# UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

## FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

## CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

# TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

**TEMA:**
**REVISIÓN DOCUMENTAL DE LA ENERGÍA EÓLICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL ECUADOR**


**AUTOR(ES):**

Masaquiza Masaquiza Joseline Uriana

Paladines Carrión Jenny María

**DOCENTE - TUTOR:**

Msc. Luis Alberto Uvidia Armijo



Puyo - Pastaza – Ecuador
2022

**FORMATO 4**
**APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**
**(Uno por cada evaluador)**

| En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos. | | |
|---|---|---|
| **Criterios** | **Puntaje** | **Argumentos de la calificación** |
| **1. TÍTULO** | | |
| El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito.<br>Genera expectativas de lectura que se cumplen. | 5/5 | El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito.<br>Genera expectativas de lectura que se cumplen. |
| **2. RESUMEN** | | |
| Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia.<br>Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones. | 5/5 | Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia.<br>Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones. |
| **3. INTRODUCCION** | | |
| Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa. | 19/20 | Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa. |
| **4. MARCO TEÓRICO** | | |
| Marco teórico coherente y articulado con los objetivos.<br>Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio.<br>Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad. | 15/15 | Marco teórico coherente y articulado con los objetivos.<br>Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio.<br>Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad. |
| **5. METODOLOGIA** | | |
| Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos.<br>Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información. | 15/15 | Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos.<br>Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información. |

| | | |
|---|---|---|
| **6. ANÁLISIS DE RESULTADOS** | | |
| Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc.<br>Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados.<br>El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras. | 25/25 | Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc.<br>Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados.<br>El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras. |
| **7. CONCLUSIONES** | | |
| Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados.<br>Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos. | 10/10 | Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados.<br>Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos. |
| **8. REFERENCIAS** | | |
| Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias.<br>Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa. | 5/5 | Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias.<br>Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa. |
| **VALORACIÓN TOTAL** | 99 | |

**DICTAMEN**

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

| **Recomendación** | **Marque con X** |
|---|---|
| Aprobar | x |
| No Aprobar | |
| CALIFICACIÓN | 99 |

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
VERONICA ISOLINA MASSON FIALLOS

Verónica Isolina Massón Fiallos

Nombre y apellido completo del docente PAR CIEGO

Dado en la ciudad de Puyo, a los 5 días del mes de agosto de 2022

**FORMATO 4**
**APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**
**(Uno por cada evaluador)**

| En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos. | | |
|---|---|---|
| **Criterios** | **Puntaje** | **Argumentos de la calificación** |
| **1. TÍTULO** | | |
| El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito.<br>Genera expectativas de lectura que se cumplen. | 5 | Título conciso genera expectativas a la lectura |
| **2. RESUMEN** | | |
| Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia.<br>Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones. | 4 | En el resumen la información presentada es adecuada y relevante |
| **3. INTRODUCCION** | | |
| Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa. | 18 | Describe la relevancia del tema de investigación |
| **4. MARCO TEÓRICO** | | |
| Marco teórico coherente y articulado con los objetivos.<br>Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio.<br>Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad. | 15 | El marco teórico es coherente y articulado con los objetivos |
| **5. METODOLOGIA** | | |
| Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos.<br>Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información. | 12 | Establece con claridad el procesamiento de la información |

| | | |
|---|---|---|
| **6. ANÁLISIS DE RESULTADOS** | | |
| Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc.<br>Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados.<br>El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras. | 22 | Los resultados y discusiones aún son escasos para el cumplimiento de los objetivos propuestos |
| **7. CONCLUSIONES** | | |
| Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados.<br>Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos. | 8 | Son claros acorde a los objetivos pero inconclusos |
| **8. REFERENCIAS** | | |
| Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias.<br>Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa. | 5 | Acorde la normativa |
| **VALORACIÓN TOTAL** | 89 | |

**DICTAMEN**

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

| **Recomendación** | **Marque con X** |
|---|---|
| Aprobar | X |
| No Aprobar | |
| CALIFICACIÓN | 89 |

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
SANTIAGO NICOLAS AGUIAR NOVILLO

Santiago Aguiar
docente PAR CIEGO

Dado en la ciudad de Puyo, a los 10 días del mes de Agosto de 2022

**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA**
**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Puyo, 1 de Agosto del 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente a la estudiante: Joseline Uriana Masaquiza Masaquiza, con C.I. 1805321559, con el Tema: "Revisión documental de la energía eólica para la generación de energía eléctrica en el Ecuador", de la carrera de Ingeniería Ambiental. Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular, Ing. Luis Alberto Uvidia Armijo M.Sc, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 4%, Informe generado con fecha 01-08-2022 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
**LUIS ALBERTO UVIDIA**

Ing. Luis Alberto Uvidia Armijo, M.Sc.
**Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular**

Ouriginal
by Turnitin

## Document Information

| | |
|---|---|
| **Analyzed document** | REVISIÓN DOCUMENTAL DE LA ENERGÍA EÓLICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRI CA EN EL ECUADOR.doc (D142586430) |
| **Submitted** | 8/1/2022 7:24:00 PM |
| **Submitted by** | Luis Alberto Uvidia Armijo |
| **Submitter email** | la.uvidiaa@uea.edu.ec |
| **Similarity** | 4% |
| **Analysis address** | la.uvidiaa.uea@analysis.urkund.com |

## Sources included in the report

W URL: https://www.bce.fin.ec/index.php/boletines-de-prensa-archivo/item/1482-la-economia-ecuatoriana-crecio-4-2-en-2021-superando-las-previsiones-de-crecimiento-mas-recie
Fetched: 8/1/2022 7:24:00 PM

W URL: https://www.mdpi.com/2071-1050/12/6/2282/pdf
Fetched: 12/14/2020 5:31:49 PM

SA **1575607464_30__Mecanica_de_fluidos_II_Proyecto_P1.pdf**
Document 1575607464_30__Mecanica_de_fluidos_II_Proyecto_P1.pdf (D60400286)

W URL: https://maeloja.files.wordpress.com/2021/10/eia_pma_proyecto-eolico-villonaco-2-emplazamientoducalmembrillo-1.pdf
Fetched: 11/22/2021 5:18:41 AM

W URL: https://www.academia.edu/37071437/M%C3%A9todos_para_homogenizar_y_rellenar_datos_de_viento_de_la_torre_meteorol%C3%B3gica_del_Parque_E%C3%B3lico_Villonaco
Fetched: 8/1/2022 7:25:00 PM

W URL: https://www.researchgate.net/publication/338237171_Politica_para_el_Desarrollo_de_las_Energias_Renovables_en_Ecuador
Fetched: 7/19/2021 5:13:17 PM

W URL: https://wwindea.org/world-market-for-wind-power-saw-another-record-year-in-2021-973-gigawatt-of-new-capacity-added/
Fetched: 8/1/2022 7:25:00 PM

SA **ZambranoDaniel_AE_AI3.pdf**
Document ZambranoDaniel_AE_AI3.pdf (D77859872)

W URL: https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/plugins/download-monitor/download.php?id=12498&force=0
Fetched: 11/19/2021 8:52:46 PM

**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA**
**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Puyo, 1 de Agosto del 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente a la estudiante: Jenny María Paladines Carrión, con C.I. 2100775218, con el Tema: "Revisión documental de la energía eólica para la generación de energía eléctrica en el Ecuador", de la carrera de Ingeniería Ambiental. Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular, Ing. Luis Alberto Uvidia Armijo M.Sc, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 4%, Informe generado con fecha 01-08-2022 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
**LUIS ALBERTO UVIDIA**

Ing. Luis Alberto Uvidia Armijo, M.Sc.
**Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular**

Ouriginal
by Turnitin

## Document Information

| | |
|---|---|
| **Analyzed document** | REVISIÓN DOCUMENTAL DE LA ENERGÍA EÓLICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRI CA EN EL ECUADOR.doc (D142586430) |
| **Submitted** | 8/1/2022 7:24:00 PM |
| **Submitted by** | Luis Alberto Uvidia Armijo |
| **Submitter email** | la.uvidiaa@uea.edu.ec |
| **Similarity** | 4% |
| **Analysis address** | la.uvidiaa.uea@analysis.urkund.com |

## Sources included in the report

W URL: https://www.bce.fin.ec/index.php/boletines-de-prensa-archivo/item/1482-la-economia-ecuatoriana-crecio-4-2-en-2021-superando-las-previsiones-de-crecimiento-mas-recie
Fetched: 8/1/2022 7:24:00 PM

W URL: https://www.mdpi.com/2071-1050/12/6/2282/pdf
Fetched: 12/14/2020 5:31:49 PM

SA **1575607464_30__Mecanica_de_fluidos_II_Proyecto_P1.pdf**
Document 1575607464_30__Mecanica_de_fluidos_II_Proyecto_P1.pdf (D60400286)

W URL: https://maeloja.files.wordpress.com/2021/10/eia_pma_proyecto-eolico-villonaco-2-emplazamientoducalmembrillo-1.pdf
Fetched: 11/22/2021 5:18:41 AM

W URL: https://www.academia.edu/37071437/M%C3%A9todos_para_homogenizar_y_rellenar_datos_de_viento_de_la_torre_meteorol%C3%B3gica_del_Parque_E%C3%B3lico_Villonaco
Fetched: 8/1/2022 7:25:00 PM

W URL: https://www.researchgate.net/publication/338237171_Politica_para_el_Desarrollo_de_las_Energias_Renovables_en_Ecuador
Fetched: 7/19/2021 5:13:17 PM

W URL: https://wwindea.org/world-market-for-wind-power-saw-another-record-year-in-2021-973-gigawatt-of-new-capacity-added/
Fetched: 8/1/2022 7:25:00 PM

SA **ZambranoDaniel_AE_AI3.pdf**
Document ZambranoDaniel_AE_AI3.pdf (D77859872)

W URL: https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/plugins/download-monitor/download.php?id=12498&force=0
Fetched: 11/19/2021 8:52:46 PM

# Revisión documental de la energía eólica para la generación de energía eléctrica en el Ecuador

Masaquiza Masaquiza Joseline Uriana1[1]
amb2017220@uea.edu.ec

Paladines Carrión Jenny María 2[2]
amb2017320@uea.edu.ec

Luis Alberto Uvidia Armijo, Msc.[2]
la.uvidiaa@uea.edu.ec

**Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Vida**
**Carrera de Ingeniería Ambiental**

***Resumen***

La investigación tiene como objetivo revisar de forma documental la energía eólica para la generación de energía eléctrica en el Ecuador, puesto que, es una fuente alternativa de energía amigable con el ambiente, se desarrolla esta revisión por la falta de abastecimiento de energía eléctrica a toda la población ecuatoriana, el País ha presentado un desarrollo en la capacidad de obtención de energía eléctrica alcanzando un abastecimiento del 97,05% en la población, de ahí que, el 0,06% es energía eólica, de modo que, se ha visto la necesidad de saber cuánta energía eólica se ha venido produciendo dentro del País, esta investigación tuvo una metodología con un enfoque cuantitativo con alcance descriptivo, exploratorio y documental, desde luego, se revisaron las tasas de producción de energía eólica que se dan en las diferentes plantas de producción del País, en el cantón San Cristóbal en la central "Eólico San Cristóbal" se tiene 2,4 MW y en el cantón Baltra en la central "Baltra Eólico" se cuenta con una generación de 2,25 MW; posteriormente, en la provincia de Loja en la "Central Villonaco" se genera 16,50 MW, la generación eléctrica bruta a nivel nacional para el año 2021 es de 32.206,88 GWh.

***Palabras Clave:*** Energía Eólica, Energía Eléctrica, Ecuador

***Abstract***

The objective of the research is to review in a documentary way wind energy for the generation of electrical energy in Ecuador, since it is an alternative source of energy friendly to the environment, this review is developed due to the lack of supply of electrical energy to all the Ecuadorian population, the country has presented a development in the capacity to obtain electrical energy, reaching a supply of 97.05% in the population, hence, 0.06% is wind energy, so that, it has been seen the need to know how much wind energy has been produced within the country, this research had a methodology with a quantitative approach with a descriptive, exploratory and documentary scope, of course, the wind

energy production rates that occur in the different production plants of the Country, in the canton of San Cristóbal in the “Eolico San Cristóbal” plant there are 2.4 MW and in the canton of Baltra in the plant “Baltra Eólico ” there is a generation of 2.25 MW; subsequently, in the province of Loja in the "Villonaco Power Plant" 16.50 MW is generated, the gross electricity generation at the national level for the year 2021 is 32,206.88 GWh.

***Keywords**:* Wind Energy, Electric Energy, Ecuador

## 1. INTRODUCCIÓN

El incremento de la contaminación en el mundo en los últimos años ha provocado la búsqueda de alternativas en fuentes de energía, para la generación de electricidad sin efectos negativos sobre el ambiente; una de estas alternativas y la más empleada en los últimos años es la energía eólica, la cual utiliza la fuerza del viento para mover aerogeneradores que producen energía eléctrica de forma natural (Beltrán-Telles, y otros, 2017).

La presente investigación estudia las nuevas fuentes de energía renovables aplicables en el País como es la energía eólica, pues existen escasos estudios sobre el tema, que sustente por medio de una investigación científica tecnológica todas las etapas de la generación, acumulación y distribución. Hace unos años, el Ecuador presentó problemas de deficiencia en cuanto al abastecimiento de energía eléctrica durante ciertos meses del año 2009 y 2010, de ahí que, se han puesto en marcha diversos proyectos para la generación de energía eléctrica por parte de los gobiernos ecuatorianos de turno, con el fin de abastecer las necesidades de la población.

Dentro del País, se ha incrementado la capacidad instalada de energía eléctrica a 8826,89 MW por medio del 59,84% de fuentes renovables y 40,16% no renovables, cuya cobertura alcanza al 97,05% de su demanda actual a precios accesibles para los ciudadanos; sin embargo, este incremento productivo se realizó únicamente a través de la incorporación de centrales hidroeléctricas que han disminuido la perdida de energía al 11,40% y permitido la exportación de energía de 255,6 GWh a Colombia y Perú (MINEM, 2020).

Sin embargo, a pesar de estos resultados positivos, un estudio de la Universidad de Londres muestra que las centrales hidroeléctricas del País se encuentran vulnerables por la descarbonización y el riesgo climático que amenazan sus instalaciones, funcionamiento y la capacidad de generación de las mismas; además del 0,01% de efecto invernadero que producen y que no cumple con el compromiso climático ofrecido por el gobierno (Carvajal, y otros, 2019). De manera que, el País requiere analizar nuevas formas de generación de energía eléctrica más sustentables con el ambiente como la energía eólica, ya que, apenas representa 78,36 GWh (0,32%) de la producción eléctrica nacional (MINEM, 2020).

El objetivo principal de la investigación es revisar de forma documental la energía eólica para la generación de energía eléctrica en el Ecuador, mediante la recopilación historial del potencial de energía de centrales de generación eólica, las cuales provienen de fuentes de energías renovables del País.

Entre las principales limitaciones que detienen el desarrollo del uso de energía eólica para la generación de electricidad en el Ecuador, es el costo inicial que implicaría la construcción de una planta de generación y la conexión de redes inteligentes desde una zona geográfica adecuada para el funcionamiento de la planta para la distribución de la energía a todo el País (Luckow, y otros, 2015).

Siendo los beneficiarios directos del estudio la ciudadanía, quienes a través del mismo pueden observar las alternativas de generación de energía eléctrica de forma sustentable con el medio ambiente, ya que, puede ser implementada en lugares de difícil acceso a la red eléctrica existente actualmente.

## 1. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

### 1.1 Localización

El presente trabajo de investigación se realizó en el Ecuador, se encuentra ubicado en la costa noroccidental de América del Sur, sobre la línea ecuatorial, cuyos límites geográficos son: al norte con Colombia, al sur y al este con Perú. Al oeste con el Océano Pacífico. Se encuentra en las coordenadas -77.5000000 longitudes y -2.0000000 latitudes, dividido en cuatro regiones: Costa, Sierra, Amazonía y Galápagos, habitado por 17.973.296 personas.

**Figura 1.** Mapa del Ecuador.




**Elaborado por:** (Masaquiza & Paladines, 2022)

## 1.2 Diseño de investigación

El estudio es de enfoque cuantitativo con un alcance descriptivo, exploratorio y documental. La investigación está basada en revisiones bibliografías de diversas fuentes en inglés y español (primarias y secundarias) de estudios referentes al tema, presentando características y hallazgos sobre la información relevante del análisis de la energía eólica para la generación de energía eléctrica en el Ecuador que se desarrollan.

## 1.3 Búsqueda de estudios

Se realizó la búsqueda de información en relación al tema de estudio de la energía eólica, en las diferentes bases de datos como Scielo (FAPESP and BIREME; Brasil), ScienceDirect (Reed Elsevier; Países Bajos), Redalyc (UAEM; México) y el buscador de documentación Google Académico (Google, LLC – Alphabet Inc.; USA). Se incorporaron criterios de inclusión y exclusión.

### *1.3.1. Criterios de inclusión*

- Fecha de la Información publicada: 2017-2022.
- Palabras claves como: energía eólica.
- Artículos en español e inglés.
- Artículos nacionales e internacionales.
- Artículos académicos.
- Artículos científicos.
- Documentos de tesis relacionados con la energía eólica.
- Libros.

### *1.3.2. Criterios de exclusión*

- Se excluyeron búsquedas de sitios Web como: Facebook, Wikipedia, Blogs entre otros.
- Artículos incompletos.
- Fuentes de información no confiable.

## 2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 2.1 Situación actual de Ecuador

Según ARCERNNR (2022), la población ecuatoriana ha ido aumentando a diferencia de otros años y con ello el consumo de energía eléctrica, ya que, es primordial la generación de energía dentro del desarrollo del País, puesto que, es un insumo de gran importancia, de modo que, permite su fortalecimiento para las diferentes actividades tanto sociales, económicas, de salud, educativas y políticas, a fin de garantizar el cumplimiento de las necesidades de los ecuatorianos, aparte de ello, el dióxido de carbono se ha reducido, actualmente se generan 1,9 toneladas por habitante de C02. Ver Tabla 1.

En el año 2015 el País obtuvo una producción bruta de energía de 25.069 GWh, sin embargo, para el año 2021 se género un incremento de 32.206.88 GWh de los cuales 363.80 GWh fueron importadas desde otros países para suplir la demanda energética del País, además, se exportaron 524.13 GWh, de modo que, genero un producto interno bruto del 4,9%, con un suministro de electricidad y agua de 26,9 %, alojamiento y servicio de comida 19,4 %, la acuicultura y pesca de camarón el 22,2%, transporte 10,8% , comercio 10,2% y para la pesca el 11,8%.

**Tabla 1.** Datos generales del Ecuador.

| | | 2021 | 2015 |
|---|---|---|---|
| | **Población** | 17.283.338 | 16.210.000 |
| **Energía y Ambiente** | Emisión de CO2 por habitante en toneladas métricas | 1,9 | 2,64 |
| | Producción bruta de energía eléctrica | 32.206,88 GWh | 25.069 GWh |
| | Energía Importada desde Colombia | 363,80 GWh | 511,81 GWh |
| | Exportación | 524,13 GWh | 46,18 GWh |
| **Actividades Económicas** | Producto Interno Bruto | 4,9 % | 0,30 % |
| | Suministro de electricidad y agua | 26,9% | 7.90% |
| | Alojamiento y servicios de comida | 19,4% | 1,67% |
| | Acuicultura y pesca de camarón | 22,2% | 13.8% |
| | Transporte | 10,8% | 0,11% |
| | Comercio | 10,2% | 0,7% |
| | Pesca | 11,8% | 0,33 |

**Fuente:** (BCE, 2022). **Elaborado por:** (Masaquiza & Paladines, 2022)

### 2.2 Sector energético ecuatoriano

El sector energético del Ecuador corresponde a centrales de diferentes fuentes de

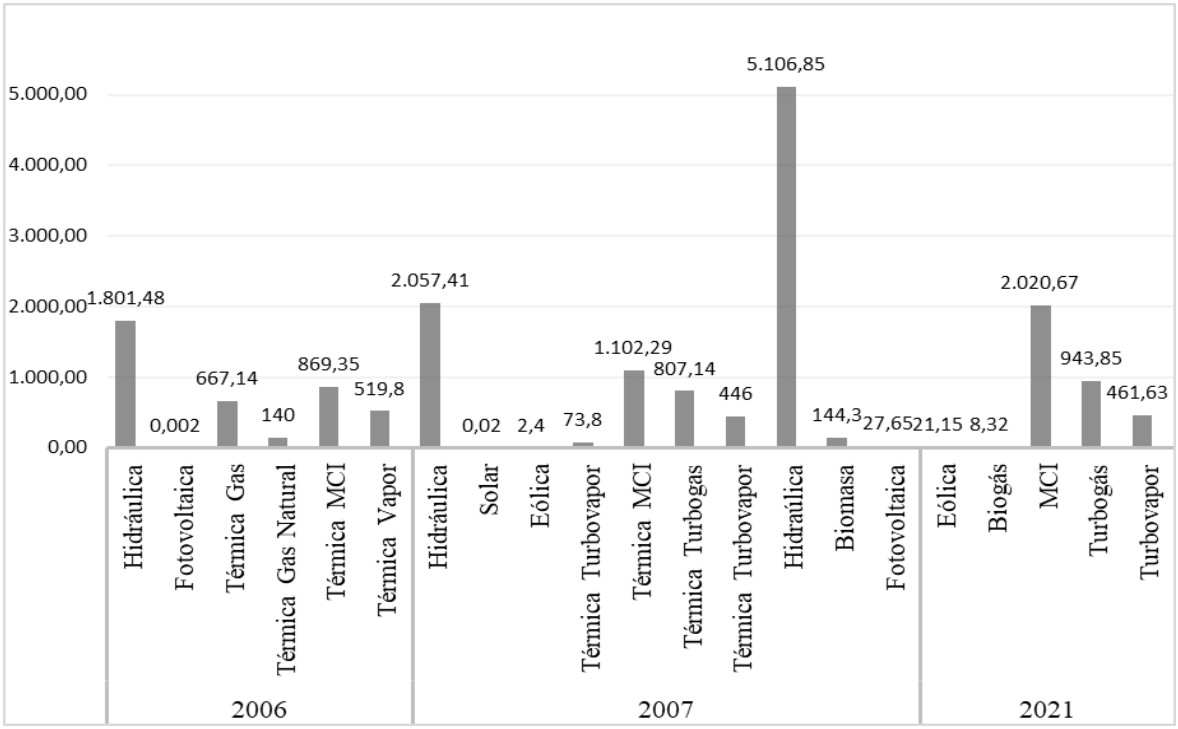
energías, en el año 2006, el 10% corresponde a las fuentes renovables, la producción hidráulica es la más utilizada y el 89% representa a fuentes no renovables de la producción total de energía eléctrica, se observa que dentro de la producción de energía casi la mitad es de origen hidráulico. Según ARCERNNR (2022), el Ecuador a incrementado la capacidad instalada de las centrales eólicas existentes de 2,40 MW del 2007 a 21,15 MW en el 2021.

De acuerdo a CONELEC (2006), en el año 2007 se generó una energía bruta de 18.197,52 GWh, con un potencial nominal total de 4.889,05 MW, dentro de la estadística del sector eléctrico ecuatoriano, las energías renovables representaron una energía bruta de 9,038, las cuales se generan de fuentes inagotables como: hidroeléctrica, solar, térmica turbo vapor, incluso se cuenta con la presencia de una central de energía eólica, de tal manera que produce una potencia nominal de 2,40 MW y en cuanto a las energías no renovables se obtuvo el 8.298,02 GWh de energía bruta.

El análisis estadístico del año 2021 muestra diferentes tipos de energías renovables, que son representados por el 60,77 % y las no renovables con el 39,23 %, de la capacidad total, la de mayor predominancia se encuentra en las energías renovables como la energía hidráulica con un valor de 5,106,85 MW con el 96,21 %, en segundo lugar, la de mayor predominancia se encuentran en las energías no renovables MCI (motores de combustión interno) con 2.020,67 MW representando el 58,98%.

En el año 2007 la energía eólica presentó una potencia nominal de 2,40 MW, el cual represento el 0,06% a comparación del año 2021 en donde la energía eólica generó 1,15 MW con un porcentaje de 0,40, dando a ver un mayor incremento, sin embargo, las demás fuentes de energía también presentan un incremento lo cual beneficia al ambiente y al País (ARCERNNR, 2022). Actualmente se encuentran más proyectos de centrales eólicas en marcha en el Ecuador, para cubrir la demanda energética.

**Figura 2.** Potencia nominal de centrales de generación de energía renovables y no renovables del país.




**Fuente:** (ARCERNNR, 2022); (CONELEC, 2007); (CONELEC, 2008). **Elaborado por:** (Masaquiza & Paladines, 2022).

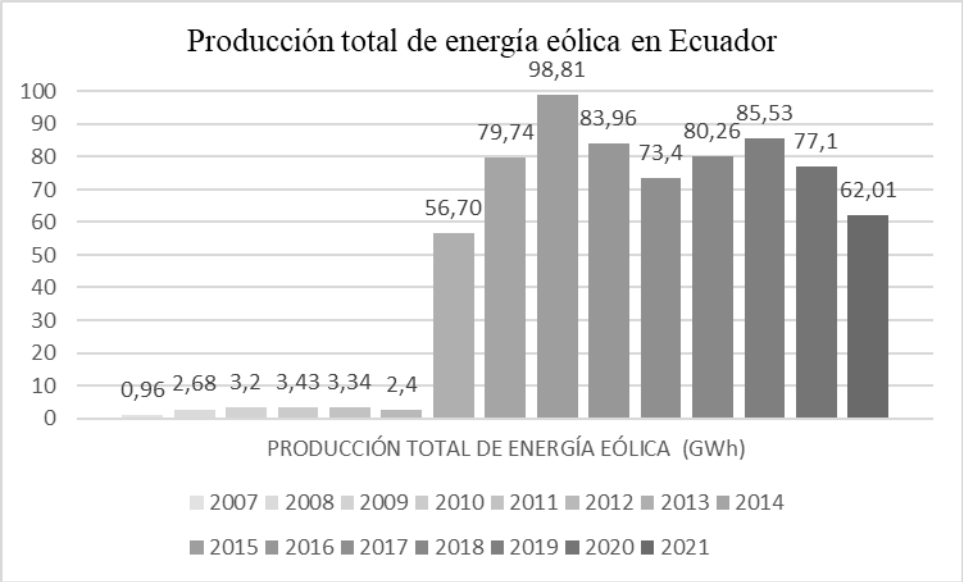
## 2.3 Generación de energía eólica a nivel Nacional.

Según ARCERNNR (2022), el 84% de la capacidad instalada mundial de 433 GW, está distribuida en 10 países como China (144,83 GW), Estados Unidos (74,14 GW), Alemania (44,83 G), India (25 GW), España (22,4 GW), Inglaterra (13,79 GW), Canadá (10,69 GW), Francia (9,48 GW), Italia (8,62 GW) y Brasil (8,62 GW), lo que implica que el resto de naciones tiene una capacidad de 70,6 GW; (Beltrán-Telles, y otros , 2017); el Ecuador representa 21,15 MW de potencia nominal que es el 0,40% del total de energía eléctrica generada en el País.

Por tanto, se investiga la potencia nominal de la energía eólica que se basa principalmente en el viento, formando parte de las fuentes renovables, dentro del País ha tomado lugar desde el año 2007 donde generó por primera vez 0,96 GWh a nivel nacional, desde entonces esta energía ha ido aumentando su capacidad, en el año 2013 presentó un gran incremento de energía a diferencia de los años anteriores generando un potencial de energía de 56,70 GWh.

Este tipo de energía tuvo su mayor auge en el año 2015, generó una alta tasa de producción de energía eólica correspondiente al 98,81 GWh gracias a la central Villonaco, debido a las condiciones óptimas que se presentó en ese entonces, en los años siguientes la energía eólica ha presentado altas y bajas producciones por la presencia de nuevas fuentes de energías renovables.

**Figura 3.** Producción total de energía eólica en el Ecuador.




**Fuente:** (CONELEC, 2008); (CONELEC, 2009); (CONELEC, 2010); (CONELEC, 2011); (CONELEC, 2012); (CONELEC, 2013); (CONELEC, 2014); (ARCONEL, 2015); (ARCONEL, 2016); (ARCONEL, 2017); (ARCONEL, 2018); (ARCONEL, 2019); (ARCERNNR, 2020); (ARCERNNR, 2021); (ARCERNNR, 2022). **Elaborado por:** (Masaquiza & Paladines, 2022)

## 2.4 Centrales eléctricas eólicas del Ecuador

### *2.4.1. Eólica San Cristóbal*

La central eólica San Cristóbal se encuentra ubicada en el cerro Tropezón, en la Isla San Cristóbal, en la provincia de Galápagos, el 1 de Octubre del 2007 entro en operación, presenta una capacidad total de generación de 2,4 MW en donde presenta en su instalación de tres aerogeneradores de modelo AE-59, donde cada uno presenta una potencia nominal de 800 KW, además, constituye un 32% de la demanda eléctrica de la isla, de esta forma ayuda a reducir el consumo de diésel en 133.000 galones de diésel/año y por ende ayudara a reducir las emisiones de 997 toneladas de CO2 anuales, además, la central eólica tiene como uno de sus objetivos más importantes el de sustituir la generación de diésel (MINEM, 2022).

### *2.4.2. Eólico Baltra*

La central Eólico Baltra se encuentra ubicado en la cabecera sur del aeropuerto, a unos 60 msnm, en la provincia de Galápagos, el 22 de diciembre del 2014 entro en operación, presenta una capacidad de 2.25 MW y se encuentra constituido por tres aerogeneradores con una capacidad de 750 KW cada uno, permitiendo abastecer a la isla Baltra, Puerto de Ayora y la Isla de Santa Cruz; esta central permite la reducción de 206,580 galones de diésel. Además, presenta una la velocidad del viento anual de 6 con una altura de 40 m/s. Adicionalmente presento una línea de trasmisión de 50 Km a 34,5 Kv con el propósito de generar menor impacto al ambiente (Pazmiño-Cuenca, 2019).

### *2.4.3. Villonaco*

La Central Eólica Villonaco es la primera central eólica dentro del país continental, se encuentra ubicado en la provincia de Loja, entre los cantones Loja y Catamayo, a una altura de 2.720 m.s.n.m., está operando desde el 2 de enero del 2013 de una manera continua hasta la actualidad; esta central cuenta con 11 aerogeneradores de 1,5 MW, durante el año 2015 supero los resultados esperados ya que genero el 52% más de lo previsto debido a la relación que se da entre la energía real producida y la energía máxima en condiciones ideales, así lograron producir un factor alto a comparación de los demás aerogeneradores instalados por Golwing a nivel global (MINEM, 2022).

## 2.5 Ubicación y tipo de empresas de las centrales eólicas.

Eraso y otros (2017), manifiestan que desde el año 2007 la generación de electricidad basada en energía eólica ha tomado lugar en el País, dentro de estas se han distinguido dos tipos de empresas las distribuidoras y las generadoras, estas empresas llamadas Eolicsa, CELEC-Gen Sur y E.E. Galápagos encargadas de utilizar la energía cinética generada por los vientos, con el fin de lograr la rotación de los sistemas de aspas para producir energía eléctrica por medio de generadores.

Por consiguiente, el Ecuador cuentan con tres parques eólicos: la primera central se encuentra instalada fuera del continente denominado Eólica San Cristóbal, ubicado en el cerro Tropezón, de la isla de San Cristóbal la segunda central se llama Baltra Eólico se encuentra instalada en la cabecera sur del aeropuerto y por otro lado se cuenta con la

primera central instalada dentro del continente ecuatoriano la cual lleva el nombre de central eólica Villonaco.

**Tabla 2.** Tipo de empresas y ubicación de las centrales eólicas

| Año | Tipo de Empresa | Empresa | Provincia | Nombre de Central |
|---|---|---|---|---|
| **2007** | Distribuidora | Eolicsa | Galápagos | San Cristóbal |
| **2008** | Generadora | Eolicsa | Galápagos | San Cristóbal |
| **2009** | Generadora | Eolicsa | Galápagos | San Cristóbal |
| **2010** | Generadora | Eolicsa | Galápagos | San Cristóbal |
| **2011** | Generadora | Eolicsa | Galápagos | San Cristóbal |
| **2012** | Generadora | Eolicsa | Galápagos | San Cristóbal |
| **2013** | Generadora | CELEC-Gen Sur | Loja | Villonaco |
| | | Eolicsa | Galápagos | San Cristóbal |
| **2014** | Generadora | CELEC-Gen Sur | Loja | Villonaco |
| | Generadora | Eolicsa | Galápagos | San Cristóbal |
| | Distribuidora | E.E. Galápagos | Galápagos | Baltra |
| **2015** | Generadora | CELEC-Gensur | Loja | Villonaco |
| | Generadora | Eolicsa | Galápagos | San Cristóbal |
| | Distribuidora | E.E. Galápagos | Galápagos | Baltra Eólico |
| **2016** | Generadora | CELEC-Gensur | Loja | Villonaco |
| | Distribuidora | E.E. Galápagos | Galápagos | Baltra |
| **2017** | Generadora | CELEC-Gen Sur | Loja | Villonaco |
| | Distribuidora | E.E. Galápagos | Galápagos | Baltra |
| | | | | San Cristóbal |
| **2018** | Generadora | CELEC-Gen Sur | Loja | Villonaco |
| | Distribuidora | E.E. Galápagos | Galápagos | Baltra |
| | | | | San Cristóbal |
| **2019** | Generadora | CELEC-Gensur | Loja | Villonaco |
| | Distribuidora | E.E. Galápagos | Galápagos | Baltra |
| | | | | San Cristóbal |
| **2020** | Generadora | CELEC-Gensur | Loja | Villonaco |
| | Distribuidora | E.E. Galápagos | Galápagos | Baltra |
| | | E.E. Galápagos | Galápagos | San Cristóbal |
| **2021** | Generadora | CELEC-Gensur | Loja | Villonaco |
| | Distribuidora | E.E. Galápagos | Galápagos | Baltra |
| | | | | San Cristóbal |

**Fuente:** (CONELEC, 2008); (CONELEC, 2009); (CONELEC, 2010); (CONELEC, 2011); (CONELEC, 2012); (CONELEC, 2013); (CONELEC, 2014); (ARCONEL, 2015); (ARCONEL, 2016); (ARCONEL, 2017); (ARCONEL, 2018); (ARCONEL, 2019); (ARCERNNR, 2020); (ARCERNNR, 2021); (ARCERNNR, 2022). **Elaborado por:** (Masaquiza & Paladines, 2022)

## 2.6 Generación eólica de potencia a nivel nacional.

Las centrales eólicas a partir del año 2007 hasta el año 2022 han generado una potencia nominal en rangos que varían de 2,40 MW a 17,16 MW, en cuanto a la potencia efectiva

los valores se encuentran entre 2,40 MW, 2,25 MW Y 16,50 MW, debido a las necesidades básicas que requiere la población, la producción total de energía ha ido incrementando con el paso del tiempo.

Para obtener el resultado de la producción total de energía a nivel nacional se suma las importaciones acordes al año en que se esté trabajando, los países que más energía se importa son Perú y Colombia, el año 2011 fue en el que se dio una mayor importación de energía de 1.294,59 GWh, y el año que menor importancia tuvo fue en el año 2019 con 5,83 GWh.

**Tabla 3.** Potencia nominal, efectiva, producción e importación total de energía a nivel nacional.

| Año | Nombre de Central | Potencia Nominal (MW) | Potencia Efectiva (MW) | Producción total de energía a nivel nacional (GWh) | Importación de energía (GWh) |
|---|---|---|---|---|---|
| **2007** | Eólica San Cristóbal | 2,40 | 2,40 | 18.197,52 | 860,87 |
| **2008** | Eólica San Cristóbal | 2,40 | 2,40 | 19.108,6 | 500,16 |
| **2009** | Eólica San Cristóbal | 2,40 | 2,40 | 18.569,05 | 1.120,43 |
| **2010** | Eólica San Cristóbal | 2,40 | 2,40 | 19.509,85 | 872,90 |
| **2011** | Eólica San Cristóbal | 2,40 | 2,40 | 20.544,14 | 1.294,59 |
| **2012** | Eólica San Cristóbal | 2,40 | 2,40 | 22.847,72 | 662,34 |
| **2013** | Villonaco | 17,16 | 16,50 | 23.260,40 | 662,34 |
| | Eólica San Cristóbal | 2,40 | 2,40 | | |
| **2014** | Villonaco | 16,50 | 16,50 | 24.307,21 | 836,74 |
| | Eólica San Cristóbal | 2,40 | 2,40 | | |
| | Baltra Eólico | 2,25 | 2,25 | | |
| **2015** | Villonaco | 16,50 | 16,50 | 25.950,1 | 511,81 |
| | Eólica San Cristóbal | 2,40 | 2,40 | | |
| | Baltra Eólico | 2,25 | 2,25 | | |
| **2016** | Villonaco | 16,50 | 16,50 | 27.313,86 | 81,66 |
| | Baltra Eólico | 4,65 | 4,65 | | |
| **2017** | Villonaco | 16,50 | 16,50 | 28.032,91 | 18,52 |
| | Baltra Eólico | 2,25 | 2,25 | | |
| | San Cristóbal | 2,40 | 2,40 | | |
| **2018** | Villonaco | 16,50 | | 29.243,59 | 106,08 |
| | Baltra Eólico | 2,25 | 2,25 | | |
| | San Cristóbal | 2,40 | 2,40 | | |
| **2019** | Villonaco | 16,50 | 16,50 | 32.283,96 | 5,83 |
| | Baltra Eólico | 2,25 | 2,25 | | |
| | San Cristóbal | 2,40 | 2,40 | | |
| **2020** | Villonaco | 16,50 | 16,50 | 31.248,00 | 250,79 |
| | Baltra Eólico | 2,25 | 2,25 | | |
| | San Cristóbal | 2,40 | 2,40 | | |
| **2021** | Villonaco | 16,50 | 16,50 | 32.206,88 | 363,80 |
| | Baltra Eólico | 2,25 | 2,25 | | |
| | San Cristóbal | 2,40 | 2,40 | | |

**Fuente:** (CONELEC, 2008); (CONELEC, 2009); (CONELEC, 2010); (CONELEC, 2011); (CONELEC, 2012); (CONELEC, 2013); (CONELEC, 2014); (ARCONEL, 2015); (ARCONEL, 2016); (ARCONEL, 2017); (ARCONEL, 2018); (ARCONEL, 2019); (ARCERNNR, 2020); (ARCERNNR, 2021); (ARCERNNR, 2022). **Elaborado por:** (Masaquiza & Paladines, 2022)

## 3. CONCLUSIONES

Para la revisión documental de la energía eólica para la generación de energía eléctrica en el Ecuador, se hizo una recopilación histórica del potencial de energía de las centrales de generación con fuentes de energía renovable del País, al revisar se obtuvo como resultado tres centrales eléctricas eólicas en funcionamiento como son: San Cristóbal que genera 2,4 MW, Baltra 2,25MW y Villonaco 16,50 MW siendo esta hasta el momento el proyecto más grande con el que cuenta el país para la generación eléctrica de este tipo. Por otra parte, es importante mencionar que el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), encargado de la creación, manejo y dirección de proyectos eléctricos, centra sus operaciones principales en energía eléctrica obtenida por medio de sistemas hídricos 96,21%, manteniendo a la energía eólica como proyecto alternativo de menor impacto.

Este desarrollo ha provocado que, dentro del marco internacional, el Ecuador sea considerado uno de los países con mayor alcance en el abastecimiento de energía eléctrica (97,05%) y apenas el 0,06% representa a la energía eólica, sin embargo, el País a incrementado su capacidad de generación eléctrica de las centrales eólicas existentes de 2,40 MW del 2007 a 21,15 MW en el 2021, ya que, las redes hidroeléctricas constituyen la mayor parte de la conexión eléctrica del País.

Por otra parte, las plantas de energía eólica actuales han incrementado su producción y capacidad en el País, puesto que, es una alternativa viable económicamente y ambientalmente, ya que, presenta valores más bajos en las externalidades negativas a comparación de otras fuentes de energía renovables, donde se deben evaluar el sitio, las estaciones meteorológicas para el cumplimiento de las normas de medición de viento requeridas, cuya valoración depende del tiempo, estaciones, entre otras.

Finalmente, los resultados históricos de las plantas de energía eólica existentes demuestran su factibilidad como fuente de energía eléctrica, cuyo potencial está siendo descubierto en países desarrollados como China, Alemania, entre otros; por lo que, en base a los registros obtenidos el Ecuador posee las condiciones adecuadas para incrementar no únicamente su capacidad sino las plantas que posee; siendo este estudio un aporte al análisis del contexto de su desarrollo dentro del país.

## 4. REFERENCIAS

ARCERNNR. (noviembre de 2020). *Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano Año 2019*. Obtenido de Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables: https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/11/Estad%C3%ADstica-2019-nuevologo-small.pdf

ARCERNNR. (2021). *Atlas del sector eléctrico ecuatoriano*. Obtenido de Agencia de Regulación y control de Energia y Recurso Naturales Renovables (ARCERNNR): https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/04/Atlas2021.pdf

ARCERNNR. (junio de 2021). *Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano Año 2020*. Obtenido de Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR): https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/09/Estadistica-2020-baja.pdf

ARCERNNR. (marzo de 2022). *Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano Año 2021*. doi: ISBN: 978-9942-07-946-6

ARCONEL. (octubre de 2015). *Indicadores del Sector Eléctrico Ecuatoriano Año 2014*. doi: ISBN: 978-9942-07-946-6

ARCONEL. (septiembre de 2016). *Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano Año 2015*. doi: ISBN: 978-9942-07-946-6

ARCONEL. (julio de 2017). *Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano Año 2016*. doi: SBN: 978-9942-07-946-6

ARCONEL. (septiembre de 2018). *Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano Año 2017*. doi: ISBN: 978-9942-07-948-0

ARCONEL. (agosto de 2019). *Estadítica Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano Año 2018*. doi: ISBN: 978-9942-07-946-6

BCE. (31 de marzo de 2022). *La economía ecuatoriana creció 4,2% en 2021, superando las previsiones de crecimiento más recientes*. Obtenido de Banco Central del Ecuador (BCE): https://www.bce.fin.ec/index.php/boletines-de-prensa-archivo/item/1482-la-economia-ecuatoriana-crecio-4-2-en-2021-superando-las-previsiones-de-crecimiento-mas-recientes#:~:text=El%20Producto%20Interno%20Bruto%20

Beltrán-Telles, A., Morera-Hernández, M., López-Monteagudo, F., & Villela-Varela, R. (2017). Prospectiva de las energias eolica y solar fotovoltaica en la produccion de

energia electrica. *Redalyc, 11*(2), 105-117. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/4419/441949672008.pdf

Blanco, T. (12 de mayo de 2021). *¿Qué es un parque eólico? Así funciona para generar energía eléctrica*. Obtenido de Banco Bilbao Vizcaya Argentaria (BBVA): https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-un-parque-eolico-asi-funciona-para-generar-energia-electrica/

Bueno-López, M., Barrero-Leal, D. F., & Garzón-Lemos, S. Y. (abril de 2015). *Sistema de Control para aerogeneradores empleando Lógica difusa*. Obtenido de Grupo de Investigación AVARC. Universidad de la Salle Bogotá.: https://www.researchgate.net/publication/321807468_Sistema_de_Control_para_Aerogeneradores_Empleando_Logica_Difusa

Carvajal, P., Li, F., Soria, R., Cronin, J., Annadarajah, G., & Mulugetta, Y. (2019). Large hydropower, decarbonisation and climate uncertainty: Modelling power sector pathways for Ecuador. *Elsevier*, 86-99. Obtenido de https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2211467X18301202?token=7D27DCBA713E750DB08946CE9690603A84297D63A25BBC8E6496720F69578F8EACB49A6894317FE2C35758794AA5F253&originRegion=us-east-1&originCreation=20220607165829

CELEC EP. (2019). *¿Qué es la Energía Eólica?* Obtenido de Corporacion Electrica del Ecuador (CELEC EP): https://www.celec.gob.ec/gensur/index.php/contacto/direccion/2-uncategorised/47-que-es-laenergia-eolica

CONELEC. (abril de 2007). *Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano Año 2006*. Obtenido de Consejo Nacional de Electricidad - CONELEC: https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/Estad%C3%ADstica-Sector-El%C3%A9ctrico-Ecuatoriano-2006.pdf

CONELEC. (abril de 2008). *Estadìstica del Sector Elèctrico Ecuatoriano Año 2007*. Obtenido de Consejo Nacional de Electricidada (CONELEC): https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/Estad%C3%ADstica-Sector-El%C3%A9ctrico-Ecuatoriano-2007.pdf

CONELEC. (abril de 2009). *Estadìstica del Sector Elèctrico Ecuatoriano Año 2008*. Obtenido de Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC): https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/Estad%C3%ADstica-Sector-El%C3%A9ctrico-Ecuatoriano-2008.pdf

CONELEC. (mayo de 2010). *Estadìstica del Sector Elèctrico Ecuatoriano año 2010*. Obtenido de Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC): https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/Estad%C3%ADstica-Sector-El%C3%A9ctrico-Ecuatoriano-2009.pdf

CONELEC. (agosto de 2011). *Boletìn Estadìstico Sector Elèctrico Ecuatoriano Año 2010*. Obtenido de Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC): https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/Estad%C3%ADstica-Sector-El%C3%A9ctrico-Ecuatoriano-2010.pdf

CONELEC. (diciembre de 2012). *Boletìn Estadìstico Sector Elèctrico Ecuatoriano Año 2011*. Obtenido de Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC): https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/Bolet%C3%ADn-Estad%C3%ADstico-Sector-El%C3%A9ctrico-2011.pdf

CONELEC. (2013). *Estadística del sector eléctrico ecuatoriano Año 2012*. Obtenido de Consejo Nacional de Electricidad : https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/Estadistica-Sector-Electrico-2012.pdf

CONELEC. (2014). *Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano Año 2013*. Obtenido de Consejo Nacional de Eléctricidad (CONELEC): https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/Estad%C3%ADstica-del-Sector-El%C3%A9ctrico-Ecuatoriano-2013.pdf

CRE. (01 de agosto de 2018). *Constitucion de la Republica del Ecuador (CRE). Registro Oficial 449 del 20 de octubre del 2008. Reforma 0q de agosto 2018.* Obtenido de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador.pdf

Creus-Solé, A. (2014). *Energías Renovables* (Segunda Edición ed.). Bogota , Colombia: Ediciones de la U. doi:ISBN 978-958-762-206-5

EPEC. (2020). *La energía eolica.* Buenos Aires: EWEA-EPEC. Obtenido de https://epec.com.ar/docs/educativo/institucional/eolica.pdf

Eraso-Checa, F., Escobar-Rosero, E., Paz, D. F., & Morales, C. (2017). Metodología para la determinación de características del viento y evaluación del potencial de energía eólica en Túquerres -Nariño. *Revista Científica Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 31*(1), 19-31. doi:https://doi.org/10.14483/23448350.12304

Generadoras Chile. (2021). *Energía Eólica*. Obtenido de Generadoras Chile: http://generadoras.cl/tipos-energia/energia-

eolica#:~:text=Tipos%20de%20centrales%20e%C3%B3licas.%20Para%20clasificar%20las%20centrales,diferencia%20entre%20turbinas%20de%20eje%20horizontal%20y%20vertical.

Gutiérrez, D., & Lozano, M. (2017). Implementación de emulador de turbina eólica. *Jóvenes en la ciencia III*, 2134-2138.

GWEC. (2020). *Grow of wind power capacity from 2021 al 2025 by region*. Obtenido de Global Wind Energy Council GWEC: https://gwec.net/global-wind-report-2021/

IMFICA. (2020). *Sistemas Eolicos*. Obtenido de IMFICA: https://www.imfica.com/sistemas-eolicos/#:~:text=SISTEMAS%20EOLICOS.%20Un%20recurso%20renovable%20son%20los%20flujos,ser%20perfectamente%20aprovechada%20para%20hacer%20girar%20un%20generador.

Jijón, D., Constante, J., Moya, M., & Guerrón, G. (2015). Métodos para homogenizar y rellenar datos de viento de la torre meteorológica del Parque Eólico Villonaco en Loja - Ecuador. (C. Zambrano, Ed.) *7*(2), 40-48. Obtenido de Revista Avances en Ciencias e Ingenierias. Quito - Ecuador: https://www.academia.edu/37071437/M%C3%A9todos_para_homogenizar_y_rellenar_datos_de_viento_de_la_torre_meteorol%C3%B3gica_del_Parque_E%C3%B3lico_Villonaco_en_Loja_Ecuador

LOSPEE. (14 de enero de 2015). *Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica (LOSPEE). Registro Oficial Suplemento 418 de 16 de enero del 2015*. Obtenido de Asamblea Nacional: https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento-Ley-Org%C3%A1nica-del-Servicio-P%C3%BAblico-de-Energ%C3%ADa-El%C3%A9ctrica.pdf

Luckow, P., Fagan, B., Fields, S., & Whited, M. (2015). Technical and institutional barriers to the expansion of wind and solar energy. *Synapse Energy*.

Masaquiza, J. U., & Paladines, J. M. (2022). *Análisis de Energía Eólica para la generación de Energía Eléctrica en el Ecuador.* Universidad Estatal Amazonica.

Mendoza-Uribe, I. (2018). Valoración del viento como fuente de energía eólica en el estado de Guerrero. *22*(3), 30-46. Obtenido de https://www.redalyc.org/journal/467/46759491003/movil/

MINEM. (2 de enero de 2020). *Transformacion y Situacion actual del Sector Electrico*. Obtenido de El Ministerio de Energía y Minas (MINEM): https://www.recursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/2.-TRANSFORMACION-Y-SITUACION-ACTUAL-DEL-SECTOR-ELECTRICO.pdf

MINEM. (mayo de 2022). *Central Eólica "Villonaco"*. Obtenido de Ministerio de Energia

y Minas (MINEM): https://www.recursosyenergia.gob.ec/central-eolica-villonaco/

MINEM. (2022). *Nueva Central de Generación en Galápagos beneficiará a 8000 ciudadanos de la Isla San Cristóbal*. Obtenido de Ministerio de Energía y Minas (MINEM): https://www.recursosyenergia.gob.ec/nueva-central-de-generacion-en-galapagos-beneficiara-a-8-000-ciudadanos-de-la-isla-san-cristobal/

Parraga, A. R., Velasco, D., Intriago-Rodriguez, S. A., & Zambrano-Gavilanez, F. (julio de 2019). *Produccion de energía eólica*. Obtenido de Revista de Ciencia Digital: https://www.researchgate.net/publication/334299217_Produccion_de_energia_eolica_en_Ecuador

Pazmiño-Cuenca, C. G. (2019). *Evaluación del recurso Solar y Eólico de la Isla Baltra y Santa Cruz frente al consumo de combustibles Fósiles.* Obtenido de Repositorio Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE): http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/21600/1/T-ESPE-038993.pdf

PETROENERGÍA. (12 de octubre de 2021). *CELEC realiza estudios de nuevos proyectos de generación eléctrica a partir del viento*. Obtenido de Petroleo y Minas del Sector Electrico (PETROENERGÍA): https://www.petroenergia.info/post/celec-realiza-estudios-de-nuevos-proyectos-de-generaci%C3%B3n-el%C3%A9ctrica-a-partir-del-viento

Puerta-León, A. (02 de octubre de 2018). *Análisis de curvas de velocidad de viento y altura: Propuesta de identificación de patrones*. Obtenido de Biblioteca de la Universidad Politecnica de Cartagena - Colombia: https://repositorio.upct.es/handle/10317/7361

REG-LOSPEE. (21 de agosto de 2019). *Reglamento a la ley Orgánica del Servicio Público de Energía Electrica. Decreto Ejecutivo 856. Registro Oficial Suplemento 21 de agosto del 2019*. Obtenido de Asamblea Nacional: https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2020-09/REGLAMENTO%20A%20LA%20LEY%20ORG%C3%81NICA%20DEL%20SERVICIO%20P%C3%9ABLICO%20DE%20ENERG%C3%8DA%20EL%C3%89CTRICA.pdf

REG-LRSE. (09 de abril de 2007). *Reglamento a la Ley de Regimen del Sector Electrico (LRSE). Decreto Ejecutivo 2066. Registro Oficial Suplemento 401 de 21 de noviembre del 2006. Reforma 09 abril 2007*. Obtenido de https://www.celec.gob.ec/hidronacion/images/PDF/la_empresa/normativas/REGLAMENTO-DE-LA-LEY-DE-R%C3%89GIMEN-DEL-SECTOR-EL%C3%89CTRICO.pdf

Reve. (11 de agosto de 2010). *La energia Eolica en el Ecuador*. Obtenido de Eolica Wind EVW: https://www.evwind.com/2010/08/11/la-energia-eolica-en-ecuador/

Robles-Guerrero, F. G. (23 de marzo de 2017). *Impactos a la Biodiversidad por Parques Eolicos en el Noreste de México*. doi:https://doi.org/10.29105/pgc3.6-3

Sanchez-Soto, J. R., Téllez-Anguiano, A. d., Escobar-Jimenez, R. F., Chávez-Campos, G. M., & Gutiérrez-Gnecchi, J. A. (2017). Sistema de analisis y vibraciones aplicado a la detección de fallas en aerogeneradores. *Ingeniería, investigación y tecnología, XX*(3), 1-13. doi:https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2019.20n3.028

WWEA. (18 de marzo de 2022). *World Market for Wind Power Saw Another Record Year in 2021: 97,3 Gigawatt of New Capacity Added*. Obtenido de World Wind Energy Association: https://wwindea.org/world-market-for-wind-power-saw-another-record-year-in-2021-973-gigawatt-of-new-capacity-added/

## ANEXOS

## MARCO TEORICO

### 1. ANTECEDENTES

Actualmente en el mundo, existe una tendencia en desarrollar proyectos renovables, por lo que según la World Wind Energy Association WWEA (2022), el crecimiento de instalaciones de energía eólica han incrementado en 97,5 GW en el año 2021 alcanzando una capacidad instalada mundial total de 840 GW; donde países como China, Estados Unidos y Alemania son los mas desarrollados en este tipo de proyectos y quienes han incrementado su capacidad anual en 55,8 GW; 12,5 GW y 1,5 GW respectivamente, alcanzado niveles de capacidad instalada de 344GW, 135 GW y 64 GW de igual forma.

Con respecto a Latinoamérica, Brasil es el séptimo País a nivel mundial que tiene capacidad instalada de energía eólica y cuyos proyectos desarrollados en el 2021 han incrementado la misma a 3,3 GW alcanzando una capacidad instalada total de 21,4 GW (WWEA, 2022); lamentablemente, el resto de países tiene un mínimo desarrollo de capacidad en este tipo de proyectos.

Según Global Wind Energy Council GWEC (2020), establece que al analizar los proyectos que se estan implantando actualmente en cada uno de los paises del mundo, la capacidad instalada total se desarrollara hasta el año 2025 en Asia de 338,6 MW a 602,3 MW, en Europa de 219 MW a 322,2MW, en Norte America de 136 MV a 194,6MV, Latinoamerica y el caribe de 34 MW a 56,1 MW, Africa de 7,277MW a 23,3MW. En base a los resultados se puede apreciar que latinoamerica presenta escasos proyectos de desarrollo de energia eólica actualmente. Por su parte en el Ecuador, los proyectos de energia eólica se iniciaron con el parque eólico de las Galapagos en la isla San Cristobal con una potencia de 2,4 MW y una capacidad instalada de 3,2 GW y el proyecto eólico Villonaco del cantón Loja cuya capacidad instalada fue de 15MW (Reve, 2010).

Actualmente la Central Eólica Villonaco, la cual posee una potencia 16,5 MW y una capacidad instalada de 25MW, a traves de sus 11 aerogeneradores tipo GW70/1500 de potencia individual de 1,5 MW, con una velocidad de 12,5 metro por segundo y una altitud de 2700 msnm, aportando desde enero del 2013 hasta abril del 2022 la generacion de 657 GW de operación cuyos beneficiarios alcanzan a 200 mil habitantes en las parroquias Sucre y San Sebastian (MINEM, 2022).

Ademas, la Corporacion Electrica del Ecuador (CELEC EP) se encuentra realizando estudios de nuevos proyectos de generacion electrica por medio del desarrollo de un “Plan de prospeccion y medicion del recurso eólico” a nivel nacional con 22 torres que integran la Red Meterieológica de la institucion; este sistema permite recoger informacion de factibilidad energetica, micro emplazamiento, socio ambientales entre otros (PETROENERGÍA, 2021).

## 2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.1. Bases Legales

Como base legal de la investigación se analizó las normas, reformas y leyes sobre la energía eólica y eléctrica establecidas en el país, entre las que se destaca las siguientes:

- En la Constitución de la República, en el art. 15 promueve el uso de energías amigables con el medio ambiente, de bajo impacto o no contaminantes; de igual forma en el art. 313 determina que el estado tiene entre sus funciones las de gestionar todos los sectores estratégicos con principios de sustentabilidad ambiental, prevención y eficiencia (CRE, 2018).

- En la Ley Orgánica del Servicio Publico de Energía Electrica, en el art. 3 literal 9 se considera a la energía eólica como energía renovable; mientras que en el art. 413 establece que es necesario la generación de energía eléctrica ecológica por medio de las energías limpias como la eólica para la disminución de gases contaminantes (LOSPEE, 2015).

- En el Reglamento a la Ley de Régimen del Sector Eléctrico en el capítulo XII de los recursos energéticos renovables no convencionales en el art. 76 determina el aprovechamiento de la energía eólica como recurso renovable no convencional que proviene de centrales eléctricas de pequeña capacidad (REG-LRSE, 2007).

Es importante mencionar que, en el año 2019, se emitió el Reglamento de la Ley Orgánica Orgánica del Servicio Público de Energía Electrica el cual no provee ningún artículo sobre la energía eólica (REG-LOSPEE, 2019).

## 3. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Entre los estudios revisados para fundamentar la investigación se destacan los siguientes:

En el estudio denominado “Valoración del viento como fuente de energía eólica en el estado de Guerrero” se realiza un profundo análisis como la energía eólica hoy en día es uno de los proyectos eléctricos mas novedosos y de mayor crecimiento a nivel mundial por lo que en México en el 2017 representó el 6% de la capacidad energética total del país; por lo que se valorizó los parámetros de viento simulados desde el año 2016 al 2017 utilizando el modelo Weather Research and Forecast System (WRF), con el que se demostró que el viento alcanza una capacidad de 70,7 KWH diarios, lo que es suficiente para dotar de energía eléctrica a 16 viviendas a través de un aerogenerador (Mendoza-Uribe, 2018). Esta investigación aportó con soporte sobre la viabilidad de los proyectos de energía eólica para la generación de energía eléctrica en el país.

En la investigación denominada “Producción de energía eólica en Ecuador se realizó un análisis profundo del uso de energía eólica como abastecimiento de energía eléctrica para el consumo en actividades diarias de la sociedad ecuatoriana con costos mínimos de

producción para sectores rurales y de difícil acceso, para lo cual se analizó la legislación y proyectos de desarrollo actual sobre este tipo de sistema energético, el cual concluyo que la legislación ecuatoriana solo provee requisitos básicos de la energía eólica debido al poco interés en proyectos de este tipo; sin embargo, el alcance de la energía eléctrica es del 96% de la población por medio de energía hídrica (Parraga, y otros, 2019). Esta investigación aporto con el conocimiento de datos legislativos, así como los antecedentes de la producción eólica en el país.

## 4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

### 4.1 Energía Eólica

La energía eólica es aquella que se genera a partir de los movimientos de aire (viento), que gracias al sol se generan las gradientes de temperaturas en diferentes lugares geográficos, los cuales generan cambios de presión que hacen posible el desplazamiento de las masas de aire (Robles-Guerrero, 2017). Esta se puede transformar en energía eléctrica libre de emisión de gases contaminantes, por medio del uso de aerogeneradores conectados a la red (Gutiérrez & Lozano, 2017).

Según el Creus (2014), la energía eólica es una energía renovable amigable con el medio ambiente que presenta las siguientes ventajas y desventajas en la tabla 1.

**Tabla Nro. 4** Ventajas y desventajas de la Energía Eólica

| Ventajas | Desventajas |
|---|---|
| Es una energía segura y renovable. | Presenta un suministro de energía regular o permanente. |
| No genera emisión ni residuos con la excepción de los producidos de la fabricación de los diferentes equipos. | Genera un impacto visual. |
| Ahorra $Co_2$ y $So_2$. | Genera un impacto en la flora y fauna. |
| Su construcción es rápida. | Genera un impacto constante de ruido. |
| Su instalación es compatible con otro tipo de suelos. | Genera destellos en las palas de la turbina debido al reflejo del sol. |
| Su instalación es de fácil desmantelamiento y el área usada se regenera de manera rápida. | Genera flicker debido a las sombras de las palas. |
| Genera un beneficio monetario | Peligro de rotura |
| Genera empleo | Caída de rayos |
| | Limitación de interferencias electromagnéticas. |

**Fuente:** (Creus-Solé, 2014). **Elaborado por:** (Masaquiza & Paladines, 2022)

#### *4.2.1. Uso de la Energía Eólica*

Según Creus-Solé, (2014), existen varios usos de la energía eólica que actualmente utilizan el viento como fuente de energía como:

- Los barcos de varios tipos y escalas
- Las aero bombas para bombear agua

- Los molinos de viento utilizados en la agricultura para moler grano,
- Las turbinas eólicas que convierten la energía cinética en electricidad, entre otros.

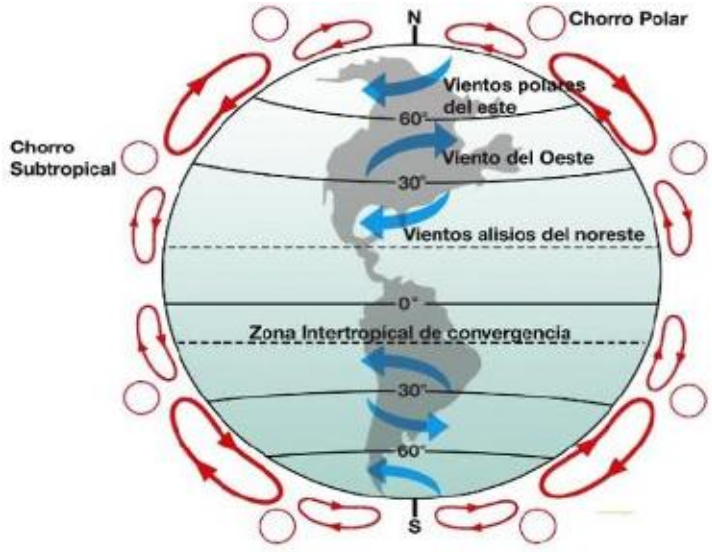
### *4.2.2. Condiciones adecuadas de la generación de energía eólica en el Ecuador*

Una central eólica para lograr su máximo rendimiento en cuanto a la generación de energía eléctrica, necesita presentar óptimas condiciones como**:** El área por donde va pasar el viento, densidad del aire y la velocidad del aire dependerá del aerogenerador que se desee instalar, normalmente comienzan desde los 3m/s y los 4m/s el cual no debe sobrepasar los 25 m/s.

## 4.2. El viento

Según EPEC (2020), "el viento es el movimiento de aire de un área de alta presión a una zona de baja presión, debido a que el sol calienta en forma desigual la superficie de la tierra". En otras palabras, el viento se origina a través del calentamiento que provoca que la temperatura se eleve y ejerza diferencias en la presión atmosférica que provocan masas de aire caliente, las cuales desplazan a las masas frías y producen el viento (CELEC EP, 2019) Por otra parte, el viento también se puede producir por la latitud como se muestra en la figura 4:

**Figura Nro. 4** El aire y masas de aire



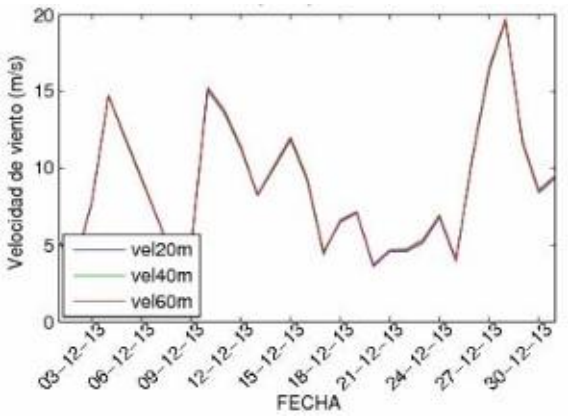

**Fuente:** (CELEC EP, 2019)

### *4.2.1. Velocidad del viento*

La velocidad del viento es la medición del desplazamiento del mismo en un lugar determinado, su medida es metros por segundos (m/s) (Puerta-León, 2018); este presenta características de velocidad y dirección afectadas por las estaciones del año, clima, el rozamiento entre masas, entre otros (Jijón, y otros, 2015) Estas variaciones se pueden

observar en la figura 5.

**Figura Nro. 5** Variaciones de la velocidad del viento

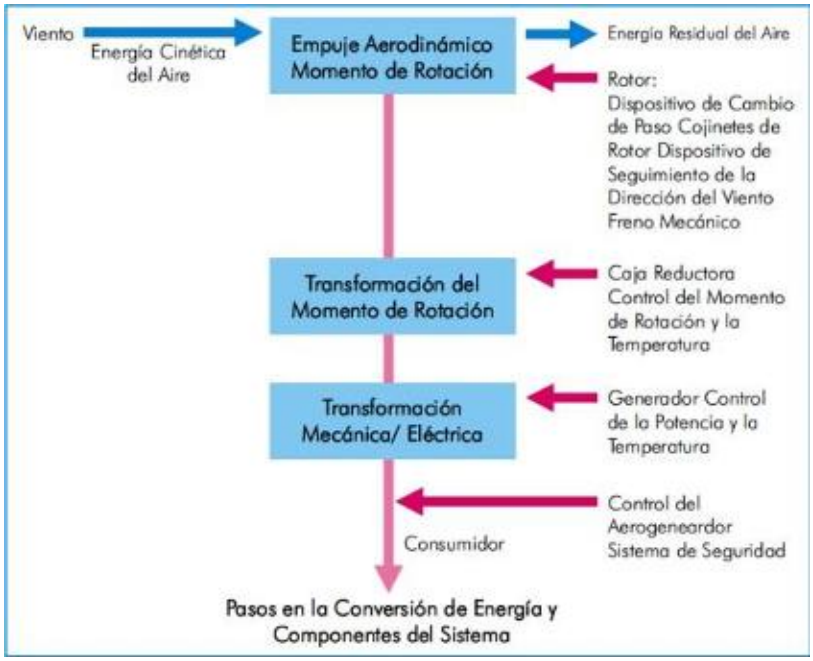



**Fuente:** (Jijón, y otros, 2015)

### *4.2.2. Conversión del viento en electricidad*

Para poder transformar la energía cinética del viento en energía eléctrica se requiere el uso de aerogeneradores, los cuales a través de un sistema mecánico hace que el giro de una hélice externa genere el giro de un rotor de un generador y un alternador que produce electricidad; normalmente este proceso se realiza con varios aerogeneradores que forman parte de una red de distribución denominada Parque eólico (EPEC, 2020)**.** Este proceso se resume en la figura 6.

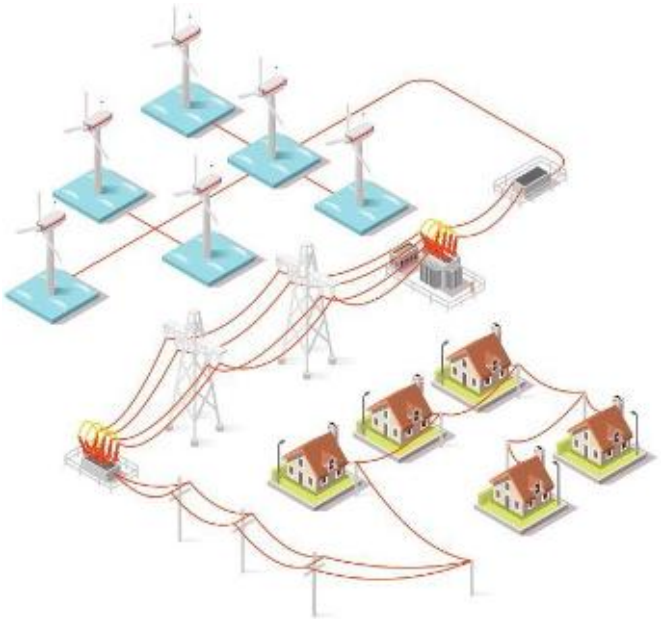
**Figura Nro. 6** Conversión del viento en electricidad




**Fuente:** (Bueno-López, y otros, 2015)

Los parques eólicos es una infraestructura conformada por varios aerogeneradores conectados entre si para convertir la energía cinética en mecánica que se convierte en eléctrica; estos parques pueden ser terrestres o marítimos ya que su ubicación depende del potencial energético, las variaciones del viento y condiciones geológicas de la zona, entre otros aspectos (Blanco, 2021). Los parques eólicos es una planta con infraestructura adecuada y conexiones a redes para la generacion de energia electrica y distribucion hacia las viviendas, como se puede ver en la figura 7.

**Figura Nro. 7** Conversión del viento en electricidad



**Fuente:** (Generadoras Chile, 2021)

## 4.3. Sistemas eólicos

Los sistemas eólicos son un recurso renovable, donde existen flujos constantes de viento gracias a las variaciones de temperaturas que por medio de aerogeneradores producen energía cinética para generar energía eléctrica; estos aerogeneradores son implementados en diferentes lugares cuyas condiciones cumplen con aspectos de velocidad, fuerza y constancia permanente (IMFICA, 2020).

### *4.3.1. Aerogeneradores*

Los aerogeneradores son aquellos equipos necesarios para el aprovechamiento del potencial de la energía eólica, por ende, si presenta una baja confiabilidad las turbinas generan limitaciones para la obtención de una potencia máxima (Sanchez-Soto, y otros, 2017).

Según Bueno-López, y otros (2015), los componenetes de un aerogenerador o turbina eólica son:las helices o palas del rotor, el soporte principal, el multiplicador, el motor de

orientacion, el generador de energia electrica y la gondola como se puede ver en la figura 8.

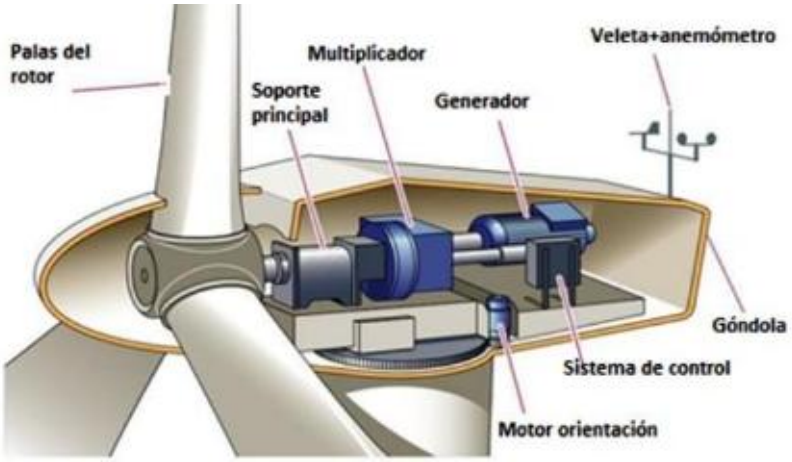



**Figura Nro. 8** Partes aerogenerador

**Fuente:** (Bueno-López, y otros, 2015)

Estos componentes cuentan con funciones especificas que son las siguientes:

- El rotor: está compuesta por tres o más aspas o hélices, con las cuales recibe la energía cinética generada por el viento y la transforma en energía mecánica.
- La góndola: es el armazón que contiene la mayoría de las partes del aerogenerador.
- La torre: es el soporte sobre tierra que eleva en altura a la góndola para alcanzar la mayor velocidad del viento.
- El generador: es el encargado de transformar la energía mecánica en energía eléctrica.
- La caja multiplicadora: transforma la velocidad baja que llega del rotor en velocidad alta.
- El motor de orientación: es el sistema que hace girar la góndola sobre la torre para que se encuentre en la posición correcta en base a la dirección del viento.
- El sistema de control: revisa el funcionamiento general del aerogenerador tanto desde su arranque hasta el cierre, la orientación adecuada de la góndola y la posición en la que se encuentran las hélices.