

**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO DE MANABÍ”**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**Trabajo de Titulación en la modalidad “Proyecto de Investigación”**

**Que se presenta como requisito para optar por el título de:**

**INGENIERO ELÉCTRICO**

**Tema**

**“Diagnóstico y análisis de generación de energías renovables no convencionales en el Sistema Eléctrico del Ecuador”**

**Autor**

**Junior Edgar Piloza Anchundia**

**Director de tesis**

**Ing. Raúl Largacha**

**Mayo, 2017**

**Manta – Manabí – Ecuador**

# APROBACIÓN DEL TRIBUNAL



**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO DE MANABÍ”**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el informe de investigación sobre el tema: **“Diagnóstico y análisis de generación de energías renovables no convencionales en el Sistema Eléctrico del Ecuador”**, elaborado por el egresado: Junior Edgar Pilozo Anchundia, de la Facultad de Ingeniería.

Manta, 16 de Mayo del 2017

---

Ing. Darío Páez Cornejo Mg. Sc.

DECANO

---

Ing. Raúl Largacha

TUTOR

---

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

---

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

---

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

---

SECRETARIA

## **CERTIFICACIÓN DEL TUTOR**

Ingeniero Raúl Largacha, docente de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, en calidad de Director del Trabajo de Titulación.

### **CERTIFICO**

Que el presente TRABAJO DE TITULACIÓN, denominado: “Diagnóstico y análisis de generación de energías renovables no convencionales en el Sistema Eléctrico del Ecuador”, ha sido exhaustivamente revisado en varias sesiones de trabajo, se encuentra listo para su presentación y apto para su defensa.

Las opiniones y conceptos en este trabajo de titulación son fruto del trabajo, perseverancia y originalidad de su autor: Junior Edgar Pilozo Anchundia, siendo de su exclusiva responsabilidad.

Manta, 16 de Mayo del 2017

---

***Ing. Raúl Largacha***  
***DIRECTOR DE TESIS***

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a Dios por haberme hecho parte de esta grandiosa humanidad, por darme fuerza, felicidad y las fuerzas para seguir adelante.

Mi reconocimiento al Ing. Raúl Largacha por su enorme paciencia y voluntad para dirigir mi tesis, haciendo gala de su gran humanidad, profesionalismo y vocación de servicio, además le quedo muy agradecido a los ingenieros del tribunal que me ayudaron en mi proyecto.

*Junior Edgar Piloza Anchundia*

## **DEDICATORIA**

La presente tesis la dedico con mucho cariño a mis padres que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Gracias padres por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí, a pesar de haber pasado momentos muy difíciles siempre han estado brindándome su apoyo, por todo lo que han hecho les agradezco de todo corazón.

*Junior Edgar Pilozo Anchundia*

## TABLA DE CONTENIDO

<b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL</b> .....	iii
<b>CERTIFICACIÓN DEL TUTOR</b> .....	iv
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	v
<b>DEDICATORIA</b> .....	vi
<b>TABLA DE CONTENIDO</b> .....	vii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	xi
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xii
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	xiii
<b>RESUMEN</b> .....	xiv
<b>ABSTRACT</b> .....	xv
<b>TEMA</b> .....	xvi
<b>CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES</b> .....	1
<b>1.1. Introducción</b> .....	1
<b>1.2. Planteamiento del Problema</b> .....	2
<b>1.3. Objetivos</b> .....	3
<b>1.3.1. Objetivo General</b> .....	3
<b>1.3.2. Objetivos específicos</b> .....	3
<b>1.4. Metodología</b> .....	4
<b>1.5. Métodos</b> .....	4
<b>1.6. Modalidad básica de la investigación</b> .....	4
<b>1.7. Nivel o tipo de investigación</b> .....	4
<b>1.8. Recursos</b> .....	5
<b>1.9. Justificación</b> .....	6
<b>1.10. Variables</b> .....	7
<b>1.11. Fundamento legal</b> .....	7
<b>1.11.1. Constitución Política de la República del Ecuador</b> .....	7
<b>1.11.2. Plan Nacional del Buen Vivir</b> .....	13
<b>1.11.3. Agenda Nacional de Energía 2016 – 2040</b> .....	14
<b>CAPITULO 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b> .....	17
<b>2.1. Energía</b> .....	17
<b>2.2. Fuentes de energía</b> .....	17
<b>2.3. Las energías renovables</b> .....	18
<b>2.4. Energía Mareomotriz</b> .....	19
<b>2.4.1. Funcionamiento</b> .....	19

2.4.2.	Energía Mareomotriz en el mundo.....	20
2.5.	Energía Biomasa. ....	21
2.5.1.	Funcionamiento.....	22
2.5.2.	La Biomasa como fuente energética.....	23
2.5.3.	Biomasa en el mundo.....	24
2.5.4.	Generación mundial de bioenergía, por país y región, 2005-2015.....	25
2.5.5.	Biomasa en el Ecuador.....	26
2.6.	Energía Eólica.....	26
2.6.1.	Funcionamiento.....	27
2.6.2.	Energía Eólica en el mundo.....	28
2.6.3.	Energía Eólica en el Ecuador.....	29
2.7.	Energía Solar.....	30
2.7.1.	Funcionamiento de la energía solar fotovoltaica.....	31
2.7.2.	Funcionamiento de la energía Solar Térmica.....	32
2.7.3.	Energía Solar fotovoltaica en el mundo.....	33
2.7.4.	Energía Solar térmica en el mundo.....	34
2.7.5.	Energía Solar en el Ecuador.....	35
2.8.	Energía Geotérmica.....	36
2.8.1.	Funcionamiento de una Central Geotérmica.....	37
2.8.2.	Energía Geotérmica en el mundo.....	38
2.8.3.	Energía Geotérmica en el Ecuador.....	39
2.9.	Energía Hidráulica.....	40
2.9.1.	Energía Hidráulica en el mundo.....	42
2.9.2.	Energía Hidráulica en el Ecuador.....	43
2.10.	Ventajas y desventajas de las diferentes fuentes de energía renovables.....	43
2.11.	Análisis del Ciclo de vida de las tecnologías de energías.....	49
<b>CAPÍTULO 3. LA NUEVA MATRIZ ENERGETICA DEL PAIS. ....</b>		<b>51</b>
3.1.	Introducción.....	51
3.1.1.	Proyectos emblemáticos en el Ecuador.....	52
3.1.2.	Proyectos de energía renovable en el Ecuador estudios y/o mediciones.....	54
3.1.3.	Atlas Solar del Ecuador.....	56
3.1.4.	Atlas Eólico del Ecuador.....	56
3.1.5.	Análisis de la generación de energía entre el 2006 y 2016.....	57
3.2.	Producción de energía en el SNI (GWh).....	58
3.3.	Demanda de energía en GWh.....	59
3.4.	Demanda de energía por grupo de consumo en GWh.....	59

3.5.	Comparación de la producción de energía renovable .....	60
3.6.	Perspectiva de proyección por fuentes de energía .....	63
<b>CAPÍTULO 4. PROYECTOS DE ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES EN EL ECUADOR .....</b>		<b>65</b>
4.1.	Proyectos de energía renovables en fase de estudio .....	65
4.1.1.	Proyectos de energía Geotérmica en fase de estudio.....	65
4.1.2.	Proyectos de energía Eólica en fase de estudio .....	66
4.1.3.	Proyecto de energía Híbrida en fase de construcción .....	66
4.2.	Proyectos de energías renovables Eólicos en operación .....	67
4.2.1.	Proyecto Eólico San Cristóbal .....	67
4.2.2.	Proyecto Eólico Santa Cruz-Baltra .....	68
4.2.3.	Proyecto eólico Villonaco.....	69
4.3.	Localidades con posible interés para generación de electricidad con energía eólica. 71	
4.4.	Proyectos de generación híbrido en funcionamiento .....	72
4.4.1.	Proyecto Híbrido en Floreana.....	72
4.5.	Proyectos de energía fotovoltaica en funcionamiento.....	73
4.5.1.	Proyecto fotovoltaico Baltra 67 kWp .....	73
4.5.2.	Proyecto Fotovoltaico Puerto Ayora .....	74
4.5.3.	Proyecto fotovoltaico Jaramijó.....	75
4.5.4.	Proyecto fotovoltaico Pimampiro .....	75
4.5.5.	Proyecto fotovoltaico Electrisol S.A .....	76
4.5.6.	Proyecto fotovoltaico Gransolar- Imbabura Salinas y Tren Salinas.....	77
4.5.7.	Proyecto fotovoltaico Loja energy .....	78
4.5.8.	Proyecto fotovoltaico Sabiangosolar .....	79
4.5.9.	Proyecto fotovoltaico Sansau – Wildtecsa.....	79
4.5.10.	Proyecto fotovoltaico Solsantonio .....	80
4.5.11.	Proyecto fotovoltaico Solhuaqui .....	81
4.5.12.	Proyecto fotovoltaico Solchacras .....	81
4.5.13.	Proyecto fotovoltaico Renovaloja .....	82
4.5.14.	Proyecto fotovoltaico Surenergy .....	83
4.5.15.	Proyecto fotovoltaico Sanersol .....	84
4.5.16.	Proyecto fotovoltaico Saracaysol .....	84
4.5.17.	Proyecto fotovoltaico Altgenotec y Genrenotec.....	85
4.5.18.	Proyecto fotovoltaico Solsantros.....	86
4.5.19.	Proyecto fotovoltaico Gonzaenergy .....	87

4.5.20.	Proyecto fotovoltaico San Pedro .....	87
4.5.21.	Proyecto fotovoltaico Brineforcorp-Cabal Energy .....	88
4.6.	Resumen de centrales fotovoltaicas en funcionamiento en Ecuador .....	89
4.7.	Proyectos en Operación con Biomasa .....	89
4.7.1.	Sociedad Agrícola e Industrial San Carlos S.A. ....	89
4.7.2.	Compañía Azucarera Valdez S.A. (Ecoelectric S.A).....	90
4.7.3.	Ingenio La Troncal S.A. (Ecudos S.A.) .....	90
4.7.4.	Proyecto de Biogás Pichacay .....	91
4.8.	Proyectos Hidroeléctricos en el Ecuador .....	92
4.9.	Resumen de las fases en que se encuentran cada energía renovable.....	93
4.10.	Análisis de las energías renovables no convencionales en el Ecuador.....	94
<b>CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>97</b>
5.1.	Conclusiones .....	97
5.2.	Recomendaciones .....	99
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>		<b>100</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>101</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 - Generación de energía mareomotriz por países .....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 2 - Plantas de Energía de eólica en el Mundo.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 3 - Plantas de Energía de Solar Fotovoltaica en el Mundo .....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 4 - Plantas de Energía de Solar Térmica en el Mundo .....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 5 - Plantas de Energía de Solar en el Ecuador .....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 6 - Plantas de Energía de Geotérmica en el Mundo.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 7 - Plantas de Energía de Hidráulica en el Mundo .....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 8 - Situación Actual de los Proyectos Emblemáticos .....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 9 - Proyectos de Energía Renovables en el Ecuador.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 10 - Potencia Nominal en Generación de Energía Renovable .....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 11 - Capacidad Efectiva en Generación de Energía Renovable .....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 12 - Proyectos en fase de Estudio Geotérmico .....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 13 - Proyectos en fase de Estudio Eólico .....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 14 - Proyectos en fase de Construcción Híbrido .....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 15 - Estadísticas del parque eólico San Cristóbal.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 16 - Estadísticas parque eólico Baltra .....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 17 - Resumen de los proyectos Eólicos en Operación.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 18 – Estadísticas de Sistema de generación híbrido Floreana .....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 19 - Estadísticas fotovoltaica Puerto Ayora .....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 20 - Proyecto de Biomasa en Ecuador .....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 21 - Resumen de los proyectos hidroeléctricos .....</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 22 - Resumen de los Proyectos de Energías Renovables en Fase de Estudios.....</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 23 - Resumen de los Proyectos de Energías Renovables en Fase de Construcción ....</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 24 - Resumen de los Proyectos de Energías Renovables en Operación.....</i>	<i>94</i>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 - Tipos de Energías Renovables.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 2 - Generador de Energía mareomotriz.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 3 - Fuentes de Energía Biomasa.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 4 - Funcionamiento de una planta de biomasa.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 5 - Plantas de Energía Biomasa en el Mundo .....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 6 - Generación mundial de bioenergía por País y región 2005-2015 .....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 7 - Energía Eólica.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 8 - Capacidad y adiciones anuales mundiales de energía eólica, 2005–2015 .....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 9 - Energía solar .....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 10 - Energía Solar Fotovoltaica .....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 11 - Energía Solar Térmica .....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 12 - Capacidad y adiciones de energía solar FV, diez países líderes, 2015 .....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 13 - Capacidad mundial de energía solar térmica por país o región, 2005-2015 ....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 14 - Planta de Energía Geotérmica.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 15 - Capacidad y adiciones de energía geotérmica.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 16 - Energía Hidráulica.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 17 - Capacidad hidráulica mundial.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 18 - Proyectos Emblemáticos del Ecuador.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 19 - Atlas Solar del Ecuador.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 20 - Atlas Eólico del Ecuador.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 21 - Generación de Energía entre 2006-2018 .....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 22 - Demanda Anual de Energía (GWh).....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 23 - Demanda de energía por grupo de consumo en GWh.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 24 – Grafico de Demanda de energía por grupo de consumo en GWh.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 25 - Potencia Nominal en Generación de Energía Renovable .....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 26 - Capacidad Efectiva en Generación de Energía Renovable.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 27 - Participación prevista de las energías renovables.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 28 - Proyecto eólico San Cristóbal .....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 29 - Central Eólica Villonaco .....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 30 - Proyecto fotovoltaico Baltra 67 kWp .....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 31 - Proyecto fotovoltaico Jaramijó. ....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 32 - Proyecto fotovoltaico Pimampiro.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 33 - Proyecto fotovoltaico Electrisol S.A.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 34 - Proyecto fotovoltaico Gransolar S.A.....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 35 - Proyecto fotovoltaico Lojaenergy S.A.....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 36 - Proyecto fotovoltaico Sabiangosolar S.A.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 37 - Proyecto fotovoltaico Sansau-Wildtecsa S.A.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 38 - Proyecto fotovoltaico Sansau-Wildtecsa S.A.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 39 - Proyecto fotovoltaico Solhuaqui S.A.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 40 - Proyecto fotovoltaico Solhuaqui S.A.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 41 - Proyecto fotovoltaico Renovaloja S.A.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 42 - Proyecto fotovoltaico Surenergy S.A.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 43 - Proyecto fotovoltaico Sanersol S.A.....</i>	<i>84</i>

<i>Figura 44 - Proyecto fotovoltaico Saracaysol S.A</i> .....	85
<i>Figura 45 - Proyecto fotovoltaico Altgenotec y Genrenotec S.A</i> .....	86
<i>Figura 46 - Proyecto fotovoltaico Solsantros S.A</i> .....	86
<i>Figura 47 - Proyecto fotovoltaico Gonzaenergy S.A</i> .....	87
<i>Figura 48 - Proyecto fotovoltaico San Pedro S.A</i> .....	88
<i>Figura 49 - Proyecto fotovoltaico Brineforcorp-Cabal Energy S.A</i> .....	88
<i>Figura 50 - Proyecto de biomasa Sociedad Agrícola e Industrial San Carlos S.A</i> .....	89
<i>Figura 51 - Proyecto de biomasa Compañía Azucarera Valdez S.A (Ecoelectric S.A)</i> .....	90
<i>Figura 52 - Proyecto de biomasa Ingenio la Troncal S.A (Ecudos S.A)</i> .....	91
<i>Figura 53 - Proyecto de biogás Pichacay Cuenca</i> .....	92

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

<i>Anexo 1 - Producción Bruta Total de Energía en el SIN (GWh)</i> .....	102
<i>Anexo 2 - Producción Neta de Energía en el SIN (GWh)</i> .....	103
<i>Anexo 3 - Estadísticas fotovoltaica funcionando en el Ecuador</i> .....	104
<i>Anexo 4 - Proyectos de Energía Hidráulicas Menores 1 MW en Ecuador</i> .....	105
<i>Anexo 5 - Proyectos de Energía Hidráulicas Entre 1 Y 9,99 MW en Ecuador</i> .....	108
<i>Anexo 6 - Proyectos de Energía Hidráulicas Entre 10 Y 49,99 MW en Ecuador</i> .....	110
<i>Anexo 7 - Proyectos de Energía Hidráulicas Mayores a 50 MW en Ecuador</i> .....	112

## **RESUMEN**

El presente trabajo de Investigación trata sobre el diagnóstico y análisis de la generación de energías renovables no convencionales en el Sistema Eléctrico del Ecuador. El estudio se divide en 4 capítulos.

En el capítulo I se hace el planteamiento del problema, indicando la necesidad de buscar alternativas renovables debido a la multiplicidad de problemas ambientales; se plantea los objetivos y se justifica el estudio describiendo la importancia de la energía en la vida humana.

En el capítulo II que corresponde al desarrollo del Marco Teórico, se conceptualiza cada una de las variables y categorías como: energía, el significado de energía renovable, y se describe los tipos de energías no convencionales, ubicando su situación en el mundo, es decir de cómo está siendo utilizada en los diferentes países, indicando sus distintas ventajas, lugares de implementación y niveles de producción, para lo cual se cita gráficos y cuadros estadísticos actualizados.

En el capítulo III se desarrolla y analiza los proyectos de energía renovable en el Ecuador, para lo cual se cita los lugares, nombres y producción, comparando con períodos anteriores a los actuales, entre oferta y demanda.

En el Capítulo IV se hace una descripción detallada de los proyectos que están en fase de estudio, construcción y los que se encuentran ya generando.

Finalmente en el Capítulo V, se arriba a las conclusiones, destacando que en el Ecuador se aplica una serie de proyectos pero que se hace necesario impulsarlos para que aporten de mejor manera al desarrollo del país.

## ABSTRACT

This research work deals with the diagnosis and analysis of the generation of non-conventional renewable energies in the Electricity System of Ecuador. The study is divided into 4 chapters.

Chapter I presents the problem, indicating the need to look for renewable alternatives due to the multiplicity of environmental problems; Sets out the objectives and justifies the study describing the importance of energy in human life.

In chapter II, which corresponds to the development of the Theoretical Framework, each of the variables and categories is conceptualized as: energy, the meaning of renewable energy, and describes the types of unconventional energies, locating their situation in the world, ie Of how it is being used in different countries, indicating their different advantages, places of implementation and levels of production, for which graphs and updated statistical tables are cited.

Chapter III develops and analyzes renewable energy projects in Ecuador, for which places, names, and production are cited, comparing with periods prior to the present, between supply and demand.

Chapter IV gives a detailed description of the projects that are under study, construction and those that are already generating.

Finally in Chapter V, the conclusions are highlighted, noting that in Ecuador a series of projects is applied, but it is necessary to promote them so that they contribute better to the development of the country.

## **TEMA**

***"Diagnóstico y análisis de generación de energías renovables no convencionales en el Sistema Eléctrico del Ecuador"***

# **CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES**

## **1.1. Introducción**

La aplicación de proyectos de energía renovable no convencional en el mundo, no es una moda, sino la respuesta del mundo para disminuir la grave contaminación ambiental y las secuelas que de ella se deriva en la vida de los seres vivos.

A partir de la Conferencia de Kioto (Kioto, 11 de diciembre de 1997), los gobernantes, dirigentes políticos, líderes sociales y todas las personas comprometidas con la vida, vienen superando una serie de limitaciones para tener en sus países energía limpia. Se podría decir que el mundo ha comprendido que si se sigue con el mismo esquema de generación energética de manera irresponsable, la vida no será posible en el futuro.

En el Ecuador, la producción de energía para la satisfacción de las múltiples necesidades de las personas tiene una larga historia, debido a las vicisitudes propias de un país en desarrollo, pero es necesario destacar que en los últimos años, la implementación de una Nueva Matriz Energética ha posibilitado una mayor preocupación por la implementación de proyectos de energía limpia, mejorando la calidad de vida de los habitantes en donde se ha ejecutado este tipo de proyectos, de esta forma se ha logrado beneficiar no solo con mejoras energéticas, sino en sus condiciones socioeconómicas, puesto se utiliza la mano de obra del mismo sector.

Todo esto ha conllevado a que actualmente en el país la energía eléctrica llegue a muchas partes donde antes no llegaba y no solo eso sino también distribuyéndose una energía de calidad, lo que antes no teníamos y que ahora debido a los nuevos proyectos con fuentes de energía renovables se ha obtenido sin perjudicar a gran escala nuestro planeta.

## **1.2. Planteamiento del Problema**

El Ecuador, debido a su ubicación geográfica y su privilegiada naturaleza, presenta un gran potencial energético renovable; tanto en la región interandina, costera, oriental e insular, que aprovechando sus particularidades pueden generar energía sea eólica, biomasa, geotérmica, solar entre otras.

Ante ello en el Ecuador en la última década, se ha implementado una nueva matriz de generación eléctrica, se refiere a la organización de intervención de las diferentes fuentes de energía manejadas para la producción de electricidad, esta ha posibilitado que en los últimos años, se desarrollen y ejecuten proyectos de producción de energía renovable.

Sin embargo, hay necesidad de puntualizar la eficacia y eficiencia de los proyectos implementados en el país; es decir, si es que en verdad están aportando significativamente al crecimiento de la oferta de este tipo de energía limpia, o que han quedado en simples estudios, debido a la multiplicidad de problemas que tiene la economía del Ecuador.

En la presente investigación se trata de hacer un diagnóstico y análisis de generación de energías renovables no convencionales en el Sistema Eléctrico del Ecuador, es decir su implementación, experiencias, impacto en la vida social, económica, ambiental de los sectores en donde ha sido incorporado este modelo.

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo General**

- Realizar un diagnóstico y análisis de generación de energías renovables no convencionales en el Sistema Eléctrico del Ecuador

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Analizar y evaluar las diferentes alternativas de energías renovables en el Ecuador.
- Identificar los proyectos de energía renovables que se encuentran en diferentes fases en el Ecuador.
- Realizar una perspectiva de la situación de las energías renovables no convencionales en el Ecuador en los próximos años.

#### **1.4. Metodología**

Para el desarrollo de este proyecto se realizó una investigación bibliográfica, la cual consiste en la revisión de libros, folletos, revistas, páginas web sobre el tema planteado.

#### **1.5. Métodos**

Método Inductivo y deductivo, porque en el primero se obtiene conclusiones generales a partir de premisas particulares, que se caracteriza por cuatro etapas básicas: la observación y el registro de todos los hechos, el análisis y la clasificación de los hechos; la derivación inductiva de una generalización a partir de los hechos; y la contrastación; el segundo porque desarrolla y emplea modelos matemático.

#### **1.6. Modalidad básica de la investigación.**

Casi experimental, porque recogió información de una situación y tema planteado.

Bibliográfica, porque se sustentara en enunciados teóricos y científicos, tesis de investigación de distintos autores y folletos especializados de internet.

#### **1.7. Nivel o tipo de investigación**

- Descriptivo, porque se hace un análisis descriptivo en los antecedentes
- Investigativos y se narraran cada uno de los sucesos encontrados en la investigación.
- Analítico, se estudiaron los datos encontrados en la investigación, para su debida conclusión.
- Sintética, debido a que se realizaran las conclusiones del tema investigado.
- Propositiva, al realizar la propuesta para la solución del problema.

## **1.8. Recursos**

### **TALENTO HUMANO**

- Estudiante investigador
- Tutor de tesis
- Docentes
- Estudiantes

### **RECURSOS MATERIALES**

- Marcadores
- Carpetas
- Libros
- Folletos
- Revistas

### **RECURSOS TECNOLÓGICOS**

- Computador
- Fotocopiadora
- Internet
- Impresora
- Pen drive

## **1.9. Justificación**

Las tecnologías de energías renovables, son tecnologías maduras y conocidas, especialmente en los países desarrollados donde el mercado ha alcanzado una cierta expansión. En el caso de algunos países latinoamericanos como el Ecuador, este es un mercado inicial, mientras que otros países latinoamericanos la penetración de las Energías Renovables ha tenido un mejor desarrollo. Es por eso fundamental tener un diagnóstico preciso y real de cómo estos proyectos han sido aplicados y analizar su impacto en las diferentes facetas que conlleva una serie de beneficios ambientales y socioeconómicos.

La investigación es posible de realizarlo porque se contó con la bibliografía necesaria y pertinente, acudiendo para ello a libros especializados, páginas web, revistas virtuales, blogs y personas que tienen experiencia sobre este aspecto.

La investigación es original, porque si bien es cierto existen estudios sobre la energía renovable no convencional, pero muy específicos, en el presente estudio se analiza cada tipo de energía, se presenta como está en el mundo y se relaciona con la situación en el Ecuador.

El estudio beneficiaría a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería, principalmente a quienes están estudiando en la Carrera de Ingeniería Eléctrica, porque contarán con un estudio, serio y preciso sobre la generación de energía renovable en el país, es decir será una fuente de consulta.

## **1.10. Variables**

### **Variable Independiente**

Energías renovables no convencionales

### **Variable Dependiente**

Sistema Eléctrico del Ecuador

## **1.11. Fundamento legal**

La presente Tesis de Grado tiene un amplio fundamento legal, partiendo del hecho que la Constitución Política de la República del Ecuador regula ampliamente el tema del medio ambiente en su sección segunda Art. 14 y 15 y en otras normas contenidas en la misma, consagrando el principio fundamental que el Estado protegerá el derecho de la población a vivir en un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice un desarrollo sustentable y que el Estado velará para que este derecho no sea afectado y garantizará la preservación de la naturaleza.

### **1.11.1. Constitución Política de la República del Ecuador**

#### ***Sección Segunda***

#### ***Ambiente sano***

**Art. 14.-** “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.”

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la

prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados”.

**Art. 15.-** “El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional”.

A su vez, esta Tesis se fundamenta en la Constitución Política de la República del Ecuador Título VII del Régimen del Buen Vivir Capítulo II Biodiversidad y Recursos Naturales, Sección Primera sobre la Naturaleza y Ambiente, Art. 395 al 399, que establece los Principios Ambientales a observar, las políticas y medidas oportunas que el Estado adoptará para evitar los impactos ambientales negativos cuando existe certidumbre del daño, la forma en que el Estado actuará en caso de que estos sucedan, así como la importancia del pronunciamiento de la comunidad y los procesos de participación ciudadana sobre los proyectos que supongan afectación al ambiente y a su seguridad integral.

## *Sección Primera*

### *Naturaleza y ambiente*

**Art. 395.-** “La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.
2. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional.
3. El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales.
4. En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza”.

**Art. 396.-** “El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas.

La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de

restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas.

Cada uno de los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la responsabilidad directa de prevenir cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que ha causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente.

Las acciones legales para perseguir y sancionar por daños ambientales serán imprescriptibles”.

**Art. 397.-** “En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. Además de la sanción correspondiente, el Estado repetirá contra el operador de la actividad que produjera el daño las obligaciones que conlleve la reparación integral, en las condiciones y con los procedimientos que la ley establezca. La responsabilidad también recaerá sobre las servidoras o servidores responsables de realizar el control ambiental. Para garantizar el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el Estado se compromete a:

1. Permitir a cualquier persona natural o jurídica, colectividad o grupo humano, ejercer las acciones legales y acudir a los órganos judiciales y administrativos, sin perjuicio de su interés directo, para obtener de ellos la tutela efectiva en materia ambiental, incluyendo la posibilidad de solicitar medidas cautelares que permitan cesar la amenaza o el daño ambiental materia de litigio. La carga de la prueba sobre la inexistencia de daño potencial o real recaerá sobre el gestor de la actividad o el demandado.

2. Establecer mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental, de recuperación de espacios naturales degradados y de manejo sustentable de los recursos naturales.
3. Regular la producción, importación, distribución, uso y disposición final de materiales tóxicos y peligrosos para las personas o el ambiente.
4. Asegurar la intangibilidad de las áreas naturales protegidas, de tal forma que se garantice la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas de los ecosistemas. El manejo y administración de las áreas naturales protegidas estará a cargo del Estado.
5. Establecer un sistema nacional de prevención, gestión de riesgos y desastres naturales, basado en los principios de inmediatez, eficiencia, precaución, responsabilidad y solidaridad”.

**Art. 398.-** “Toda decisión o autorización estatal que pueda afectar al ambiente deberá ser consultada a la comunidad, a la cual se informará amplia y oportunamente. El sujeto consultante será el Estado. La ley regulará la consulta previa, la participación ciudadana, los plazos, el sujeto consultado y los criterios de valoración y de objeción sobre la actividad sometida a consulta.

El Estado valorará la opinión de la comunidad según los criterios establecidos en la ley y los instrumentos internacionales de derechos humanos. Si del referido proceso de consulta resulta una oposición mayoritaria de la comunidad respectiva, la decisión de ejecutar o no el proyecto será adoptada por resolución debidamente motivada de la instancia administrativa superior correspondiente de acuerdo con la ley”.

**Art. 399.-** “El ejercicio integral de la tutela estatal sobre el ambiente y la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación, se articulará a través de un sistema nacional descentralizado de gestión ambiental, que tendrá a su cargo la defensoría del ambiente y la naturaleza”.

Debe indicarse que el Sector Eléctrico en los aspectos ambientales está sujeto al control del Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC) como Autoridad Ambiental de aplicación responsable (AAAr); puesto que este organismo por disposición de Ley está designado para ejercer el control sobre quienes desarrollan actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.

De acuerdo a lo antes indicado, la presente investigación también se fundamenta en el siguiente marco legal:

#### ***Normativa de carácter general***

- ✓ La Constitución de la República del Ecuador (R.O. N° 449, 20 de octubre de 2008).
- ✓ Ley de Gestión Ambiental - LGA. (R.O. N° 245, 30 de julio de 1999).
- ✓ Ley de Régimen del Sector Eléctrico (LRSE). Suplemento del R.O. N° 43, 10 de Octubre de 1996 y varias reformas hasta Agosto de 2000.
- ✓ Ley de Prevención y Control de la contaminación Ambiental (LPCCA). (R.O. N° 097, 31 de mayo de 1976).

#### ***Reglamentos***

- ✓ Reglamento Sustitutivo al Reglamento a la Ley de Régimen del Sector Eléctrico R.O. Suplemento No. 182, 28 de Octubre de 1997).

- ✓ Reglamento Ambiental para Actividades Eléctricas, Decreto Ejecutivo No. 1761 (R.O. No. 396, 23 de agosto del 2001).

### **1.11.2. Plan Nacional del Buen Vivir**

El Plan Nacional de Desarrollo, denominado Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017 y definido en el Artículo 279 de la Constitución como el “instrumento al que se sujetarán las políticas, programas y proyectos públicos (...) y la inversión y la asignación de los recursos públicos” fue elaborado por la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES), fue aprobado en sesión de 24 de junio de 2013. En él, se han propuesto doce Estrategias Nacionales para guiar el desarrollo del país tanto en el corto como en el medio y largo plazo, siendo uno de los más importantes proyectos el cambio de la matriz energética, en el que se pretende aumentar la generación de energía por fuentes hidroeléctricas y otras fuentes de energía renovables.

Respecto a este estudio, los dos objetivos de política nacional más remarcables son los siguientes:

- A corto plazo, alcanzar el 6% de participación de energías alternativas en el total de la capacidad instalada hasta 2013 (siendo de algo más del 1% en 2009).
- A largo plazo, alcanzar el 80% de capacidad instalada procedente de la generación hidroeléctrica en 2020 (frente al 47% de 2009), complementado por un 10% de energía renovable.

Para incentivar la consecución de estas metas, la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL), en su reciente Regulación 004/11, ha establecido un tratamiento preferencial, tanto en precios como en condiciones de despacho, para la generación privada de electricidad producida con Energías

Renovables No Convencionales (ERNC): biomasa, biogás, eólica, fotovoltaica, geotérmica y la producida en centrales hidráulicas de hasta 50 MW de capacidad instalada. Además, el Código de la Producción, Comercio e Inversiones, que persigue la reestructuración de la economía ecuatoriana, otorga exenciones fiscales al desarrollo de estos proyectos. A su vez, se esperan una nueva ley para el sector eléctrico que actualice las regulaciones para este nuevo mercado que, cada día, crece en Ecuador y la ley que impulse el fomento de las energías renovables y el uso eficiente de la energía, en la que ya trabaja el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables (MEER).

Además, se espera que las energías renovables representen un papel esencial en la electrificación de las áreas que aún no cuentan con acceso a este servicio. El Plan Maestro de Electrificación establece la financiación de proyectos en condiciones de sostenibilidad con los recursos del Fondo de Electrificación Rural y Urbano Marginal (FERUM), provenientes de los Presupuestos Generales del Estado.

### **1.11.3. Agenda Nacional de Energía 2016 – 2040**

La elaboración de la “Agenda Nacional de Energía 2016-2040”, integró la participación de diversos actores de la sociedad civil, sector energético tanto público como privado, academia y organismos internacionales en cada una de sus fases.

La Agenda Nacional de Energía busca ser el marco para el desarrollo de políticas de Estado con horizonte de largo plazo y se constituye en la hoja de ruta para la articulación integral de los sectores eléctricos e hidrocarburífero bajo una planificación energética integral. Además será el engranaje hacia la consolidación de un sector sostenible, promoviendo el bienestar ciudadano y el desarrollo productivo de Ecuador.

A partir del 2007, el Estado inicia la recuperación de la rectoría sobre los sectores estratégicos en general y del sector energético en particular, proceso fortalecido con la entrada en vigencia de la Constitución de Montecristi en el año 2008. Este marco legal define los sectores estratégicos como aquellos que por su trascendencia y magnitud tienen decisiva influencia económica, social, política o ambiental, y deberán orientarse al pleno desarrollo de los derechos y al interés social; y estarán bajo decisión y control exclusivo del Estado. De esta manera, el Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos.

En consecuencia, el Estado retoma su rol rector y planificador en el ámbito energético, a la vez que deviene en promotor del uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto<sup>19</sup>; todo ello en un marco de búsqueda de nuevos consensos que permitan erradicar la pobreza, promover el desarrollo sustentable y la redistribución equitativa de los recursos y de la riqueza, con el propósito de alcanzar el Buen Vivir.

Para llevar a cabo esta tarea, fue necesario fortalecer los instrumentos legales y además generar una nueva estructura institucional, acorde a los nuevos objetivos y desafíos que plantea el sector energético. El Ecuador inició así un camino de ajustes y cambios institucionales, que han conformado un nuevo engranaje gubernamental en el sector energético, dando pasos agigantados con el fin de que el mismo recuperare su dinamismo.

Es así que se crea el Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, con el propósito de fortalecer la coordinación, articulación y planificación de las políticas sectoriales de los ministerios rectores en materia energética. Bajo esta nueva estructura

institucional, con empresas públicas, y entes de regulación y control fortalecidos, el Estado recupera la rectoría del sector, afianzando un nuevo marco funcional.

## **CAPITULO 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

### **2.1. Energía**

La energía se define de forma general como “toda causa capaz de producir un trabajo”, y su manifestación es precisamente la realización de su virtualidad, es decir, la producción de un trabajo, o bien su transformación en otra forma de energía.

El trabajo se produce al desplazarse una fuerza. Por ejemplo, si elevamos una masa, hay que aplicar una fuerza durante todo el recorrido hasta que se alza la masa al lugar deseado. Así, se habrá hecho un trabajo que quedará almacenado en la posición que ocupa ahora la masa. Si la soltamos, la masa cae y devuelve la energía almacenada.

Como principio general de la naturaleza se establece que, “la energía ni se crea ni se destruye, solamente se transforma”. (pág. 6). En consecuencia, en todo proceso, la suma de las energías iniciales de los elementos que participan debe ser igual a la suma de las energías de los elementos resultantes del proceso. Por tanto, no tiene verdadero sentido hablar de energía consumida y, cuando así se expresa, solo se quiere decir energía utilizada para obtener otra forma de energía (DeJuana, 2003).

### **2.2. Fuentes de energía**

La energía se produce en diferentes fuentes y es almacenada de distintas formas. Las fuentes se pueden clasificar en primarias o secundarias, de acuerdo a la obtención de ellas la energía directamente o sea necesario recurrir a otras fuentes.

Es decir la energía eléctrica es una fuente secundaria de energía, porque para su producción es necesario recurrir a otra fuente de energía. También las fuentes de

energía se clasifican en renovables y no renovables; son renovables la energía solar, la eólica, la hidráulica, la biomasa y las debidas mareas y olas. Al segundo grupo pertenecen las reservas fósiles: petróleo, carbón y gas natural (DeJuana, 2003).

### 2.3. Las energías renovables

Son aquellas cuyo potencial es inagotable (*Figura 1*), ya que provienen de la energía que llega a nuestro planeta en forma continua, como consecuencia de la radiación solar o de la atracción gravitatoria de la Luna. Son fundamentalmente la energía hidráulica, solar, eólica, biomasa, geotérmica y las marinas.

Es decir que son fuentes que producen constantemente energía, consumida y se renueva en forma continua, que no se agotan (Canarias, 2008).



*Figura 1 - Tipos de Energías Renovables*

*Fuente: Ecología Verde*

## 2.4. Energía Mareomotriz.

La energía mareomotriz (*Figura 2*) es aquella energía que aprovecha el ascenso y descenso del agua del mar producido por la acción gravitatoria del sol y la luna para generar electricidad de forma limpia. Se trata, por tanto, de una fuente de energía renovable e inagotable que utiliza energía de las mareas producida en nuestros océanos (Twenergy, 2012).



*Figura 2 - Generador de Energía mareomotriz.*

*Fuente: twenergy.com*

### 2.4.1. Funcionamiento

Una central mareomotriz se basa en el almacenamiento de agua en un embalse formado al construir un dique con unas compuertas que permiten la entrada de agua o caudal para la generación eléctrica. El sistema es sencillo y sigue el mismo principio que los antiguos molinos de mareas: cuando la marea sube, se abren las compuertas y se deja pasar el agua hasta que llega a su máximo nivel. A continuación, se cierra el dique para retenerla y se espera a que el mar vaya bajando al otro lado, lo que produce un gran desnivel. Esta altura es aprovechada para hacer pasar el agua por las turbinas y generar electricidad. Según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), sólo en aquellos puntos de la costa en los que la mar alta y la baja

difieren más de cinco metros de altura es rentable instalar una central de estas características (Twenergy, 2012).

La instalación mareomotriz más importante del mundo se encuentra en Francia: la central de la Rance, inaugurada en 1966. Esta planta generadora de energía mareomotriz está compuesta por 24 turbinas, cada una con su correspondiente alternador de 10MW, por lo que la potencia de generación total de la central es de 240MW, tiene una capacidad de generación anual de 540 GWh, suficiente para cubrir el 45% del consumo eléctrico de toda la Bretaña francesa. Y todo gracias al gran potencial que ofrece la energía de los océanos. Esta central es una prueba latente de cómo las mareas pueden proveer una base de generación de energía que desplace a los combustibles fósiles y a las tecnologías contaminantes que dañan el medio ambiente. La clave reside ahora en desarrollar tecnologías de generación de mareas con poco impacto en la naturaleza y con menores costos de capital y producción (Twenergy, 2012).

#### **2.4.2. Energía Mareomotriz en el mundo**

En 2015, la capacidad de energía oceánica sobre todo la energía mareomotriz, se mantuvo en 530 megavatios (MW) durante el año se presentó una mezcla de vientos a favor y en contra para la industria de la energía oceánica. Como en la mayoría de los años anteriores, los despliegues de tecnología de energía oceánica en 2015 eran en general proyectos piloto, cuya actividad principal se enfocaba en tecnologías de energía mareomotriz, y en dispositivos capaces de transformar el oleaje en energía (Agency, 2016).

<i>Orden</i>	<i>País</i>	<i>Nombre</i>	<i>MW</i>
<b>1</b>	<i>Corea del Sur</i>	<i>Sihwa Lake</i>	<i>254</i>
<b>2</b>	<i>Francia</i>	<i>La Rance</i>	<i>240</i>
<b>3</b>	<i>Reino Unidos</i>	<i>Tidal Lagoon</i>	<i>240</i>
<b>4</b>	<i>Canadá</i>	<i>Annapolis Royal</i>	<i>20</i>

*Tabla 1 - Generación de energía mareomotriz por países*

*Fuente: El periódico de la energía*

## **2.5. Energía Biomasa.**

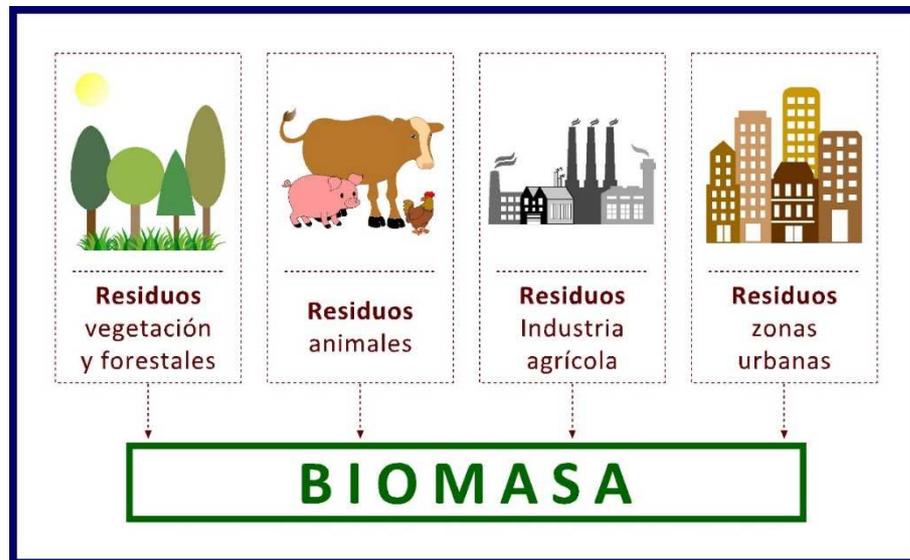
La biomasa (*Figura 3*) es aquella materia orgánica de origen vegetal o animal, incluyendo los residuos y desechos orgánicos, susceptible de ser aprovechada energéticamente. Las plantas transforman la energía radiante del sol en energía química a través de la fotosíntesis, y parte de esta energía queda almacenada en forma de materia orgánica.

En la actualidad se acepta como definición de biomasa la siguiente: “Se considera biomasa a un grupo de productos energéticos y materia primas de tipo renovable que se originan a partir de materia orgánica formada por vía biológica”.

Quedan pues fuera de este concepto los combustibles fósiles y las materias orgánicas derivadas de éstos (los plásticos y la mayoría de los productos sintéticos) ya que, aunque aquellos tuvieron un origen biológico, su formación tuvo lugar en tiempos remotos. La biomasa es una energía renovable de origen solar a través de la fotosíntesis de los vegetales (RENOVETEC, 2013).

Según la directiva Europea 2003/30/CE: biomasa es “fracción biodegradable de productos de desecho y residuos procedentes de la agricultura, silvicultura y de las industrias relacionadas, así como de la fracción biodegradable de residuos industriales y municipales”. De forma general se puede decir que cualquier definición de biomasa

debe englobar principalmente dos términos: orgánico y renovable (RENOVETEC, 2013).



*Figura 3 - Fuentes de Energía Biomasa*

*Fuente: <http://openbio.cl>*

### **2.5.1. Funcionamiento**

El funcionamiento de una central de biomasa es el siguiente: La biomasa son compuestos orgánicos producidos en procesos naturales. Estos compuestos se transportan a la central de biomasa y se queman para calentar agua. Se produce vapor a alta presión que mueve una turbina y esta mueve el generador que producirá la energía eléctrica. En la *Figura 4* se muestra un esquema donde se detalla el funcionamiento de una planta de biomasa.

## ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE PLANTA DE BIOMASA

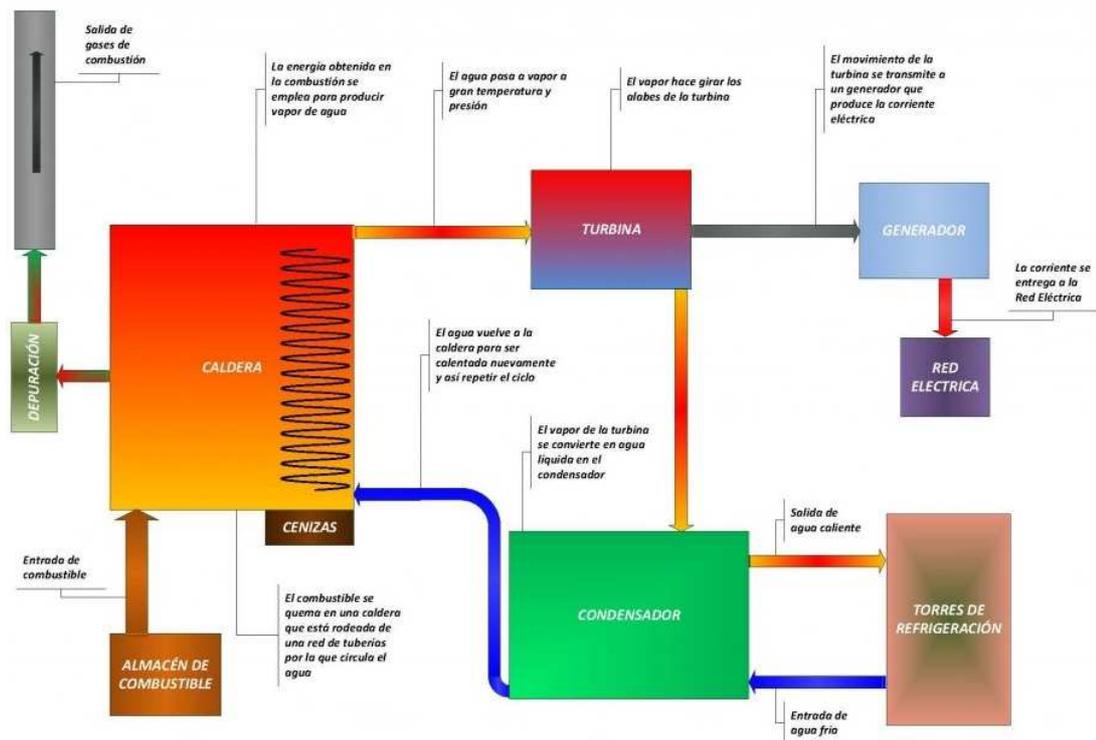


Figura 4 - Funcionamiento de una planta de biomasa

Fuente: <https://bester.energy>

### 2.5.2. La Biomasa como fuente energética

Desde tiempos remotos el hombre ha utilizado la biomasa como fuente energética para realizar sus tareas cotidianas. Cuando el uso de combustibles fósiles comenzó a tomar fuerza, la biomasa se vio relegada a un plano inferior, donde su aportación a la producción de energía primaria era insignificante. En la actualidad debido a diversos factores, detallados a continuación, ha habido un resurgimiento de la biomasa como fuente energética (RENOVETEC, 2013).

Los factores responsables de favorecer la biomasa como fuente energética son:

- El encarecimiento del precio del petróleo.
- El aumento de la producción agrícola.

- Necesidad de buscar usos alternativos a la producción agrícola.
- Cambio climático.
- Posibilidad de utilizar los conocimientos científicos y técnicos para optimizar el proceso de obtención de energía.
- Marco económico favorable para el desarrollo de plantas que utilizan biomasa como combustible, gracias a las subvenciones a la producción que reciben las plantas generadoras de energía con esta fuente.
- Dificultad normativa para desarrollar otro tipo de proyectos, dejando a la biomasa como la alternativa más razonable para rentabilizar una inversión económica (RENOVETEC, 2013).

### **2.5.3. Biomasa en el mundo**

La producción de bioenergía continuó creciendo durante el 2015, a un promedio anual de 8% aproximadamente con un crecimiento acelerado, particularmente notable en la producción de China, Japón, Alemania y Reino Unido. Han experimentado un crecimiento significativo con respecto a la cantidad de consumidores residenciales e industriales que producen su propia electricidad (Agency, 2016). En la *Figura 5* se muestran las 10 mayores plantas generadoras de energía por biomasa del mundo.

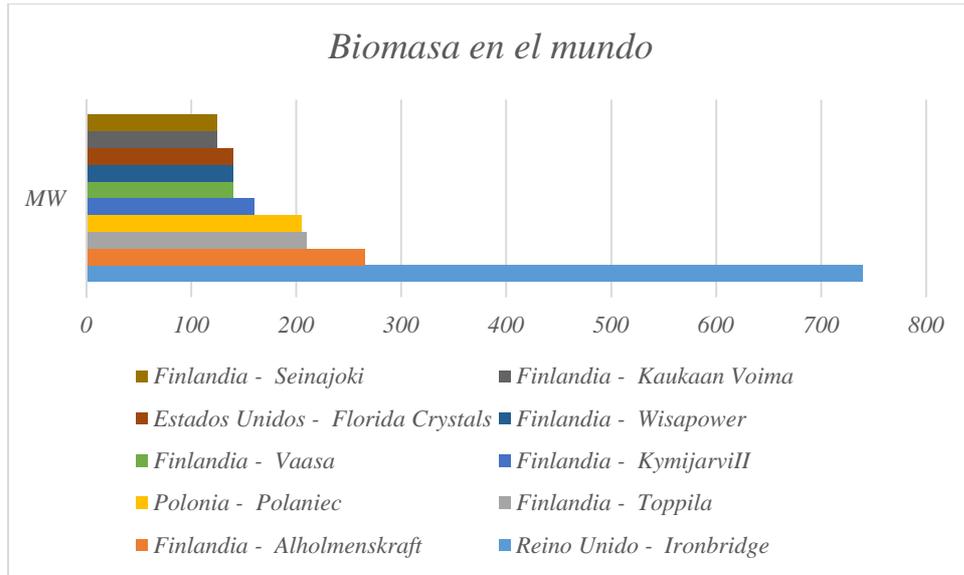


Figura 5 - Plantas de Energía Biomasa en el Mundo

Fuente: El periódico de la energía

#### 2.5.4. Generación mundial de bioenergía, por país y región, 2005-2015

De acuerdo a la *Figura 6* la Unión Europea es la generadora mayor de bioenergía en el mundo, seguida por Norteamérica, Asia u China, quedando claro que son estos países quienes estarían principalmente preocupados por la generación de este tipo de energía (Agency, 2016).

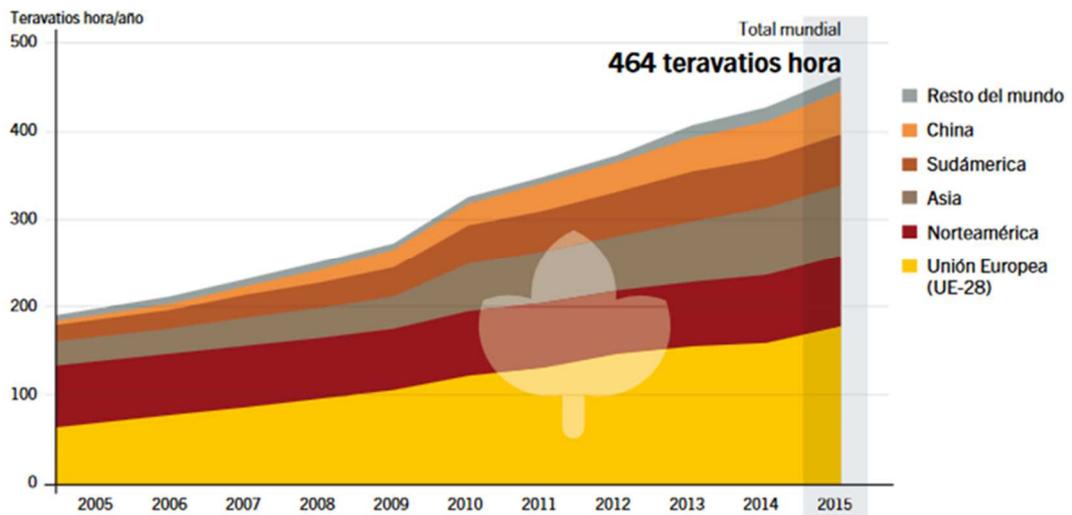


Figura 6 - Generación mundial de bioenergía por País y región 2005-2015

Fuente: International Energy Agency

### **2.5.5. Biomasa en el Ecuador**

En el Ecuador, debido a su naturaleza agrícola, la biomasa residual constituye una fuente renovable de energía con un alto potencial de aprovechamiento. La bioenergía o energía de biomasa, es un tipo de energía renovable procedente del aprovechamiento de la materia orgánica formada en algún proceso biológico.

Se puede decir que es energía solar captada y almacenada por los organismos fotosintéticos como las plantas.

El Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER), en el camino hacia el uso de la biomasa residual con fines energéticos, está desarrollando varios proyectos que tienen como objetivo el aprovechamiento de los recursos naturales para el uso eficiente de la energía en el Ecuador (INER, 2016).

### **2.6. Energía Eólica**

La energía eólica (*Figura 7*) es una fuente de energía renovable que utiliza la fuerza del viento para generar electricidad. El principal medio para obtenerla son los aerogeneradores, “molinos de viento” de tamaño variable que transforman con sus aspas la energía cinética del viento en energía mecánica. La energía del viento puede obtenerse instalando los aerogeneradores tanto en suelo firme como en el suelo marino (Twenergy, 2012).



*Figura 7 - Energía Eólica*

*Fuente: <http://energiasrenovadas.com>*

### **2.6.1. Funcionamiento**

Aerogenerador es el nombre que recibe la máquina empleada para convertir la fuerza del viento en electricidad. Los aerogeneradores se dividen en dos grupos: los de eje horizontal, los más utilizados y eficientes, y los de eje vertical”. El aerogenerador de eje horizontal, empleado mayoritariamente en el parque eólico español, consta de tres partes básicas:

- El rotor, que incluye el buje y las palas, generalmente tres.
- La góndola, dónde se sitúan el generador eléctrico, los multiplicadores y sistemas hidráulicos de control, orientación y freno.
- La torre debe ser tubular, ya que las de celosía no se emplean en la actualidad.

Los aerogeneradores han pasado en tan sólo unos años de tener una potencia de 25 kW a los 2.000 kW con que cuentan los que hoy se instalan en nuestros parques. Ya hay prototipos, especialmente para ser instalados en el mar, que tienen más de 5.000 kW.

La explotación de la energía eólica se lleva a cabo en la actualidad fundamentalmente para la generación de electricidad que se vende a la red y ello se hace instalando un conjunto de molinos que se denomina parque. En la actualidad los parques que se están inaugurando tienen normalmente una potencia instalada que oscila entre los 10 y los 50 MW.

Cada parque cuenta además con una central de control de funcionamiento que regula la puesta en marcha de los aerogeneradores, controla la energía generada en cada momento, recibe partes meteorológicos, etc (Laxtron, 2006).

### **2.6.2. Energía Eólica en el mundo**

En 2015, la energía eólica fue la principal fuente de nueva capacidad generadora de electricidad en Europa y Estados Unidos, y la segunda más importante en China. A nivel mundial, se añadió un récord de 63 GW, sumando un total aproximado de 433 GW (*Figura 8*). La energía eólica está desempeñando un papel importante al satisfacer la demanda de electricidad en un número creciente de países, incluyendo Alemania (más del 60% en cuatro estados), Dinamarca (42% de la demanda en 2015), y Uruguay (15,5%). En la *Tabla 2* se muestran las 10 mayores plantas generadoras de energía eólica del mundo (Agency, 2016).

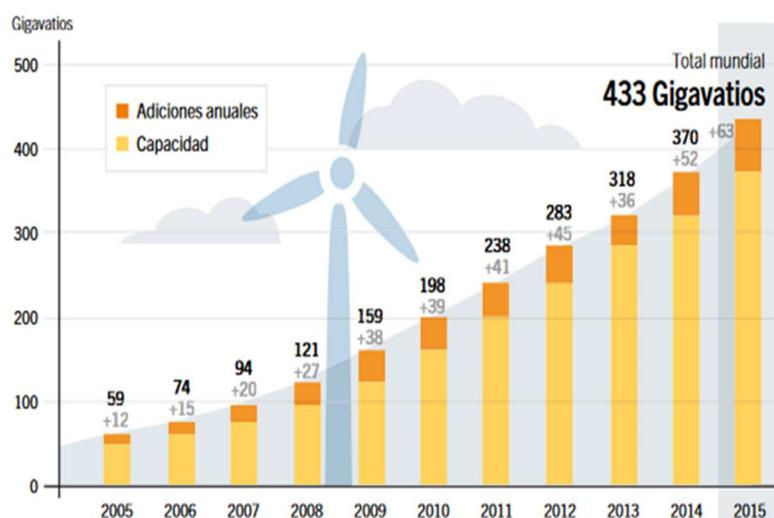


Figura 8 - Capacidad y adiciones anuales mundiales de energía eólica, 2005–2015

Fuente: International Energy Agency

Orden	País	Nombre	MW
1	China	Complejo Eólico Gansau	7965
2	Estados Unidos	Centro de Energía Eólica Alta	1547
3	India	Parque Eólico de Muppandal	1500
4	India	Parque Eólico Jaisalmer	1064
5	Estados Unidos	Parque Eólico Shepherds Flat	845
6	Estados Unidos	Parque Eólico Roscoe	781,5
7	Estados Unidos	Centro de Energía Eólica Horse Hollow	735,5
8	Estados Unidos	Parque Eólico Capricorn Ridge	662,5
9	Rumania	Parque Eólico Fantanele-cogealac	600
10	Estados Unidos	Parque Eólico Fowler Ridge	599,8

Tabla 2 - Plantas de Energía de eólica en el Mundo

Fuente: El periódico de la energía

### 2.6.3. Energía Eólica en el Ecuador

En las últimas décadas, se advierte a nivel mundial un sostenido crecimiento de la energía producida en los parques eólicos que, en muchos países, representan un importante componente del total de la oferta de energía eléctrica proveniente de fuentes renovables.

Es por esto que el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER), trabaja mediante el proyecto de investigación denominado “Análisis de un parque eólico en condiciones extremas”.

El objetivo de este proyecto es identificar aquellas variables meteorológicas y eléctricas que afecten en mayor medida al rendimiento energético del parque eólico Villonaco (Loja), lo que servirá para la promoción del recurso eólico que aportará a la demanda eléctrica nacional. El estudio de este parque se ha convertido en un pilar fundamental para el desarrollo de la energía eólica en el país (INER, 2016).

## **2.7. Energía Solar**

La energía solar (*Figura 9*) es una fuente de energía renovable que se obtiene del sol y con la que se pueden generar calor y electricidad. Existen varias maneras de recoger y aprovechar los rayos del sol para generar energía que dan lugar a los distintos tipos de energía solar: la fotovoltaica (que transforma los rayos en electricidad mediante el uso de paneles solares), la fototérmica (que aprovecha el calor a través de los colectores solares) y termoeléctrica (transforma el calor en energía eléctrica de forma indirecta) (Twenergy, 2012).



*Figura 9 - Energía solar*

*Fuente: <https://www.xataka.com>*

### 2.7.1. Funcionamiento de la energía solar fotovoltaica

Con la tecnología fotovoltaica (*Figura 10*), la luz de Sol es convertida directamente en electricidad. La luz que llega a las celdas solares libera su energía a los electrones que éstas contienen. Dichos electrones, una vez conectados a una carga, generan una corriente eléctrica. Dicho proceso no requiere necesariamente radiación solar directa, aún en condiciones de luz difusa, como cielos nublados (AG, 2006).

La luz del sol está compuesta por fotones, o partículas energéticas. Estas partículas energéticas son de diferentes energías, correspondientes a las diferentes longitudes de onda del espectro solar. Al incidir los fotones sobre una célula fotovoltaica, pueden ser reflejados o absorbidos, o pueden pasar a su través. Los fotones absorbidos son los que transfieren su energía a los electrones de los átomos de las células (AG, 2006).



*Figura 10 - Energía Solar Fotovoltaica*

*Fuente: Erenovable.com*

La energía solar puede transformarse en eléctrica bien directamente, mediante células fotovoltaicas, o bien de forma indirecta, a través de sistemas térmicos de

concentración utilizados para producir el vapor que moverá las turbinas generadoras. (AG, 2006) Las diez plantas mayores fotovoltaicas del mundo.

<i>Orden</i>	<i>País</i>	<i>Nombre</i>	<i>MW</i>
<b>1</b>	<i>China</i>	<i>Longyangxia Hydro- Solar PV Station</i>	<i>850</i>
<b>2</b>	<i>India</i>	<i>Kamuthi</i>	<i>648</i>
<b>3</b>	<i>Estados Unidos</i>	<i>Solar Star Solar Farm I y II</i>	<i>579</i>
<b>4</b>	<i>Estados Unidos</i>	<i>Desert Sunlightg Solar Farm</i>	<i>550</i>
<b>5</b>	<i>Estados Unidos</i>	<i>Topaz Solar Farm</i>	<i>550</i>
<b>6</b>	<i>Estados Unidos</i>	<i>Copper Mountain</i>	<i>458</i>
<b>7</b>	<i>China</i>	<i>Ningxia Yanchi Fase I</i>	<i>380</i>
<b>8</b>	<i>India</i>	<i>Charanka Solar Park</i>	<i>345</i>
<b>9</b>	<i>Francia</i>	<i>Cestas</i>	<i>300</i>
<b>10</b>	<i>Estados Unidos</i>	<i>Agua Caliente Solar Project</i>	<i>290</i>

*Tabla 3 - Plantas de Energía de Solar Fotovoltaica en el Mundo*

*Fuente: El periódico de la energía*

La *Tabla 3* ratifica la figura descrita anteriormente, es decir de las 10 plantas fotovoltaicas del mundo, China es la que tiene mayor potencia con 850 MW, seguido por la India, y Estados Unidos, situación que da a entender que la aplicación de este tipo de proyectos de energía renovable se desarrolla de manera significativa en el mundo (AG, 2006).

### **2.7.2. Funcionamiento de la energía Solar Térmica**

Se define como “el tipo de energía que utiliza la radiación solar en forma de calor y luz para producir aire caliente, agua caliente o generar electricidad por medio del vapor”. La energía solar térmica (*Figura 11*) designa todas las tecnologías utilizando como fuente la radiación del Sol, que transforman su energía en calor utilizable para satisfacer directamente cualquier necesidad calorífica (calentamiento del aire, del agua y enfriamiento del aire) o para producir electricidad o combustibles (DÁVILA, 2014).



*Figura 11 - Energía Solar Térmica*

*Fuente: Renovables Verdes*

Hay que anotar que este tipo de energía es muy limpio, no genera ningún efecto invernadero, y puede adaptarse a las circunstancias geográficas de cualquier país. Las diez plantas mayores termosolares del mundo (DÁVILA, 2014).

<i>Orden</i>	<i>País</i>	<i>Nombre</i>	<i>MW</i>
<i>1</i>	<i>Estados Unidos</i>	<i>Ivanpah</i>	<i>392</i>
<i>2</i>	<i>Estados Unidos</i>	<i>Sistemas de Generación de Energía Solar (SEGS)</i>	<i>354</i>
<i>3</i>	<i>Estados Unidos</i>	<i>Solana</i>	<i>280</i>
<i>4</i>	<i>Estados Unidos</i>	<i>Mojave Solar</i>	<i>280</i>
<i>5</i>	<i>Estados Unidos</i>	<i>Génesis</i>	<i>250</i>
<i>6</i>	<i>España</i>	<i>Plataforma Solar de Extremadura Solaben.</i>	<i>200</i>
<i>7</i>	<i>Marruecos</i>	<i>Noor I-Ouarzazate</i>	<i>160</i>
<i>8</i>	<i>España</i>	<i>Planta de Energía Solar Andasol</i>	<i>150</i>
<i>9</i>	<i>España</i>	<i>Central de Energía Solar Solnova</i>	<i>150</i>
<i>10</i>	<i>España</i>	<i>Planta de Energía Solar Extresol</i>	<i>150</i>

*Tabla 4 - Plantas de Energía de Solar Térmica en el Mundo*

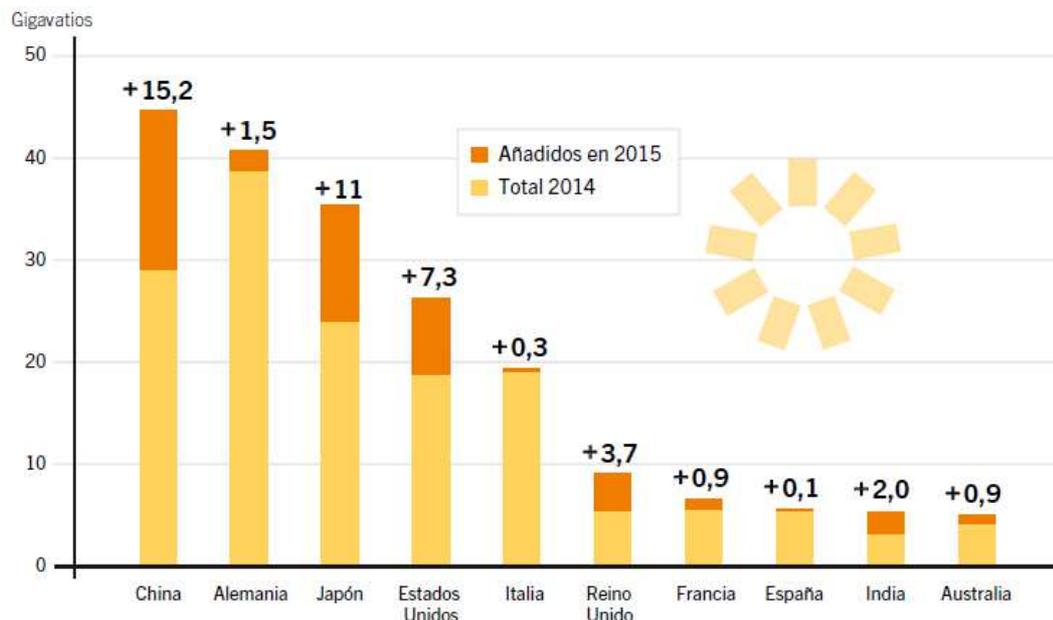
*Fuente: El periódico de la energía*

Como se puede observar en la *Tabla 4*, en los Estados Unidos y España se encuentran las mayores empresas del mundo que producen energía termosolar.

### **2.7.3. Energía Solar fotovoltaica en el mundo**

El mercado de la energía solar FV se incrementó un 25% con respecto al 2014, rompiendo un récord de 50 GW y aumentando el total mundial a 227 GW. La

capacidad mundial de energía solar FV en el mercado anual del 2015 fue 10 veces mayor a la de hace una década (*Figura 12*). Una vez más, China, Japón y Estados Unidos reportaron la mayor parte en la capacidad añadida; sin embargo, los mercados emergentes en todos los continentes contribuyeron de manera significativa al crecimiento mundial, impulsados en gran medida por el aumento de la competitividad de los costos de energía solar FV (Agency, 2016).



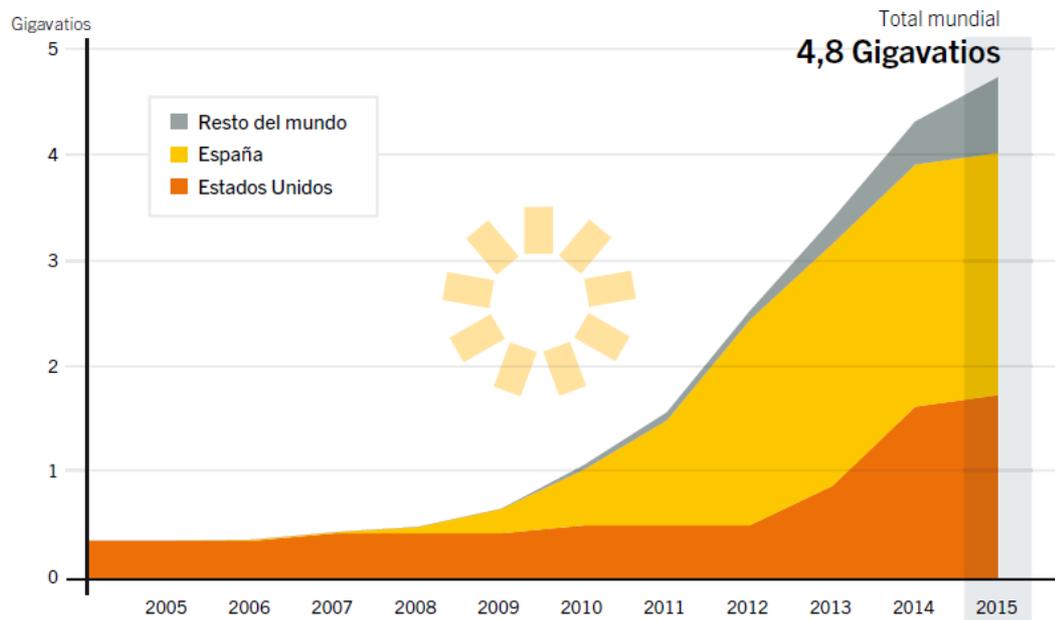
*Figura 12 - Capacidad y adiciones de energía solar FV, diez países líderes, 2015*

*Fuente: International Energy Agency*

#### **2.7.4. Energía Solar térmica en el mundo**

En 2015, Marruecos (160 MW), Sudáfrica (150 MW) y Estados Unidos (110 MW) construyeron nuevas instalaciones de energía solar térmica de concentración en línea, elevando la capacidad total mundial alrededor de un 10%, cerca de 4.8 GW (*Figura 13*). Al final del año, la capacidad de energía solar de concentración (CSP por sus siglas en inglés) estaba bajo construcción en Marruecos (350 MW), Sudáfrica (200 MW), Israel (121 MW), Chile (110 MW), Arabia Saudita (100 MW), China (50 MW)

e India (25 MW), lo que refleja un cambio desde los mercados tradicionales (España y Estados Unidos) (Agency, 2016).



*Figura 13 - Capacidad mundial de energía solar térmica por país o región, 2005-2015*

*Fuente: International Energy Agency*

### **2.7.5. Energía Solar en el Ecuador**

El sol es uno de los recursos más confiables para garantizar la seguridad energética. Se conoce que la cantidad de energía solar que alcanza la superficie de la Tierra podría suministrar todas las necesidades energéticas del planeta.

El Ecuador tiene altos niveles de radiación solar, pero la participación de esta fuente para cubrir la demanda energética nacional es mínima, por lo que el país está perdiendo la oportunidad de convertir a la energía solar en la tercera fuente de energía, luego del petróleo y la hidroelectricidad.

Al estar en la mitad del mundo, el potencial de aprovechamiento de la energía solar en nuestro país es enorme; y, su uso extensivo ayudaría a alcanzar una independencia energética de largo plazo. Esto significa que es necesario empezar con

la cuantificación de este recurso, antes de proponer un proyecto de investigación e inversión que beneficie al país. En este contexto, el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER) está dando los primeros pasos para evaluar el recurso solar y utilizar esta información como base para futuros proyectos (INER, 2016).

La *Tabla 5* nos muestra en resumen las plantas de energía fotovoltaica con mayor producción de energía en el Ecuador.

<i>Empresa</i>	<i>Ubicación</i>	<i>Central</i>	<i>Potencia Efectiva (1MW)</i>
<b>Gransolar</b>	<i>Salinas Urcuqui-Imbabura</i>	<i>Salinas</i>	<i>2.00</i>
<b>Brineforcorp</b>	<i>Manabí-San Vicente</i>	<i>Brineforcorp</i>	<i>1.00</i>
<b>Electrisol</b>	<i>Pichincha-PedroMoncayo</i>	<i>Paneles Electrisol</i>	<i>1.00</i>
<b>Pastocalle</b>	<i>Cotopaxi-Mulalo</i>	<i>Pastocalle</i>	<i>1.00</i>
<b>Gonzanergy</b>	<i>Loja-Gonzanama</i>	<i>Gonzanergy</i>	<i>1.00</i>
<b>Grasolar</b>	<i>Imbabura-San Miguel de Urcuqui</i>	<i>Tren Salinas</i>	<i>1.00</i>
<b>San Pedro</b>	<i>Loja-Gonzanama</i>	<i>San Pedro</i>	<i>1.00</i>
<b>Sanersol</b>	<i>El Oro-Santa Rosa</i>	<i>Sanersol</i>	<i>1.00</i>
<b>Sansau</b>	<i>Guayas-Salitres</i>	<i>Sansau</i>	<i>1.00</i>

*Tabla 5 - Plantas de Energía de Solar en el Ecuador*

*Fuente: ARCONEL*

## **2.8. Energía Geotérmica**

Es la forma comercial de energía proveniente del vapor a presión o del agua caliente almacenada en el subsuelo. Se utiliza en forma directa como calefacción, o bien, para generar electricidad (*Figura 14*) (Cisneros, 2001).



*Figura 14 - Planta de Energía Geotérmica*

*Fuente: Erenovable.com*

Una ventaja primaria de la geotermia es que ayuda a disminuir la demanda de otros combustibles. No se necesitan grandes áreas de terreno para la obtención del recurso y no hay etapas de refinamiento ni de transporte. Se cree que los recursos geotérmicos constituyen una energía relativamente limpia, pero tiene algunos impactos que, incluso, no se conocen en forma completa (Cisneros, 2001).

### **2.8.1. Funcionamiento de una Central Geotérmica**

El funcionamiento de una central geotérmica o geotermoeléctrica se basa en la compleja operación de un sistema campo-planta.

El campo geotérmico es una extensión de tierra con un mayor gradiente (temperatura) que lo normal. También se conoce como área con calentamiento anómalo, cuya fuente de calor es un acuífero confinado (depósito de agua) almacenado y limitado por una capa sello, impermeable, que conserva el calor y presión, formando lo que se conoce como reservorio geotérmico. Este yacimiento de agua almacenado y calentado de forma natural en el subsuelo por una fuente de calor no muy profunda denominada cámara magmática, usualmente está relacionado con la actividad volcánica. La alta presión que alcanzan estos reservorios (yacimientos de agua y vapor

presurizado) muchas veces rompe los estratos rocosos o utilizan las fallas geológicas existentes y salen a la superficie en forma de fumarolas, manantiales de agua caliente, ausoles o geysers.

En el campo geotérmico es el sitio donde se ubican los pozos geotérmicos que desde la superficie conectan con el reservorio y es a través de éstos que se extrae el vapor que mediante una red de tuberías denominado sistema de acarreo, se conduce hacia la central generadora, donde la energía calorífica del vapor se convierte en energía mecánica y posteriormente en energía eléctrica (LaGeo, 2017).

### **2.8.2. Energía Geotérmica en el mundo**

Alrededor de 315 MW de nueva capacidad de energía geotérmica entraron en funcionamiento en el 2015, elevando el total mundial a 13.2 GW (Figura 15). La energía geotérmica genera un estimado de 75 tera vatios-horas (TWh) durante todo el año. Turquía lideró el mercado, destacando en cerca de la mitad de las nuevas adiciones de capacidad a nivel mundial, el uso directo de la energía geotérmica aumentó a un estimado de 272 petajoules (PJ) de energía térmica durante el 2015 (75 TWh). Se estima un añadido de cerca de 1.2 GWth en el 2015, con una capacidad total de 21.7 GWth (Agency, 2016). En la figura Capacidad y adiciones de energía geotérmica, 10 países líderes y resto del mundo, 2015 (Agency, 2016).

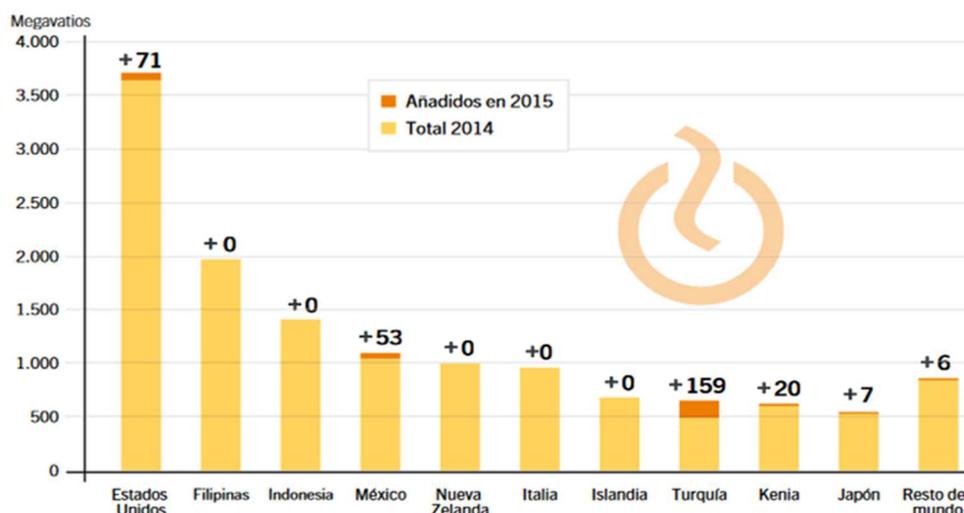


Figura 15 - Capacidad y adiciones de energía geotérmica

Fuente: International Energy Agency

En la Tabla 6 se muestran las diez plantas mayores geotérmicas del mundo.

Orden	País	Nombre	MW
1	Estados Unidos	Complejo Geotérmico The Geysers	1.808
2	Mexico	Complejo Geotérmico Cerro Prieto	820
3	Italia	Complejo Geotérmico Larderello	769
4	Kenia	Complejo geotérmico Olkaria	540
5	Filipinas	Complejo Geotérmico Makban	458
6	Estados Unidos	Complejo Geotérmico Salton Sea.	340
7	Islandia	Complejo Geotérmico Hellisheidi	303
8	Filipinas	Complejo Geotérmico Tiwi	289
9	Indonesia	Complejo Geotérmico Darajat	259
10	Filipinas	Complejo Geotérmico Malitbog	233

Tabla 6 - Plantas de Energía de Geotérmica en el Mundo

Fuente: El periódico de la energía

### 2.8.3. Energía Geotérmica en el Ecuador

En la actualidad, el uso de la geotermia en el Ecuador se limita a balnearios y piscinas termales. Según un estudio publicado en el 2010 por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), denominado “Plan para el aprovechamiento de los recursos geotérmicos en el Ecuador”, en el país existen 16 zonas de interés geotérmico que todavía no han sido estudiadas en detalle.

En dicho estudio se lista 21 localidades de Ecuador que merecen la realización de estudios de reconocimiento y exploración geotérmica. Debido a su alto potencial para generar electricidad, 5 de estos lugares ya han sido estudiados (Tufiño-Chiles-Cerro Negro, Chachimbiro, Chacana, Chalpatán y Chalupas).

El propósito del INER para incentivar esta investigación, es el de retomar el desarrollo en las etapas de reconocimiento y exploración del recurso geotérmico existente en el territorio nacional, iniciado en 1978. Es por esto que se ha incluido a la Geotermia como una línea de investigación prioritaria, que permitirá diversificar la matriz energética, fomentando el uso de energías renovables no convencionales que cubran la demanda energética nacional (INER, 2016).

## **2.9. Energía Hidráulica**

La energía cinética del agua (Figura 16) se convierte en eléctrica mediante sucesivas transformaciones de energía. Para lograrlo se aprovecha un desnivel para conducir el fluido hacia una instalación situada más abajo. En ella se hace pasar el agua a gran presión por una turbina, provocando un movimiento rotatorio. A partir de la rotación de un rotor electromagnético impulsado por la turbina, se induce la tensión en los paquetes de bobinas del estator, que es una pieza que contiene un electroimán encargado de crear el campo magnético fijo y en la cual se produce la electricidad. Finalmente, de las terminales o bornes del estator es posible extraer energía eléctrica. Realizado este proceso, el agua se devuelve al río y se normaliza su curso (EPEC, 2006).



*Figura 16 - Energía Hidráulica*

*Fuente: Erenovable.com*

Es decir que el agua almacena según las características de su flujo y su posición dentro del campo de la gravedad. Represando el agua, se la obliga a elevar su cota dentro del campo gravitatorio y con ello, a aumentar su energía potencial, que podrá ser usada mediante una salida controlada. De esa forma, primero se transforma en energía cinética, y posteriormente en energía mecánica y eléctrica (EPEC, 2006).

Hay que señalar que la energía hidráulica aprovecha la energía potencial almacenada en una masa de agua debida a su posición (altura) para producir energía eléctrica. El recurso que utiliza es inagotable gracias al ciclo del agua, pero no siempre es una alternativa viable ambientalmente (EPEC, 2006).

En la Tabla 7 se muestran las 10 hidroeléctricas más grandes del mundo.

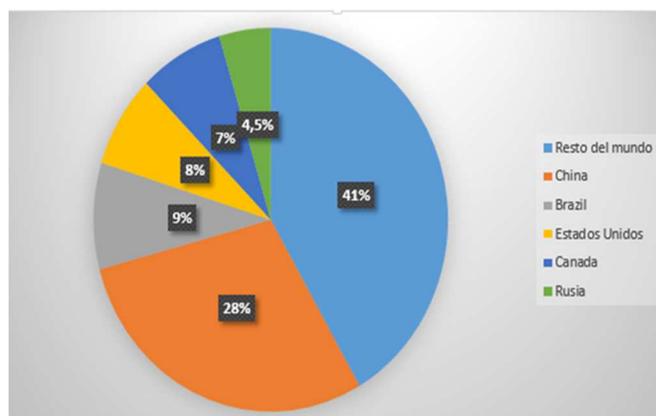
<i>Orden</i>	<i>País</i>	<i>Nombre</i>	<i>MW</i>
<b>1</b>	<i>China</i>	<i>Central hidroeléctrica de las Tres Gargantas</i>	<i>22.500</i>
<b>2</b>	<i>Brasil Paraguay</i>	<i>Central hidroeléctrica de Itaipú</i>	<i>14.000</i>
<b>3</b>	<i>China</i>	<i>Central hidroeléctrica de Xiluodu</i>	<i>13.860</i>
<b>4</b>	<i>Venezuela</i>	<i>Central hidroeléctrica de Guri</i>	<i>10.235</i>
<b>5</b>	<i>Brasil</i>	<i>Central hidroeléctrica de Tucuruí.</i>	<i>8.370</i>
<b>6</b>	<i>Estados Unidos</i>	<i>Central hidroeléctrica Grand Coulee</i>	<i>6.809</i>
<b>7</b>	<i>China</i>	<i>Central hidroeléctrica de Xiangjiaba.</i>	<i>6.448</i>
<b>8</b>	<i>China</i>	<i>Central hidroeléctrica de Longtan.</i>	<i>6.426</i>
<b>9</b>	<i>Rusia</i>	<i>Central hidroeléctrica de Sayano-Shushenskaya</i>	<i>6.400</i>
<b>10</b>	<i>Rusia</i>	<i>Central hidroeléctrica de Krasnoyarsk.</i>	<i>6.000</i>

*Tabla 7 - Plantas de Energía de Hidráulica en el Mundo*

*Fuente: El periódico de la energía*

### **2.9.1. Energía Hidráulica en el mundo**

En 2015 se comisionó una nueva capacidad de energía hidráulica de aproximadamente 28GW (con excepción del almacenamiento por bombeo), aumentando así la capacidad mundial total a unos 1.064 GW (Figura 17). Se calcula que la producción mundial aumentó al menos 1% con respecto al 2014, es decir, alrededor de 3.920 TWh. El mercado interno de China continuó disminuyendo; aun así, el país conservó su liderazgo mundial por un amplio margen, con 16 GW añadidos. De igual modo, una capacidad considerable se añadió en Brasil, Turquía, India, Vietnam, Malasia, Canadá y Colombia (Agency, 2016).



*Figura 17 - Capacidad hidráulica mundial*

*Fuente: International Energy Agency*

### **2.9.2. Energía Hidráulica en el Ecuador**

La matriz ecuatoriana está dominada por el petróleo, que también supone la mayoría del consumo del país, pero Ecuador tiene un potencial hidroeléctrico que permitiría sustituir el consumo de derivados del petróleo por energía eléctrica, tanto en los hogares como en las industrias. No hay que hablar de la independencia del petróleo, pero sí de una sustancial reducción de su importancia relativa. Entre las industrias básicas tenemos proyectos, como la refinería del cobre y la siderúrgica, que usan gran cantidad de energía y la opción viable sería usar energía eléctrica.

El ambicioso proceso de fortalecimiento y transformación de fuentes de energía se inició en Ecuador en el año 2009 con la aprobación del Plan del Buen Vivir (PNIV) 2013-2017 y del Plan Maestro de Electrificación (PME) 2009-2020; y se espera que dé sus frutos a finales de esta década. El objetivo del cambio de la matriz es, según el gobierno ecuatoriano, incrementar la capacidad de generación hidroeléctrica para abastecer el crecimiento de la demanda de la mano de las ocho centrales hidráulicas, los proyectos recién construidos o en proceso de construcción son: Delsitanisagua, Manduriacu, Mazar Dudas, Quijos, Sopladora, Toachi Pilatón, Minas San Francisco y Coca Codo Sinclair, siendo este último el de mayor capacidad con 1.500 MW de potencia instalada.

### **2.10. Ventajas y desventajas de las diferentes fuentes de energía renovables**

A continuación se detallan las ventajas y desventajas de los diferentes tipos de energía.

### **Ventajas de la energía Hidráulica**

- No requieren combustible, sino que usan una forma renovable de energía, constantemente repuesta por la naturaleza de manera gratuita.
- Es limpia, pues no contamina ni el aire ni el agua.
- A menudo puede combinarse con otros beneficios, como riego.
- Los costos de mantenimiento y explotación son bajos.
- Debido al ciclo del agua su disponibilidad es inagotable.
- Es una energía totalmente limpia, no emite gases, no produce emisiones tóxicas, y no causa ningún tipo de lluvia ácida.
- Es una energía barata, los costes de operación son muy bajos, existen mejoras tecnológicas constantemente que ayudan a explotar de manera más eficiente los recursos.
- Permite el almacenamiento de agua para abastecer fácilmente a actividades recreativas o sistemas de riego.
- Se pueden regular los controles de flujo en caso de que haya riesgo de una inundación.

### **Desventajas de la energía Hidráulica**

- Las centrales hidroeléctricas también pueden provocar la disminución de los niveles de oxígeno disuelto en el agua.
- Los proyectos de las represas de gran alcance pueden causar cambios ambientales irreversibles.
- El tiempo de construcción es, en general, más largo que el de otros tipos de centrales eléctricas.
- Los costes de inversión por kilovatio instalado son elevados.

- En general, están situadas en lugares lejanos.
- La construcción de las plantas requiere una gran inversión, por otra parte, los sitios donde se pueden construir centrales en condiciones económicas son muy limitadas.
- Las presas se convierten en obstáculos para las especies como el salmón
- Por otra parte, las represas afectan al lecho de los ríos, causando erosión y afectar el ecosistema del lugar.
- Las presas tienden a estar lejos de las grandes poblaciones, entonces es necesario transportar la electricidad producida a través de redes costosas.

### **Ventajas de la energía Biomasa**

- Es una fuente de energía renovable
- En todo el planeta existe la posibilidad de acceder a fuentes de biomasa tales como restos de cosecha, estiércol y basura orgánica.
- Neutral respecto a las emisiones de carbono
- Cuando la planta muere o es quemada, ese carbono retorna a la atmósfera.
- Mínimo precio
- El aprovechamiento de la energía contenida en la biomasa resulta muy económico comparado con el petróleo o el carbón.
- La biomasa es abundante
- La biomasa está disponible en grandes cantidades por todo el mundo.
- No emite contaminantes sulfurados o nitrogenados, ni apenas partículas sólidas.
- Si se utilizan residuos de otras actividades como biomasa, esto se traduce en un reciclaje y disminución de residuos.

- Los cultivos energéticos sustituirán a cultivos excedentarios en el mercado de alimentos. Eso puede ofrecer una nueva oportunidad al sector agrícola.
- Permite la introducción de cultivos de gran valor rotacional frente a monocultivos cerealistas.
- Puede provocar un aumento económico en el medio rural.
- Disminuye la dependencia externa del abastecimiento de combustibles.

### **Desventajas de la energía Biomasa**

- Puede ser cara
- En ciertas zonas y en ciertas condiciones, la extracción de biomasa puede ser cara.
- Requiere espacio
- Se necesitan grandes áreas para los diferentes procesos destinados a la obtención de energía de la biomasa.
- Aspectos medioambientales
- En ocasiones se destinan a la obtención de biomasa amplias zonas forestales o silvícolas, destruyendo hábitats de gran valor ecológico y provocando la desaparición o el movimiento de especies animales al destruir sus refugios y fuentes de alimento.
- Tiene un mayor coste de producción frente a la energía que proviene de los combustibles fósiles.
- Menor rendimiento energético de los combustibles derivados de la biomasa en comparación con los combustibles fósiles.
- Producción estacional.

- La materia prima es de baja densidad energética lo que quiere decir que ocupa mucho volumen y por lo tanto puede tener problemas de transporte y almacenamiento.
- Necesidad de acondicionamiento o transformación para su utilización.

### **Ventajas de la energía Eólica**

- Es renovable y abundante
- No utiliza combustión, por lo tanto es una energía económica
- Es limpia, no contamina
- Aprovecha las zonas áridas, o no cultivables por su topografía
- No daña el suelo y sus fines agrícolas o ganaderos
- Genera empleo
- Garantiza autonomía por más de 80 horas, sin conexión a redes de suministro
- Es segura y confiable
- Ahorra gasto de combustible en centrales térmicas y/o hidroeléctricas
- Su impacto ambiental es bajo

### **Desventajas de la energía Eólica**

- Es discontinua, su intensidad y dirección cambian repentinamente
- Depende de fuentes tradicionales para su funcionamiento
- Las centrales térmicas de respaldo aumentan el consumo energético
- Requiere cables de alta tensión cuatro veces más gruesos para evacuar la producción
- La fluctuación en la intensidad del viento produce apagones y daños
- No es almacenable
- Presenta serios inconvenientes de carácter técnico en su producción

### **Ventajas de la energía Fotovoltaica**

- No consume combustible, pues obtiene su energía del Sol, lo cual significa que, económicamente, en el largo plazo estos sistemas son más viables y estables.
- Impacto ambiental prácticamente nulo
- Es un recurso inagotable.
- El mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos es sencillo y tiene costos muy bajos.
- La instalación de los sistemas fotovoltaicos individuales es simple, rápida y sólo requiere de herramientas y equipos de medición básicos.

### **Desventajas de la energía Fotovoltaica**

- Las cantidades de potencia y energía que se pueden obtener de un sistema fotovoltaico están limitadas por la disponibilidad del recurso solar.
- Limitaciones presupuestarias en cuanto a la capacidad que se puede instalar.
- El tiempo de instalación de una planta eléctrica de combustible es menor que el de un sistema fotovoltaico.
- Los sistemas fotovoltaicos no producen humo.
- El derrame de la solución de ácido sulfúrico de las baterías representa un peligro para la piel de las personas y para el suelo

### **Ventajas de la energía Mareomotriz**

- Auto renovable
- No contaminante
- Silenciosa

- Bajo costo de materia prima
- No concentra población
- Disponible en cualquier clima y época del año

#### **Desventajas de la energía Mareomotriz**

- Efectos en el medioambiente
- Cercanía a tierra
- Las centrales mareomotrices requieren ser construidas cerca de tierra firme que es donde se dan las diferencias más marcadas entre mareas, y esto conlleva un impacto visual, ocupación de zonas costeras
- Tecnología cara
- Al ser unas tecnologías nuevas resultan menos competitivas que otras establecidas y potenciadas desde hace más tiempo.

### **2.11. Análisis del Ciclo de vida de las tecnologías de energías**

Las fuentes de energías renovables y las convencionales necesitan de tecnología que transforman ciertos recursos naturales en energía y electricidad.

La vida útil económica de esta tecnología es un aspecto muy importante para evaluar el costo-beneficio que tendrá a corto y largo plazo, así como si vale la pena la inversión en cierta fuente más que en otra.

Tanto a nivel industrial como a nivel doméstico es conveniente conocer la vida útil de cada una de ellas así como el nivel de contaminación que produce:

- Panel solar fotovoltaico: alrededor de 20 a 30 años dependiendo del tipo de modulo que utiliza los paneles.

- Turbina o aerogenerador eólico terrestre: Esta tecnología dura alrededor de 20 años con poco gasto de mantenimiento.
- Turbina o aerogenerador eólico marino: Estas turbinas son más fuertes que las terrestres ya que las condiciones climáticas en el mar son difíciles por lo que deben ser más resistentes para alcanzar los 20 años de vida.
- Centrales hidroeléctricas: Este tipo de centrales tienen una vida útil muy variable que puede ser de 30, 60,45 y 150 años. Esto dependerá del tipo de represa y construcción, tamaño y de otras variables ambientales como la sedimentación y erosión que pueden reducir hasta más de la mitad su vida útil.

Estas cifras son calculadas por los fabricantes y constructores, son aproximadas teniendo en cuenta los materiales, el desgaste de los componentes por el uso y otras variables. Cuando se define vida útil económica se hace referencia a la capacidad de producción de energía a un costo económico aceptable.

La vida útil de la tecnología no siempre es la misma que la vida útil económica de la misma ya que a veces no coincide. La tecnología o las construcciones estén en pie pero no son económicamente rentable.

## **CAPÍTULO 3. LA NUEVA MATRIZ ENERGETICA DEL PAIS.**

### **3.1. Introducción**

Al año 2007, el sistema energético nacional se encontraba en una situación compleja, como consecuencia de las dificultades existentes para asegurar el abastecimiento energético, notorias ineficiencias en el consumo, explotación, transformación y producción de energía, y un importante grado de dependencia energética (con necesidad creciente de recurrir a importaciones de derivados de petróleo y electricidad para abastecer el mercado interno), a pesar de que el Ecuador era un exportador neto de energía.

La matriz energética presentaba una escasa diversificación de fuentes, la producción de gas y petróleo no alcanzaba valores óptimos de acuerdo a su potencialidad, el parque nacional de generación eléctrica no estaba en condiciones de garantizar la seguridad del suministro, se constataban altos niveles de indisponibilidad de las refinerías y centrales de generación, los factores de pérdidas eléctricas (técnicas y no técnicas) eran muy elevados, los indicadores mostraban un elevado nivel de ineficiencias en los procesos de transformación y transporte de la energía, y la calidad del servicio eléctrico presentaba notorias deficiencias. Desde el punto de vista del consumo, se evidenciaba una carencia de políticas de promoción del uso eficiente de la energía. Por otra parte, si bien la cobertura energética a nivel urbano presentaba indicadores satisfactorios, en zonas rurales y alejadas del país se manifestaba un importante rezago.

En todos los eslabones de la cadena eléctrica, se apreciaba un déficit importante de inversiones en infraestructura, agravado por el hecho que muchos de los

equipamientos prácticamente habían cumplido su período de vida útil (SectoresEstratégicos, 2016).

Hay que acotar que el gobierno ecuatoriano implemento una nueva política energética, logrando consensuar con los diferentes sectores sociales, el tipo de desarrollo que se necesitaba en el Ecuador, consiguiendo así la implementación de la nueva matriz productiva, que no solo pretende que el país se convierta en productor de materias primas sino también en generador de tecnologías, todos estos compilados son parte de la denominada Agenda Nacional de Energía del Ecuador 2016 – 2040 en donde se encuentra debidamente estructurado los objetivos generales del desarrollo energético, los lineamientos estratégicos, así como las acciones a corto y mediano plazo junto con las metas específicas que se deberá cumplir para alcanzar un desarrollo energético integral y sostenible.

### **3.1.1. Proyectos emblemáticos en el Ecuador**

Ecuador ha ejecutado 9 proyectos emblemáticos (*Figura 18*) que constituyen la muestra más grande de avance y desarrollo que el Gobierno Nacional impulsa con decisión y gestión en el país, los mismos que permitirán generar una energía limpia y renovable de la manera más eficiente y sustentable, aprovechando las fuentes naturales y la aplicación de nueva tecnología limpia; es así como el Ecuador se convertirá en un país sustentable energéticamente y hasta probablemente en un exportador de energía eléctrica, todo esto contribuyendo a la economía del mismo. En la *Tabla 8* se muestra la situación actual de los proyectos emblemáticos.



*Figura 18 - Proyectos Emblemáticos del Ecuador*

*Fuente: <http://www.energia.gob.ec>*

<i>Orden</i>	<i>Nombres</i>	<i>Lugar</i>	<i>Situación</i>	<i>MW</i>
<i>1</i>	<i>Coca codo Sinclair</i>	<i>Napo-Sucumbíos</i>	<i>Proyecto Hidroeléctrico en operación</i>	<i>1500</i>
<i>2</i>	<i>Sopladora</i>	<i>Azuay-Morona Santiago</i>	<i>Proyecto Hidroeléctrico en operación</i>	<i>487</i>
<i>3</i>	<i>Manduriacu</i>	<i>Pichincha-Imbabura</i>	<i>Proyecto Hidroeléctrico en operación</i>	<i>65</i>
<i>4</i>	<i>Delsitanisagua</i>	<i>Zamora Chinchipe</i>	<i>Proyecto Hidroeléctrico en construcción (Avance 80.59% enero 2017)</i>	<i>180</i>
<i>5</i>	<i>Mazar Dudas</i>	<i>Cañar</i>	<i>Proyecto Hidroeléctrico en construcción (Avance 86.53% enero 2017)</i>	<i>21</i>
<i>6</i>	<i>Minas San Francisco</i>	<i>Azuay-El Oro</i>	<i>Proyecto Hidroeléctrico en construcción (Avance 92.1% enero 2017)</i>	<i>275</i>
<i>7</i>	<i>Toachi Pilatón</i>	<i>Pichincha, Santo Domingo de los Tsáchilas y Cotopaxi</i>	<i>Proyecto Hidroeléctrico en construcción (Avance 94.46% enero 2017)</i>	<i>254.4</i>
<i>8</i>	<i>Quijos</i>	<i>Napo</i>	<i>Proyecto Hidroeléctrico en construcción (Avance 46.72% enero 2017)</i>	<i>50</i>
<i>9</i>	<i>Villonaco</i>	<i>Loja</i>	<i>Proyecto eólico en operación</i>	<i>16.5</i>
	<i>Total</i>			<i>2848,9</i>

*Tabla 8 - Situación Actual de los Proyectos Emblemáticos*

*Fuente: MEER*

### **3.1.2. Proyectos de energía renovable en el Ecuador estudios y/o mediciones**

La energía eléctrica que existe en la actualidad en Ecuador se basa principalmente en el uso de recursos renovables. En la Tabla 9 se detalla de manera resumida los proyectos de energía renovables en el Ecuador que se encuentran en fase de estudio, en el mismo se detalla tanto el nombre del proyecto como el lugar donde se encuentra ubicado, así mismo como la potencia que generaría.

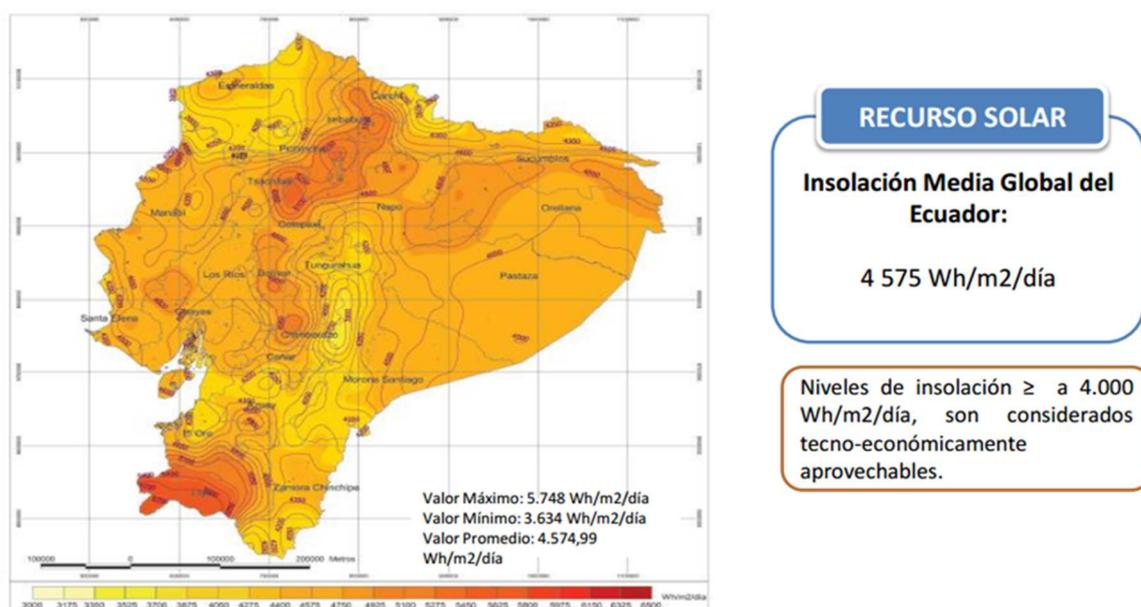
<i>Orden</i>	<i>Lugar</i>	<i>Nombre</i>	<i>MW</i>	<i>Estado</i>
1	<i>Carchi - Mira</i>	<i>PH Chimanbi</i>	9,95	<i>Proyecto Hidroeléctrico en Diseño definitivo</i>
2	<i>Napo – El Chaco</i>	<i>PH Sardinas</i>	6.54	<i>Proyecto Hidroeléctrico en Diseño definitivo</i>
3	<i>Bolivar - Guaranda</i>	<i>PH Tigriurco</i>	3,44	<i>Proyecto Hidroeléctrico en Diseño definitivo</i>
4	<i>Bolivar -Caluma</i>	<i>PH Caluma Pasagua</i>	4	<i>Proyecto Hidroeléctrico en Diseño definitivo</i>
5	<i>Loja Saraguro</i>	<i>PH Huapamala</i>	5,00	<i>Proyecto Hidroeléctrico en Diseño definitivo</i>
6	<i>Loja - Saraguro</i>	<i>PH Infiernillo</i>	19,65	<i>Proyecto Hidroeléctrico en Diseño definitivo</i>
7	<i>Carchi – Mira</i>	<i>Central Hidroeléctrica El Baboso</i>	1,00	<i>Proyecto en ejecución</i>
8	<i>Zamora Chinchipe - Zamora</i>	<i>Central Hidroeléctrica Chorrillo</i>	3,96	<i>Proyecto en ejecución</i>
9	<i>Carchi Mira</i>	<i>Diseño de factibilidad parque eólico</i>	<i>En estudio</i>	<i>Campaña de medición de recurso eólico</i>
10	<i>Imbabura - Ibarra</i>	<i>Campaña de medición de recurso eólico Salinas</i>	<i>En estudio</i>	<i>Campaña de medición de recurso eólico</i>
11	<i>Bolívar Guaranda</i>	<i>Campaña de medición de recurso eólico el Arenal</i>	<i>En estudio</i>	<i>Campaña de medición de recurso eólico</i>
12	<i>Chincas-Membrillo Ducal</i>	<i>Campaña de medición de recurso eólico Chinchas</i>	<i>En estudio</i>	<i>Campaña de medición de recurso eólico</i>
13	<i>Azuay</i>	<i>Minicentral Hidroeléctrica Gualaceo</i>	0,97	<i>En operación</i>

*Tabla 9 - Proyectos de Energía Renovables en el Ecuador*

*Fuente: MEER*

### 3.1.3. Atlas Solar del Ecuador

Desde agosto del 2008, el Ecuador cuenta ya con un atlas de irradiación solar como se dijo anteriormente, el Sol es el responsable de casi toda la generación de energía renovable, ya que a través de los rayos solares permite el desarrollo de la fotosíntesis, tan vital en la vida de las plantas, animales y seres humanos. El presente gráfico (*Figura 19*) permite tener una idea: Los datos representan la energía solar promedio mensual y anual de los valores diarios la insolación total (directa y difusa) e insolación global sobre una superficie horizontal y contiene los promedios mensuales (dentro del período mencionado) de cada una de ellas, expresados en Wh/m<sup>2</sup>/día (ARCONEL, 2016).



*Figura 19 - Atlas Solar del Ecuador*

*Fuente: Atlas Solar del Ecuador con fines de generación Directa.*

### 3.1.4. Atlas Eólico del Ecuador

Desde marzo del 2013 surgió el presente Atlas Eólico (*Figura 20*) 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.

Los recursos eólicos en el Ecuador son inmensos, debido a la localización geográfica que tiene el país, a la presencia de la Cordillera de los Andes y Océano Pacífico hace que se tenga una variedad de vientos, propicios para convertirlos en energía (MEER, Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, 2013).

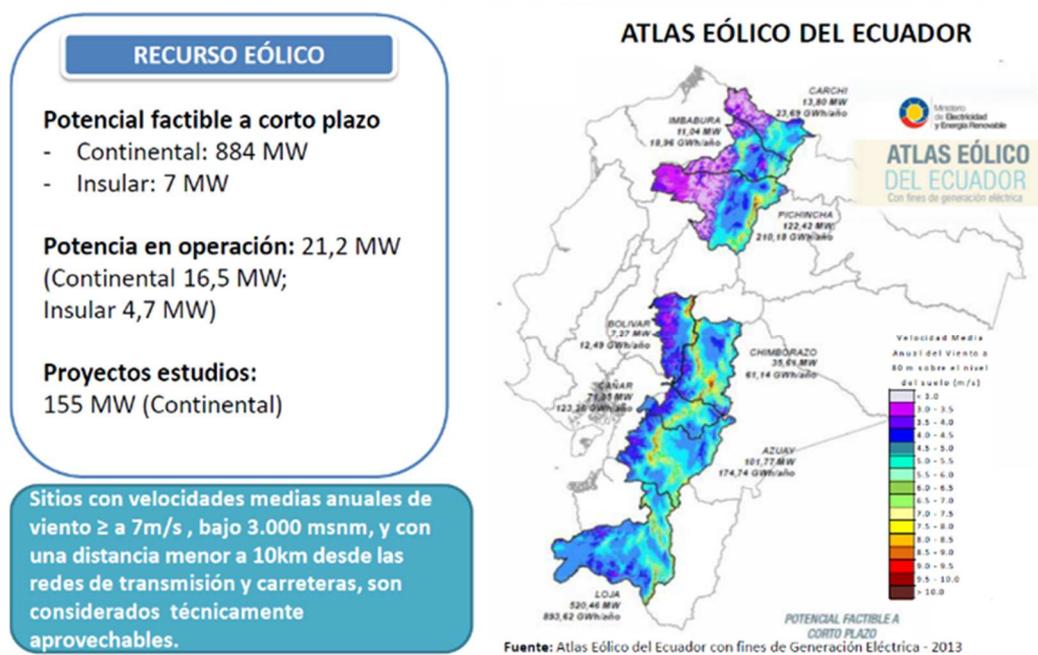


Figura 20 - Atlas Eólico del Ecuador

Fuente: Atlas Eólico del Ecuador con fines de generación Directa.

### 3.1.5. Análisis de la generación de energía entre el 2006 y 2016

Como se puede apreciar en la Figura 21, el proceso de potencialización del servicio de energía eléctrica en el Ecuador; en el 2006, las plantas hidroeléctricas en conjunto con las termoeléctricas generaban el 99% de la electricidad y un mínimo del 1% que era generado por las no convencionales (renovables); después de una década,

y luego de haber implementado una nueva matriz energética, en el año 2018, se observa que la generación de energía convencional alcanza el 98%, mientras que la no convencional ha aumentado más del 2%, sin embargo hay que tomar en cuenta que de los proyectos emblemáticos como Toachi Pilatón, entre otros, aún no han entrado en operación. Hay que manifestar que cuando entre en operación todos los proyectos emblemáticos (2017-2018) se podrán tener más del 90% de electricidad generada por las plantas hidroeléctricas.

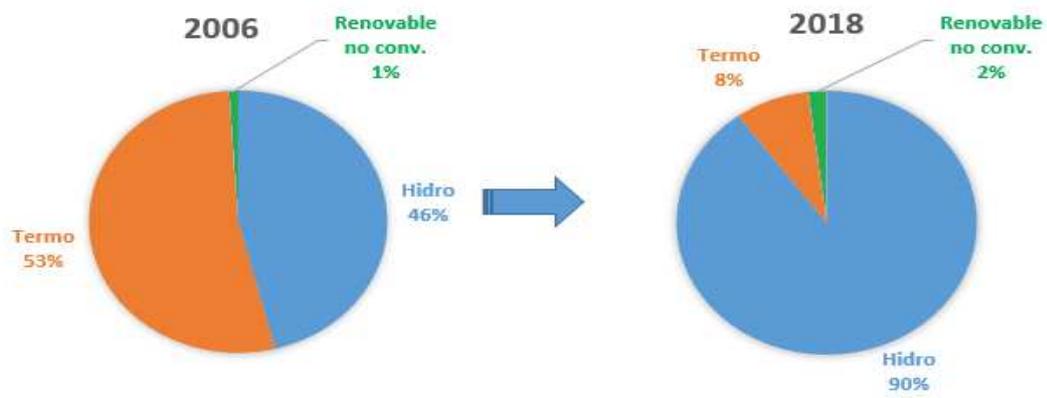


Figura 21 - Generación de Energía entre 2006-2018

Fuente: ARCONEL

### 3.2. Producción de energía en el SNI (GWh)

Si se observa detenidamente los dos cuadros (*Anexo 1, Anexo 2*), que evidencia del SIN (GWh) de la producción bruta y neta, se tiene la certeza que el año 2016 la producción bruta de energía fue de 23.298,07, mientras que en el mismo año la producción neta arribó a 22.963,44; la diferencia entre las dos, demuestra que se utiliza alrededor de medio (GWh), 334,63 en la distribución de la energía. Lo que llama atención es que la generación de energía no convencional, de acuerdo al cuadro tanto en la bruta como la neta tienen el mismo nivel de generación de (GWh) (ARCONEL, 2016).

### 3.3. Demanda de energía en GWh

Durante 2016, la demanda de energía de las empresas eléctricas de distribución y comercialización, en subestaciones de entrega y consumos propios, incluyendo las exportaciones a Colombia y Perú fue de 22 331,03 GWh; lo cual representa un incremento de 1,81% con relación a 2015. Se presenta la demanda de energía para el período 1999 – 2016. (Cenace, 2016)

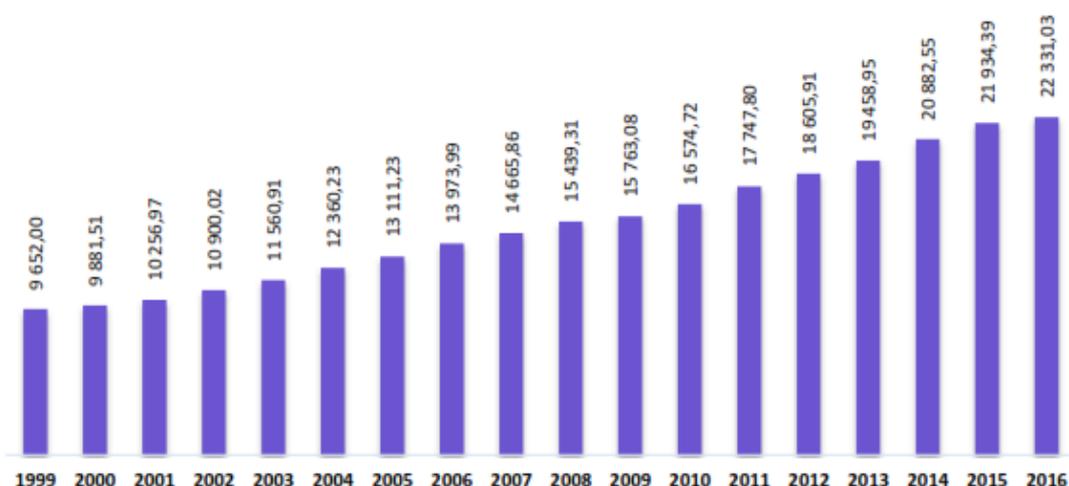


Figura 22 - Demanda Anual de Energía (GWh)

Fuente: CENACE 2016

### 3.4. Demanda de energía por grupo de consumo en GWh

La demanda interna está compuesta principalmente por el comercial, industrial, alumbrado público y otros que corresponden a los auto generadores es decir el consumo de quienes generan su propia energía eléctrica podemos determinar que el mayor consumidor es el sector residencial, seguido del industrial, la tendencia ha sido un crecimiento de la demanda, sin embargo vemos que la variación se contrae el 2016, es decir hay un desaceleración en el crecimiento de la demanda debido principalmente al recesión económica que vive el país debido principalmente a la caída del precio del

petróleo. Determinación de la relación PIB Se relacionará los datos del PIB y de la demanda en el período 2010-2015 (ARCONEL, 2016).

DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR GRUPO DE CONSUMO EN GWh								
Año	Residencial	Comercial	Industrial	Alumbrado P	Otros	Total	Crecimiento	Variación
2010	5114,18	2672,01	4110,20	812,03	1061,30	13769,72		
2011	5350,95	2955,49	4480,50	882,97	1261,22	14931,13	1161,41	7,78%
2012	5628,67	3209,14	4685,93	913,08	1411,18	15848,00	916,87	5,79%
2013	5881,39	3485,54	4684,27	963,73	1728,01	16742,94	894,94	5,35%
2014	6364,00	3785,72	4974,56	1023,34	1810,68	17958,30	1215,36	6,77%
2015	6906,27	3977,04	4973,44	1081,32	1988,45	18926,52	968,22	5,12%
2016	7131,83	3961,16	5247,38	1103,46	2004,78	19448,61	522,09	2,68%
<b>Total</b>	<b>42377,29</b>	<b>24046,10</b>	<b>33156,28</b>	<b>6779,93</b>	<b>11265,62</b>	<b>117625,22</b>		
	<b>36,03%</b>	<b>20,44%</b>	<b>28,19%</b>	<b>5,76%</b>	<b>9,58%</b>			

Figura 23 - Demanda de energía por grupo de consumo en GWh

Fuente: ARCONEL 2016

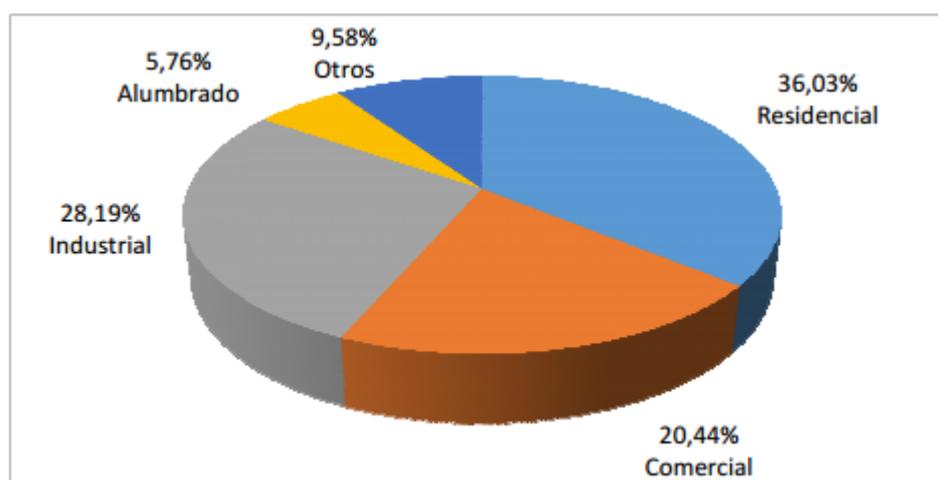


Figura 24 – Grafico de Demanda de energía por grupo de consumo en GWh

Fuente: ARCONEL 2016

### 3.5. Comparación de la producción de energía renovable

En la Tabla 10, Tabla 11, Figura 25 y Figura 26, se evidencia la diferencia entre Potencia nominal y Capacidad efectiva en generación de energía eléctrica. En el cuadro de potencia nominal la energía renovable alcanza un total de **4.640,29** MW que significa el **56,41%**; en contraposición con la capacidad efectiva de generación de energía eléctrica que consigue un **4.603,07** MW, lo que corresponde al **60,52%**,

resumiendo, significa que no se está utilizando toda la capacidad efectiva de la energía renovable que existe en el país. También se demuestra en estos gráficos que las energías renovables hidráulica y biomasa son las que mayormente han sido instaladas en el Ecuador.

<i>Potencia nominal en generación de energía eléctrica</i>		<i>MW</i>	<i>%</i>
<b>Energía Renovable</b>	<i>Hidráulica</i>	4446,36029	54,05%
	<i>Eólica</i>	21,15	0,26%
	<i>Fotovoltaica</i>	26,48	0,32%
	<i>Biomasa</i>	144,30	1,75%
	<i>Biogás</i>	2,00	0,02%
<b>Total Energía Renovable</b>		<b>4.640,29</b>	<b>56,41%</b>
<b>No Renovable</b>	<i>Térmica MCI</i>	2.005,43	24,38%
	<i>Térmica Turbo gas</i>	1.118,85	13,60%
	<i>Térmica Turbo vapor</i>	461,865	5,61%
<b>Total Energía No Renovable</b>		<b>3.586,14</b>	<b>43,59%</b>
<b>Total Potencia Nominal</b>		<b>8.226,42</b>	<b>100,00%</b>

Tabla 10 - Potencia Nominal en Generación de Energía Renovable

Fuente: ARCONEL 2016

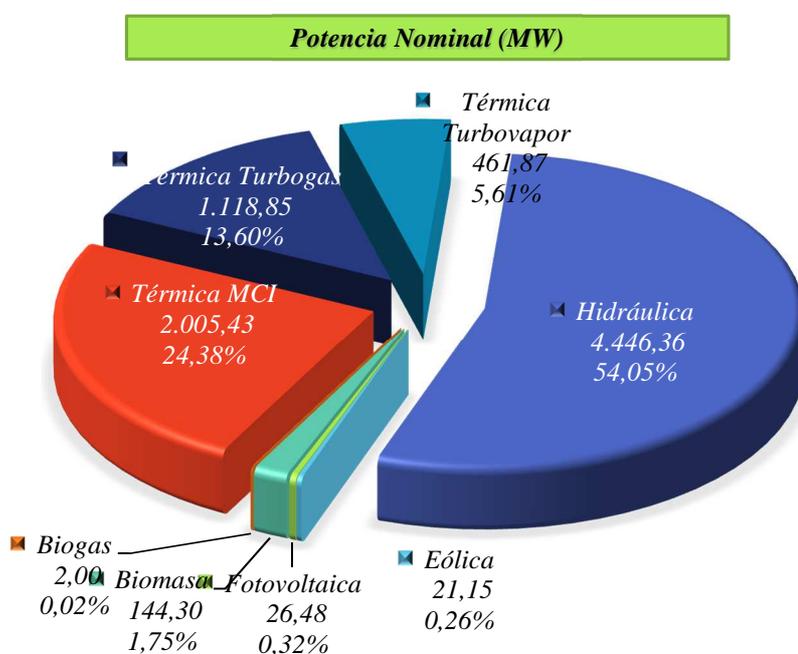


Figura 25 - Potencia Nominal en Generación de Energía Renovable

Fuente: ARCONEL 2016

<i>Capacidad efectiva en generación de energía eléctrica</i>		<i>MW</i>	<i>%</i>
<b><i>Energía Renovable</i></b>	<i>Hidráulica</i>	4.418,18	58,09%
	<i>Eólica</i>	21,15	0,28%
	<i>Fotovoltaica</i>	25,59	0,34%
	<i>Biomasa</i>	136,40	1,79%
	<i>Biogás</i>	1,76	0,02%
<b><i>Total Energía Renovable</i></b>		<b>4.603,07</b>	<b>60,52%</b>
<b><i>No Renovable</i></b>	<i>Térmica MCI</i>	1.605,86	21,11%
	<i>Térmica Turbo gas</i>	965,43	12,69%
	<i>Térmica Turbo vapor</i>	431,74	5,68%
<b><i>Total Energía No Renovable</i></b>		<b>3.003,03</b>	<b>39,48%</b>
<b><i>Total Potencia Nominal</i></b>		<b>7.606,10</b>	<b>100,00%</b>

Tabla 11 - Capacidad Efectiva en Generación de Energía Renovable

Fuente: ARCONEL 2016

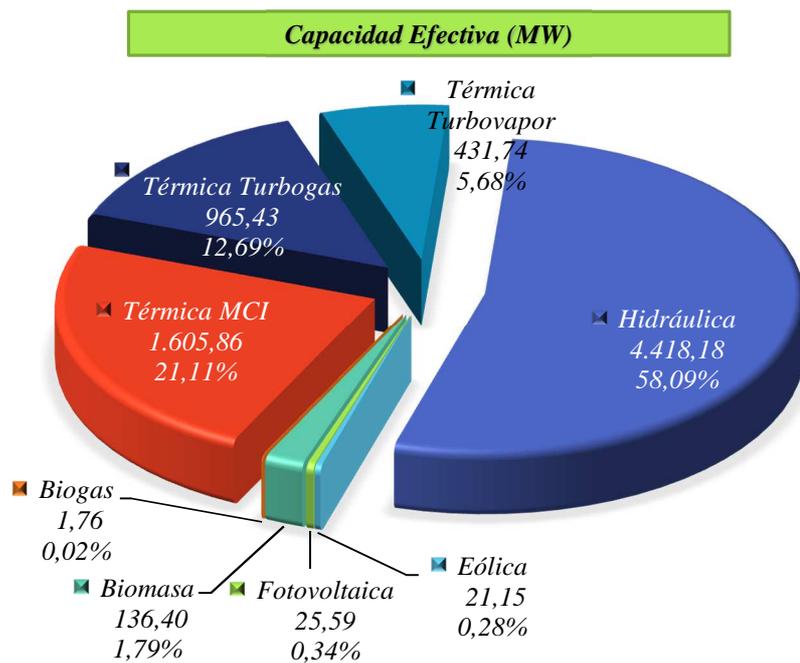


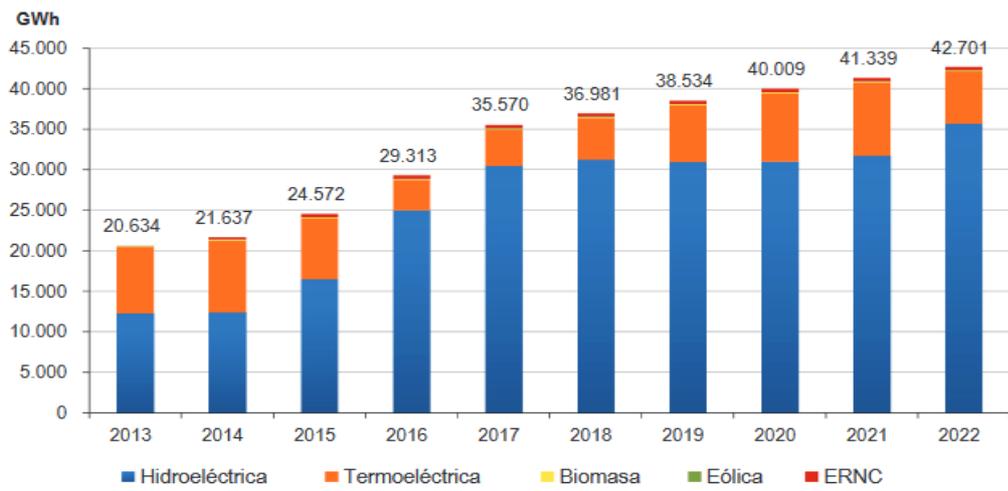
Figura 26 - Capacidad Efectiva en Generación de Energía Renovable

Fuente: ARCONEL 2016

### **3.6. Perspectiva de proyección por fuentes de energía**

En la *Figura 27* se presenta la evolución proyectada de la generación por tipo de tecnologías, en el periodo 2013 - 2022. Se aprecia claramente que la matriz energética hacia el futuro se sustenta fundamentalmente en el aporte de energía hidroeléctrica, fruto de la consecución de los importantes proyectos actualmente en construcción, en estudio y los que ya se encuentran en funcionamiento. También en la misma figura podemos apreciar que la energía no convencional no sufre un gran cambio con el pasar de los años según la misma proyección.

Es importante indicar que, un resultado a resaltar es el que se produce entre los años 2017 y 2021, debido a que se evidencia que el aporte energético del parque hidroeléctrico se mantiene constante; y el incremento de la demanda es abastecido con la generación disponible, encontrándose entre éstas, las centrales de generación térmica, llegando a niveles de producción similares al que se presenta en los años 2013 y 2014. Lo expresado, permite intuir la importancia de las continuas inversiones que el parque generador de un país debe tener, a fin de mantener un nivel de reservas y costo adecuado, más aún en un escenario de cambio de la matriz energética, considerado en el presente Plan Maestro de Electrificación, en el que se acentúa con el ingreso de la demanda de la energía eléctrica de los sistemas de cocina eléctrica, en gran cantidad.



*Figura 27 - Participación prevista de las energías renovables*

*Fuente: ARCONEL 2016*

## CAPÍTULO 4. PROYECTOS DE ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES EN EL ECUADOR

### 4.1. Proyectos de energía renovables en fase de estudio

La generación de energía eléctrica renovable no convencional es un desafío en el Ecuador, porque demanda un cambio de mentalidad y de concepción política tanto en los gobernantes como en los ciudadanos. El Ecuador, como se ha manifestado en el desarrollo de la presente investigación, tiene condiciones suficientes para ejecutar proyectos de este tipo de energía limpia y convertirse en un referente latinoamericano.

#### 4.1.1. Proyectos de energía Geotérmica en fase de estudio

Como se puede apreciar en la *Tabla 12* son cinco los proyectos de estudio geotérmico, mismos que en la actualidad están en fase de estudio, ubicados en la región de la Sierra y el Oriente, principalmente en las zonas rurales, siendo el proyecto Chacana el de mayor cantidad de generación eléctrica, seguido por Chalupas.

<i>Proyecto</i>	<i>Ubicación</i>	<i>Provincia</i>	<i>Potencia MW</i>
<i>Tufiño Chiles – Cerro Negro</i>	<i>Ecuador y Colombia</i>	<i>Carchi y de Departamento de Nariño</i>	<i>138</i>
<i>Chacana</i>	<i>Chanchiyacu, Jamanca y Oyacachi</i>	<i>Napo</i>	<i>438</i>
<i>Chichimbiro</i>	<i>Cerca la Cordillera de los Andes</i>	<i>Imbabura</i>	<i>113</i>
<i>Chapaltan</i>	<i>Sureste de Tulcán</i>	<i>Carchi</i>	<i>51</i>
<i>Chalupas</i>	<i>Cresta de la Cordillera de los Andes</i>	<i>Napo y Cotopaxi</i>	<i>283</i>
<b><i>TOTAL</i></b>			<b><i>1023</i></b>

*Tabla 12 - Proyectos en fase de Estudio Geotérmico*

*Fuente: MEER 2015*

#### 4.1.2. Proyectos de energía Eólica en fase de estudio

Los proyectos eólicos suman cinco en total, en su mayoría ubicados principalmente en la zona rural de la ciudad de Loja, en Loja hay una potencia importante que debe aprovecharse, gracias a las condiciones climáticas que existen en esta región.

Antes era difícil sacar un proyecto (eólico). Ahora son muchas las compañías internacionales que quieren desarrollar el proyecto de forma privada. Hay muchas empresas públicas internacionales que quieren dar financiamiento para este tipo de energía limpia. Eso se da sobre la base del éxito obtenido con la Central Eólica Villonaco.

<i>Proyecto</i>	<i>Ubicación</i>	<i>Provincia</i>	<i>Potencia MW</i>
<i>Arenal Bolívar</i>	<i>Chimborazo</i>	<i>Bolívar</i>	<i>50</i>
<i>Minas Huascachaca</i>	<i>84 Km al suroeste de la ciudad de Cuenca</i>	<i>Loja</i>	<i>50</i>
<i>Ducal membrillo</i>	<i>Loja</i>	<i>Loja</i>	<i>45</i>
<i>Huacacocha</i>	<i>Loja</i>	<i>Loja</i>	<i>15</i>
<i>Cachipamba</i>	<i>Loja</i>	<i>Loja</i>	<i>10</i>
<i>Total</i>			<i>170</i>

*Tabla 13 - Proyectos en fase de Estudio Eólico*

*Fuente: MEER 2015*

#### 4.1.3. Proyecto de energía Híbrida en fase de construcción

Dentro de la Iniciativa Cero Combustibles Fósiles para Galápagos, la Subsecretaría de Energía Renovable y Eficiencia Energética, se encuentra ejecutando el Proyecto “Sistema Híbrido Isabela”, el mismo que pretende renovar el sistema de generación térmica de la Isla Isabela, con un sistema de generación limpia con energía renovable y utilizando combustible no contaminante (aceite de piñón).

El Sistema Híbrido Isabela estará constituido por una planta fotovoltaica, una planta térmica dual de biocombustible (aceite de piñón – diesel) y un sistema de almacenamiento de energía, operando bajo un sistema de control completamente automático y de alta tecnología, que generará aproximadamente 3,6 GWh/año para abastecer de electricidad a toda la población de la Isla Isabela, a partir del año 2017.

La operación óptima del Sistema Híbrido Isabela será monitoreado por el MEER, la Empresa Eléctrica Provincial de Galápagos y la Consultora Lahmeyer International, asegurando de esta manera un uso adecuado de los recursos.

<i>Proyecto</i>	<i>Ubicación</i>	<i>Provincia</i>	<i>Potencia MW</i>
<i>Híbrido Isabela</i>	<i>Isla Isabela</i>	<i>Galápagos</i>	<i>Térmica 1,62 Solar 0,92</i>
<i>Total</i>			<i>2,54</i>

*Tabla 14 - Proyectos en fase de Construcción Híbrido*

*Fuente: MEER 2015*

## **4.2. Proyectos de energías renovables Eólicos en operación**

### **4.2.1. Proyecto Eólico San Cristóbal**

La construcción del proyecto eólico se realizó en el Cerro el Tropezón, sitio con excelente recurso eólico en San Cristóbal, desde septiembre del 2006 y el montaje de los aerogeneradores se realizó durante los meses de Julio y Agosto del 2007, las pruebas de operación se realizaron en el mes de Septiembre del 2007. El parque eólico consiste de 3 turbinas MADE, de fabricación española, cada una con una potencia de 800 KW (la torre que soporta el aerogenerador tiene una longitud de 51.5 metros y el diámetro de la turbina 59 metros). La construcción de las obras civiles y el montaje de los equipos fueron realizadas por el consorcio Ecuatoriano Santos-CMI.

Con una potencia instalada de capacidad de 2.4 MW se espera que el proyecto llegue a generar hasta 6.600 MWh/ año y reduzca 52% del consumo de diesel empleado en la generación de electricidad. Para el primer año de operación del parque eólico se estima se reduzcan alrededor de 2.800 ton de CO<sub>2</sub> (EDIECUATORIAL, 2007).



*Figura 28 - Proyecto eólico San Cristóbal*

*Fuente: <http://www.ergal.org>*

<i>Parque Eólico San Cristóbal</i>		
<i>Fecha de inicio operación</i>	<i>1 de octubre del 2007</i>	
<i>Sistema Eléctrico</i>	<i>San Cristóbal</i>	
<i>Capacidad Instalada</i>	<i>2,400.00</i>	<i>kW</i>
<i>Energía Generada al 2015-12-31</i>	<i>26,567.36</i>	<i>MWh</i>
<i>Energía Generada en 2015</i>	<i>3,396.36</i>	<i>MWh</i>
<i>% penetración en 2015</i>	<i>21.50</i>	<i>%</i>

*Tabla 15 - Estadísticas del parque eólico San Cristóbal*

*Fuente: Víctor Vélez*

#### **4.2.2. Proyecto Eólico Santa Cruz-Baltra**

El proyecto de energía eólica Santa Cruz-Baltra, se basa en la construcción del parque eólico construido en la isla Baltra la cual se interconecta con la Isla Santa Cruz para abastecer de suministro de energía renovable a ambas Islas. El proyecto eólico

Santa Cruz-Baltra, cubre la demanda de la isla Santa Cruz, la cual es la Isla con mayor demanda del Archipiélago.

El proyecto eólico cuenta con una capacidad de hasta 2,25 MW, produce una generación de energía eólica aproximada de 5,000 MWh /año. Esta generación de electricidad permitirá reducir el consumo de diesel en la Isla Santa Cruz alrededor 450,000 gal/año, y el riesgo de derrames de diesel por el transporte y trasiego del combustible desde el Terminal de Productos limpios en Baltra hasta el Canal de Itabaca en el sector norte de Santa Cruz y transporte terrestre hacia la central térmica en Puerto Ayora, con lo que se evitarán daños irreversibles a la flora y fauna endémica del Archipiélago (ERGAL, 2010).

<i>Parque Eólico Baltra</i>		
<b><i>Fecha de inicio operación</i></b>	<i>22 de diciembre del 2014</i>	
<b><i>Sistema Eléctrico</i></b>	<i>Santa Cruz-Baltra</i>	
<b><i>Capacidad Instalada</i></b>	<i>2,250.00</i>	<i>kW</i>
<b><i>Energía Generada al 2015-12-31</i></b>	<i>3,023.70</i>	<i>MWh</i>
<b><i>Energía Generada en 2015</i></b>	<i>2,985.43</i>	<i>MWh</i>
<b><i>% penetración en 2015</i></b>	<i>8.96</i>	<i>%</i>

*Tabla 16 - Estadísticas parque eólico Baltra*

*Fuente: Víctor Vélez*

#### **4.2.3. Proyecto eólico Villonaco**

La Central Eólica Villonaco de 16.5 MW de potencia inició su construcción en Agosto de 2011. Cuenta con 11 aerogeneradores de 1.5 MW cada uno. 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. El proyecto se encuentra ubicado en la provincia de Loja, cantón Loja.

Contempla 11 aerogeneradores del tipo GW70/1500, a una altura aproximada de 2700 msnm, a lo largo de la línea de cumbre del cerro Villonaco con una distancia

aproximada de 2 km. La subestación de elevación Villonaco 34.5 kV/69 kV tiene una capacidad de 25 MVA y presenta un esquema de conexión de barra principal y transferencia. La subestación Loja, contempla la instalación de una bahía de 69 kV, la cual recibirá la energía proveniente de la subestación Villonaco para ser conectada al Sistema Nacional de Transmisión.

Se constituye en un proyecto emblemático del estado Ecuatoriano que se encuentra operando de forma normal y continua sobre la base de los requerimientos del sistema eléctrico ecuatoriano desde el 2 de enero de 2013, aportando al Sistema Nacional Interconectado una energía neta de 299,10 GWh desde su entrada en operación a enero de 2017, reduciendo emisiones de CO<sub>2</sub> en aproximadamente 32 mil Ton/año, sustituyendo la importación de energía, y creando 254 fuentes de empleo directo, adicionalmente beneficia a más de 200 mil habitantes correspondientes al cantón Loja (MEER, Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, 2013).



*Figura 29 - Central Eólica Villonaco*

*Fuente: <http://www.energia.gob.ec>*

En la *Tabla 17* se muestra en resumen los proyectos eólicos en operación indicando su ubicación y potencia.

<i>Proyectos en operación Eólicos</i>			
<i>Parques eólicos</i>	<i>Ubicación Provincia-Cantón</i>	<i>Tipo de Generación</i>	<i>Potencia (MW)</i>
	<i>Galápagos-San Cristóbal</i>	<i>Eólico</i>	<i>2.4</i>
	<i>Galápagos-Santa Cruz</i>	<i>Eólico</i>	<i>2.25</i>
	<i>Loja-Loja</i>	<i>Eólico</i>	<i>16.5</i>
<i>Total</i>			<i>21.15</i>

*Tabla 17 - Resumen de los proyectos Eólicos en Operación*

*Fuente: ARCONEL (2015)*

### **4.3. Localidades con posible interés para generación de electricidad con energía eólica.**

Las zonas localizadas geográficamente sobre la línea ecuatorial no son ricas en vientos. Sin embargo, en el Ecuador existen zonas de alto interés eólico por efecto de la presencia de Los Andes y de la cercanía al Océano Pacífico. Cuando de dimensionar los sistemas eólicos se trata, diversos parámetros relativos al viento son fundamentales, como por ejemplo la velocidad, las variaciones diarias, mensuales y estacionales de la misma para los sitios que presentan condiciones favorables. Contrariamente al recurso solar que en general no presenta grandes variaciones de radiación y brillo, el viento varía en forma drástica y aleatoria.

Las velocidades de viento no tan altas en la Amazonía nos harían pensar que este recurso no es tan adecuado para explotación de energía eléctrica, sino más bien para bombeo mediante multipalas. Por contrario, los sitios de la región andina y aquellos cercanos a las costas deben tomarse muy en cuenta (ARCONEL, 2016).

#### **4.4. Proyectos de generación híbrido en funcionamiento**

##### **4.4.1. Proyecto Híbrido en Floreana**

El sistema de generación híbrido de electricidad consiste en una central fotovoltaica con una potencia instalada de 20.6 kWp que trabaja con una central diésel que opera en forma complementaria para suplir el déficit de la demanda de punta de energía y/o en los casos que las condiciones meteorológicas (falta de radiación solar) lo exijan. Con el sistema instalado la población de Floreana dispone de un servicio continuo de energía durante las 24 horas del día, anteriormente el suministro era de 12 horas al día. El sistema fotovoltaico contribuye con la provisión del 30% de la energía demandada en la Isla.

La primera fase del Proyecto fue construida en Noviembre del 2004, sobre la edificación de un Edificio Multipropósito de la Junta Parroquial de Floreana, también construido en la ejecución del proyecto. En esta fase se instaló una central fotovoltaica con capacidad de 18 kWp, la cual está conectada a un banco de baterías y posteriormente a un sistema que transforma la corriente directa a alterna para el consumo de los habitantes de Puerto Velasco Ibarra. Adicionalmente se instaló un aerogenerador de 400 W, 2 minicentrales fotovoltaicas y sistemas fotovoltaicos independientes con una potencia total de 4.3 kWp para satisfacer las necesidades de los propietarios de las fincas, ubicadas en la parte alta de la Isla Floreana. Posteriormente, con la finalidad de incrementar la capacidad de la central fotovoltaica, en mayo del 2006, se amplió la capacidad con la instalación de 2.6 kWp adicionales con lo que la capacidad fotovoltaica es de 24.9 kWp.

El sistema se encuentra operando normalmente desde marzo del 2005, su puesta en marcha en el año 2007 ocasionó una reducción del consumo de diésel del 35% de lo empleado en el 2004, a pesar de haber incrementado la demanda de energía

en esta isla. De acuerdo con proyecciones de la demanda las que contemplan el crecimiento de población e incremento en la demanda por el proyecto de agua potable la demanda pico se incrementará de 23 a 59 kW en el año 2017. Con la finalidad de atender al crecimiento de la demanda se instalará un sistema de generación a partir de biocombustibles (ERGAL, 2010).

<i>Sistema de generación híbrido Floreana</i>		
<i>Fecha de inicio operación</i>	<i>28 de junio del 2014</i>	
<i>Sistema Eléctrico</i>	<i>Floreana</i>	
<i>Capacidad Instalada</i>	<i>24.90</i>	<i>kW</i>
<i>Energía Generada al 2015-12-31</i>	<i>17.28</i>	<i>MWh</i>
<i>Energía Generada en 2015</i>	<i>14.17</i>	<i>MWh</i>
<i>% penetración en 2015</i>	<i>5.80</i>	<i>%</i>

*Tabla 18 – Estadísticas de Sistema de generación híbrido Floreana*

*Fuente: Víctor Vélez*

#### **4.5. Proyectos de energía fotovoltaica en funcionamiento**

##### **4.5.1. Proyecto fotovoltaico Baltra 67 kWp**

La planta fotovoltaica Baltra consta de una planta fotovoltaica de 67 kWp y un sistema de almacenamiento de energía de 4300KWh con una potencia instalada de 1,0 MW, que estará constituido por dos tipos de tecnologías: baterías de plomo ácido de descarga profunda y baterías de ion litio. A más de la reducción de consumo de combustible fósil por la generación de energía eléctrica mediante el uso del recurso solar, este proyecto a través del sistema de almacenamiento de energía, permite optimizar el uso del recurso eólico y garantizar la estabilidad del sistema eléctrico.

El costo total del proyecto está en alrededor de 10,4 millones de dólares, que son financiados gracias a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón-JICA y el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (ERGAL, 2010).



*Figura 30 - Proyecto fotovoltaico Baltra 67 kWp*

*Fuente: energia.gob.ec*

#### **4.5.2. Proyecto Fovoltaiico Puerto Ayora**

Está localizado en Puerto Ayora en el barrio Pampas Coloradas en un área aproximada de 2,9 hectáreas. El parque fotovoltaico Puerto Ayora consta de 6.000 paneles solares fotovoltaicos de 250 Wp cada uno; y para evacuar la energía eléctrica que se produzca en la planta fotovoltaica, se construirá una línea de distribución de aproximadamente 1,0 km a un nivel de voltaje de 13,8 kV desde la planta fotovoltaica hasta la subestación eléctrica Puerto Ayora, este proyecto aportara 1,5MW.

El costo total del proyecto bordea los 10,6 millones de dólares, los cuales son financiados a través de la Agencia de Cooperación Internacional de Corea-KOICA, el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable y la Empresa Eléctrica Provincial Galápagos (ERGAL, 2010).

<i>Planta Fovoltaiica Puerto Ayora</i>		
<i>Fecha de inicio operación</i>	<i>24 de mayo del 2014</i>	
<i>Sistema Eléctrico</i>	<i>Santa Cruz-Baltra</i>	
<i>Capacidad Instalada</i>	<i>1,500.00</i>	<i>kWp</i>
<i>Energía Generada al 2015-12-31</i>	<i>3,162.76</i>	<i>MWh</i>
<i>Energía Generada en 2015</i>	<i>2,010.49</i>	<i>MWh</i>
<i>% penetración en 2015</i>	<i>6.12</i>	<i>%</i>

*Tabla 19 - Estadísticas fovoltaiica Puerto Ayora*

*Fuente: Víctor Vélez*

#### **4.5.3. Proyecto fotovoltaico Jaramijó.**

Enersol nació como una asociación de inversionistas de Corea y de emprendedores ecuatorianos en el 2011. Las compañías participantes son: Samneung Construction, Samsan Steel & Engineering, Sungyung Solar Energy Co, EOS Solar. Todas las compañías participantes tienen extensa experiencia en el negocio solar. El 9 de abril del 2013 entra en operación la planta Enersol 500 kW ubicada en el cantón Jaramijó de la provincia de Manabí. La construcción se efectuó con personal ecuatoriano y supervisión de personal coreano (ARCONEL, 2016).



*Figura 31 - Proyecto fotovoltaico Jaramijó.*

*Fuente: energia.gob.ec*

#### **4.5.4. Proyecto fotovoltaico Pimampiro**

Este proyecto está en operación en Pimampiro, Imbabura, se instaló la primera planta para la producción de electricidad a partir de energía solar. En una hectárea de terreno se ensamblaron, 4.160 paneles fotovoltaicos. Los paneles, de 240 vatios, están en capacidad de producir 980 kW, la central fue incluida en el Sistema Nacional Interconectado.

La empresa Valsolar, que tiene como socio al Banco del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (Bies), invirtió USD 3,5 millones en la instalación de la planta. De esta manera, el cantón Pimampiro, conocido también como la Tierra del Sol, se

vuelve una fuente importante de generación de energía eléctrica limpia (ARCONEL, 2016).



*Figura 32 - Proyecto fotovoltaico Pimampiro*

*Fuente: energia.gob.ec*

#### **4.5.5. Proyecto fotovoltaico Electrisol S.A**

Electrisol fue creada en el 2012 como S.A. y su actividad principal es la generación eléctrica. La empresa está ubicada en la parroquia Tocachi, en el cantón Pedro Moncayo, Pichincha. Allí la radiación solar anual es favorable para el proyecto fotovoltaico. Electrisol entró en operación comercial el 1 de febrero del 2014 con una potencia de 999 kW con un proyecto diseñado y construido enteramente con ingeniería y mano de obra ecuatoriana. Además, cuenta con una infraestructura de 4320 paneles solares instalados sobre estructuras de acero galvanizado, 20 inversores, 1 transformador, sistema de conexión a tierra, sistema de comunicaciones y conexión a la red (ARCONEL, 2016).



*Figura 33 - Proyecto fotovoltaico Electrisol S.A*

*Fuente: ARCONEL*

#### **4.5.6. Proyecto fotovoltaico Gransolar- Imbabura Salinas y Tren Salinas**

Gransolar es una empresa dedicada a la generación de energía solar fotovoltaica. Esta empresa fue creada en el 2012 y está ubicada en Imbabura, específicamente en San Miguel de Urququí. Gransolar recibe una irradiación óptima durante los 365 días del año para generar la energía más limpia, aprovechando así un recurso inagotable desde julio del 2014. En el 2015 fue galardonada por una prestigiosa organización en Gran Bretaña como la empresa con el Mejor Uso de Energía Solar Internacional.

Gran Solar es el promotor de las plantas Salinas y Tren Salinas de potencia nominal de salida de 2 MW y 999 kW respectivamente. Las plantas se encuentran a 5km de la vía Salinas Urququí, en la provincia de Imbabura (ARCONEL, 2016).



*Figura 34 - Proyecto fotovoltaico Gransolar S.A*

*Fuente: ARCONEL*

#### **4.5.7. Proyecto fotovoltaico Loja energy**

Esta planta se encuentra instalada en Loja, en el cantón Catamayo, parroquia El Tambo, y dispone de una capacidad de 999 kW. La compañía promotora de este proyecto es Energy Building USA LLC y su construcción fue ejecutada por la compañía española SOLARTIA. La planta fotovoltaica LOJAENERGY inició su operación comercial en noviembre del 2014 fecha desde la cual se encuentra produciendo energía eléctrica al servicio de los sectores de Catamayo y San Pedro de La Bendita (ARCONEL, 2016).



*Figura 35 - Proyecto fotovoltaico Lojaenergy S.A*

*Fuente: ARCONEL*

#### **4.5.8. Proyecto fotovoltaico Sabiangosolar**

La planta está instalada en Loja, cantón Macara, parroquia Sabiango y dispone de una capacidad de 999 kW. La compañía promotora de este proyecto fue Energy Building USA LLC y su construcción fue ejecutada por la compañía italiana THESAN SPA. La planta fotovoltaica SABIANGO SOLAR inició su operación comercial en noviembre del 2014, fecha desde la cual se encuentra produciendo energía eléctrica al servicio del sector fronterizo sur en el área de Sabiango y Macará (ARCONEL, 2016).



*Figura 36 - Proyecto fotovoltaico Sabiangosolar S.A*

*Fuente: ARCONEL*

#### **4.5.9. Proyecto fotovoltaico Sansau – Wildtecsa**

Es un generador fotovoltaico con una potencia nominal de 995 kW. Está ubicado en Salitre, Guayas y está comercialmente activo desde mayo del 2014. Cuenta con 4.280 paneles solares los cuales generan un promedio anual de 1.35 GW de energía limpia y renovable contribuyendo así al desarrollo económico del país y a la conservación del medio ambiente. Cada planta solar de 995kW genera diariamente un aproximado a 4200kW (ARCONEL, 2016).



*Figura 37 - Proyecto fotovoltaico Sansau-Wildtecsa S.A*

*Fuente: ARCONEL*

#### **4.5.10. Proyecto fotovoltaico Solsantonio**

Esta planta se encuentra instalada en El Oro, en el cantón Arenillas, parroquia San Antonio, y tiene una capacidad de 999 kW. Esta forma parte del Parque Solar SAN ANTONIO. La promotora, inversionista y constructora de este proyecto fue la compañía italiana THESAN SPA. La planta inició su operación comercial en noviembre del 2014, fecha desde la cual se encuentra produciendo energía eléctrica al servicio de las poblaciones del sector de Arenillas, en el suroeste ecuatoriano (ARCONEL, 2016).



*Figura 38 - Proyecto fotovoltaico Sansau-Wildtecsa S.A*

*Fuente: ARCONEL*

#### **4.5.11. Proyecto fotovoltaico Solhuaqui**

Se construyó la planta fotovoltaica de Generación Eléctrica SOLHUAQUI. La planta se encuentra instalada en El Oro, cantón Arenillas, parroquia San Antonio, y tiene una capacidad de 999 kW. Esta forma parte del Parque Solar SAN ANTONIO. La promotora, inversionista y constructora de este proyecto fue la compañía italiana THESAN SPA. Esta inició su operación comercial en noviembre del 2014, fecha desde la cual se encuentra produciendo energía eléctrica al servicio de las poblaciones del sector de Arenillas, en el suroeste ecuatoriano (ARCONEL, 2016).



*Figura 39 - Proyecto fotovoltaico Solhuaqui S.A*

*Fuente: ARCONEL*

#### **4.5.12. Proyecto fotovoltaico Solchacras**

SOLCHACRAS está ubicada en El Oro, cantón Arenillas, parroquia San Antonio. Esta registra una capacidad de 999 kW y forma parte del Parque Solar SAN ANTONIO. La planta fue desarrollada gracias al aporte de la compañía italiana THESAN SPA. El inicio de actividades se dio en noviembre del 2014, fecha desde la cual se encuentra produciendo energía eléctrica al servicio de las poblaciones del sector de Arenillas, en el suroeste ecuatoriano (ARCONEL, 2016).



*Figura 40 - Proyecto fotovoltaico Solhuaqui S.A*

*Fuente: ARCONEL*

#### **4.5.13. Proyecto fotovoltaico Renovaloja**

Se construyó la planta fotovoltaica de Generación Eléctrica PANELES SOLARES RENOVALOJA. PANELES SOLARES RENOVALOJA se encuentra instalada en Loja, cantón Catamayo, parroquia El Tambo, y tiene una capacidad de 999 kW. Esta forma parte del Parque Solar LA ERA. La compañía promotora e inversionista de este proyecto fue Energy Building USA LLC, mientras que su construcción estuvo a cargo de la compañía española SOLARTIA. La planta fotovoltaica PANELES SOLARES RENOVALOJA inició su operación comercial en noviembre del 2014, fecha desde la cual se encuentra produciendo electricidad al servicio del sector El Tambo (ARCONEL, 2016).



*Figura 41 - Proyecto fotovoltaico Renovaloja S.A*

*Fuente: ARCONEL*

#### **4.5.14. Proyecto fotovoltaico Surenergy**

Se construyó la planta fotovoltaica de Generación Eléctrica SURENERGY. PANELES SOLARES RENOVALOJA fue instalada en Loja, cantón Catamayo, parroquia El Tambo. Esta cuenta con una capacidad de 999 kW y forma parte del Parque Solar LA ERA. Los inversionistas italianos fueron los promotores de este proyecto y la construcción estuvo a cargo de la compañía española ALPHA SOLAR. SURENERGY inició su operación comercial en noviembre del 2014, fecha desde la cual produce energía eléctrica al servicio del sector de Malacatos (ARCONEL, 2016).



*Figura 42 - Proyecto fotovoltaico Surenergy S.A*

*Fuente: ARCONEL*

#### **4.5.15. Proyecto fotovoltaico Sanersol**

SANERSOL está instalada en El Oro, cantón Santa Rosa. Esta tiene una capacidad de 999 kW y forma parte del Parque Solar Fotovoltaico SANTA ROSA. Las promotoras e inversionistas de este proyecto fueron las compañías extranjeras Energy Building S.A. y la compañía Bas Corporation Ltd. La construcción estuvo a cargo de la compañía española Scorpio S.A. La planta inició su operación comercial en octubre del 2014, fecha desde la cual se encuentra produciendo energía eléctrica al servicio del cantón Santa Rosa (ARCONEL, 2016).



*Figura 43 - Proyecto fotovoltaico Sanersol S.A*

*Fuente: ARCONEL*

#### **4.5.16. Proyecto fotovoltaico Saracaysol**

La planta solar SARACAYSOL está situada en El Oro, cantón Santa Rosa. Esta tiene una capacidad de 999 kW y forma parte del Parque Solar Fotovoltaico SANTA ROSA. Las promotoras e inversionistas de este proyecto son las compañías extranjeras Energy Building S.A. y Bas Corporation Ltd. La construcción estuvo a cargo de la compañía española Scorpio S.A. El inicio de su operación comercial ocurrió en octubre del 2014, fecha desde la cual se encuentra produciendo energía eléctrica al servicio del cantón Santa Rosa (ARCONEL, 2016).



*Figura 44 - Proyecto fotovoltaico Saracaysol S.A*

*Fuente: ARCONEL*

#### **4.5.17. Proyecto fotovoltaico Altgenotec y Genrenotec**

Este proyecto está ubicado en el recinto Cerecita de la provincia del Guayas, está en operación y está conectado a la red eléctrica con una potencia aproximadamente de 2 MWp en un lote de 3,5, cuya propiedad está asignada a la Empresa “Altgenotec S.A” y “Genrenotec S.A”. Para el proyecto se empleó 8460 paneles solares fotovoltaicos con una potencia de 245 Wp cada uno de la marca Yingli Solar. Está instalado al sistema interconectado, de la energía eléctrica producida mediante la conexión del generador fotovoltaico a la red del sistema interconectado con la ayuda del sistema de transformación de BT/MT, el conjunto de inversor-transformador se presenta en una unidad pre montada (ARCONEL, 2016).



*Figura 45 - Proyecto fotovoltaico Altgenotec y Genrenotec S.A*

*Fuente: ARCONEL*

#### **4.5.18. Proyecto fotovoltaico Solsantros**

La planta solar SOLSANTROS está instalada en El Oro, en el cantón Santa Rosa. Tiene una capacidad de 999 kW y forma parte del Parque Solar Fotovoltaico SANTA ROSA. Las promotoras e inversionistas de este proyecto fueron las compañías extranjeras Energy Building S.A. y Bas Corporation Ltd. La construcción estuvo a cargo de la firma española Scorpio S.A., El inició de su operación comercial se dio en octubre del 2014, fecha desde la cual se encuentra produciendo energía eléctrica al servicio del cantón Santa Rosa (ARCONEL, 2016).



*Figura 46 - Proyecto fotovoltaico Solsantros S.A*

*Fuente: ARCONEL*

#### **4.5.19. Proyecto fotovoltaico Gonzaenergy**

Esta planta se encuentra instalada en Loja, en el cantón Gonzanamá. GONZAENERGY cuenta con una capacidad de 999 kW y forma parte del Parque Solar GONZANAMA. La promotora, inversionista y constructora de este proyecto fue la compañía italiana THESAN SPA. Esta planta inició su operación comercial en noviembre del 2014, fecha desde la cual se encuentra produciendo energía eléctrica al sector de GONZANAMA (ARCONEL, 2016).



*Figura 47 - Proyecto fotovoltaico Gonzaenergy S.A*

*Fuente: ARCONEL*

#### **4.5.20. Proyecto fotovoltaico San Pedro**

La planta solar SAN PEDRO se encuentra instalada en Loja, en el cantón Gonzanamá y cuenta con una capacidad de 999 kW. Esta forma parte del Parque Solar GONZANAMA. La promotora, inversionista y constructora de este proyecto es la compañía italiana THESAN SPA. El inicio de sus operaciones comerciales se dio en noviembre del 2014, fecha desde la cual se encuentra produciendo energía eléctrica al sector de CARIAMANGA (ARCONEL, 2016).



*Figura 48 - Proyecto fotovoltaico San Pedro S.A*

*Fuente: ARCONEL*

#### **4.5.21. Proyecto fotovoltaico Brineforcorp-Cabal Energy**

En el sitio Briceño del Cantón San Vicente en la provincia de Manabí (Ecuador) se encuentra ubicado la planta fotovoltaica Brineforcorp-Cabal Energy cuenta con una potencia nominal de 1,118kWp, para la cual se han empleados 4472 módulos fotovoltaicos del modelo YL250p-29b fabricado por Yingli Solar, su potencia máxima de conexión al sistema nacional interconectado es de 9,99kW para lo cual se emplearon los inversores Freesun Hesr de 1000kVA, formados por 8 módulos de 125kW en la actualidad se encuentro en operación (ARCONEL, 2016).



*Figura 49 - Proyecto fotovoltaico Brineforcorp-Cabal Energy S.A*

*Fuente: ARCONEL*

#### **4.6. Resumen de centrales fotovoltaicas en funcionamiento en Ecuador**

En el *Anexo 3* se muestra una lista de centrales fotovoltaicas en funcionamiento a nivel de todo el Ecuador, las cuales suman un aporte de potencia de 25.07 MW.

#### **4.7. Proyectos en Operación con Biomasa**

##### **4.7.1. Sociedad Agrícola e Industrial San Carlos S.A.**

La central eléctrica está situada en las instalaciones industriales del Ingenio San Carlos, en el cantón Marcelino Maridueña, Provincia del Guayas. La Planta de Cogeneración consiste de dos turbogeneradores, uno de 16MW a contrapresión y el segundo de 12MW a condensación, adicionalmente cuentan con una capacidad de generación de 7MW, totalizando una capacidad instalada total de turbo generación de 35 MW y en la actualidad genera 78 MW desde su entrada formal en operación hasta la zafra del año 2011 ha entregado a la red nacional 180. 274,62 MWh.

El Proyecto San Carlos de Cogeneración con Bagazo fue el primer proyecto ecuatoriano de generación de energía a partir de biomasa con entrega a la red pública que fue reconocido y registrado internacionalmente como Proyecto de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) por la Junta Ejecutiva MDL de las Naciones Unidas (Registro #210) (ARCONEL, 2016).



*Figura 50 - Proyecto de biomasa Sociedad Agrícola e Industrial San Carlos S.A*

*Fuente: ARCONEL*

#### **4.7.2. Compañía Azucarera Valdez S.A. (Ecoelectric S.A)**

Se encuentra ubicada al sur oriente de la Provincia del Guayas, Cantón Milagro. A 40km de la ciudad de Guayaquil. La Planta de Cogeneración de 36,5MW. Se estima que el Proyecto evita la emisión de 104.000 Ton CO<sub>2</sub>/año.

Ecoelectric es una empresa que surgió de aprovechar los residuos de la caña de azúcar (bagazo) como combustible para la producción de energía eléctrica. Ecoelectric se localiza en el interior de las instalaciones del ingenio Valdez y se encarga de generar la energía para suplir la demanda del ingenio y el excedente de energía se vende al SNI. Usa principalmente bagazo de caña del Ingenio Valdez y operó desde junio 2005 con 6 MW; y en el 2007 incrementó su potencia a 36,5 MW (ARCONEL, 2016).



*Figura 51 - Proyecto de biomasa Compañía Azucarera Valdez S.A (Ecoelectric S.A)*

*Fuente: ARCONEL*

#### **4.7.3. Ingenio La Troncal S.A. (Ecudos S.A.)**

Se encuentra ubicado en la Provincia de El Cañar, Cantón La Troncal. Cogeneración de energía eléctrica y vapor; la planta industrial cuenta con cuatro calderas, el combustible que emplean estas calderas es el bagazo de caña que es el residuo del proceso de elaboración del azúcar, este bagazo es recogido de los molinos

y llevados por una alimentadora rotatoria hasta cada uno de los calderos para ser quemados en el hogar de cada calderas.

Capacidad Instalada total de turbo generación de 29,8MW. Se estima que el proyecto evita la emisión de 82000 Ton CO<sub>2</sub>/año.

ECUDOS (29,8 MW). Lucega S.A. Electric, que a fines del año 2005 fue absorbida por Ecudos S. A., opera una planta a vapor con bagazo de caña, en La Troncal, Cañar, desde julio 2005 con 13 MW y desde julio de 2006 con 29,8 MW (MEER, Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, 2013).



*Figura 52 - Proyecto de biomasa Ingenio la Troncal S.A (Ecudos S.A)*

*Fuente: ARCONEL*

#### **4.7.4. Proyecto de Biogás Pichacay**

En la provincia del Azuay, el proyecto Pichacay está ubicado a 21 kilómetros de la ciudad de Cuenca y contempla el abastecimiento de la demanda de energía nacional a través del sistema de biogás aplicado en el relleno sanitario Pichacay, resultando una potencia de 2MW. La construcción de este proyecto contempla la perforación de 30 pozos profundos para extraer el biogás y conducirlo hasta el sistema que elimina su humedad, que posteriormente canaliza el producto por

una tubería de polietileno de alta densidad, conectada a dos motores generadores de 1MW de potencia cada uno inicio su operación en 2015, (ARCONEL, 2016).



*Figura 53 - Proyecto de biogás Pichacay Cuenca*

*Fuente: ARCONEL*

En la *Tabla 20* se muestra en resumen los proyectos de biomasa en operación en el Ecuador.

<i>Proyecto en Operación de Biomasa</i>			
<i>Empresa</i>	<i>Ubicación Provincia-Cantón</i>	<i>Tipo de Generación</i>	<i>Potencia (MW)</i>
<i>Ingenio San Carlos S.A</i>	<i>Marcelino Maridueña-Guayas</i>	<i>Biomasa</i>	<i>78</i>
<i>Ingenio Valdez</i>	<i>Milagro-Guayas</i>	<i>Biomasa</i>	<i>36.5</i>
<i>Ingenio La Troncal</i>	<i>El Cañar-La Troncal</i>	<i>Biomasa</i>	<i>29.8</i>
<i>Zorg Biogas AG</i>	<i>Azuay-Pichacay</i>	<i>Biogás</i>	<i>2</i>
<i>Total</i>			<i>146.3</i>

*Tabla 20 - Proyecto de Biomasa en Ecuador*

*Fuente: ARCONEL*

#### **4.8. Proyectos Hidroeléctricos en el Ecuador**

A continuación se muestran en tablas los proyectos hidroeléctricos del Ecuador clasificándolos por su potencia, en el *Anexo 4* se muestran los Proyectos de Energía Hidráulicas Menores 1 MW, el mismo que incluye un listado con 76 proyectos

hidroeléctricos menores a 1 MW, con sus principales características tabuladas, que totalizan 21,35 MW.

En el *Anexo 5* se muestra los Proyectos de Energía Hidráulicas Entre 1 y 9,99 MW, contiene información resumida de 39 proyectos hidroeléctricos con potencias comprendidas entre 1,20 y 9,80 MW; totalizando 200,77 MW de capacidad.

En el *Anexo 6*, los Proyectos de Energía Hidráulicas Entre 10 y 49,99 MW, contiene información resumida de 50 proyectos hidroeléctricos con potencias comprendidas entre 10,0 y 47,8 MW; totalizando 1.215,2 MW de capacidad.

Y por último en el *Anexo 7* se aprecia los Proyectos de Energía Hidráulicas Mayores a 50 MW, contiene información resumida de 25 proyectos hidroeléctricos con potencias comprendidas entre 51,1 y 3.600,0 MW; totalizando 10.903,9 MW de capacidad. En la *Tabla 21* se muestra en resumen la cantidad de proyectos según la potencia que producen junto al total de potencia con la que aportan.

<i>Orden</i>	<i>Proyectos Hidroeléctricos</i>	<i>Cantidad</i>	<i>MW</i>
<b>1</b>	<i>Menores a 1 MW</i>	76	21,35
<b>2</b>	<i>Entre 1 y 9,99 MW</i>	39	200,77
<b>3</b>	<i>Entre 10 y 49,99 MW</i>	50	1215,2
<b>4</b>	<i>Mayores a 50 MW</i>	25	10903,9
	<i>Total</i>	190	12341,22

*Tabla 21 - Resumen de los proyectos hidroeléctricos*

*Fuente: El Autor*

#### **4.9. Resumen de las fases en que se encuentran cada energía renovable**

A continuación se presentan en la *Tabla 22*, *Tabla 23* y *Tabla 24* un resumen de la cantidad y potencia de cada energía renovable que se encuentran en diferentes fases ya sean en estudios de construcción y operación.

<i>Orden</i>	<i>Tipos de Energías</i>	<i>Cantidad</i>	<i>MW</i>
<b>1</b>	<i>Geotérmico</i>	5	1023
<b>2</b>	<i>Eólico</i>	5	170
	<i>Total</i>	10	1193

*Tabla 22 - Resumen de los Proyectos de Energías Renovables en Fase de Estudios*

*Fuente: El Autor*

<i>Orden</i>	<i>Tipos de Energías</i>	<i>Cantidad</i>	<i>MW</i>
<b>1</b>	<i>Hidroeléctricos</i>	5	780,4
<b>2</b>	<i>Térmico/solar</i>	1	2,54
	<i>Total</i>	6	782,94

*Tabla 23 - Resumen de los Proyectos de Energías Renovables en Fase de Construcción*

*Fuente: El Autor*

<i>Orden</i>	<i>Tipos de Energías</i>	<i>Cantidad</i>	<i>MW</i>
<b>1</b>	<i>Hidroeléctricos</i>	194	14394,24
<b>2</b>	<i>Biomasa</i>	4	146,3
<b>3</b>	<i>Solar Fotovoltaica</i>	26	25,07
<b>4</b>	<i>Eólica</i>	3	21,15
	<i>Total</i>	224	14586,76

*Tabla 24 - Resumen de los Proyectos de Energías Renovables en Operación*

*Fuente: El Autor*

#### **4.10. Análisis de las energías renovables no convencionales en el**

##### **Ecuador**

En el Ecuador hay una gran variedad de recursos renovables para la producción de energía limpia, recursos que pueden estar siendo poco aprovechados, salvo el hidráulico, mereciendo estos una atención importante. En este trabajo se ha tratado de analizar cada una de estas fuentes energéticas, con las limitaciones de información que presentan, para proponer la energía más factible de trabajar. De entre las adoptables están la geotérmica, biomasa, eólica y fotovoltaica. La geotérmica es una fuente de energía presente en el Ecuador por estar rodeado de volcanes activos, esta tiene un alto potencial de generación de electricidad. Por lo tanto, al ser una fuente de energía base,

se podría complementar con la hidroeléctrica para compensar la variación en el sistema eléctrico del país. El potencial geotérmico que actualmente se tiene en los cinco sitios de estudio está cercano a 1023 MW, distribuidos en Tufiño-Chiles (138 MW), Chachimbiro (113 MW), Chalupas (282MW), Chacana (483MW) y Chalpatan (MW) y muchos otros lugares que por falta de estudios no se han presentado.

Otro tipo de generación eléctrica en la que se podría apostar es la biomasa, al ser un país con alta producción agrícola y ganadera. La biomasa ha sido tomada en cuenta como una opción muy válida para la producción de energía eléctrica utilizando los residuos de animales y vegetales como es el caso de algunas plantaciones que generan cascarilla de arroz, bagazo de la caña de azúcar, e incluso habrían de considerarse los residuos urbanos.

Por otra parte, en el Ecuador también existe potencial de generación eléctrica con la eólica, por las partes altas de las montañas y emplazamientos cerca de la costa; muchos de estos vientos se deben a la presencia de la Cordillera de los Andes y el Océano Pacífico que establece unas gradientes térmicas que permiten la formación de vientos, sin embargo el país no cuenta con estudios específicos de las velocidades de vientos, las variaciones diarias, mensuales y estacionales para poder determinar el potencial específico de cada zona y hacer una estimación de la capacidad energética que esto conlleva. La eólica es una de las energías renovables más variables a corto plazo, pues el viento varía de forma drástica y aleatoria. Finalmente esta la fotovoltaica, que otorga una ventaja al Ecuador por estar ubicado en la línea ecuatorial, ya que la radiación solar es homogénea en intensidad a lo largo del año, esto permite una estabilidad en las estructuras de los sistemas fotovoltaicos y que la energía solar es aprovechada sin grandes variaciones. La mayor parte del territorio ecuatoriano tiene un potencial anual promedio de 4,4 a 4,7 kWh/m<sup>2</sup>/d en radiación solar. Entre los

lugares con mayor potencial se encuentran la ciudad de Quito, el cantón Sigchos y Pedernales, el sur del cantón Zapotillo, el oeste del mismo cantón y el cantón Macará.

Por consiguiente, al analizar entre las cuatro opciones de energía presentadas, se cree conveniente escoger a la Fotovoltaica como fuente de energía renovable por diferentes razones que favorecerían el desarrollo energético sostenible del Ecuador. Entre estas razones se pueden mencionar el importante crecimiento mundial que ha tenido este tipo de energía; los aceptables índices de radiación en el país anteriormente descritos junto con la ventaja de la homogeneidad en intensidad de radiación solar durante todo el año debido a la ubicación territorial del Ecuador. Por último, se debe también resaltar la factibilidad de incorporación de este sistema de producción eléctrica por el apoyo gubernamental que se está generando hasta el momento en el Ecuador, y que se espera avance favorablemente en los próximos años.

## **CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. Conclusiones**

- La energía hidroeléctrica es la principal fuente renovable utilizada en el país, sin embargo existe gran potencial para el aprovechamiento de otros tipos de energías renovables no convencionales, pudiendo satisfacer con estas la gran parte de demanda de energía actual.
- El uso de energías renovables del país permite crear nuevas oportunidades económicas y brinda mayor acceso a la energía, diversifica las fuentes de generación y aumenta la seguridad energética, mejorando el bienestar e índices de desarrollo en los países que las implementan.
- Es importante para el Ecuador diversificar sus fuentes de generación eléctrica para evitar un aumento significativo en emisiones del CO<sub>2</sub> y reducir la vulnerabilidad del sistema ante posibles efectos del cambio climático.
- En los últimos años, a partir de la implementación de la nueva Matriz Energética en el Ecuador la energía proveniente de la Biomasa es la que con mayor cantidad se utiliza, seguida de la Fotovoltaica y Eólica.
- Los proyectos de energía renovable no convencional han sido implementado principalmente en las zonas rurales de país, constituyéndose en elementos que contribuyen a mejorar la calidad de vida de las personas que viven en esos sectores.

- La meta propuesta por el Plan Nacional del Buen Vivir no logro alcanzarse debido a que su objetivo el cual era Alcanzar hasta el año 2013 el 6% de participación de energías alternativas en el total de la capacidad instalada hasta fecha, el mismo que solo llego al 2,35%.

## 5.2. Recomendaciones

- Evitar la contaminación y la producción de gases de efecto invernadero, apoyando acciones en pro del medio ambiente. También haciendo uso lo menor posible de combustibles fósiles y más uso de energías renovables.
- Una vez que los proyectos emblemáticos del país estén en marcha, es preciso hacer un análisis de oferta y demanda, para establecer que plantas térmicas podría inhabilitarse o que entren en una etapa de mantenimiento, quedando así listas y prestas para en cualquier momento entrar en funcionamiento.
- Socializar las experiencias positivas que se tiene sobre la implementación de los proyectos de energía renovable no convencional aplicados sobre todo en las zonas rurales del Ecuador.
- 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.
- Realizar por parte de los entes de Electricidad una planificación en la que se pueda cumplir con el objetivo de la meta propuesta por el Plan Nacional del Buen Vivir.

## BIBLIOGRAFIA

- AG, R. A. (2006). *Renewables Academy AG*. Obtenido de *Renewables Academy AG*:  
[http://www.renacmexico.com/fileadmin/user\\_upload/Download/RENAC\\_Mexico/Introduccion\\_fotovoltaiica.pdf](http://www.renacmexico.com/fileadmin/user_upload/Download/RENAC_Mexico/Introduccion_fotovoltaiica.pdf)
- Agency, I. E. (2016). *International Energy Agency*. Obtenido de <https://www.iea.org>
- ARCONEL. (2016). Obtenido de <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/>
- ARCONEL. (s.f.). *Estadística del sector eléctrico ecuatoriano*. Obtenido de <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/estadistica-del-sector-electrico/>
- Canarias, I. T. (2008).
- Cisneros, B. E. (2001). *La Contaminación Ambiental en México*. Mexico: Limusa.
- CONELEC. (2009). *Plan Maestro de Electrificación del Ecuador*. Obtenido de <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/10/PME0920CAP6.pdf>
- DÁVILA, J. M. (2014). Obtenido de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0796\\_M.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0796_M.pdf)
- DeJuana, J. M. (2003). *Energías Renovables para el Desarrollo*. Madrid: Paraninfo.
- EDIECUATORIAL. (Octubre de 2007). *Proyecto Eólico San Cristóbal*. Obtenido de <http://www.ergal.org>
- EPEC. (2006). Obtenido de [www.epec.com.ar](http://www.epec.com.ar)
- ERGAL. (2010). *Energía Renovable Para Galapagos* . Obtenido de <http://www.ergal.org>
- INER. (2016). *Iner*. Obtenido de <http://www.iner.gob.ec/biomasa/>
- LaGeo. (2017). *FundaGeo*. Obtenido de <http://www.lageo.com.sv/?cat=1009>
- Laxtron. (2006). Obtenido de [www.laxtron.com/eo1.html](http://www.laxtron.com/eo1.html)
- MEER. (2007). *ATLAS EOLICO*. Obtenido de <http://www.energia.gob.ec/>
- MEER. (2008). *ATLAS SOLAR*. Obtenido de <http://www.energia.gob.ec/>
- MEER. (2013). *Ministerio de Electricidad y Energías Renovables*. Obtenido de <http://www.energia.gob.ec/>
- RENOVETEC. (2013). *Plantas de Biomasa*. Obtenido de <http://www.plantasdebiomasa.net/que-es-la-biomasa.html>
- SectoresEstratégicos, M. C. (2016). *Agenda Nacional de Energía 2016-2040*. Obtenido de <http://www.sectoresestrategicos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/10/AGENDA-DE-ENERGIA-2016-2040-vf.pdf>
- Twenergy. (2012). *Twenergy*. Obtenido de <https://twenergy.com/a/que-es-la-energia-mareomotriz-588>

# ANEXOS

**Anexo 1 - Producción Bruta Total de Energía en el SIN (GWh)**

	<i>Ene.</i>	<i>Feb.</i>	<i>Mar.</i>	<i>Abr.</i>	<i>May.</i>	<i>Jun.</i>	<i>Jul.</i>	<i>Ago.</i>	<i>Sep.</i>	<i>Oct.</i>	<i>Nov.</i>	<i>Dic.</i>	<i>ANUAL</i>
GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA	804,69	869,59	1 229,21	1 270,43	1 541,13	1 447,11	1 464,35	1 453,66	1 392,85	1 290,32	1 133,18	1 118,80	15 015,32
GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA	1 052,93	876,71	820,13	545,81	444,22	419,35	341,30	375,66	378,10	512,68	615,98	760,34	7 143,21
GENERACIÓN NO CONVENCIONAL	81,72	83,36	89,91	72,13	73,33	74,36	92,37	90,30	92,87	92,55	99,82	115,01	1 057,73
IMPORTACIÓN COLOMBIA	10,91	18,79	0,05	1,00	0,82	0,33	0,12	3,23	5,65	2,04	0,82	0,15	43,91
IMPORTACIÓN PERÚ	15,02	19,89	2,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	37,88
TOTAL	1 965,27	1 868,34	2 142,27	1 889,37	2 059,50	1 941,15	1 898,14	1 922,85	1 869,47	1 897,59	1 849,80	1 994,30	23 298,05

*Fuente: CENACE 2016*

**Anexo 2 - Producción Neta de Energía en el SIN (GWh)**

	<i>Ene.</i>	<i>Feb.</i>	<i>Mar.</i>	<i>Abr.</i>	<i>May.</i>	<i>Jun.</i>	<i>Jul.</i>	<i>Ago.</i>	<i>Sep.</i>	<i>Oct.</i>	<i>Nov.</i>	<i>Dic.</i>	<i>ANUAL</i>
GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA	794,27	860,42	1 222,99	1 267,63	1 536,94	1 444,36	1 462,34	1 446,77	1 386,71	1 284,17	1 123,20	1 107,78	14 937,59
GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA	1013,22	843,78	787,63	525,17	428,33	404,06	328,16	362,41	366,39	495,76	595,42	736,54	6 886,86
GENERACIÓN NO CONVENCIONAL	81,72	83,36	89,91	72,13	73,33	74,36	92,37	90,30	92,87	92,55	99,82	115,01	1 057,73
IMPORTACIÓN COLOMBIA	10,82	18,58	0,05	0,96	0,82	0,32	0,12	3,21	5,91	2,02	0,83	0,16	43,51
IMPORTACIÓN PERÚ	14,98	19,81	2,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	37,75
<b>TOTAL</b>	<b>1 915,01</b>	<b>1 825,95</b>	<b>2 103,55</b>	<b>1 865,89</b>	<b>2 039,42</b>	<b>1 923,10</b>	<b>1 883,00</b>	<b>1 902,69</b>	<b>1 851,58</b>	<b>1 874,50</b>	<b>1 819,26</b>	<b>1 959,49</b>	<b>22 963,44</b>

*Fuente: CENACE 2016*

**Anexo 3 - Estadísticas fotovoltaica funcionando en el Ecuador**

<i>Tipo de Generación</i>	<i>Empresa</i>	<i>Ubicación Provincia-Cantón</i>	<i>Central</i>	<i>Potencia Efectiva (1(MW)</i>
<b>Fotovoltaica</b>	<i>Ergal</i>	<i>Galápagos – Puerto Velasco</i>	<i>Isla Floreana</i>	<i>0,0249</i>
	<i>Ergal</i>	<i>Galápagos- Santa Cruz</i>	<i>Isla Baltra</i>	<i>0,067</i>
	<i>Ergal</i>	<i>Galápagos- Santa Cruz</i>	<i>Puerto Ayora</i>	<i>1.5</i>
	<i>Altgenotec</i>	<i>Guayas-Cerecita</i>	<i>Altgenotec</i>	<i>0.99</i>
	<i>Brineforcorp</i>	<i>Manabí-San Vicente</i>	<i>Brineforcorp</i>	<i>1.00</i>
	<i>Electrisol</i>	<i>Pichincha- PedroMoncayo</i>	<i>Paneles Electrisol</i>	<i>1.00</i>
	<i>Enersol</i>	<i>Manabi-Jaramijo</i>	<i>Enersol 1-500</i>	<i>0.49</i>
	<i>Epfotovoltaica</i>	<i>Cotopaxi-Mulalo</i>	<i>Mulalo</i>	<i>0.98</i>
	<i>Epfotovoltaica</i>	<i>Cotopaxi-Mulalo</i>	<i>Pastocalle</i>	<i>1.00</i>
	<i>Genrenotec</i>	<i>Guayas-Cerecita</i>	<i>Genrenotec</i>	<i>0.99</i>
	<i>Gonzanergy</i>	<i>Loja-Gonzanama</i>	<i>Gonzanergy</i>	<i>1.00</i>
	<i>Gransolar</i>	<i>Salinas</i>	<i>Salinas</i>	<i>2.00</i>
	<i>Tren Salina</i>	<i>Imbabura-San Miguel de Urcuqui</i>	<i>Tren Salinas</i>	<i>1.00</i>
	<i>Lojaenergy</i>	<i>Loja-Catamayo</i>	<i>Lojaenergy</i>	<i>0.70</i>
	<i>Renovaloja</i>	<i>Loja-Catamayo</i>	<i>Renovaloja</i>	<i>0.70</i>
	<i>Sabiangosolar</i>	<i>Loja-Macara</i>	<i>Sabiano Solar</i>	<i>0.72</i>
	<i>San Pedro</i>	<i>Loja-Gonzanama</i>	<i>San Pedro</i>	<i>1.00</i>
	<i>Sanersol</i>	<i>El Oro-Santa Rosa</i>	<i>Sanersol</i>	<i>1.00</i>
	<i>Sansau</i>	<i>Guayas-Salitres</i>	<i>Sansau</i>	<i>1.00</i>
	<i>Saracaysol</i>	<i>El Oro-Santa Rosa</i>	<i>Saracaysol</i>	<i>1.00</i>
	<i>Solchacras</i>	<i>El Oro-Arenilla</i>	<i>Solchacras</i>	<i>1.00</i>
	<i>Solhuaqui</i>	<i>El Oro-Arenilla</i>	<i>Solhuaqui</i>	<i>1.00</i>
	<i>Solsantonio</i>	<i>El Oro-Arenilla</i>	<i>Solsantonio</i>	<i>1.00</i>
	<i>Solsantros</i>	<i>El Oro-Santa Rosa</i>	<i>Solsantros</i>	<i>1.00</i>
	<i>Surenergy</i>	<i>Loja-Catamayo</i>	<i>Surenergy</i>	<i>1.00</i>
	<i>Valsolar</i>	<i>Imbabura-Pimampiro</i>	<i>Central Paragachi</i>	<i>1.00</i>
	<i>Wildtecsa</i>	<i>Guayas-Salitres</i>	<i>Wildtecsa</i>	<i>1.00</i>
<i>Total Fotovoltaica</i>				<i>25.07</i>

*Fuente: ARCONEL 2015*

**Anexo 4 - Proyectos de Energía Hidráulicas Menores 1 MW en Ecuador**

<i>Nombre del Proyecto Hidroeléctrico</i>	<i>Rio</i>	<i>Potencia (MW)</i>	<i>Provincia</i>	<i>Cantón</i>
<b>Pindal</b>	<i>Alamor</i>	0,87	<i>Loja</i>	<i>Pindal</i>
<b>Yacuambi</b>	<i>Cambana</i>	0,87	<i>Zamora Chinchipe</i>	<i>Yacuambi</i>
<b>Pablo</b>	<i>Pablo</i>	0,86	<i>Carchi</i>	<i>Tulcán</i>
<b>Santa Rita-2</b>	<i>Bogotá</i>	0,81	<i>Esmeraldas</i>	<i>San Lorenzo</i>
<b>Victoria</b>	<i>Blanco - Victoria</i>	0,75	<i>Santo Domingo de los Tsáchilas</i>	<i>Santo Domingo de los Tsáchilas</i>
<b>Balsas</b>	<i>Moro-Moro</i>	0,72	<i>El Oro</i>	<i>Balsas</i>
<b>Tabla-Pata</b>	<i>Toachi</i>	0,71	<i>Cotopaxi</i>	<i>Pujili</i>
<b>Cuyes (2)</b>	<i>Cuyes</i>	0,64	<i>Morona Santiago</i>	<i>Gualaquiza</i>
<b>La Carolina</b>	<i>San Jerónimo</i>	0,64	<i>Imbabura</i>	<i>Ibarra</i>
<b>Linares</b>	<i>Sardinas Grande</i>	0,57	<i>Napo</i>	<i>El Chaco</i>
<b>Sigchos (2)</b>	<i>Toachi</i>	0,56	<i>Cotopaxi</i>	<i>Sigchos</i>
<b>Manú</b>	<i>Manú</i>	0,54	<i>Loja</i>	<i>Saraguro</i>
<b>Quinde</b>	<i>Quinde</i>	0,54	<i>Imbabura</i>	<i>Otavalo</i>
<b>Ayapamba</b>	<i>Calera</i>	0,52	<i>El Oro</i>	<i>Zaruma</i>
<b>Pano</b>	<i>Pano</i>	0,52	<i>Napo</i>	<i>Tena</i>
<b>San Vicente</b>	<i>San Vicente</i>	0,49	<i>Cañar</i>	<i>Cañar</i>
<b>Gualel</b>	<i>Gualel</i>	0,44	<i>Loja</i>	<i>Loja</i>
<b>P.V. Maldonado</b>	<i>Caoni</i>	0,42	<i>Pichincha</i>	<i>Pedro V Maldonado</i>
<b>Catamayo</b>	<i>Catamayo</i>	0,4	<i>Loja</i>	<i>Macará</i>
<b>Alamor</b>	<i>Alamor</i>	0,38	<i>Loja</i>	<i>Pindal</i>
<b>Las Juntas (2)</b>	<i>Las Juntas</i>	0,37	<i>Cotopaxi</i>	<i>Sigchos</i>
<b>La Papaya (1)</b>	<i>Canal de Riego</i>	0,36	<i>Loja</i>	<i>Saraguro</i>
<b>Yangana</b>	<i>Yangana</i>	0,36	<i>Loja</i>	<i>Loja</i>
<b>Facundo Vela</b>	<i>Sinde</i>	0,35	<i>Bolívar</i>	<i>Guaranda</i>
<b>Santa Rosa</b>	<i>Santa Rosa</i>	0,31	<i>Napo</i>	<i>El Chaco</i>
<b>Rumipamba</b>	<i>Pita</i>	0,30	<i>Pichincha</i>	<i>Rumiñahui</i>
<b>Loreto (2)</b>	<i>Suno</i>	0,3	<i>Orellana</i>	<i>Loreto</i>
<b>Acho</b>	<i>Bomboiza</i>	0,29	<i>Morona Santiago</i>	<i>Limón Indanza</i>
<b>Cuellaje-2</b>	<i>San Joaquín</i>	0,28	<i>Imbabura</i>	<i>Cotacachi</i>
<b>Chical</b>	<i>Pablo - Blanco</i>	0,26	<i>Carchi</i>	<i>Tulcán</i>

<b>Chilla</b>	<i>Chillayacu</i>	0,25	<i>El Oro</i>	<i>Zaruma</i>
<b>Golondrinas</b>	<i>Agua Clara</i>	0,24	<i>Esmeraldas</i>	<i>Eloy Alfaro</i>
<b>Sn. Fco. Sigsipamba</b>	<i>Blanco</i>	0,24	<i>Imbabura</i>	<i>Pimampiro</i>
<b>El C. de Pijili</b>	<i>Pucul</i>	0,24	<i>Azuay</i>	<i>Santa Isabel</i>
<b>Untal</b>	<i>Cumbe</i>	0,23	<i>Carchi</i>	<i>Tulcán</i>
<b>Lita-Cristal</b>	<i>Cristal</i>	0,23	<i>Esmeraldas</i>	<i>San Lorenzo</i>
<b>Taquil</b>	<i>Limón</i>	0,21	<i>Loja</i>	<i>Loja</i>
<b>Jatuncama</b>	<i>Jatuncama</i>	0,2	<i>Cotopaxi</i>	<i>Sigchos</i>
<b>Sabiango</b>	<i>Sabiango</i>	0,2	<i>Loja</i>	<i>Macará</i>
<b>Carlos Concha</b>	<i>Huele</i>	0,18	<i>Esmeraldas</i>	<i>Esmeraldas</i>
<b>Angochagua</b>	<i>Tahuanduro</i>	0,18	<i>Imbabura</i>	<i>Ibarra</i>
<b>Lita-Baboso</b>	<i>Baboso</i>	0,18	<i>Carchi</i>	<i>Tulcán</i>
<b>Ricaurto</b>	<i>Tululvi</i>	0,17	<i>Esmeraldas</i>	<i>San Lorenzo</i>
<b>Chiguinda</b>	<i>Vinoyacu</i>	0,16	<i>Morona Santiago</i>	<i>Gualaquiza</i>
<b>Las Lajas</b>	<i>Las Lajas</i>	0,16	<i>El Oro</i>	<i>Las Lajas</i>
<b>Chiriboga</b>	<i>Saloya</i>	0,15	<i>Pichincha</i>	<i>Los Bancos</i>
<b>Cañi</b>	<i>Cañi</i>	0,15	<i>Chimborazo</i>	<i>Colta</i>
<b>Jimbilla</b>	<i>Jimbilla</i>	0,14	<i>Loja</i>	<i>Loja</i>
<b>San Carlos de Limón</b>	<i>Yacutaza</i>	0,14	<i>Morona Santiago</i>	<i>San Juan Bosco</i>
<b>Manga-Urcu</b>	<i>Cazaderos</i>	0,13	<i>Loja</i>	<i>Zapotillo</i>
<b>Pataqui</b>	<i>Pataqui</i>	0,13	<i>Imbabura</i>	<i>Otavalo</i>
<b>Chontapunta-1</b>	<i>Bueno</i>	0,12	<i>Napo</i>	<i>Tena</i>
<b>Guallupe</b>	<i>Guallupe</i>	0,12	<i>Imbabura</i>	<i>Ibarra</i>
<b>Telembi</b>	<i>Zapotillo</i>	0,12	<i>Esmeraldas</i>	<i>Eloy Alfaro</i>
<b>Chontapunta-2</b>	<i>Humayacu</i>	0,12	<i>Napo</i>	<i>Tena</i>
<b>Cochaloma</b>	<i>Cumbijin</i>	0,11	<i>Cotopaxi</i>	<i>Sigchos</i>
<b>Hualchán</b>	<i>Blanco</i>	0,11	<i>Carchi</i>	<i>Mira</i>
<b>5 de junio</b>	<i>Huimbi</i>	0,11	<i>Esmeraldas</i>	<i>San Lorenzo</i>
<b>La M. De Jondachi</b>	<i>Urcusique</i>	0,11	<i>Napo</i>	<i>Archidona</i>
<b>Monjas</b>	<i>Tabla Yacu</i>	0,1	<i>Bolívar</i>	<i>Guaranda</i>
<b>Sinaí</b>	<i>Ambusha</i>	0,1	<i>Morona Santiago</i>	<i>Morona</i>
<b>Sn Pablo de Amalí</b>	<i>Limón</i>	0,1	<i>Bolívar</i>	<i>Chillanes</i>
<b>Juan de Velasco</b>	<i>Pangor</i>	0,1	<i>Chimborazo</i>	<i>Colta</i>
<b>Goaltal</b>	<i>Blanco</i>	0,09	<i>Carchi</i>	<i>Espejo</i>
<b>Urbina</b>	<i>Cachabi</i>	0,09	<i>Esmeraldas</i>	<i>San Lorenzo</i>

<b>Chaupi</b>	<i>Blanco-San Pedro</i>	0,08	<i>Pichincha</i>	<i>Mejía</i>
<b>Santa Rosa</b>	<i>Wapula</i>	0,08	<i>Morona Santiago</i>	<i>Morona</i>
<b>La Bocana</b>	<i>Piedras</i>	0,07	<i>El Oro</i>	<i>Piñas</i>
<b>Díaz de Pineda</b>	<i>Bombón</i>	0,07	<i>Napo</i>	<i>El Chaco</i>
<b>Arajuno</b>	<i>Arajuno</i>	0,05	<i>Napo</i>	<i>Tena</i>
<b>Zumbagua-1</b>	<i>Zumbagua</i>	0,04	<i>Cotopaxi</i>	<i>Pujilí</i>
<b>Zumbagua-2</b>	<i>Zumbagua</i>	0,04	<i>Cotopaxi</i>	<i>Pujilí</i>
<b>La Victoria</b>	<i>Las Lajas</i>	0,04	<i>El Oro</i>	<i>Las Lajas</i>
<b>Miguir</b>	<i>Miguir</i>	0,04	<i>Azuay</i>	<i>Cuenca</i>
<b>Cusubamba</b>	<i>Nagsiche</i>	0,03	<i>Cotopaxi</i>	<i>Salcedo</i>
<b>Shuar Tüink</b>	<i>Kapuis</i>	0,02	<i>Morona Santiago</i>	<i>San Juan Bosco</i>
<b>Subtotal</b>	76	21,4		

*Fuente: ARCONEL 2015*

**Anexo 5 - Proyectos de Energía Hidráulicas Entre 1 Y 9,99 MW en Ecuador**

<i>Nombre del Proyecto Hidroeléctrico</i>	<i>Río</i>	<i>Potencia (MW)</i>	<i>Provincia</i>	<i>Cantón</i>
<i>Alambi</i>	<i>Alambi</i>	9,8	<i>Pichincha</i>	<i>Quito</i>
<i>San Pedro II</i>	<i>San Pedro</i>	9,50	<i>Pichincha</i>	<i>Quito</i>
<i>San Francisco II</i>	<i>San francisco</i>	9,40	<i>Azuay</i>	<i>Santa Isabel</i>
<i>Tandapi</i>	<i>Pilatón</i>	8,90	<i>Pichincha</i>	<i>Mejía</i>
<i>Lucarqui</i>	<i>Catamayo</i>	8,80	<i>Loja</i>	<i>Sozoranga</i>
<i>Echeandia Bajo</i>	<i>Soloma</i>	8,40	<i>Bolívar</i>	<i>Echeandia</i>
<i>Uchucay</i>	<i>Uchucay</i>	8,40	<i>Loja</i>	<i>Saraguro</i>
<i>Balsapamba</i>	<i>Cristal</i>	8,10	<i>Los Ríos</i>	<i>Montalvo</i>
<i>Blanco 2</i>	<i>Toachi</i>	8	<i>Los Ríos</i>	<i>Valencia</i>
<i>Mandur</i>	<i>Mandur</i>	7,8	<i>Azuay</i>	<i>Nabón</i>
<i>Palmar</i>	<i>San Miguel</i>	7,8	<i>Carchi</i>	<i>Bolívar</i>
<i>Alausi</i>	<i>Alausi-Guasuntos</i>	7,5	<i>Chimborazo</i>	<i>Chuchi</i>
<i>Cebadas</i>	<i>Cebadas</i>	6,95	<i>Chimborazo</i>	<i>Guámote</i>
<i>Casacay</i>	<i>Casacay</i>	6,1	<i>El Oro</i>	<i>Pasaje</i>
<i>Lachas</i>	<i>Lachas</i>	6	<i>Esmeraldas</i>	<i>San Lorenzo</i>
<i>Tomebamba</i>	<i>Tomebamba</i>	6	<i>Azuay</i>	<i>Cuenca</i>
<i>Vivar</i>	<i>Vivar</i>	5,9	<i>Azuay</i>	<i>Pucará</i>
<i>Collay</i>	<i>Collay</i>	5,8	<i>Azuay</i>	<i>Cuenca</i>
<i>Oña</i>	<i>Oña</i>	5,3	<i>Azuay</i>	<i>Oña</i>
<i>Tandayapa</i>	<i>Alambí</i>	4,88	<i>Pichincha</i>	<i>Quito</i>
<i>Pucayacu I</i>	<i>Quindigua</i>	4,8	<i>Cotopaxi</i>	<i>Pujilí</i>
<i>Huarhuallá</i>	<i>Huarhuallá</i>	4,6	<i>Chimborazo</i>	<i>Riobamba</i>
<i>Ambato</i>	<i>Ambato</i>	4	<i>Tungurahua</i>	<i>Ambato</i>
<i>Chimbo-Guaranda</i>	<i>Llangama</i>	3,8	<i>Bolívar</i>	<i>Guaranda</i>
<i>La Concepción</i>	<i>Santiaguillo</i>	3,17	<i>Carchi</i>	<i>Mira</i>
<i>Rircay</i>	<i>Rircay</i>	3,1	<i>Azuay</i>	<i>Santa Isabel</i>
<i>Solanda</i>	<i>Solanda</i>	3	<i>Loja</i>	<i>Loja</i>
<i>Monte Nuevo</i>	<i>Toachi Grande</i>	3	<i>Cotopaxi</i>	<i>Sigchos</i>
<i>El Laurel</i>	<i>La Plata</i>	2,37	<i>Carchi</i>	<i>Tulcán</i>
<i>Chuquiragua</i>	<i>Chuquiragua</i>	2,35	<i>Cotopaxi</i>	<i>Pujilí</i>
<i>Nanguipa</i>	<i>Nanguipa</i>	2,3	<i>Zamora Chinchipe</i>	<i>Centinela del Cóndor</i>
<i>Ganancay</i>	<i>Ganancay</i>	2,29	<i>Loja</i>	<i>Saraguro</i>
<i>Mayaicu</i>	<i>Mayaicu</i>	2,27	<i>Zamora Chinchipe</i>	<i>Paquisha</i>
<i>Puente del Inca</i>	<i>Catamayo</i>	2,02	<i>Loja</i>	<i>Catamayo</i>
<i>Gala</i>	<i>Gala</i>	1,92	<i>Azuay</i>	<i>Ponce Enríquez</i>

<i><b>Pan de Azúcar</b></i>	<i>Nanguipa</i>	<i>1,85</i>	<i>Morona Santiago</i>	<i>San Juan Bosco</i>
<i><b>Campo Bello</b></i>	<i>Suquibi</i>	<i>1,7</i>	<i>Bolívar</i>	<i>Guaranda</i>
<i><b>Salunguire</b></i>	<i>Salunguire</i>	<i>1,7</i>	<i>Bolívar</i>	<i>Chillanes</i>
<i><b>Vacas Galindo 1</b></i>	<i>Intag</i>	<i>1,2</i>	<i>Imbabura</i>	<i>Cotacachi</i>
<i><b>Subtotal</b></i>	<i>39</i>	<i>200,77</i>		

*Fuente: ARCONEL 2015*

**Anexo 6 - Proyectos de Energía Hidráulicas Entre 10 Y 49,99 MW en Ecuador**

<i>Nombre del Proyecto Hidroeléctrico</i>	<i>Rio</i>	<i>Potencia (MW)</i>	<i>Provincia</i>	<i>Cantón</i>
<b>Mira 2</b>	Mira	47,8	Carchi	Mira
<b>Cinto</b>	Saloya/Cinto	45,8	Pichincha	Los Bancos
<b>Santa Rosa</b>	Alambi	45,2	Pichincha	Quito
<b>Mira</b>	Mira	41	Carchi	Mira
<b>Pamplona</b>	Intag	40,5	Imbabura	Cotacachi
<b>La Barquilla</b>	Chingual	40,1	Sucumbíos	Cáscales
<b>Guayabal</b>	Mira	39,8	Carchi	Mira
<b>Numbalá</b>	Numbalá	39,2	Zamora Chinchipe	Palanda
<b>Chalpi-I</b>	Papallacta	36,2	Napo	Quijos
<b>Puniyacu</b>	Puniyacu	36	Esmeraldas	San Lorenzo
<b>Negro II</b>	Negro	36	Esmeraldas	San Lorenzo
<b>Alluriquin</b>	Toachi	34,5	Santo Domingo de los Tsáchilas	Santo Domingo de los Colorados
<b>Yacuchaqui</b>	Toachi	32,2	Cotopaxi	Sigchos
<b>Milpe</b>	Blanco	31,9	Pichincha	Los Bancos
<b>Sucúa</b>	Tutanangoza	31,6	Morona Santiago	Sucúa
<b>Chingual</b>	Chingual	28,4	Sucumbios	Gonzalo Pizarro
<b>Gualleturo</b>	Cañar	27,7	Cañar	Cañar
<b>Udushapa I</b>	Udushapa	27,7	Azuay	Oña
<b>Sarapullo</b>	Sarapullo	27	Pichincha	Mejía
<b>Paquishapa</b>	Paquishapa	26	Loja	Saraguro
<b>Las Juntas</b>	Toachi	24,7	Cotopaxi	Sigchos
<b>Quijos-I</b>	Quijos	24,2	Napo	Quijos
<b>Chilma</b>	Chilma	23,7	Carchi	Tulcán
<b>Cosanga</b>	Cosanga	23,6	Ñapo	Quijos
<b>Udushapa II</b>	Udushapa	23,6	Azuay	Nabón
<b>Isinlivi</b>	Toachi	22	Cotopaxi	Sigchos
<b>Agua Clara</b>	Agua Clara	20	Esmeraldas	San Lorenzo
<b>El Ángel</b>	El Ángel	19,1	Carchi	Bolívar
<b>Misahualli-2</b>	Misahualli	19,1	Ñapo	Archidona
<b>Echeandia Alto</b>	Limón - Chazo Juan	18	Bolívar	Echeandia
<b>Corazón</b>	Corazón	18	Pichincha	Mejía
<b>Raura</b>	Cañar	16,7	Cañar	Cañar
<b>Susudel</b>	León	15,8	Azuay	Nabón

<b>Minde</b>	<i>Minde</i>	15,7	<i>Pichincha</i>	<i>Los Bancos</i>
<b>Blanco</b>	<i>Blanco</i>	15,5	<i>Carchi</i>	<i>Mira</i>
<b>Tambo</b>	<i>Cañar</i>	15,4	<i>Cañar</i>	<i>Cañar</i>
<b>Intag 1</b>	<i>Cristopamba-Apuela</i>	15,3	<i>Imbabura</i>	<i>Cotacachi</i>
<b>Guangaje</b>	<i>Toachi</i>	15,2	<i>Cotopaxi</i>	<i>Sigchos</i>
<b>Bombuscara</b>	<i>Bombuscara</i>	15	<i>Zamora Chinchipe</i>	<i>Zamora</i>
<b>Puela-2</b>	<i>Puela</i>	14,8	<i>Chimborazo</i>	<i>Penipe</i>
<b>Atenas</b>	<i>Sarapullo</i>	14,7	<i>Santo Domingo de los Tsáchilas</i>	<i>Santo Domingo de los Colorados</i>
<b>Shincata</b>	<i>Shincata</i>	14,3	<i>Azuay</i>	<i>Oña</i>
<b>Plata</b>	<i>La Plata</i>	14,2	<i>Carchi</i>	<i>Mira</i>
<b>Pangor 1</b>	<i>Pangor</i>	14	<i>Chimborazo</i>	<i>Colta</i>
<b>Chambo</b>	<i>Cebadas</i>	12,9	<i>Chimborazo</i>	<i>Riobamba</i>
<b>Caluma Bajo</b>	<i>Pita</i>	12	<i>Bolívar</i>	<i>Caluma</i>
<b>Bellavista</b>	<i>Alambi</i>	11,6	<i>Pichincha</i>	<i>Quito</i>
<b>Sigsipamba</b>	<i>Blanco</i>	10,9	<i>Imbabura</i>	<i>Pimampiro</i>
<b>El Burro</b>	<i>El Burro</i>	10,6	<i>Azuay</i>	<i>Girón</i>
<b>Bravo Grande</b>	<i>Bravo Grande</i>	10	<i>Esmeraldas</i>	<i>San Lorenzo</i>
<b>Subtotal</b>	50	1.215,20		

Fuente: ARCONEL 2015

**Anexo 7 - Proyectos de Energía Hidráulicas Mayores a 50 MW en Ecuador**

<i>Nombre del Proyecto Hidroeléctrico</i>	<i>Rio</i>	<i>Potencia (MW)</i>	<i>Provincia</i>	<i>Cantón</i>
<b>Zamora Santiago G8</b>	<i>Santiago</i>	<i>3.600,00</i>	<i>Morona Santiago</i>	<i>Tiwintza/Limón Indanza</i>
<b>Zamora Indanza G9</b>	<i>Zamora</i>	<i>2.320,00</i>	<i>Morona Santiago</i>	<i>Limón Indanza / San Juan Bosco</i>
<b>Verdeyacu Chico</b>	<i>Verdeyacu</i>	<i>1.172,00</i>	<i>Napo</i>	<i>Tena</i>
<b>Catachi</b>	<i>Mulatos</i>	<i>748</i>	<i>Napo</i>	<i>Tena</i>
<b>Chespí -Palma Real</b>	<i>Guayllabamba</i>	<i>468,00</i>	<i>Pichincha</i>	<i>Quito</i>
<b>Cedroyacu</b>	<i>Chalupas</i>	<i>270,00</i>	<i>Napo</i>	<i>Tena/Archidona</i>
<b>El Retomo</b>	<i>Zamora</i>	<i>261</i>	<i>Zamora Chinchipe</i>	<i>Zamora</i>
<b>Tortugo</b>	<i>Guayllabamba</i>	<i>201,00</i>	<i>Pichincha</i>	<i>Pedro V. Maldonado</i>
<b>Abitagua</b>	<i>Pastaza</i>	<i>198</i>	<i>Tungurahua/ Pastaza</i>	<i>Baños / Mera</i>
<b>Chontal</b>	<i>Guayllabamba</i>	<i>194</i>	<i>Imbabura / Pichincha</i>	<i>Cotacachi/Quito</i>
<b>Lligua-Muyo</b>	<i>Pastaza. Muyo</i>	<i>170</i>	<i>Tungurahua</i>	<i>Baños</i>
<b>Llurimaguas</b>	<i>Guayllabamba</i>	<i>162</i>	<i>Pichincha</i>	<i>Pedro V Maldonado</i>
<b>Chirapi</b>	<i>Guayllabamba</i>	<i>160</i>	<i>Pichincha</i>	<i>Quito</i>
<b>Calderón</b>	<i>Guayllabamba</i>	<i>147</i>	<i>Pichincha</i>	<i>Quito</i>
<b>Parambas</b>	<i>Mira</i>	<i>145</i>	<i>Imbabura / Carchi</i>	<i>Ibarra / Mira</i>
<b>Los Bancos</b>	<i>Blanco</i>	<i>92,2</i>	<i>Pichincha</i>	<i>Los Bancos</i>
<b>Palanda 2</b>	<i>Palanda</i>	<i>84,7</i>	<i>Zamora Chinchipe</i>	<i>Palanda</i>
<b>San Pedro</b>	<i>Guayllabamba</i>	<i>83,4</i>	<i>Pichincha</i>	<i>Quito</i>
<b>Las Cidras</b>	<i>Isimanchi</i>	<i>77,3</i>	<i>Zamora Chinchipe</i>	<i>Chinchipe</i>
<b>Jatunyacu</b>	<i>Jatunyacu</i>	<i>74,1</i>	<i>Napo</i>	<i>Tena</i>
<b>Lelia</b>	<i>Toachi</i>	<i>62,3</i>	<i>Santo Domingo de los Tsáchilas</i>	<i>Santo Domingo de los Colorados</i>
<b>Pilatón-Santa Ana</b>	<i>Pilatón-Sta. Ana-Chictoa</i>	<i>58,5</i>	<i>Pichincha</i>	<i>Mejía</i>
<b>Cubi</b>	<i>Guayllabamba</i>	<i>53</i>	<i>Pichincha</i>	<i>Quito</i>
<b>Cuyes</b>	<i>Cuyes</i>	<i>51,3</i>	<i>Morona Santiago</i>	<i>Gualaquiza</i>

<i><b>Isimanchi</b></i>	<i>Isimanchi</i>	<i>51,1</i>	<i>Zamora Chinchipe</i>	<i>Chinchipe</i>
<i><b>Subtotal</b></i>	<i>25</i>	<i>10.903,90</i>		

*Fuente: ARCONEL 2015*