, así como una nueva calificación de eficacia a todas las nuevas construcciones y viviendas.

RECOMENDACIONES

Se recomienda gradualmente la reducción de combustibles fósiles, se puede optar por biocombustibles para motores de combustión interna, así como de biomasa para calderas de termoeléctricas.

y más uso de energías renovables.

En base a un análisis de oferta y demanda, establecer que plantas térmicas podría inhabilitarse, permaneciendo listas y prestas para emergencias en el sistema eléctrico.

Se puede tomar el modelo del Perú y su experiencia positiva en implementación de grandes proyectos de energía renovable no convencional tomando en cuenta la alianza entre las empresas públicas y privadas.

Seguir ejecutando proyectos de energías renovables en las zonas rurales, proyectos que por falta de financiamiento no han sido desarrollados para que más poblaciones apartadas se beneficien de los mismos.

La generación distribuida (GD) a partir de fuentes renovables necesita de mayor esfuerzo de investigación y desarrollo tecnológico y herramientas específicas de financiación de proyectos, subvenciones, primas e incentivos fiscales pueden ayudar a reducir riesgos y difundir la GD.

Incrementar investigaciones en Biomasa a través de laboratorios para termo valorización de biomasa y residuos sólidos urbanos, para el desarrollo de bioenergía.

BIBLIOGRAFÍA

AFEC. (2017). *Qué es la Bomba de Calor*. Obtenido de <https://www.bombadecolor.org/>

Arboleda, D. (2013). *Diseño de sistema para la gestión de mantenimiento de subestaciones para la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A.* Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/117456789/4333/1/UPS-CT002624.pdf>

Asamblea Nacional. (2019). *PLENO DE LA LEGISLATURA CONTRIBUYE AL DESARROLLO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ECUADOR*. Obtenido de <https://www.asambleanacional.gob.ec/es/noticia/60462-pleno-de-la-legislatura-contribuye-al-desarrollo-de-la>

Banco Mundial. (2018). *Panorama general*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/topic/energy/overview>

Banco Mundial. (2019). *Según un nuevo estudio del Banco Mundial, las minirredes podrían abastecer de electricidad a 500 millones de personas*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2019/06/25/mini-grids-have-potential-to-bring-electricity-to-half-a-billion-people>

CENACE. (2019). *Informe anual 2018*. Obtenido de http://www.cenace.org.ec/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=6:phocatinanuales&download=1196:informe-anual-2018&Itemid=1

- CESLA. (2019). *La meta en Ecuador para depender menos del petróleo aún no se alcanza*. Obtenido de <https://www.cesla.com/detalle-noticias-de-ecuador.php?Id=8641>
- Circuitor. (2015). *Soluciones*. Obtenido de <http://circuitor.es/es/formacion/energias-renovables-autoconsumo/autoconsumo-diferido-con-acumulacion-acoplamiento-dc>
- EFE. (2018). *Islas Galápagos prueba aceite de piñón para reemplazar al diesel*. Obtenido de <https://www.efeverde.com/noticias/islas-galapagos-aceite-pinon-diesel/>
- ELECGALAPAGOS-MEER. (2018). *Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), la Empresa Eléctrica Provincial Galápagos (ELECGALAPAGOS)*,. Obtenido de <http://www.elecgalapagos.com.ec/newsite/isabela-renovable/>
- Electro Ecuatoriana. (2017). *Parque Solar Cerecita*. Obtenido de <http://www.electroecuatoriana.com/novedades2.htm>
- Gas Natural FENOSA. (2012). *Subestaciones eléctricas*. Obtenido de https://www.edu.xunta.gal/centros/cfrcoruna/aulavirtual2/pluginfile.php/5724/mod_resource/content/0/Curso_Subestaciones._Univ_Laboral_Haciadama_Parte1.pdf
- IRENA. (2019). *La caída de los costos de energía renovable abre la puerta a una mayor ambición climática*. Obtenido de <https://www.bnamericas.com/es/noticias/irena-la-caida-de-los-costos-de-energia-renovable-abre-la-puerta-a-una-mayor-ambicion-climatica>

- IRENA. (2019). *Renewable capacity highlights*. Obtenido de https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Mar/RE_capacity_highlights_2019.pdf?la=en&hash=BA9D38354390B001DC0CC9BE03EEE559C280013F&hash=BA9D38354390B001DC0CC9BE03EEE559C280013F
- Ministerio del Ambiente. (2014). *Guía práctica para el ahorro y uso eficiente de energía*. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/03/GUIA-PRACTICA-PARA-EL-AHORRO-Y-USO-EFICIENTE-DE-ENERGIA-22NovBAJAa.pdf>
- Naturgy. (2019). *¿Sabes lo que es una bomba de calor?* Obtenido de <https://www.empresaeficiente.com/blog/sabes-lo-que-es-una-bomba-de-calor/>
- OLADE. (2019). *Asamblea Nacional del Ecuador aprueba Ley de Eficiencia Energética proyecto de Ley que contó con el apoyo técnico de Olade*. Obtenido de <http://www.olade.org/noticias/asamblea-nacional-del-ecuador-aprueba-ley-eficiencia-energetica-proyecto-ley-conto-apoyo-tecnico-olade/>
- Párraga, A., Intriago, S., Velasco, E., Cedeño, V., & Murillo, N. (2018). *Producción de energía eólica en Ecuador*. Obtenido de revista ciencia Digital Vol. 3, N°3, p. 22-32: DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.610>
- Registro Oficial. (2019). *Ley Orgánica de Eficiencia Energética*. Obtenido de <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00714.pdf>

- Revista RD Energía. (2019). *La energía renovable ahora representa un tercio de la capacidad de energía global*. Obtenido de <https://revistardenergia.com/la-energia-renovable-ahora-representa-un-tercio-de-la-capacidad-de-energia-global/>
- Revista Urbanismo-U. Chile. (2005). *Sistemas fotovoltaicos en Arquitectura y Urbanismo*. Obtenido de ISSN 0717-5051: https://web.uchile.cl/vignette/revistaurbanismo/CDA/urb_simple/0,1310,SCID%253D14982%2526ISID%253D530%2526IDG%253D2%2526ACT%253D0%2526PRT%253D14974,00.html
- Siemens. (2019). *Ciudades del Futuro: Los 4 ejes para la transición energética para este 2019*. Obtenido de <https://ciudadesdelfuturo.es/los-4-ejes-de-la-transicion-energetica-para-este-2019.php>
- Solución de energía renovables. (2015). *Piscinas climatizadas con energía* . Obtenido de <http://cf.cdn.unwto.org/sites/all/files/docpdf/15-solucionesdeenergiarenovable.pdf>

ANEXO 1: Eficiencia Energética

Los países serán más competitivos en la medida en que aumenten su eficiencia energética. Es decir, en la medida en que los consumos de energía por unidad de producto o de servicio prestado sean cada vez menores. Esto es lo que está pasando en todos los países desarrollados y en particular, en el ámbito industrial. Por tanto, los sectores del transporte y de construcción de edificios, incluyendo viviendas, la situación es otra, al no aumentar la eficiencia energética como sería deseable.

El aumento de la eficiencia energética quiere decir, mejorar nuestra calidad de vida, al permitirnos tener iguales o mayores beneficios con menor consumo energético. Algunas medidas de eficiencia energética son conocidas entre nosotros, por ser de “sentido común” (por ejemplo, apagar la luz cuando nadie está en la habitación); otras son alternativas desarrolladas tecnológicamente, pero que no todos conocen (por ejemplo, la utilización de lámparas de bajo consumo). (Ministerio del Ambiente, 2014)

A1 ¿Qué es la eficiencia energética?

La Eficiencia Energética (EE) es el “conjunto de acciones que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida, los productos y servicios finales obtenidos”. Esto se puede lograr por medio de la implementación de diversas medidas e inversiones a nivel tecnológico, de gestión y de costumbres culturales en la comunidad.

Asimismo, la eficiencia energética, se refiere “al uso de menos energía para producir bien, ya sea el mismo nivel de servicio o uno mejor para el consumidor, de manera económicamente eficiente”. Esto por lo general,

implica un incremento determinado de inversión para modernizar una instalación existente, reemplazar un equipo no óptimo, o adquirir uno cuyo consumo de energía sea menos intensivo.

En la siguiente imagen, muestra un ejemplo de las ampolletas que puede ayudar a comprender mejor.

Ejemplo de Eficiencia Energética en iluminación doméstica con ampolletas

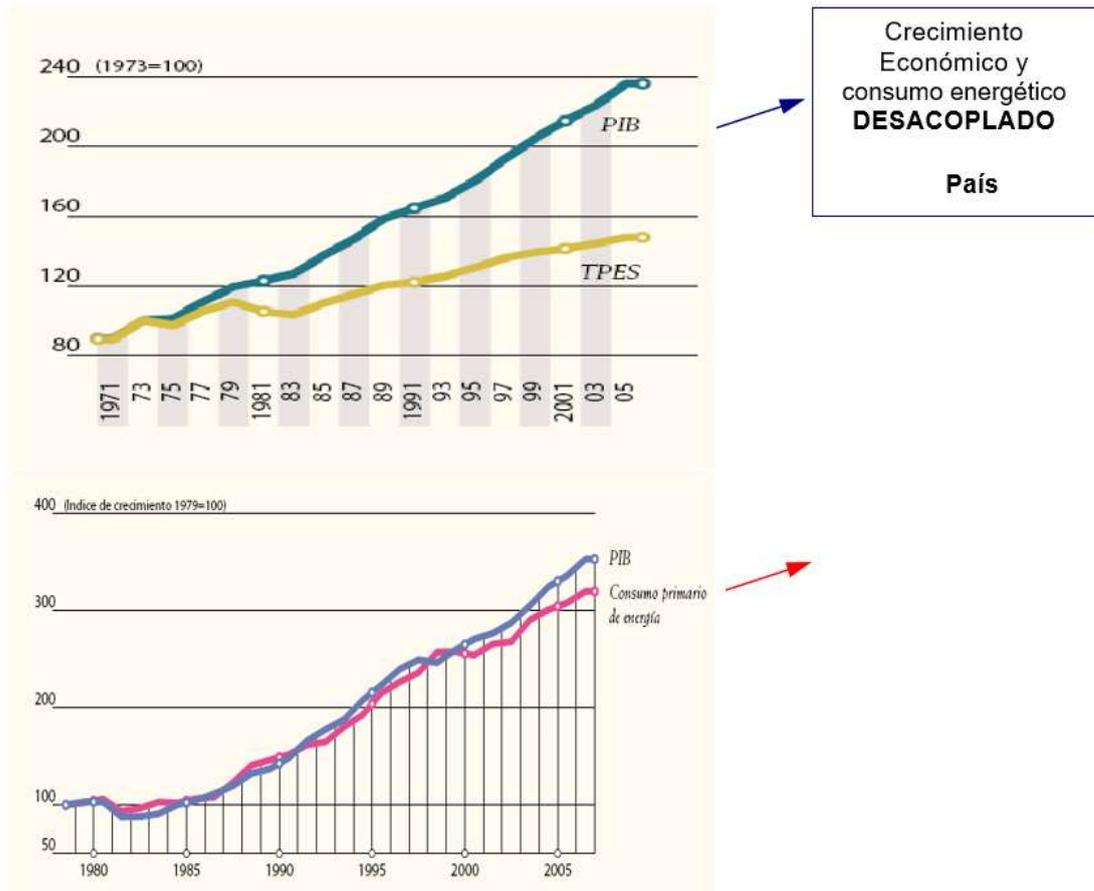
		
Tecnología	Lámparas Incandescentes	Lámparas Fluorescentes Compactas (LFC)
Potencia ² demandada a la red eléctrica	100 W	20 W
Cantidad de luz	1370 lúmenes	1370 lúmenes
Horas de uso por año	1460 horas	1460 horas
Costo del uso por año	\$18.538	\$3.708

A.2 ¿Por qué usar bien la energía?

A nivel País:

El consumo de energía es un indicador del desarrollo de un país.

Si en un mismo gráfico se dibujan el crecimiento económico sostenido en el tiempo, junto con el consumo de energía en el mismo período de tiempo, se puede concluir si un País es Desarrollado o Subdesarrollado. La siguiente gráfica indican los 2 casos de crecimiento de la economía y del consumo de energía.



Crecimiento Económico y Consumo Energético en el tiempo, indicador de desarrollo.

Fuente: CNE Política Energética

En el caso de los países de la OECD (Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo), se dice que son países desarrollados; ya que son capaces de crecer sus economías, mientras que su consumo energético se mantiene constante en el tiempo o con muy bajo crecimiento.

A.3 Beneficios generales de la Eficiencia Energética a nivel global

La eficiencia energética a nivel global tiene los siguientes beneficios:

- Apoya el crecimiento del país
- Reduciendo los costos de operación de una empresa y hace más competitivos sus productos.
- Reduce los gastos en energía de un proceso productivo.
- Menores impactos en el Medio Ambiente.
- Ayuda a frenar el cambio climático.

- Mejora la calidad del aire, reduce la contaminación y disminuye los daños a la salud.

A.4 ¿Por qué usar bien la energía en el Hogar?

A.4.1 La Eficiencia Energética tiene beneficios económicos

Tener buenos hábitos de consumo energético a nivel residencial, pueden reducir el consumo de energía (gas y electricidad) a nivel residencial entre un 10% y un 20%. Esto se traduce en un ahorro mensual de dinero en el pago de la cuenta de gas y electricidad.

A.4.2 ¿Cómo se puede lograr ser eficientes en el hogar?

Tomar la iniciativa, seguir esta guía práctica de eficiencia energética en el hogar. Además, aquí encontrarás consejos prácticos, el significado del etiquetado energético y un autodiagnóstico para que te califiques como eficiente.

A.5 Política pública para beneficio de los consumidores:

Etiquetado de Eficiencia Energética

El etiquetado de eficiencia energética es una medida que facilita la comprensión del consumo y la eficiencia de los artefactos en general. Su característica es que basta con observar la etiqueta, de forma rápida y muy sencilla, el consumidor sabe si se trata de un artefacto eficiente.

El etiquetado clasifica a los artefactos en una escala de letras, donde, las primeras letras de la etiqueta corresponden a lo más eficiente y las últimas letras de la escala de la etiqueta corresponden a los artefactos menos eficientes.

La siguiente gráfica muestra la Etiqueta de Eficiencia Energética para el caso de los refrigeradores, donde, la **letra A** está reservada para los refrigeradores más eficientes y la **letra G**, la última de la escala, está

reservada para los artefactos menos eficientes.

El mismo criterio ha sido estandarizado para todos los artefactos que portan este tipo de etiqueta de eficiencia energética, es decir, todos los artefactos etiquetados tendrán un sistema de escala de colores donde la **letra A, en color verde**, será siempre la más eficiente y la última letra en **color rojo, será siempre lo menos eficiente**.

Con la Etiqueta de Eficiencia Energética, sus compras son más fáciles, le ayuda a elegir el producto más eficiente.



Etiqueta de Eficiencia Energética de un refrigerador

En la actualidad, los artefactos de uso doméstico con obligatoriedad de etiquetar son: los refrigeradores, las ampollitas, los tubos fluorescentes y pronto lo será el estado 'Stand by' de los Hornos de Microondas.

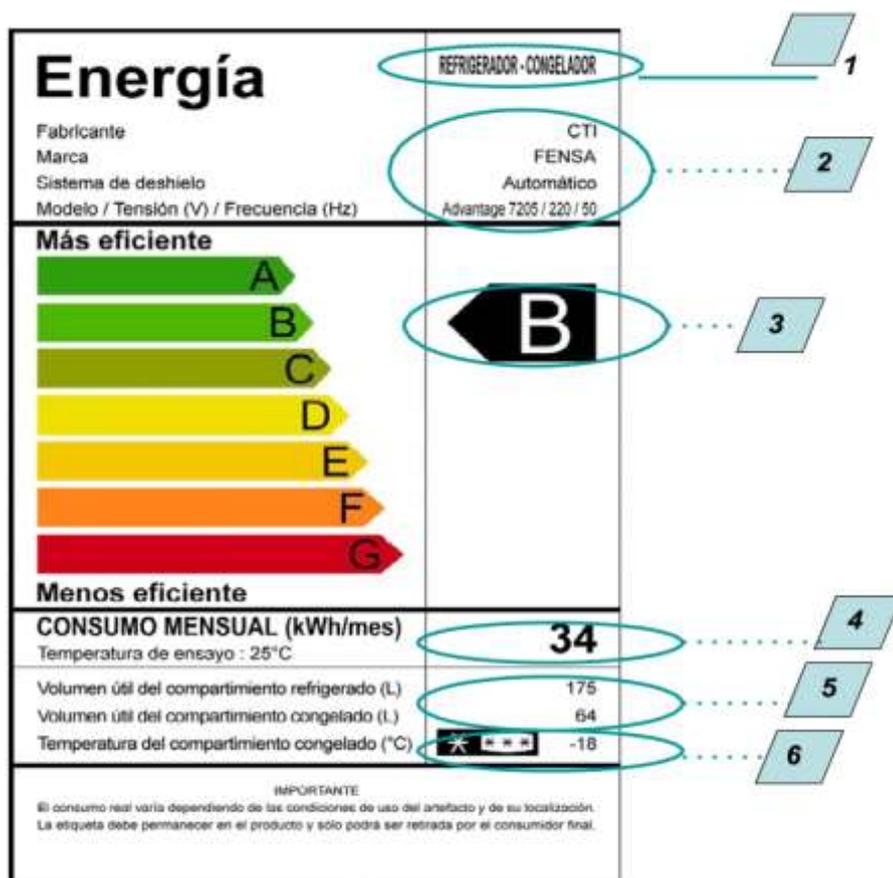
El estado 'Stand by' o Modo en Espera, es aquel en el que se encuentra un artefacto que se encuentra energizado (enchufado a la red eléctrica) y está a la espera que un usuario lo utilice. Mientras menor es el consumo del estado 'Stand by' de un artefacto, se dice que es más eficiente.

Asimismo, se recomienda desenchufar los artefactos que no requieren estar energizados cuando están en desuso, tales como: televisores, equipos de música, hornos de microondas, monitores de computador, impresoras, cargadores de pilas, cargadores de teléfonos celulares, entre otros.

A continuación, se muestra una descripción de los artefactos que hoy tienen obligatoriedad de ser etiquetado y una descripción de sus etiquetas.

A.5.1 Etiquetado de Refrigeradores

La siguiente gráfica muestra la etiqueta de eficiencia energética de un refrigerador que se vende en el comercio. Y la tabla muestra la información contenida por la etiqueta de eficiencia energética de los refrigeradores.



Etiqueta de Eficiencia Energética de un Refrigerador existente en el comercio.

Información entregada por la Etiqueta de Eficiencia Energética de Refrigeradores

Número	Información	Descripción de la información
1	Tipo de Aparato Refrigerador	En este campo la etiqueta indica de qué clase de aparato se trata, por ejemplo: Refrigerador, Congelador y Refrigerador-Congelador.
2	Fabricante, marca, modelo, deshielo, características eléctricas.	Aquí se señala el nombre de la empresa que fabricó el aparato, el nombre y número del modelo, si se deshiela de manera manual o automática y las características del sistema eléctrico residencia, es decir todas las etiquetas para refrigeradores a usar en Chile deben indicar 220 Volts (V) y 50 Hertz (Hz)
3	Clase Energética	Clase Energética en la que el aparato ha sido clasificado, según ensayos realizados por un laboratorio competente. Indica que tan eficiente es en el uso de la energía.
4	Consumo Mensual	Este es el consumo mensual de energía eléctrica, este es un dato importante, pues indica en promedio cuanta energía consume en un mes este aparato y da una aproximación de cuanto cuesta en dinero mantener enchufado el aparato en nuestra casa, para saber este costo en dinero se debe multiplicar el número del Consumo Mensual por lo que cobra nuestro distribuidor eléctrico por un kWh (kiloWatt-hora).
5	Volúmenes	En este campo se indican los volúmenes útiles del compartimiento refrigerador y congelador (freezer) respectivamente.
6	Estrellas y T°	Número de estrellas asignado por el fabricante, según la temperatura más fría que puede alcanzar el freezer del aparato. Se indica dicha temperatura en la etiqueta. Ver los símbolos de las estrellas y su significado en la Tabla 3.

Número de estrellas

Símbolo	Significado	Descripción
	1 Estrella	Símbolo compartimiento de almacenamiento de comida congelada: una (1) estrella – 6 °C
	2 Estrellas	Símbolo compartimiento de almacenamiento de comida congelada: dos (2) estrellas – 12 °C
	3 Estrellas	Símbolo compartimiento de almacenamiento de comida congelada: tres (3) estrellas – 18 °C

	<p>4 Estrellas</p>	<p>Símbolo compartimiento congelador de comida: cuatro (4) estrellas – 18 °C (congela el alimento desde la temperatura ambiente a – 18 °C en 24 horas)</p>
---	--------------------	--

A.5.2 Etiquetado de ampollitas y tubos fluorescentes

La siguiente gráfica muestra la etiqueta de eficiencia energética que se usa para la iluminación, en ampollitas y tubos fluorescentes. Y la tabla indica la información suministrada por la etiqueta y su significado. Pues, para esta clase de equipos existe una tercera etiqueta de eficiencia energética.

Etiquetado de Eficiencia Energética para la iluminación

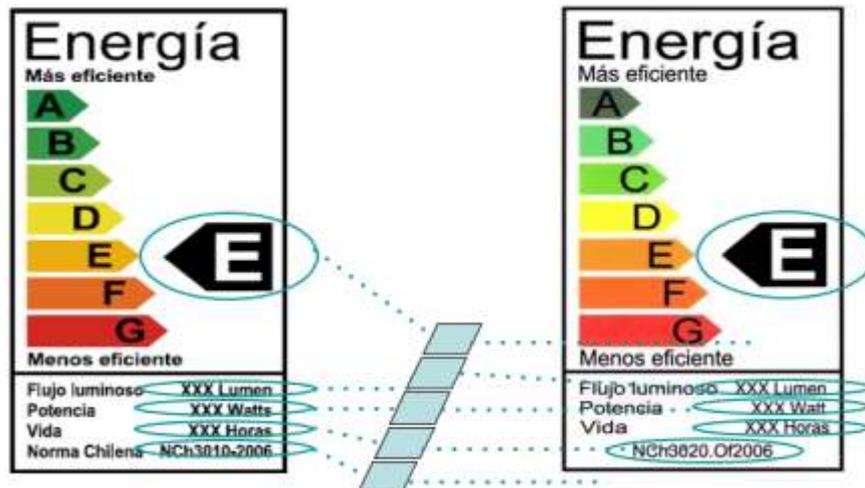
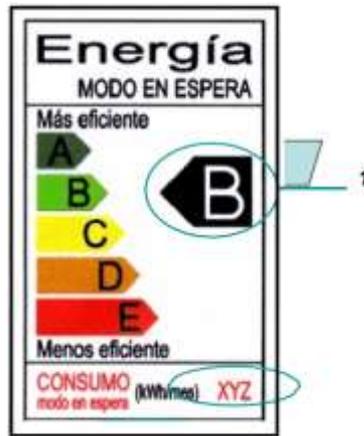


Tabla de Información que entrega la Etiqueta de Eficiencia Energética usada para Iluminación

Número	Información	Descripción de la información
1	Clase Energética	Clase Energética en la que el aparato ha sido clasificado, según ensayos realizados por un laboratorio competente. Indica que tan eficiente es en el uso de la energía.
2	Flujo luminoso	Cantidad de iluminación que entrega la ampollita, se mide en Lumen.
3	Potencia	Potencia que absorbe de la red eléctrica el equipo, se mide en Watts (W).
4	Vida útil	Horas de vida útil que son declaradas por el fabricante, estas son corroboradas mediante ensayos de laboratorio.

A.5.3 Etiquetado Modo en Espera (Stand by) de Hornos de Microondas

Este es un etiquetado especial, y en un futuro cercano será obligatorio, lo que se ha clasificado con esta etiqueta, es el modo en espera o *Stand by* de los hornos de microondas, es decir, se etiqueta en relación al gasto energético del aparato cuando no realiza trabajo útil para los usuarios. Pero el aparato se encuentra conectado a la red eléctrica (enchufado) listo para ser usado o programado. Este gasto energético del aparato en Modo en Espera, es para mantener el reloj digital encendido y a la hora, el teclado energizado, las perillas listas para temporizar, etc.



Etiquetado del modo *Stand by* de Hornos de Microondas

La tabla muestra el contenido de la etiqueta de Modo en Espera o *Stand by*.

Tabla- Información que entrega la etiqueta de eficiencia energética en modo *Stand by* o Modo en Espera

Número	Información	Descripción de la información
1	Clase Energética	Clase Energética en la que el Stand by o Modo en Espera del aparato ha sido clasificado, según ensayos realizados por un laboratorio competente. Indica que tan eficiente es en el uso de la energía, cuando el aparato no está produciendo un trabajo útil para los usuarios.
2	Consumo de Energía	Consumo de energía mensual promedio del aparato cuando no está produciendo un trabajo útil para los usuarios. Este estado en espera se produce cuando el aparato se encuentra conectado a la red eléctrica (enchufado), pero no se ha programado o accionado para realizar ninguna actividad.



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Pillajo Amagua, Tony Oscar** con C.C:0912968179 autor del Trabajo de Titulación: **Análisis del estado actual de la implementación de energías renovables en el Ecuador. Propuesta de una guía de uso eficiente de la energía eléctrica**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico-Mecánica** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 17 de septiembre del 2019

PILLAJO AMAGUA, TONY OSCAR

C.C: 0912968179



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Análisis del estado actual de la implementación de energías renovables en el Ecuador. Propuesta de una guía de uso eficiente de la energía eléctrica.		
AUTOR(ES)	Pillajo Amagua, Tony Oscar		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Rafael Hidalgo		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Eléctrico-Mecánica		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Eléctrico-Mecánica		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	17 de septiembre del 2019	No. DE PÁGINAS:	89
ÁREAS TEMÁTICAS:	Energía Renovable, Mediciones eléctricas Distribución eléctrica.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Energía eléctrica, Fotovoltaica, Eólica, Eficiencia energética.		
RESUMEN:	<p>Se presenta un estado del arte actualizado en el tema de energía renovable, a nivel mundial, nacional y local en cuanto a proyectos energéticos en el Ecuador. Las medidas para sustituir el uso de combustibles fósiles (combustible de termoeléctricas, motores de combustión interna etc.) por energías apreciadas como 'limpias' no han forjado mayores resultados. La generación del recurso energético del país aún depende, principalmente, del petróleo. Por consiguiente, el aporte de este trabajo de titulación es buscar y analizar registros de la evolución de proyectos energéticos en el país.</p> <p>La metodología que se va aplicar es descriptiva ya que se va documentar datos y cifras del estado de la energía renovable convencional y no convencional. También se empleará el método analítico, por la propuesta de una guía de eficiencia energética.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593 09244951760	E-mail: nimoa.tony@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Ing. Orlando Philco Asqui		
	Teléfono: +593-9-2409602475		
	E-mail: luis.philco@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			