



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

**Estudio de las fuentes de energía renovables en la Universidad de las Fuerzas Armadas
ESPEL, sector Belisario Quevedo para determinar factibilidad de implementación de
centros alternativos de generación Eléctrica.**

Meza Carillo, Jonathan Rafael

Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Tecnología Superior en Electromecánica

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior en Electromecánica

Ing. José Alfredo, Parreño Olmos

14 de agosto del 2023

Latacunga



Tesis corregida última .pdf

Scan details

Scan time:
August 10th, 2023 at 17:46 UTC

Total Pages:
46

Total Words:
11309

Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	0.9%	103
Minor Changes	0.1%	11
Paraphrased	3.4%	386
Omitted Words	0%	0

AI Content Detection



Text coverage

- AI text
- Human text

Plagiarism Results: (59)

<p> Dirección Institucional Académica 1%</p> <p>https://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/5558/1/z...</p> <p>Especialista en Pedagogía</p> <p>UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL TEMA: DISEÑO DE UN...</p>
<p> 48719902_TFG_15048038879774250728830595766268... 1%</p> <p>https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/90799/487199...</p> <p>TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA DISEÑO Y EVALUACIÓN DE DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENT...</p>
<p> tfg-san-est.pdf?sequence=1 0.7%</p> <p>https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/9478/tfg...</p> <p>Ff UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial Estudio Comparativo de un Huerto Solar con Pl...</p>

Ing. Parreño Olmos, José Alfredo

C.C.: 050233718-1



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Tecnología Superior en Electromecánica

Certificación

Certifico la monografía, “**Estudio de las fuentes de energía renovables en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPEL, sector Belisario Quevedo para determinar la factibilidad de implementación de centros alternativos de generación Eléctrica.**” Fue realizado por el señor **Meza Carrillo, Jonathan Rafael**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 14 de agosto del 2023

Firma:

Ing. Parreño Olmos, José Alfredo
C.C.: 050233718-1

.....
Ing. Parreño Olmos, José Alfredo
C.C.: 050233718-1



Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Tecnología Superior en Electromecánica

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Meza Carrillo, Jonathan Rafael** con cédula de ciudadanía No.1753662244, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“Estudio de las fuentes de energía renovables en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPEL, sector Belisario Quevedo para determinar la factibilidad de implementación de centros alternativos de generación Eléctrica.”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 14 de agosto del 2023

Firma:

.....
Meza Carrillo, Jonathan Rafael
C.C.: 1753662244



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Tecnología Superior en Electromecánica

Autorización de Publicación

Yo, **Meza Carrillo, Jonathan Rafael** con cédula de ciudadanía No.1753662244, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: “**Estudio de las fuentes de energía renovables en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPEL, sector Belisario Quevedo para determinar la factibilidad de implementación de centros alternativos de generación Eléctrica.**” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 14 de agosto del 2023

Firma:

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir 'Jonathan Rafael Meza Carrillo'.

.....
Meza Carrillo, Jonathan Rafael

C.C.: 1753662244

Dedicatoria

La realización de esta tesis se la dedico a mis padres Fernanda Carrillo y Ángel Meza quienes supieron darme amor y el apoyo que necesitaba para poder ser un gran profesional, Agradecer a Darío Padilla por que supo darme sus consejos de vida para que yo no caiga en los mismos errores y pueda ser un gran profesional y a mis Abuelitos Víctor Carrillo y Georgina Sinche que constantemente me daban apoyo para no recaer y seguir luchando por un sueño y poder cumplirlo.

Meza Jonathan

Agradecimientos

«A Fernanda, por darme la vida, creer en mí y formarme un hombre hecho y derecho.

A Ángel, por sus consejos como padre.

A Darío, por corregirme todo lo mal que hacía.

A Víctor, por quererme, apoyarme y creer en mí y por ser el mejor abuelito.

A Georgina, por quererme, apoyarme y creer en mí y por ser mi mejor abuelita.

A Dante, por darme ánimos y querer seguir mis pasos.

A Vidal, porque a pesar de la lejura me aconsejaba y creía en mí y el mejor abuelito.

A Eduardo, por darme consejos y creer en mí.

A Estefanía, por apoyarme moralmente y creer en mí.

A Eva, por ser mi apoyo, emocionalmente y moralmente.

A la ESPE por todo lo aprendido.

A Ecuador, porque aquí conocí todo lo que amo.»

Meza Jonathan

ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula.....	1
Reporte de verificación de contenido.....	2
Certificación	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimientos.....	7
Índice de contenido.....	8
Índice de figuras	13
Índice de tablas.....	15
Índice de ecuaciones	16
Resumen.....	17
Abstract	18
Capítulo I: Guía metodológica del proyecto.....	19
Tema 19	
Antecedentes.....	19
Planteamiento del problema	20
Justificación	20

Objetivos.....	21
<i>Objetivo General.....</i>	<i>21</i>
<i>Objetivos específicos.....</i>	<i>21</i>
Alcance.....	21
Capítulo II: Fundamentación teórica.....	22
Introducción.....	22
Consumo de Energía eléctrica.....	23
Fuentes de generación eléctrica no convencional.....	23
Otras fuentes de energía.....	24
<i>Energía Geotérmica.....</i>	<i>24</i>
Energía Mareomotriz.....	25
Energía Biomasa.....	25
Energía Hidráulica.....	26
Energía Solar.....	27
Sistema de energía solar de tipo fotovoltaica.....	28
Sistemas aislados de energía solar fotovoltaica.....	29
Sistemas de energía solar fotovoltaica interconectados con la red eléctrica.....	29
¿Qué es un panel solar?.....	30
Celda Fotovoltaica.....	30
Ejemplos de celdas fotovoltaicas.....	31
<i>Silicio monocristalinas.....</i>	<i>31</i>

<i>Silicio policristalinas</i>	32
<i>Silicio amorfo</i>	32
<i>Inversor fotovoltaico</i>	33
<i>Características de un inversor</i>	33
Regulador de Carga.....	35
Banco de baterías	35
Baterías de ciclo bajo	36
Baterías de ciclo profundo.....	36
Tipos de baterías.....	36
<i>Baterías plomo acido abiertas</i>	36
<i>Baterías de ciclo profundo</i>	36
<i>Baterías AGM</i>	37
<i>Baterías de GEL</i>	37
<i>Batería de Litio</i>	38
Energía Eólica.....	39
Aerogenerador.....	40
Tipos de aerogeneradores	41
Aerogeneradores de palas y eje horizontal	41
Tipos de aerogeneradores según las aspas y ejes	41
Datos básicos a considerar en un sistema eólico	42
<i>Rosa de los vientos</i>	42

Velocidad del viento	43
Potencia del viento	44
Capítulo III: Niveles de radiación solar y vientos	47
Energía solar fotovoltaica.....	47
<i>Radiación solar, con incidencia directa y horizontal</i>	47
<i>Radiación según validación de datos de la Comisión Europea</i>	48
<i>Radiación según validación de datos de Solargis y Esmap</i>	53
<i>Datos de radiación según la NASA</i>	56
Energía eólica.....	59
Capítulo IV: Implementación de centros alternativos.....	67
Investigación del consumo energético Campus Universitario	67
Obtención de requerimientos de las distintas energías	68
<i>Energía Solar</i>	68
<i>Energía Eólica</i>	68
Dimensionamiento requerido para la energía solar	69
<i>Cálculo de la energía demandada</i>	69
<i>Cálculo del generador fotovoltaico</i>	70
<i>Cálculo de entrega de energía del panel fotovoltaico</i>	70
<i>Cálculo de la cantidad de paneles solares.</i>	71
<i>Cálculo para el dimensionamiento de baterías</i>	71
<i>Resumen del acondicionamiento de paneles solares</i>	71

Dimensionamiento requerido para la energía eólica.....	72
<i>Cálculo del banco de almacenamiento de energía.....</i>	<i>72</i>
<i>Resumen del acondicionamiento de los aerogeneradores.....</i>	<i>72</i>
Selección de componentes.....	73
<i>Elección de celdas fotovoltaicas</i>	<i>73</i>
Elección del inversor.....	76
Selección del Aero generador	76
Selección de baterías	78
Análisis de viabilidad de la implementación de ambos sistemas	81
Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones.....	83
Conclusiones.....	83
Recomendaciones	84
Bibliografía.....	85
Anexos	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Lugar donde se encuentran los datos suministrados por la Comisión Europea.....</i>	22
Figura 2	<i>Fuentes de energía no convencionales</i>	24
Figura 3	<i>Una instalación de generación de electricidad geotérmica en Islandia.</i>	25
Figura 4	<i>Funcionamiento de la energía mareomotriz</i>	26
Figura 5	<i>Producción de energía Biomasa</i>	26
Figura 6	<i>Fuentes de energía hidráulica.....</i>	27
Figura 7	<i>Incidencia de radiación solar de acuerdo a estaciones.....</i>	28
Figura 8	<i>Espectros de radiación.....</i>	28
Figura 9	<i>Análisis de tecnologías fotovoltaicas</i>	29
Figura 10	<i>Huerta solar Jalisco - México.....</i>	30
Figura 11	<i>Paneles solares</i>	31
Figura 12	<i>Celda fotovoltaica</i>	31
Figura 13	<i>Células de silicio monocristalinas</i>	32
Figura 14	<i>Células de silicio policristalinas.....</i>	33
Figura 15	<i>Células de silicio amorfo.....</i>	33
Figura 16	<i>Inversor fotovoltaico</i>	34
Figura 17	<i>Componentes para la instalación solar.....</i>	35
Figura 18	<i>Baterías plomo acido abiertas.....</i>	36
Figura 19	<i>Baterías de ciclo profundo.....</i>	37
Figura 20	<i>Baterías AGM.....</i>	37
Figura 21	<i>Baterías de GEL.....</i>	38
Figura 22	<i>Baterías de litio</i>	38
Figura 23	<i>Fundamentos de la energía eólica.....</i>	39
Figura 24	<i>Proyecto de energía eólica en Ecuador</i>	40

Figura 25 <i>Aerogenerador vertical</i>	40
Figura 26 <i>Aerogenerador de palas y eje horizontal</i>	41
Figura 27 <i>Rosa de los vientos</i>	43
Figura 28 <i>Calculo potencia del viento</i>	45
Figura 29 <i>Radiación directa normal y radiación horizontal</i>	48
Figura 30 <i>Ubicación de los datos proporcionados por European Commission</i>	48
Figura 31 <i>Irradiación solar en Belisario Quevedo</i>	49
Figura 32 <i>Irradiación en la parroquia de Belisario Quevedo – Años 2013-2015</i>	52
Figura 33 <i>Mapa de irradiación solar en Belisario Quevedo</i>	53
Figura 34 <i>Resumen de irradiación en Belisario Quevedo – Año 2022 “GSA”</i>	55
Figura 35 <i>Resumen de irradiación por horas en Belisario Quevedo – Año 2022 “GSA”</i>	55
Figura 36 <i>Resumen de irradiación en Belisario Quevedo – Año 2022 “NASA”</i>	58
Figura 37 <i>Resumen de irradiación en Belisario Quevedo – Año 2022 “NASA”</i>	60
Figura 38 <i>Variación de velocidad del viento en función del tiempo</i>	61
Figura 39 <i>Comparativa de temperatura y velocidad del viento</i>	62
Figura 40 <i>Potencia generada en los meses de los últimos años</i>	66
Figura 41 <i>Composición de un generador eólico</i>	69
Figura 42 <i>Panel solar seleccionado</i>	75
Figura 43 <i>Selección del inversor</i>	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Características de un inversor</i>	34
Tabla 2 <i>Tipos de aerogeneradores según las aspas y ejes</i>	42
Tabla 3 <i>Promedio de velocidad de viento anual en la ciudad de Belisario Quevedo</i>	44
Tabla 4 <i>Irradiación en Belisario Quevedo – Año 2013 “JRC”</i>	50
Tabla 5 <i>Irradiación en Belisario Quevedo – Año 2014 “JRC”</i>	50
Tabla 6 <i>Irradiación en Belisario Quevedo – Año 2015 “JRC”</i>	51
Tabla 7 <i>Irradiación en la parroquia de Belisario Quevedo – Año 2022 “GSA”</i>	54
Tabla 8 <i>Irradiación en Belisario Quevedo – Año 2020 “NASA”</i>	56
Tabla 9 <i>Irradiación en Belisario Quevedo – Año 2021 “NASA”</i>	57
Tabla 10 <i>Irradiación en Belisario Quevedo – Año 2022 “NASA”</i>	57
Tabla 11 <i>Variación de la velocidad del tiempo entre los años 2017 2021</i>	59
Tabla 12 <i>Especificaciones técnicas de la turbina EXMORK ZH500W.</i>	63
Tabla 13 <i>Datos del aerogenerador y viento en función de cada año</i>	64
Tabla 14 <i>Consumo del circuito de la universidad</i>	68
Tabla 15 <i>Selección de panel solar</i>	73
Tabla 16 <i>Características técnicas del panel solar elegido.</i>	75
Tabla 17 <i>Selección de panel solar</i>	77
Tabla 18 <i>Especificaciones técnicas del Aero generador seleccionado</i>	77
Tabla 19 <i>Selección de baterías</i>	79
Tabla 20 <i>Implementación de costos para desarrollo del sistema</i>	80

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	45
Ecuación 2	45
Ecuación 3	64
Ecuación 4	70
Ecuación 5	70
Ecuación 6	71
Ecuación 7	71
Ecuación 8	72

Resumen

El presente trabajo se enfoca en realizar un estudio de las fuentes de energía renovables para determinar la factibilidad de implementación de centros alternativos de generación eléctrica. Estas fuentes de energía renovable son esenciales para reducir la dependencia de los combustibles fósiles y mitigar los efectos del cambio climático al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes. con este estudio podemos investigar si es factible o no poner una fuente de energía renovable, ya que este alcance de esta investigación es realizar la adquisición de los datos del potencial de irradiación solar y velocidad del viento que predominan en el sector Belisario Quevedo. Determinar una curva de consumo en las instalaciones de la Universidad para que determinarán que los consumos sean considerados y puedan ser abastecidos por energía renovable, así como también en el caso que exista cortes de energía de manera no programada, las mismas sean abastecidas por un sistema eléctrico autosustentable; esto serviría como una fuente de energía de respaldo en caso de cortes de energía eléctrica, además de una reducción considerable de costos en las facturas de la luz, si se llega a fusionar los sistemas eléctricos híbridos antes mencionados, con el sistema eléctrico convencional.

Palabras clave: Fuentes de energía renovables, aerogeneradores, Panel solar, sistemas eléctricos.

Abstract

This paper focuses on a study of renewable energy sources to determine the feasibility of implementing alternative power generation centers. These renewable energy sources are essential to reduce dependence on fossil fuels and mitigate the effects of climate change by reducing emissions of greenhouse gases and other pollutants. With this study we can investigate whether it is feasible or not to put a renewable energy source, since this scope of this research is to perform the acquisition of data on solar irradiation potential and wind speed prevailing in the Belisario Quevedo sector. Determine a consumption curve in the facilities of the University to determine that the consumptions are considered and can be supplied by renewable energy, as well as in the case that there are unscheduled power outages, the same are supplied by a self-sustaining electrical system; this would serve as a source of backup power in case of power outages, in addition to a considerable reduction of costs in electricity bills, if you get to merge the hybrid electrical systems mentioned above, with the conventional electrical system.

Key words: Renewable energy sources, wind turbines, solar panel, electrical systems.

Capítulo I

Guía metodológica del proyecto

Tema

Estudio de las fuentes de energía renovables en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPEL, sector Belisario Quevedo para determinar la factibilidad de implementación de centros alternativos de generación Eléctrica.

Antecedentes

A pesar de tantos años que han transcurrido desde que se inventó la energía eléctrica, se mantiene el uso de combustibles fósiles, también llamados recursos no renovables, donde es bien conocido su daño al medio ambiente por la contaminación generada gracias a los gases de efecto invernadero. En la actualidad, se disponen de diversas alternativas para la generación de electricidad. Los recursos renovables, como la energía solar y eólica, ilustran claramente esta tendencia. El Ministerio de Energía del Ecuador promueve licitaciones basadas en investigaciones y recopilación de datos a lo largo de años, asegurando la identificación de áreas con una alta radiación solar y vientos propicios para su aprovechamiento. (Palma, 2022)

En Ecuador se conoce que existe un promedio de 660 MV fotovoltaicos; la capacidad de generación de energía eólica en un futuro cercano es aproximadamente de 884 megavatios, principalmente en las provincias de Guayas, Chimborazo, Loja, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura y Carchi. No obstante, se considera que el uso de la energía solar es más factible debido a su conveniencia para ser implementada en diversas áreas del país y a su menor costo en comparación con la tecnología eólica. (Palma, 2022)

Planteamiento del problema

Durante los últimos años, se ha comprobado que la demanda energética del país ha ido incrementando a pasos agigantados, donde se corre el riesgo que, en la actualidad al momento menos pensado en cualquier lugar, se realicen cortes de luz inesperados.

Siendo un motivo principal para desarrollar este tema como proyecto de titulación para solventar este inconveniente con la implementación de centros alternativos de generación eléctrica, siendo la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe sede Latacunga, situada en la parroquia de Belisario Quevedo el lugar específico de análisis.

Para lo que se busca implementar un sistema híbrido de generación eléctrico, el mismo que utilizará recursos de la energía solar y de la energía eólica; considerando que los picos de irradiación solar que existen en la parroquia Belisario Quevedo, ha ido aumentando a través de los últimos años, además que por su ubicación siempre se ha generado unos vientos fuertes, siendo esta alternativa, algo innovador y viable para la institución, por ende se procederá a una verificación de datos para determinar la viabilidad de la instalación.

Justificación

Se ejecutará un estudio de viabilidad para que en un futuro se pueda implementar un sistema de generación de energía renovable fotovoltaica y eólica, que beneficiara a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga, ubicada en la parroquia Belisario Quevedo, que puede enfocarse en los sistemas de iluminación y ayudar al medio ambiente, reduciendo el consumo convencional de energía eléctrica, y disminuir la emisión de gases.

Objetivos

Objetivo General

Realizar un estudio de las fuentes de energía renovables en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga, ubicada en la parroquia Belisario Quevedo para determinar la factibilidad de implementar centros alternativos de generación eléctrica.

Objetivos específicos

- Realizar una investigación acerca de datos de energía solar y eólica, que permitan determinar el momento con mayor irradiación solar, así como la velocidad del viento para el respectivo análisis.
- Analizar los datos de puntos máximos de radiación solar y la velocidad de viento.
- Establecer una propuesta de viabilidad técnica y económica para la implementación de un sistema híbrido de generación.

Alcance

El aporte técnico – científico que se presenta en la investigación parte de un estudio de campo que consiste en realizar la adquisición de datos del potencial de irradiación solar y velocidad del viento que predominan en el sector Belisario Quevedo. Determinar una curva de consumo en las instalaciones de la Universidad para que determinarán que los consumos sean considerados y puedan ser abastecidos por energía renovable, así como también en el caso que exista cortes de energía de manera no programada, las mismas sean abastecidas por un sistema eléctrico autosustentable; esto serviría como una fuente de energía de respaldo en casi de cortes de energía eléctrica, además de una reducción considerable de costos en las facturas de la luz, si se llega a fusionar los sistemas eléctricos híbridos antes mencionados, con el sistema eléctrico convencional.

Capítulo II

Fundamentación teórica

Introducción

En este capítulo se realizará un breve análisis de conceptos que serán utilizados mientras se plantea la implementación de nuevos centros de energía híbrida para la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe sede Latacunga, situada en la parroquia de Belisario Quevedo, en el barrio Forastero, la ubicación será detallada en la Figura 1, obtenida de Google Earth con la finalidad de tener una mayor precisión en el desarrollo de esta investigación.

- Altitud 2735 msnm.
- Latitud 0°59'56" S.
- Longitud 78°35'04" O.

Figura 1

Lugar donde se encuentran los datos suministrados por la Comisión Europea.



Nota. Ubicación geográfica del entorno a acondicionar para la implementación de este tipo de energías. Obtenido de (Google Earth, 2023)

Consumo de Energía eléctrica

La energía que se consume actualmente en el país, es en su mayoría generada por represas hidroeléctricas, método que ha sido empleado en el transcurso de los últimos años, considerando que en ocasiones existe un subsidio y en otras no, se debe considerar que el valor de las planillas, acorde al kilovatio hora son valores muy elevados; en la actualidad se ha dejado de lado el uso del recurso hídrico en su totalidad, y se ha empezado a implementar otros tipos de recursos para manejar un sistema interconectado híbrido, debido a que la confiabilidad del sistema interconectado utilizando únicamente el agua, se ve comprometido en los próximos años. (CONELEC, 2008)

Al mencionar el tema de la energía eléctrica, se sabe que es indispensable para la sociedad en la actualidad y es proporcionada por la empresa eléctrica, que es la encargada de abastecer a una determinada ubicación, donde los pagos mensuales dependerán del consumo. (Carlos, 2012)

Fuentes de generación eléctrica no convencional

“La energía alternativa, conocida como energía renovable, se genera mediante recursos naturales inagotables que no causan daños al entorno ambiental.”. (Factorenergia, 2021)

Las fuentes de energía no convencionales son caracterizadas por ser las de menos uso debido a su fuente energética, entre ellas están: el sol, viento, descomposición anaeróbica, fuerza de los mares, las mismas que están expuestas a variaciones o intermitencias de sus fuentes energéticas, siendo la más estable y de mayor utilidad la hidráulica, en la Figura 2 se muestra una clasificación gráfica de las fuentes de energía no convencionales.

Estas fuentes también se caracterizan por ser amigables con el ambiente a diferencia de la generación térmica que usa recursos energéticos como combustibles fósiles o carbón que aportan al calentamiento global con la emanación de CO₂. (Castro, 2014)

a) Micro centrales y grandes centrales hidráulicas.

- b) Biomasa (sólidos, biocombustibles, biogás, etc.)
- c) Viento.
- d) Solar (Fotovoltaica o térmica).
- e) Olas y energía de las Mareas.

Figura 2

Fuentes de energía no convencionales



Nota. Se observa cuatro de las principales fuentes de energía utilizadas en la actualidad para abastecer de energía eléctrica a la sociedad en general. Obtenido de (Mendible, 2017)

Otras fuentes de energía

Energía Geotérmica

Es la fuente de energía que proviene de la temperatura de la tierra, dicha energía puede ser en forma de vapor o agua caliente que se puede usar como fuente primaria de energía como se muestra en la Figura 3. También se puede usar fallas geológicas de alta temperatura para poder generar vapor sobresaturado o para mantener una temperatura considerando que cada 100 metros, la temperatura en la tierra aumenta en tres grados Celsius. (Wolfson, 2012)

Figura 3

Una instalación de generación de electricidad geotérmica en Islandia.



Nota. Se puede observar de manera gráfica el funcionamiento de una fuente de energía geotérmica. Obtenido de (Wolfson, 2012)

Energía Mareomotriz

Este tipo de energía es una fuente donde el principal objetivo es utilizar los recursos del agua de mar, ya sea cuando sube o baja su nivel; donde al generar un rozamiento del aire sobre la superficie del mar, existen muchos dispositivos que pueden aprovechar de esta energía, como se muestra en la Figura 4. (Jose, 2014)

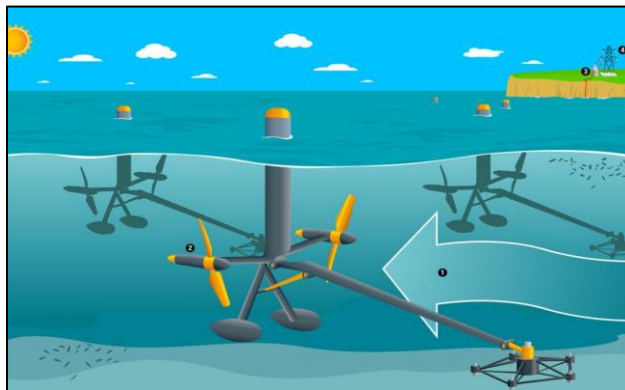
Energía Biomasa

Se basa en la descomposición anaeróbica de elementos orgánicos (putrefacción) que permite la generación de gas metano que dependiendo del tiempo de fermentación se utiliza como gas combustible; otros ejemplos se pueden considerar como son: "productos de desecho provenientes de la cría de animales, materiales resultantes de la poda de árboles, específicos granos, sobrantes de aceites industriales, entre otros." (Endesa, 2022)

Un dato muy importante por considerar es que este tipo de energía es totalmente renovable y limpia, por lo que se deben considerar esta alternativa, véase la Figura 5.

Figura 4

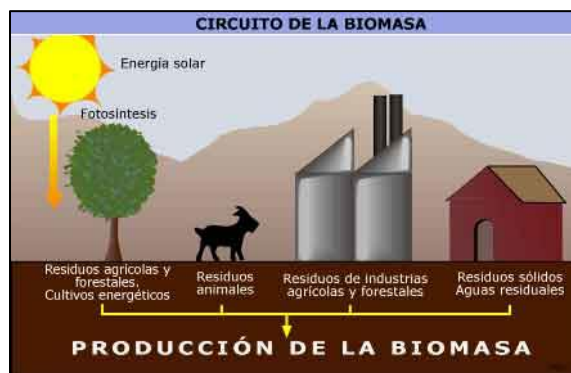
Funcionamiento de la energía mareomotriz



Nota. Funcionamiento directo de este tipo de recurso, donde se observa la variación de la marea para producir energía. Obtenido de (Jose, 2014)

Figura 5

Producción de energía Biomasa



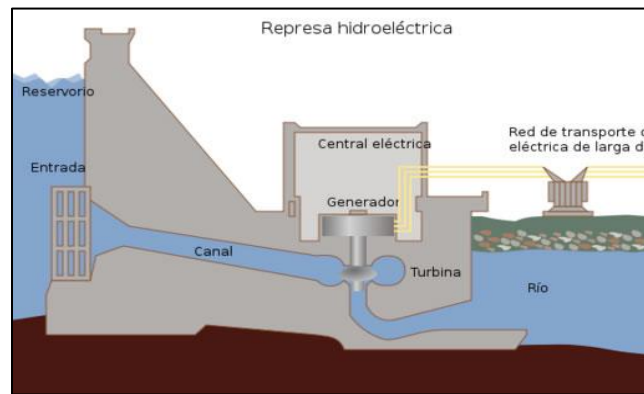
Nota. Se puede observar una característica de donde se puede obtener este tipo de energía de manera general. Obtenido de (Endesa, 2022)

Energía Hidráulica

La fuente energética es el agua que por efecto de la energía potencial gravitatoria desciende de las montañas formando cursos de agua como ríos. Figura 6 (Orbegozo, 2010)

Figura 6

Fuentes de energía hidráulica



Nota. El movimiento del agua río abajo genera energía cinética y se transforma en energía hidroeléctrica al pasar por turbinas de generación eléctrica. Obtenido de (Orbegozo, 2010)

Energía Solar

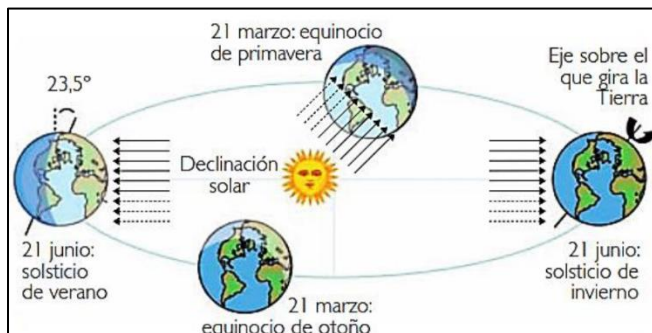
Una de las principales energías consideradas para este estudio, es la energía solar, cabe destacar que al hablar de este tipo de energía está inmerso en él, la generación eléctrica mediante paneles fotovoltaicos o mediante paneles de calentamiento de transferencia térmica. (Repsol, 2023)

En la Figura 7, se observa a la tierra girando en torno al sol, donde se puede indicar de manera precisa, cuando será una radiación directa o indirecta, pues es su principal característica de traslación.

Posteriormente en la Figura 8, “se presenta el espectro electromagnético junto con las propiedades correspondientes de longitud de onda y frecuencia. Es importante notar que a medida que la longitud de onda se reduce, su capacidad de penetración y energía aumenta”. (Kaltschmitt, Streicher, & Wiese, 2017)

Figura 7

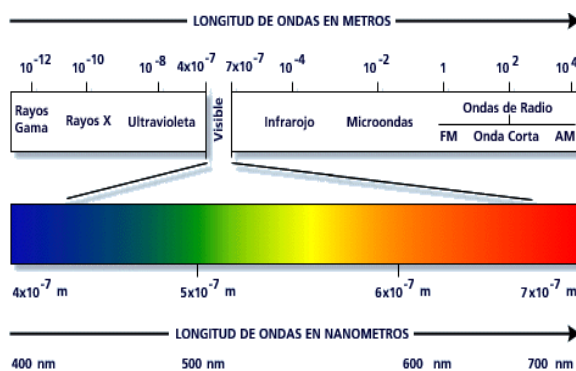
Incidencia de radiación solar de acuerdo a estaciones.



Nota. Se muestra una variación de la radiación solar promedio de manera mensual. Obtenido de (Instituto Tecnológico de Canarias S.A, 2008)

Figura 8

Espectros de radiación



Nota. Extensiones de onda presentes en los espectros de radiación. Obtenido de (Kaltschmitt, Streicher, & Wiese, 2017)

Sistema de energía solar de tipo fotovoltaica

En este tema se puede identificar dos aspectos principales que serán los aplicativos para la energía receptada por el sol, donde se verificará las conexiones dentro de la red y también aquellos tipos de energía que no pertenecen a este tipo.

Sistemas aislados de energía solar fotovoltaica

Además, se menciona que de esta manera se podrá abastecer de energía a lugares alejados de una red eléctrica, donde principalmente se encuentra casas de campo, refugios, cabañas, haciendas, entre otros; es importante considerar que estos sistemas aislados están compuestos principalmente de la recepción de energía solar a través de paneles solares fotovoltaicos y almacenamiento en baterías, véase la Figura 9. (Oscasolar , 2008)

Figura 9

Análisis de tecnologías fotovoltaicas



Nota. Descripción de la conexión y operación de un sistema independiente de energía solar fotovoltaica. Obtenido de (Oscasolar , 2008)

Sistemas de energía solar fotovoltaica que están interconectados con la red eléctrica.

Para este apartado se considera información de dos fuentes, donde coinciden en el criterio que esta aplicación genera electricidad mediante paneles solares fotovoltaicos, los mismos que alimentarán directamente el sistema de redes de distribución eléctrica en un determinado territorio, siendo considerada del mismo valor que la energía convencional utilizada; según menciona (IDAE, 2009), así como (Oscasolar , 2008).

En la Figura 10 se indica la forma de conexión de los paneles solares dentro de una cantidad extensa de terreno en México, en este país se ha incrementado gradualmente la demanda de este proceso por su efectividad. (Rangel, 2019)

Figura 10

Huerta solar Jalisco - México



Nota. Implementación de paneles solares en grandes áreas de un territorio. Obtenido de (Rangel, 2019)

¿Qué es un panel solar?

Es un dispositivo que captura la energía solar y tiene la capacidad de producir electricidad mediante celdas fotovoltaicas incorporadas en cada unidad. En resumen, el panel solar realiza una transformación de la radiación solar en electricidad, este proceso es detallado en la Figura 11. (AutoSolar, 2019)

Celda Fotovoltaica

Como se muestra en la Figura 12, “se trata de células que transforman la energía solar en energía eléctrica. Estas células generan un campo eléctrico que limita el movimiento de los electrones en una dirección específica, lo que da lugar a la generación de una corriente eléctrica que puede almacenarse de manera sencilla en una batería.” (Sostenibilidad, 2021)

Figura 11

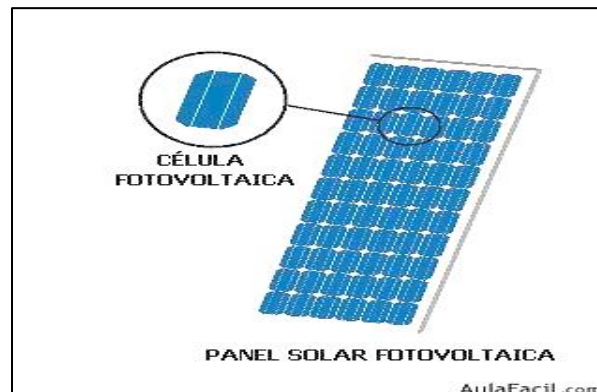
Paneles solares



Nota. Método de vinculación de paneles solares a una batería. Obtenido de (Sostenibilidad, 2021)

Figura 12

Celda fotovoltaica



Nota. Celdas fotovoltaicas dentro de un panel solar. Obtenido de (Sostenibilidad, 2021)

Ejemplos de celdas fotovoltaicas

Silicio monocristalinas

“Estas son células solares elaboradas a partir de silicio altamente puro, al que se le añade boro para potenciar su calidad como material semiconductor. Estas células son capaces de mantener niveles de eficiencia elevados, generalmente entre un 15% y un 20%, incluso en

situaciones de baja radiación”, un ejemplo se puede observar en la Figura 13. (Jumbo , 2019)

Figura 13

Células de silicio monocristalinas



Nota. Tipo de celdas fotovoltaicas en silicio. Obtenido de (Sostenibilidad, 2021)

Silicio policristalinas

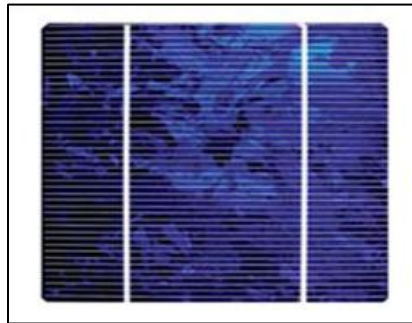
“Estos paneles son producidos utilizando silicio no refinado mezclado con elementos como arsénico y galio, lo cual reduce su eficiencia debido a las impurezas presentes. Como resultado, su rendimiento es más bajo, alcanzando un máximo del 14%. Además, su durabilidad es inferior en comparación con las células de silicio monocristalino.” cómo se observa en la Figura 14.

Silicio amorfo

“Se aplica una capa de silicio sobre una lámina metálica que cumple la función de electrodo, produciendo niveles muy modestos de potencia que se emplean comúnmente en dispositivos electrónicos diminutos como calculadoras y relojes. Debido a su estructura amorfa, estas células tienden a degradarse de manera más rápida. Su eficiencia máxima alcanza el 9%” como se muestra en la Figura 15.

Figura 14

Células de silicio policristalinas



Nota. Tipo de celdas fotovoltaicas en silicio. Obtenido de (Sostenibilidad, 2021)

Figura 15

Células de silicio amorfo



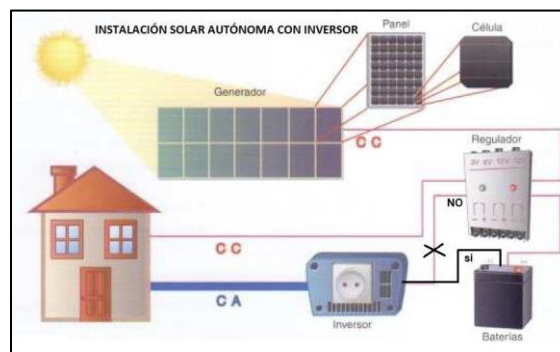
Nota. Tipo de celdas fotovoltaicas en silicio. Obtenido de (Sostenibilidad, 2021)

Inversor fotovoltaico

“Se trata de un sistema de energía solar independiente que se enlaza con la salida del regulador de carga solar o la salida de las baterías. En general, su propósito es equiparar la corriente con la de la red eléctrica” cómo se observa en la Figura 16. (Twenergy, 2019)

Características de un inversor

En la Tabla 1, se puede identificar una variedad de características propias de un inversor a utilizar para este tipo de análisis.

Figura 16*Inversor fotovoltaico*

Nota. Detalle de funcionamiento de un inversor. Obtenido de (Sostenibilidad, 2021)

Tabla 1

Características de un inversor

Detalle	Característica
<i>“Eficiencia y rendimiento”</i>	Es la capacidad disponible ya sea en la entrada o en la salida del inversor, ambas deben estar interconectadas.
<i>“Tensión nominal (v)”</i>	Se refiere al voltaje aplicado en la entrada del inversor, concretamente en sus terminales.
<i>“Potencia nominal (VA)”</i>	Se trata de la energía suministrada de forma constante al inversor, medida en voltio-amperios.
<i>“Potencia activa (W)”</i>	Es la potencia verdadera proporcionada al inversor, teniendo en cuenta la relevancia de tomar en consideración los desfases entre la corriente y el voltaje.

Nota. Indicador de las principales características que posee un inversor en cualquier aplicación.

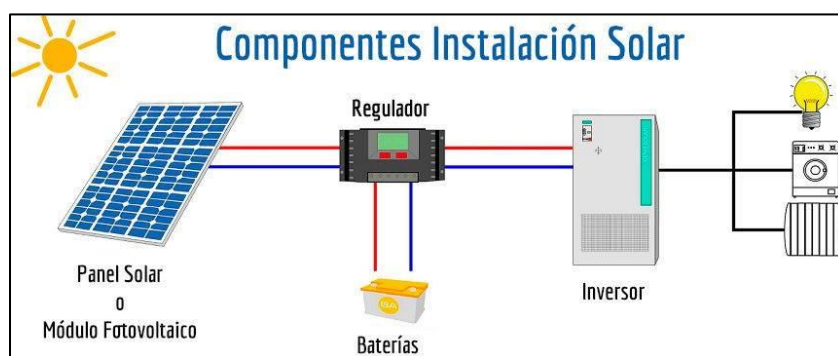
Obtenido de (Renewables, 2023)

Regulador de Carga

Este dispositivo pretende corregir el sobredimensionamiento existente en la res eléctrica, a causa de bajones y subidas de tensión, por lo que asegura una correcta alimentación a los equipos que se pretende utilizar, como se muestra en la Figura 17.

Figura 17

Componentes para la instalación solar



Nota. Proceso de llevar a cabo una instalación solar, desde la obtención de energía hasta su utilización. Obtenido de (Sostenibilidad, 2021)

Banco de baterías

Un banco de baterías es un conjunto de varias baterías recargables que suelen estar conectadas de diferentes maneras, en ocasiones y según la necesidad se las colocan en serie o si no se opta por una conexión en paralelo, para así proporcionar un respaldo de energía en caso de pérdida de energía. Frecuentemente, los acumuladores de baterías son empleados en sistemas donde las fuentes predominantes de energía son recursos renovables, como se detallará posteriormente. Además, tienen la capacidad de suministrar energía de contingencia en contextos como instalaciones comerciales, viviendas y centros de datos.

Igualmente, se encuentran disponibles diversos tipos de baterías comerciales aptas para su incorporación en los conjuntos de acumuladores. Cada tipo de batería tiene diferentes características, factores de seguridad, durabilidad y vida útil, parámetros necesarios a

considerar antes de elegir la batería a utilizar en un banco de baterías. (Harper, 2012, pág. 243)

Baterías de ciclo bajo

“Sustituyen volúmenes de corriente en lapsos breves para respaldar cargas menores, donde su liberación de energía no excede el 50%, dado que una descarga superior al 20% conlleva una disminución acelerada de su vida útil; además, no son recomendables en configuraciones solares fotovoltaicas.” (Jumbo , 2019)

Baterías de ciclo profundo

“Puede tolerar descargas totales de su capacidad sin experimentar daños, lo que las convierte en una elección ideal para su implementación en sistemas fotovoltaicos, como se muestra en este estudio, con el propósito de disminuir el consumo de energía proveniente de la red eléctrica convencional.”

Tipos de baterías

Baterías plomo acido abiertas

En la Figura 18, se observa este tipo de batería y “son usadas en sistemas solares de consumos bajos con tensiones de 6v-12v, la tensión de absorción de carga: 14,4v y la vida útil es de 500 ciclos de 2 a 4 años”.

Baterías de ciclo profundo

Como se observa en la Figura 19, “contienen placas de plomo y poseen buena respuesta de recuperación a ciclos de carga-descarga profunda”.

Figura 18

Baterías plomo acido abiertas



Nota. Tipos de baterías según la disponibilidad y uso. Obtenido de (Sostenibilidad, 2021)

Figura 19

Baterías de ciclo profundo



Nota. Tipos de baterías según la disponibilidad y uso. Obtenido de (Sostenibilidad, 2021)

Baterías AGM

“Acumuladores sellados con electrolito fijado mediante mallas de fibra de vidrio, no requieren mantenimiento, excelente respuesta de descarga profunda, permite mayores ciclos de carga y descarga, mayores tasas de corriente, descargas de 20 horas de trabajo”, véase la Figura 20. (Sostenibilidad, 2021)

Figura 20

Baterías AGM



Nota. Tipos de baterías según la disponibilidad y uso. Obtenido de (Sostenibilidad, 2021)

Baterías de GEL

cómo se observa en la Figura 21 son “De manera semejante a las baterías AGM, pero con un precio superior, estas presentan electrolito fijo en forma de gel. Están herméticamente

selladas para prevenir derrames y cuentan con una válvula para liberar el exceso de gas en caso de sobrepresión. Son empleadas en entornos sin ventilación y ofrecen una tensión más constante en condiciones de altas temperaturas”. (Sostenibilidad, 2021)

Figura 21

Baterías de GEL



Nota. Tipos de baterías según la disponibilidad y uso. Obtenido de (Sostenibilidad, 2021)

Batería de Litio

“Debido a su coste elevado y desempeño excepcional, son altamente efectivas en contextos de electrónica. Operan con tensiones significativas de entre 350v a 450v y tienen una capacidad de 6,4 kWh. En sistemas solares, son capaces de acumular energía para varios días, con opciones que varían desde una capacidad de 24v y 180Ah, equivalente a 4,75 kWh, hasta 12 kWh”. (Mendible, 2017)

Figura 22

Baterías de litio



Nota. Tipos de baterías según la disponibilidad y uso. Obtenido de (Sostenibilidad, 2021)

Energía Eólica

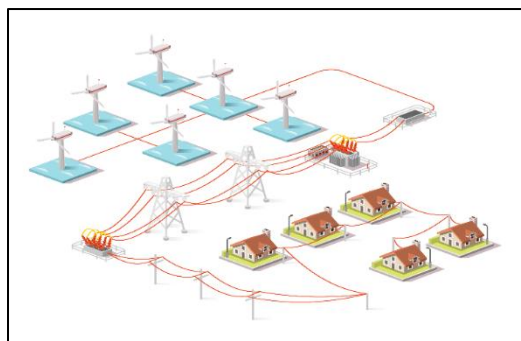
En este apartado se hará énfasis en el funcionamiento de los molinos de viento, ya que se consideran como los principales receptores de energía emitida por el viento; una idea convencional es utilizar este tipo de energía para unir al sistema de red de distribución eléctrica nacional, como se ve en la Figura 23. (Twenergy, 2019)

De acuerdo a una investigación efectuada en la provincia de Imbabura, se ha identificado la presencia de un plan destinado a establecer un parque eólico en la parroquia Salinas. Este proyecto cuenta con el apoyo de la "Empresa Eléctrica Regional Norte" y la compañía operadora "Electro Viento", las cuales ya han obtenido los análisis de factibilidad, la conexión a la red eléctrica y la evaluación medioambiental definitiva". (Reve, 2010)

Existe un modelo de parque eólico, mostrado en la Figura 24, estará en funcionamiento este año, la capacidad eólica instalada en Ecuador se estima que llegará a 27,4 MW, superando a varios países latinoamericanos. El objetivo energético es alcanzar los 200 MW en un corto plazo. (Reve, 2010).

Figura 23

Fundamentos de la energía eólica



Nota. Se muestra un conjunto de generadores eólicos conectados en serie, con la finalidad de abastecer de energía a una localidad. Obtenido de (Twenergy, 2019)

Figura 24

Proyecto de energía eólica en Ecuador



Nota. Se muestra un conjunto de generadores eólicos conectados en serie, como posible proyecto a implementar en Carchi - Ecuador. Obtenido de (Reve, 2010)

Aerogenerador

Existe una gran variedad de la implementación de la energía eólica debido a que el viento es un recurso que se encuentra en este territorio, este aerogenerador puede guiar la trayectoria del viento a través de sus aspas con el fin de aprovechar el mecanismo del mismo; este proceso depende netamente de la velocidad generada por el viento, se muestra en la Figura 25 un modelo de aerogenerador de 3 aspas. (Acciona, 2020)

Figura 25

Aerogenerador vertical



Nota. Se observa un aerogenerador vertical. Obtenido de (Acciona, 2020)

Tipos de aerogeneradores

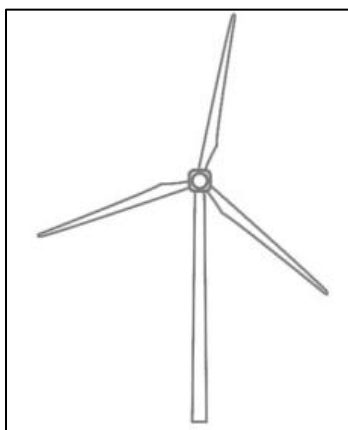
Existe una pequeña clasificación para este tipo de aerogeneradores, que depende netamente del viento, donde existe una la clasificación de los mismos, para una mejor comprensión. (Renewables, 2023)

Aerogeneradores de palas y eje horizontal

El giro de este tipo de aerogeneradores es por lo general de manera paralela al suelo, están colocados a una altura considerable del piso, con la finalidad de aprovechar de mejor manera los recursos de este mecanismo, por lo general se adopta un sistema de 3 palas con un eje horizontal, que será la versión más adecuada en este proceso, como se muestra en la Figura 26. (Renewables, 2023)

Figura 26

Aerogenerador de palas y eje horizontal



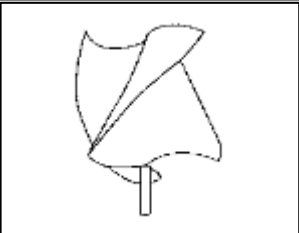
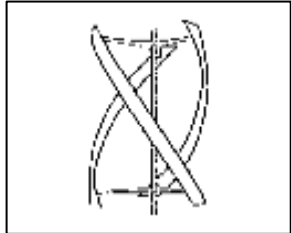
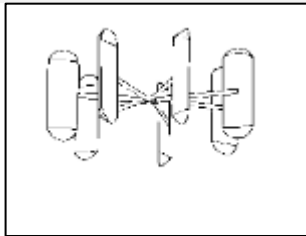
Nota. Este tipo de generador es uno de los más utilizados a nivel internacional, debido a sus especificaciones técnicas y funcionamiento. Obtenido de (Renewables, 2023)

Tipos de aerogeneradores según las aspas y ejes

A continuación, se observa distintos tipos de aerogeneradores, como se observa en la Tabla 2, donde se detallarán de mejor manera. (Renewables, 2023)

Tabla 2

Tipos de aerogeneradores según las aspas y ejes

Tipo de Aerogeneradores	Descripción y funcionamiento	Detalle gráfico de guía
<i>Savonius</i>	Su pala puede tener diferentes formas, mientras que el eje de transmisión deberá tener una transmisión diferencial.	
<i>Darrieus</i>	Las palas de este tipo de aerogenerador tienen curvas expuestas alrededor de su eje.	
<i>Turbina Mixta</i>	Este tipo de aerogenerador incluye los dos tipos mencionados anteriormente, uniendo así sus características.	
<i>Giromill</i>	Tienen brazos horizontales conectados, cuyas aspas están colocadas en forma vertical.	

Nota. Tipos de aerogeneradores. obtenido de (Renewables, 2023)

Datos básicos a considerar en un sistema eólico

Rosa de los vientos

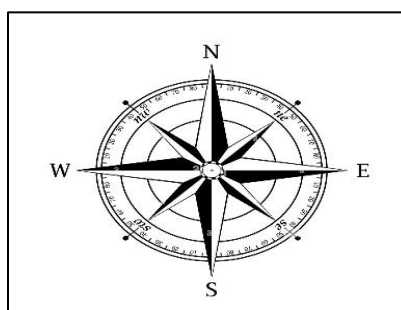
Es un ícono antiguo que maneja la forma de una estrella, la misma que utiliza orientación y navegación, para una mejor guía se referencia la Figura 27. Esta herramienta

tiene marcados los rumbos de la circunferencia del horizonte, incluyendo los puntos cardinales, intermedios y el rumbo del viento en una forma gráfica.

La Rosa de los Vientos es comúnmente vista en mapas, brújulas y otros instrumentos de navegación para indicar el rumbo a seguir. Además, también se utiliza en aeronáutica y en la exploración de terrenos desconocidos como guía de orientación espacial. Se trata de una herramienta muy útil para la orientación y se sigue usando incluso hoy en día.

Figura 27

Rosa de los vientos



Nota. Figura representativa a la rosa de los vientos, con los 4 puntos cardinales principales (alamy, 2023)

Velocidad del viento

Es una variable importante en la meteorología, la aeronáutica y la navegación marítima. Se mide en kilómetros por hora, metros por segundo o millas por hora utilizando instrumentos especializados, como anemómetros o veletas. La rapidez del viento puede estar sujeta a diversos elementos, como la temperatura, la humedad, la presión atmosférica y la configuración del relieve del terreno. (Celec Ep, 2019)

La localidad en donde se implementará este sistema, tendrá que ser bien analizada pues será la responsable de la velocidad y afluencia del viento que se pretende recuperar, para la cual e la Tabla 3, se detalla el mes en el que se determinó la muestras y sus equivalentes en

km/h y m/s, para un mejor trato de la información, donde se procede a realizar la conversión a metros por segundo.

Tabla 3

Promedio de velocidad de viento anual en la ciudad de Belisario Quevedo

Mes	km/h	m/s
Enero	5.6	1,56
Febrero	5.9	1,64
Marzo	5.8	1,61
Abril	6.1	1,69
Mayo	7.4	2,06
Junio	10.6	2,94
Julio	12	3,33
Agosto	12	3,33
Septiembre	9.15	2,54
Octubre	6.4	1,78
Noviembre	5.9	1,64
Diciembre	5.8	1,61

Nota. Promedio de la velocidad del viento en Belisario Quevedo durante los años 2018 a 2022, con indicativo de su mayor pico. Obtenido de (Weatherspark, 2023)

Potencia del viento

“La potencia del viento se puede aprovechar para producir energía eléctrica mediante el uso de turbinas de viento, y es una fuente de energía renovable y limpia”. (Harper, 2012)

La Ecuación 1, ayudará a calcular la masa del aire, con la que se partirá para poder calcular la energía calculada; es necesario conocer los términos a utilizar, como son: masa del

aire (m), densidad del aire (ρ), área de barrido del rotor (A), velocidad del aire (v) y el tiempo (t); con estos parámetros se entenderá de mejor manera la ecuación.

$$m = \rho * (A * v * t) \quad \text{Ecuación 1}$$

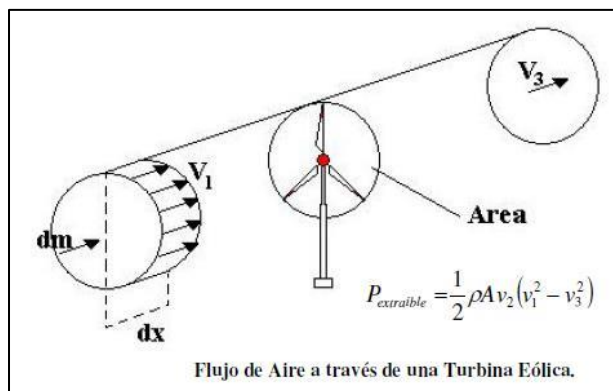
Posteriormente, se tiene la expresión de la Ecuación 2; donde uno de sus indicadores principales es la medida que representa, siendo “Joules”, este dato servirá para poder calcular el valor de la potencia del sistema; de la misma manera se debe conocer los términos a utilizar, donde: la energía generada (Ec), masa del aire (m) y velocidad del viento (v).

$$Ec = \frac{1}{2} m * v^2 \quad \text{Ecuación 2}$$

Una vez generalizado la intervención que se va a realizar, se puede determinar que la potencia extraída de un generador eólico va a depender netamente de los principales componentes con el que consta la distribución de la Figura 28.

Figura 28

Calculo potencia del viento



Nota. Se observa la fórmula con sus características de cálculo para determinar el proceso.

Obtenido de (Mirez, 2023)

Las ráfagas de viento serán indispensables para realizar este cálculo, debido a que la

energía que se vaya a obtener, depende directamente de la velocidad con la que el viento mueva las aspas del aerogenerador, adicionalmente se deberá considerar los valores de la Tabla 3, para calcular los valores deseados a través de la Ecuación 2.

$$m = \rho * (A * v * t)$$

$$Ec = \frac{1}{2} m * v^2$$

$$Ec = \frac{1}{2} \rho * A * t * v^3$$

$$Ec = \frac{1}{2} 1,225 * 4,9 * 1 * (1,56)^3$$

$$Ec = 11.39 J$$

Capítulo III

Niveles de radiación solar y vientos

En esta investigación se pretende determinar la factibilidad técnica y financiera al instalar un sistema de generación híbrido de energía eólica y fotovoltaica. El presente estudio se realizará mediante el uso de fuentes oficiales como guías de referencia para realizar una comparativa. “Los datos que se pretenden establecer, son obtenidos en base a la referencia de la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe sede Latacunga, situada en la parroquia de Belisario Quevedo, en el barrio Forastero, con la siguiente ubicación geográfica”:

- Altitud 2735 msnm.
- Latitud $0^{\circ}59'56''$ S.
- Longitud $78^{\circ}35'04''$ O.

Energía solar fotovoltaica

Radiación solar, con incidencia directa y horizontal

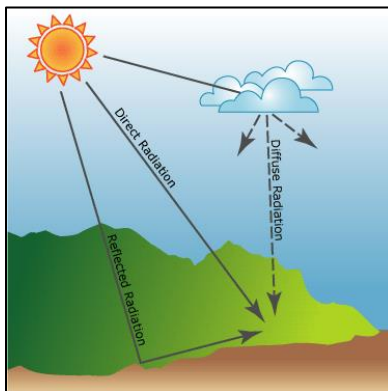
Esta radiación desempeña un papel crucial al llevar a cabo el estudio de la energía proveniente del sol. En este contexto, es necesario destacar que la irradiación directa normal se refiere a la radiación solar que llega directamente y sin alteraciones al punto en cuestión. Por otro lado, la irradiación directa horizontal se relaciona con la reflexión que ocurre en cualquier punto de la superficie terrestre y que contribuye al rayo solar incidente en dicho punto, como se muestra en la Figura 29.

Se ha considerado tres páginas que se utilizarán de referencia según la ubicación mencionada, que se puede visualizar en la Figura 30, como son “Photovoltaic Geographical "Global Solar Atlas" de SOLARGIS, "POWER | Data Access Viewer" de la NASA y "Information System" de la Comisión Europea, el patrón que tienen es muy similar, sin embargo, es

necesario adaptará a las necesidades del sistema propio a implementar, y con la verificación y actualización de datos más recientes.

Figura 29

Radiación directa normal y radiación horizontal

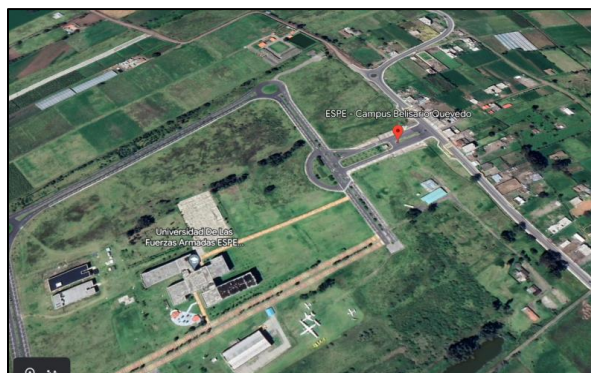


Nota. Representación de la irradiación llegando a la superficie terrestre y su efecto reflectivo.

Obtenido de (Radiación directa, difusa y reflejada, 2014)

Figura 30

Ubicación de los datos proporcionados por European Commission.



Nota. Especificaciones del lugar de obtención de datos a utilizar para la investigación. Obtenido de (Google Earth, 2023)

Radiación según validación de datos de la Comisión Europea

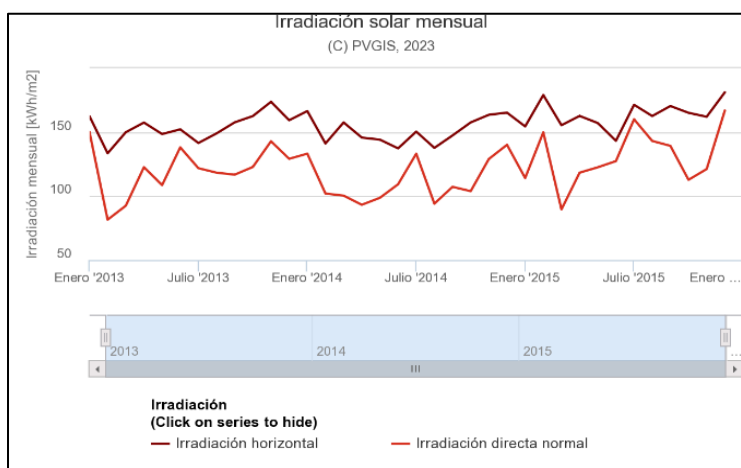
la comisión europea mencionó que empleó un período de tres años para recopilar datos

(2013-2014-2015). Durante este lapso, se destacó que la irradiación normal más baja registrada ocurrió en el primer año, con un valor de $4.44 \text{ KWh}/\text{m}^2$ por día, mientras que el último año exhibió el valor más alto, alcanzando $6.03 \text{ KWh}/\text{m}^2$ por día. (European Commission, 2022)

Es por esta razón que se pretende indicar que mientras ha ido pasando el tiempo, la irradiación en la ciudad de Latacunga ha ido elevando sus valores, mismos datos que se pueden comprobar con una similitud, tal como se observa en la Figura 31.

Figura 31

Irradiación solar en Belisario Quevedo



Nota. Irradiación solar en la parroquia Belisario Quevedo de la ciudad de Latacunga, registrada desde enero de 2013 hasta julio de 2015. Obtenido de (European Commission, 2022).

En la Tabla 4, Tabla 5 y Tabla 6, se muestran los datos obtenidos para realizar esta comparativa, donde fue indispensable ir validando toda esta información acorde a los meses de cada año para ocupar una sintonía de datos más precisos. JRC PHOTOVOLTAIC” (2022).

Tabla 4*Irradiación en Belisario Quevedo – Año 2013 “JRC”*

<i>Mes</i>	<i>Irradiación Directa Normal (kWh/m2)</i>	<i>Irradiación Horizontal (kWh/m2)</i>
<i>Enero</i>	162.39	150.1
<i>Febrero</i>	133.43	81.56
<i>Marzo</i>	149.87	92.46
<i>Abril</i>	157.44	122.58
<i>Mayo</i>	148.44	108.56
<i>Junio</i>	152.13	138.05
<i>Julio</i>	141.46	121.8
<i>Agosto</i>	148.95	118.29
<i>Septiembre</i>	157.6	116.74
<i>Octubre</i>	162.5	122.74
<i>Noviembre</i>	173.65	142.81
<i>Diciembre</i>	159.24	129.11

Nota. Datos de radiación en Belisario Quevedo, año 2013, con indicativo de su mayor pico.

Obtenido de (European Commission, 2022)

Tabla 5*Irradiación en Belisario Quevedo – Año 2014 “JRC”*

<i>Mes</i>	<i>Irradiación Directa Normal (kWh/m2)</i>	<i>Irradiación Horizontal (kWh/m2)</i>
<i>Enero</i>	166.42	133.13
<i>Febrero</i>	141.1	101.99

<i>Mes</i>	<i>Irradiación Directa</i>	<i>Irradiación Horizontal</i>
	<i>Normal (kWh/m²)</i>	<i>(kWh/m²)</i>
<i>Marzo</i>	157.54	100.36
<i>Abril</i>	145.69	93.21
<i>Mayo</i>	144.09	98.66
<i>Junio</i>	137.27	109.23
<i>Julio</i>	150.36	133.09
<i>Agosto</i>	137.65	94.08
<i>Septiembre</i>	147.36	107.22
<i>Octubre</i>	157.54	103.86
<i>Noviembre</i>	163.49	128.98
<i>Diciembre</i>	165.18	140.07

Nota. Datos de radiación en Belisario Quevedo, año 2014, con indicativo de su mayor pico.

Obtenido de (European Commission, 2022)

Tabla 6

Irradiación en Belisario Quevedo – Año 2015 “JRC”

<i>Mes</i>	<i>Irradiación</i>	<i>Irradiación</i>
	<i>Directa Normal</i>	<i>Horizontal</i>
	<i>(kWh/m²)</i>	<i>(kWh/m²)</i>
<i>Enero</i>	154.39	114.11
<i>Febrero</i>	178.92	149.77
<i>Marzo</i>	155.34	89.58
<i>Abril</i>	162.65	119.39
<i>Mayo</i>	157.06	122.49

<i>Mes</i>	<i>Irradiación</i>	<i>Irradiación</i>
	<i>Directa Normal</i>	<i>Horizontal</i>
	<i>(kWh/m²)</i>	<i>(kWh/m²)</i>
<i>Junio</i>	143.18	127.62
<i>Julio</i>	171.34	160.02
<i>Agosto</i>	162.51	143.07
<i>Septiembre</i>	170.36	139.26
<i>Octubre</i>	165.04	112.71
<i>Noviembre</i>	161.96	121.11
<i>Diciembre</i>	181.05	166.8

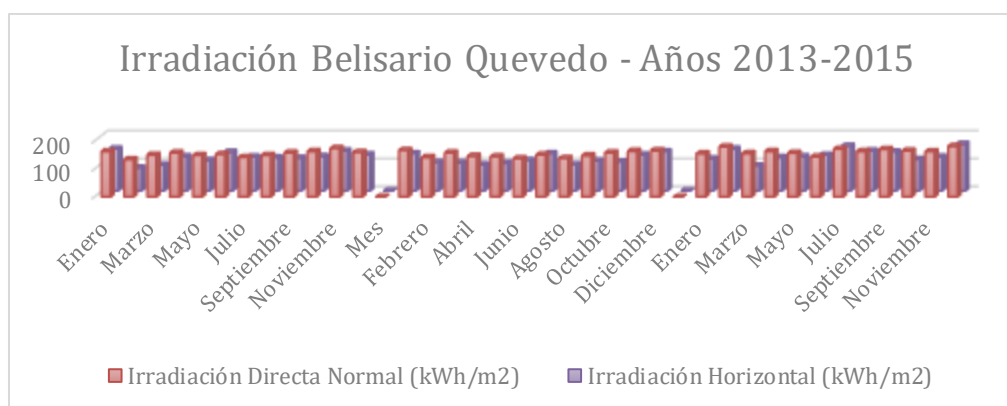
Nota. Datos de radiación en Belisario Quevedo, año 2015, con indicativo de su mayor pico.

Obtenido de (European Commission, 2022)

Anteriormente se indicó que los meses con mayor irradiación corresponden a aquellos de los últimos años (2014 y 2015), datos que son verificados y se tiene que la irradiación directa normal y la irradiación horizontal, fue mayor en 2015 con un valor de 181.05 kWh/m² y 166.80 kWh/m² respectivamente, como se muestra en la Figura 32.

Figura 32

Irradiación en la parroquia de Belisario Quevedo – Años 2013-2015



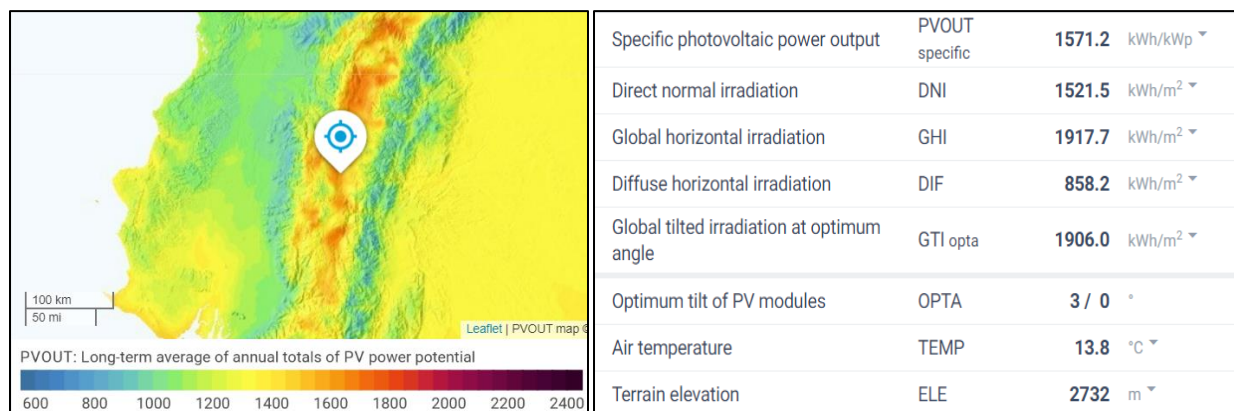
Nota. Comparativa de valores mensuales de la irradiación directa normal y horizontal durante tres años de análisis.

Radiación según validación de datos de Solargis y Esmap

En la Figura 33, se aprecia que Latacunga es una de las ciudades que ha experimentado un aumento notable en la irradiación. En el año 2023, la irradiación directa normal se situó en 1521.5 kWh/m^2 , lo que implica un valor mensual promedio de 126.79 kWh/m^2 . Sin embargo, al mantener un valor muy cercano al mínimo valor obtenido en el año 2013, se puede indicar que la irradiación no se ha perdido, por lo que la proyección de la misma, se mantendrá óptima para realizar el enfoque establecido en este proyecto. (Solargis & Esmap, 2023)

Figura 33

Mapa de irradiación solar en Belisario Quevedo



Nota. Niveles de irradiación en el Ecuador, con concentración de máximos y mínimos, junto al detalle de los valores numéricos requeridos. Obtenido de (Solargis & Esmap, 2023)

En la Tabla 7, se muestran datos obtenidos de la radiación utilizando como locación específica a la ciudad de Latacunga, donde, para efectos de estudios más específicos se trasladó a la parroquia de Belisario Quevedo. GLOBAL SOLAR ATLAS” (2023)

Tabla 7

Irradiación en la parroquia de Belisario Quevedo – Año 2022 “GSA”

<i>Mes</i>	<i>Irradiación Directa Normal (kWh/m2)</i>	<i>Irradiación Horizontal (kWh/m2)</i>
<i>Enero</i>	141.20	152.30
<i>Febrero</i>	108.80	118.20
<i>Marzo</i>	114.30	118.30
<i>Abril</i>	115.30	110.60
<i>Mayo</i>	128.40	135.60
<i>Junio</i>	126.70	136.30
<i>Julio</i>	135.90	145.20
<i>Agosto</i>	124.50	136.20
<i>Septiembre</i>	121.90	124.90
<i>Octubre</i>	142.00	152.60
<i>Noviembre</i>	140.10	148.30
<i>Diciembre</i>	139.20	147.10

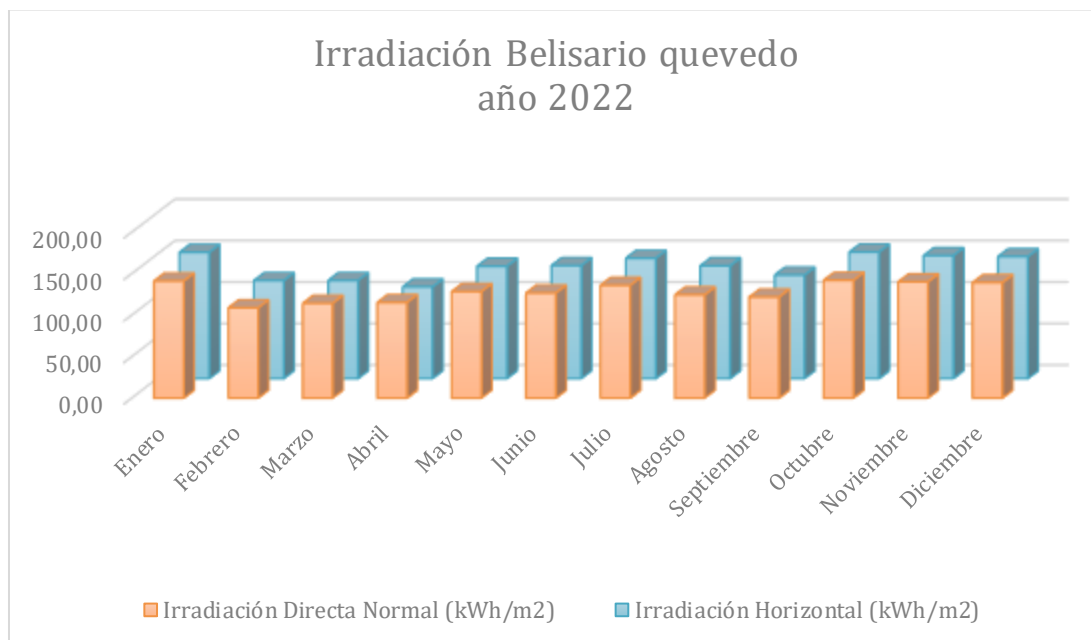
Nota. Datos de radiación en Belisario Quevedo, año 2022, con indicativo de su mayor pico.

Obtenido de (Solargis & Esmap, 2023)

Además, se obtuvo un dato adicional en esta investigación, donde se muestra un patrón de horas, en las que este pico de irradiación fue más elevado, tal es el caso que todos los meses del año 2022 coinciden que las mejores horas para aprovechar este recurso sería entre las 10 h 00 hasta las 14 h 00, pues en este rango de tiempo su irradiación es óptima para aprovecharla como recurso, en la Figura 35, se indica de manera gráfica el patrón que toma la irradiación en diferentes horas del día en los meses correspondientes al año 2022.

Figura 34

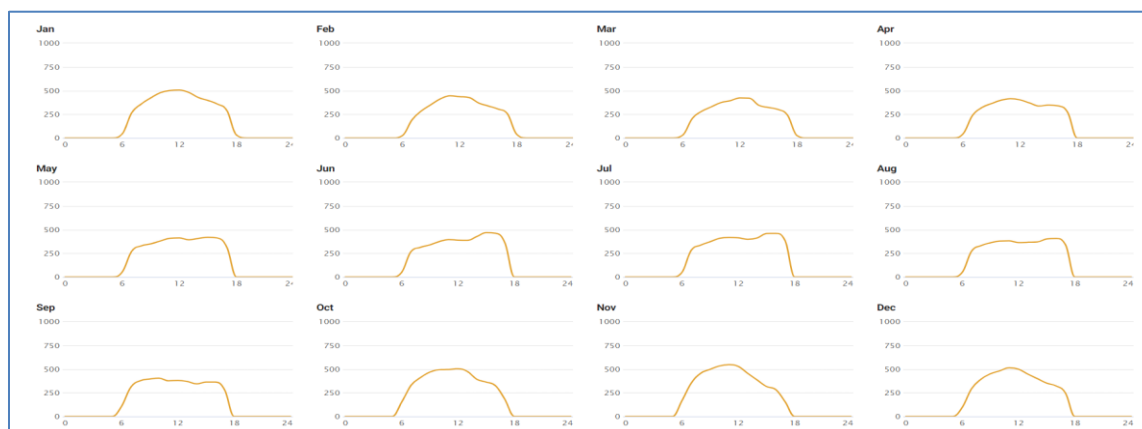
Resumen de irradiación en Belisario Quevedo – Año 2022 “GSA”



Nota. Comparativa dinámica del análisis de datos el año 2022.

Figura 35

Resumen de irradiación por horas en Belisario Quevedo – Año 2022 “GSA”



Nota. Análisis de diferentes meses del año 2022 Obtenido de (Solargis & Esmap, 2023)

Datos de radiación según la NASA

En un enfoque final de investigación, se recurrió a la página de Predicción de Recursos Energéticos Mundiales de la NASA. En esta plataforma, se proporcionó la ubicación específica de interés, que en este caso corresponde a la ciudad de Latacunga, en la parroquia Belisario Quevedo, abarcando un período temporal que se extiende desde enero de 2020 hasta abril de 2022, obteniendo los datos mostrados en la Tabla 8, Tabla 9 y Tabla 10. (NASA, 2023)

Tabla 8

Irradiación en Belisario Quevedo – Año 2020 “NASA”

<i>Mes</i>	<i>Irradiación Directa Normal (kWh/m²)</i>	<i>Irradiación Horizontal (kWh/m²)</i>
<i>Enero</i>	166.00	195.00
<i>Febrero</i>	101.00	215.00
<i>Marzo</i>	189.00	314.00
<i>Abril</i>	156.00	253.00
<i>Mayo</i>	156.00	165.00
<i>Junio</i>	157.00	219.00
<i>Julio</i>	195.00	315.00
<i>Agosto</i>	255.00	156.00
<i>Septiembre</i>	165.00	225.00
<i>Octubre</i>	225.00	260.00
<i>Noviembre</i>	315.00	335.00
<i>Diciembre</i>	195.00	258.00

Nota. Datos de radiación en Belisario Quevedo, año 2020, con indicativo de su mayor pico.

Obtenido de (NASA, 2023)

Tabla 9*Irradiación en Belisario Quevedo – Año 2021 “NASA”*

<i>Mes</i>	<i>Irradiación Directa Normal (kWh/m2)</i>	<i>Irradiación Horizontal (kWh/m2)</i>
<i>Enero</i>	181.00	226.00
<i>Febrero</i>	190.00	121.00
<i>Marzo</i>	151.00	282.00
<i>Abril</i>	206.00	175.00
<i>Mayo</i>	167.00	273.00
<i>Junio</i>	253.00	271.00
<i>Julio</i>	222.00	327.00
<i>Agosto</i>	260.00	172.00
<i>Septiembre</i>	201.00	227.00
<i>Octubre</i>	207.00	300.00
<i>Noviembre</i>	206.00	330.00
<i>Diciembre</i>	194.00	311.00

Nota. Datos de radiación en Belisario Quevedo, año 2021, con indicativo de su mayor pico.

Obtenido de (NASA, 2023)

Tabla 10*Irradiación en Belisario Quevedo – Año 2022 “NASA”*

<i>Mes</i>	<i>Irradiación Directa Normal (kWh/m2)</i>	<i>Irradiación Horizontal (kWh/m2)</i>
<i>Enero</i>	250.00	325.00
<i>Febrero</i>	190.00	125.00

Mes	Irradiación Directa Normal (kWh/m ²)	Irradiación Horizontal (kWh/m ²)
Marzo	171.00	271.00
Abril	175.00	210.00

Nota. Datos de radiación en Belisario Quevedo, año 2022, con indicativo de su mayor pico.

Obtenido de (NASA, 2023)

Se puede concluir que los valores más altos de irradiación directa normal e irradiación horizontal en este periodo de tres años se observaron en 2020, alcanzando un registro de 310.00 kWh/m² y 335.00 kWh/m² respectivamente, como se muestra en la Figura 36.

Figura 36

Resumen de irradiación en Belisario Quevedo – Año 2022 “NASA”



Nota. Ilustración que presenta una comparativa dinámica del análisis de datos a lo largo de tres años consecutivos.

Energía eólica

La investigación tuvo como punto de partida las diferentes estadísticas tomadas de páginas reconocidas mundialmente adicional se corroboró con mediciones precisas en el lugar de estudio mostrados en una comparativa ilustrada en la Tabla 11.

Cabe recalcar que para la generación de estos datos en la página Power Project es necesario colocar diferentes filtros que ayudarán a seleccionar el punto exacto en el cual se desean obtener los datos, para esto se tienen datos específicos como latitud y altitud del sitio; además de delimitar el año en cuestión, adicional también permite seleccionar las diferentes variables a medir, como en este caso el viento para ello se ha seleccionado la característica de velocidad de viento con una altura máxima de 10 metros.

Tabla 11

Variación de la velocidad del tiempo entre los años 2017 2021 en km/h

Meses	2021	2020	2019	2018	2017
Enero	5.25	7.83	7.14	5.12	6.76
Febrero	5.17	5.52	5.05	5.6	5.99
Marzo	6.68	6.35	5.73	6.13	4.48
Abril	5.7	6.86	6.2	6.57	6.0
Mayo	8.58	8.65	7.07	5.91	7.73
Junio	7.86	7.91	12.47	9.71	7.14
Julio	11.82	8.67	9.83	8.95	9.96
Agosto	10.3	8.91	12.66	12.47	8.45
Septiembre	10.97	9.25	9.21	8.79	8.13
Octubre	7.47	7.44	6.91	6.08	8.52
Noviembre	6.72	5.65	6.64	5.08	5.82

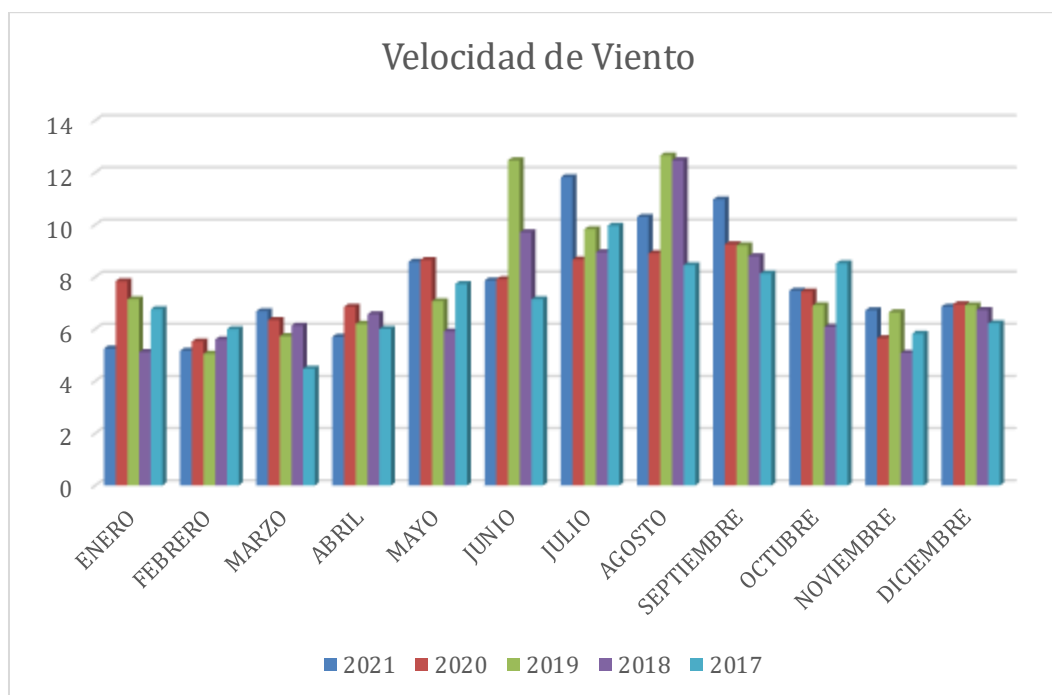
Meses	2021	2020	2019	2018	2017
Diciembre	6.86	6.95	6.91	6.73	6.22

Nota. Datos de velocidad de viento en Belisario Quevedo 2017 2021 (PROJECT, 2024)

Como un análisis de la Tabla 11 se puede obtener que los valores más altos en la velocidad del viento fueron entre los meses de julio agosto y septiembre esto quiere decir el tercer trimestre de cada año con una velocidad máxima de 12,66 km/h en los últimos 5 años a partir del 2017, datos que son recopilados debido a que al ser una página de interés mundial no se encuentra actualizado en los años 2022 y el presente año 2023 los cuales no hay datos. En la Figura 37, muestra de una manera mucho más didáctica y representativa los valores expuestos en la tabla anterior Tabla 11.

Figura 37

Resumen de velocidad de viento en Belisario Quevedo – Año 2017 2022 “NASA”

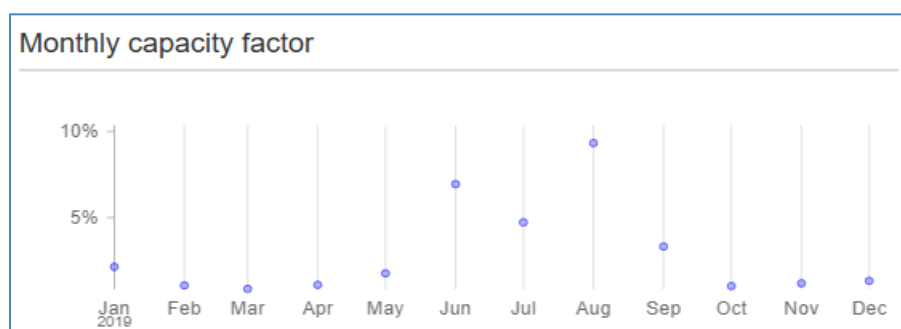


Nota. Ilustración que muestra una comparativa dinámica del análisis de datos. Obtenido de (NASA, 2023)

Mientras que en la Figura 38, los datos obtenidos a través de la página renewable Ninja la cual se desarrolló en colaboración entre Stefan finger y Ian Stanford, quienes han publicado varios artículos científicos. Dicha imagen muestra claramente que para el año 2019 los vientos más fuertes fueron entre los meses de julio y septiembre lo cual es una correspondencia muy clara a los datos obtenidos de la página soportada por la NASA.

Figura 38

Variación de velocidad del viento en función del tiempo para la ciudad de Belisario Quevedo para el año 2019



Nota. La ilustración muestra grandes cambios en la velocidad del viento para el 3 trimestre de cada año. Obtenidos a través de la página de la NASA

De los datos obtenidos tanto de la página con soporte de aerogeneradores, así como los datos obtenidos a través de la página Weather Spark se puede indicar que los vientos más fuertes se producen en el tercer trimestre de cada año llegando con picos de 10.6, 12, 9.25 y 11.82 km/h. (Renewables, 2023)

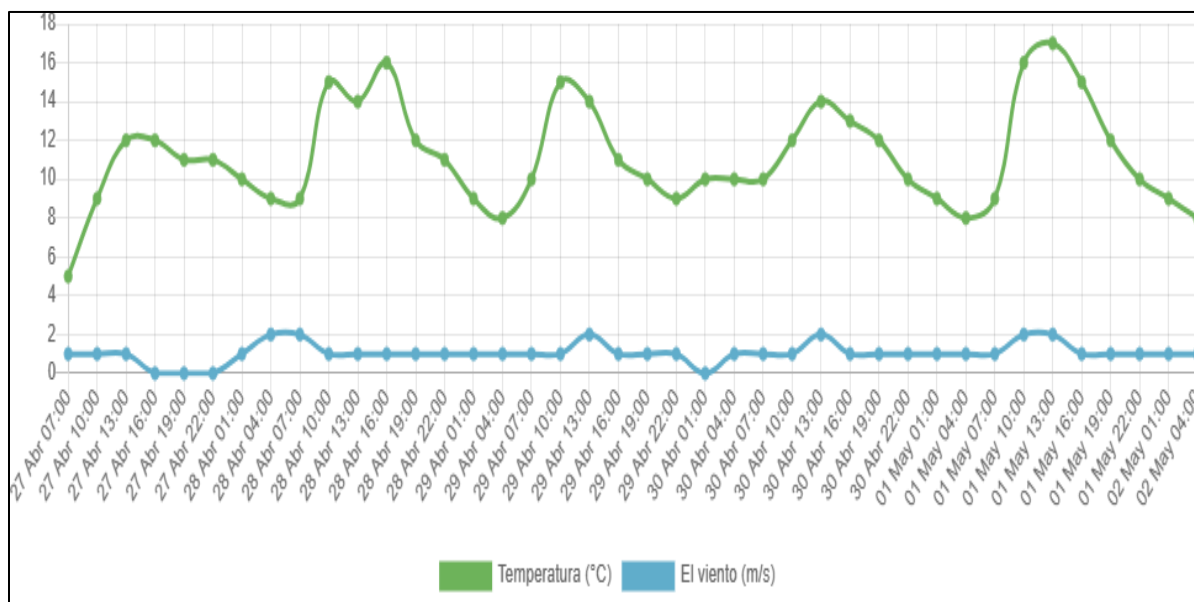
La

Figura 39, se muestran datos obtenidos con un intervalo de tiempo de 5 días, indican que la velocidad promedio en los próximos 5 días será de aproximadamente 1 a 2 m/s; donde se considera que 1 m/s es igual a 3.6 km/h, se deduce que la velocidad aproximada de los vientos

será de 3.6 a 7.2 km/h. (Sky, 2024)

Figura 39

Comparativa de temperatura y velocidad del viento en la ciudad de Belisario Quevedo en un intervalo de 5 días



Nota. Ilustración que muestra una comparativa entre la temperatura y la velocidad del viento para la zona de Belisario Quevedo

Todos estos datos serán utilizados para valorar cuanta energía se puede producir con una instalación de generación eólica y calculando en función de lo que consume un electrodoméstico común, además de dimensionar correctamente el proyecto se tratará de valorar la viabilidad del mismo.

Para la valoración de la energía que puede llegar a producir una turbina de generación eólica se tomará como ejemplo la EXMORK ZH500W, esto debido a que su uso no está sobredimensionado además de que se puede encontrar en el mercado nacional y muy presente en varias investigaciones a nivel nacional. Las características de esta turbina con aerogenerador

se presentan a continuación, en la Tabla 12.

Tabla 12

Especificaciones técnicas de la turbina EXMORKZH500W.

Diámetro del rotor (m)	2.5
Material y cantidad de cuchillas	Fibra de vidrio reforzada *3
Potencia nominal y potencia máxima	500/700
Velocidad nominal del viento (m/s)	8
Velocidad de arranque del viento (m/s)	2.5
Velocidad de viento operativa (m/s)	3~25
Velocidad de viento de supervivencia (m/s)	45
Velocidad de rotación nominal (r/min)	450
Voltaje de operación	CD12V/24V
Configuración del generador	Trifásico, imán permanente
Método de carga	Tensión constante ahorro de 8 corriente
Sistema de regulación de velocidad	Guiñada
Procedimiento de parada	Auto
Peso total	46Kg
Altura de la torre	66
Capacidad de batería recomendada	Batería de ciclo profundo 12V/200Ah *2

Nota. Características del equipo, extraído por el autor del manual del equipo.

Estas características ayudarán a dimensionar la potencia generada por el viento a través del equipo, cabe recalcar que además de las características, se necesitan otros equipos, así como un Banco de baterías corrector de voltaje y otros, sin embargo, utilizando las características de este aerogenerador eólico se podría dimensionar la energía producida por el

viento en esta zona.

A continuación, se desarrolla la Tabla 13, que es una comparativa de la energía en función del tiempo, donde cabe indicar que la velocidad promedio del viento solo indica la conveniencia del sitio de medición y no garantiza una velocidad constante en un lugar específico. Incluso lugares con velocidades promedio iguales pueden tener vientos irregulares altos y bajos. Además, la ley de la física establece un límite de rendimiento del 59% en la transformación de energía eólica en mecánica debido a que el viento se frena al pasar por el rotor de un aerogenerador, saliendo con una velocidad menor a la que entró. Este límite, conocido como el límite de Betz, depende de la eficiencia y características de la máquina y se incluye en la Ecuación 3, para calcular la potencia aprovechable, los términos utilizados a continuación son: potencia extraíble (Pe), densidad del aire (p), velocidad del viento (V), área del rotor (A), coeficiente de límite aprovechable (Cp).

$$Pe = \frac{1}{2}pAV^3Cp \quad \text{Ecuación 3}$$

Por lo cual utilizando las velocidades del viento mostradas anteriormente se puede calcular la potencia extraíble para un año en particular. Tomando como referencia la Tabla 11, se procede a calcular lo siguiente:

Tabla 13

Datos del aerogenerador y viento en función de cada año

Meses	2021	2020	2019	2018	2017
Enero	263,04	872,63	661,67	243,98	561,55
Febrero	251,20	305,75	234,11	319,24	390,69
Marzo	541,85	465,45	341,99	418,72	163,45

Meses	2021	2020	2019	2018	2017
Abril	336,64	586,84	433,23	515,52	392,65
Mayo	1148,18	1176,51	642,40	375,24	839,63
Junio	882,70	899,66	3524,90	1664,20	661,67
Julio	3001,92	1184,69	1726,66	1303,22	1796,08
Agosto	1986,36	1285,82	3688,49	3524,90	1096,77
Septiembre	2399,76	1438,71	1420,12	1234,56	976,83
Octubre	757,72	748,63	599,77	408,56	1124,26
Noviembre	551,64	327,86	532,17	238,31	358,36
Diciembre	586,84	610,24	599,77	554,11	437,44

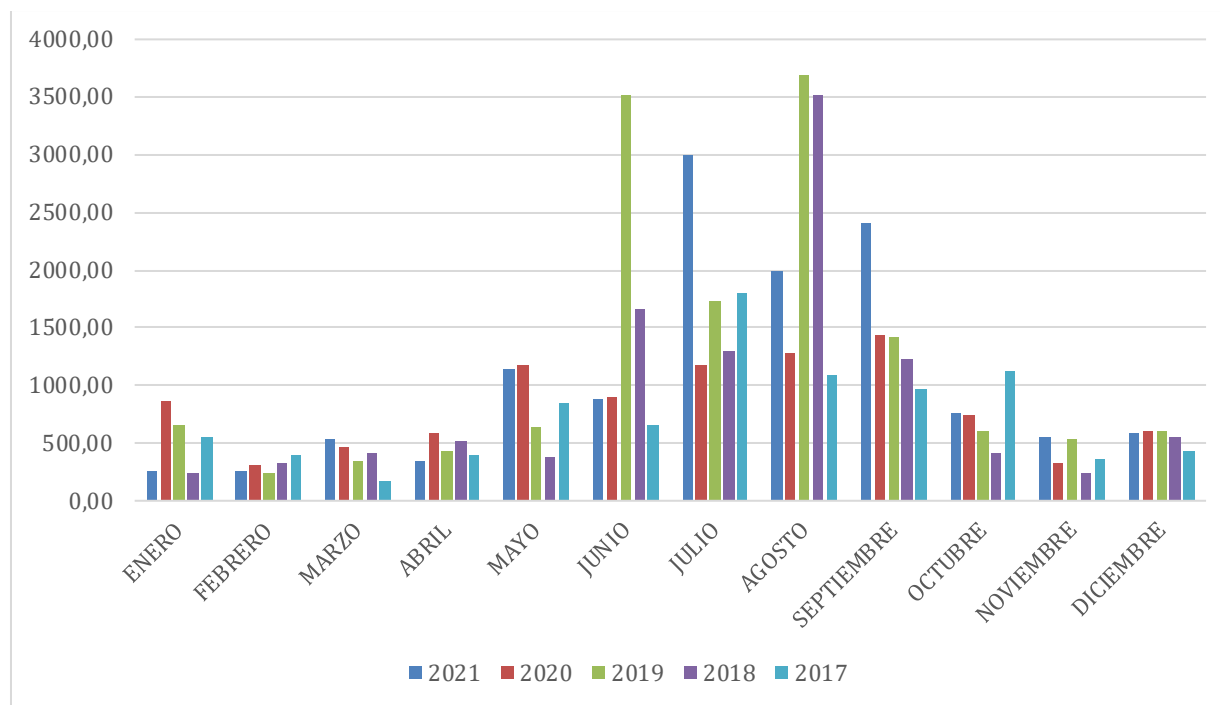
Nota. Desarrollo de la potencia extraíble del aerogenerador según el mes de análisis.

La Tabla 13, permite visualizar muy claramente que los datos de los valores de velocidad en el tercer trimestre de cada año son mayores, por lo que la potencia extraída del generador eólico es mucho mayor en estos meses; utilizando el manual de un equipo de refrigeración común en el mercado se puede obtener un valor de 500 vatios hora para lo cual se puede observar que el generador eólico abastecería el uso normal de un equipo de refrigeración, cabe recalcar que a más del instrumento del generador eólico se requerirá un banco de baterías las cuales ayudarán a almacenar el voltaje en exceso que se haya generado y poder tener energía a pesar de que en horas puntuales de la semana no exista energía, o a su vez exista una generación mínima de la misma.

Con los datos anteriores se puede realizar una gráfica de manera más visual en la que se observa que entre los meses de junio julio agosto y septiembre existe una mayor cantidad de producción de energía, como se observa en la Figura 40.

Figura 40

Potencia generada en los meses de los últimos años



Nota. Ilustración que muestra los meses con mayor potencia generada por el viento.

Capítulo IV

Implementación de centros alternativos

La energía solar y eólica, por lo general se obtienen por medio de paneles solares y turbinas eólicas respectivamente, dicha energía es almacenada en bancos de baterías, que según sea el caso se deberá dimensionar de acuerdo a momentos de alta demanda. Además, esta combinación puede aportar una mayor estabilidad y fiabilidad al suministro de energía.

Investigación del consumo energético Campus Universitario

La investigación realizada requirió datos precisos para efectuar la implementación de energías híbridas, sin embargo, los datos son muy reservados por parte de la universidad y de carácter confidencial, por esta razón se realizó una investigación más profunda.

Un reporte del año 2019 indica que una universidad promedio, consume anualmente en torno a los 653 mil KW/h, siendo aproximadamente 113 KW/h al día, datos obtenidos por la Comisión Federal de Electricidad de México, entonces, acorde a datos referenciales obtenidos, se procede a realizar un dimensionamiento de los materiales a utilizar en esta investigación.

Para empezar con un análisis es importante considerar que cada semestre ingresan aproximadamente 540 estudiantes a primer nivel, sumando los 9 semestres que se cursan por cada carrera, se estima que existe un aproximado de 4860 estudiantes en el campus, por lo que se hace un número aproximado de los implementos que utilizarán los estudiantes y docentes que conlleven a un consumo energético, es importante considerar que en niveles superiores la mayoría de alumnos llevan un computador portátil, además, que 1 de cada 10 alumnos utilizarán un cargador de teléfono, entre otras varias aplicaciones, sin embargo, se realizará un dimensionamiento acorde a los datos más conocidos en la tabla 14, además, se hará un dimensionamiento para una ubicación en específico para una mejor referenciación.

- 45 laptop estándar,
- 50 conectores de carga de teléfono,
- 03 cámaras de vigilancia,
- 15 focos.

Tabla 14

Consumo del circuito de la universidad

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Potencia Total
Laptop	45	65	2925
Conectores de carga	50	5	250
Cámaras vigilancia	03	12	36
Focos	15	15	225
Consumo Total (W)			3436

Nota. Potencia total aproximada de consumo diario dentro del campus.

Obtención de requerimientos de las distintas energías

Energía Solar

Entonces, una vez que se puede deducir esta información, acorde a datos referenciales obtenidos, se procede a realizar un dimensionamiento de los materiales a utilizar en el desarrollo de esta investigación.

Energía Eólica

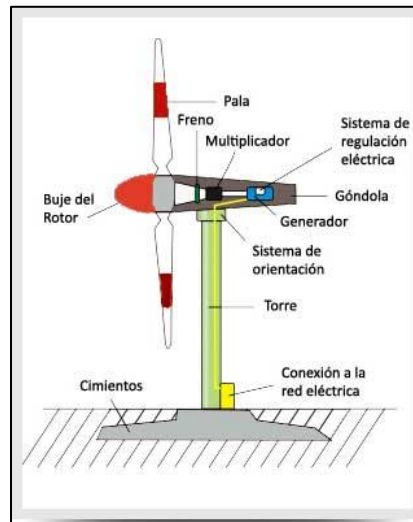
En la Figura 41, se muestra un apoyo visual de la composición interna y externa de este tipo de mecanismo, entre los principales se mencionarán a continuación:

- Torre,
- rotor,

- góndola,
- multiplicador,
- sistema hidráulico,
- eje de alta velocidad,
- generador.

Figura 41

Composición de un generador eólico



Nota. Componentes de un generador eólico. Obtenido de (Aresol, 2018)

Dimensionamiento requerido para la energía solar

Para el respectivo análisis se tomó en consideración las mediciones de los potenciales eólico y solar por un periodo de tiempo analizado acorde al Capítulo 3, con diferentes años y meses de estudio, como fuentes alternativas de generación eléctrica; como ya se mencionó anteriormente, existen otras fuentes de generación no convencional como mareomotriz, geotérmica, hidráulica, biomasa que para la localización del punto de estudio no es aplicable.

Cálculo de la energía demandada

Considerando un intermedio de 10 am a 14 pm, como las horas pico en la ciudad de

Latacunga, se podría considerar un trabajo de 4 horas a su máximo rendimiento dentro de un panel fotovoltaico, razón por la cual se ubicará de manera horizontal, o lo que es equivalente a 0 grados de inclinación, con la finalidad de que pueda recibir una radiación directa.

Cálculo del generador fotovoltaico

$$\frac{\text{Potencia diria}}{\text{horas pico solares}} \qquad \text{Ecuación 4}$$

$$\frac{3436 \text{ W}}{4}$$

$$859 \text{ W}$$

Se pretende usar paneles solares de 400 watts de potencia, para lo que es necesario dividir el valor anteriormente obtenido de la Ecuación 4, para este valor ya obtenido.

$$\frac{859 \text{ W}}{400 \text{ W}}$$

$$2.1475 \approx 2 \text{ Paneles solares de } 400 \text{ W}$$

Cálculo de entrega de energía del panel fotovoltaico

Anteriormente se estableció que el panel tendrá 12 V o 24 V, que para este análisis se utilizarán los 24 V por un mejor análisis y dimensionamiento del sistema, se sabe que la $I_{\text{máx}}$ del panel = 0.8, mientras que la hora solar pico = 4.5; entre las interrogantes a indicar en la ecuación se tiene: energía del panel solar (E_p), voltaje nominal de la batería (V_{nbat}), corriente máxima del panel (I_{mp}) y hora solar pico (H_{sp}).

$$E_p = V_{\text{nbat}} * I_{\text{mp}} * H_{\text{sp}} \qquad \text{Ecuación 5}$$

$$E_p = 24 \text{ V} * 4.26 \text{ A} * 4.5$$

$$E_p = 460.08 \text{ Wh/día}$$

Cálculo de la cantidad de paneles solares.

Para calcular el número de paneles solares, se implementará la Ecuación 6, donde se debe considerar: el número total de paneles fotovoltaicos (NTp), energía del panel (Ep) y energía del campo solar (Ecs).

$$NTp = \frac{Ecs}{Ep} \quad \text{Ecuación 6}$$

$$NTp = \frac{859 \text{ Wh/día}}{460.08 \text{ Wh/día}}$$

$$NTp = 1.867 \approx 2 \text{ paneles fotovoltaicos}$$

Cálculo para el dimensionamiento de baterías

Antes de implementar la Ecuación 7, donde se debe considerar: la capacidad de la batería (Ct), número de días de autonomía (N) y promedio de descarga de la batería (Pfd).

$$Ct = \frac{N * Ed}{\eta_b * \eta_i * Vn_b * pfd} \quad \text{Ecuación 7}$$

$$Ct = \frac{5 * 3.436 \text{ kWh/día}}{0.8 * 0.8 * 24 \text{ V} * 0.75} = 1491.31 \text{ Ah}$$

Según expresa el resultado de la ecuación, implementar este tipo de panel solar, requerirá aproximadamente 5 baterías de 300 Ah

Resumen del acondicionamiento de paneles solares

Dentro del punto de vista de generación solar, considerando que se tratará de implementar un sistema híbrido, se requiere una cantidad mínima de paneles solares y de baterías para la acumulación de carga de los mismos, el espacio físico que posee la institución

podría adecuar sin problema los mismos, sin embargo, es importante entender que una inversión de esta procedencia, se destinaría únicamente para el dimensionamiento establecido.

Por lo que se considera que la implementación de paneles solares sí es viable para el análisis realizado, ya que únicamente se consideró un gasto energético de estudiantes, más no de laboratorios ni otros aparatos eléctricos que se usan en la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe sede Latacunga, situada en la parroquia de Belisario Quevedo.

Dimensionamiento requerido para la energía eólica

En este caso, es importante partir de la consideración de la energía solar, donde, al ser una implementación de un sistema híbrido se utilizará la otra mitad de energía ya mencionada, por lo que los cálculos únicamente se dimensionarán para 3436 W.

Cálculo del banco de almacenamiento de energía

El total de potencia demandada por los equipos indicados en la Figura 13, se busca el tiempo de autonomía que se desea brindar a los aparatos electrónicos en la institución; para este caso se harán los cálculos para una autonomía red de cuatro días, los términos a considerar en la Ecuación 8 son: capacidad de la batería (Ct), número de días de autonomía (N), energía demandada (Ed), eficiencia de carga y descarga de la batería (η_b), rendimiento inverso (η_i) = 0.8, y voltaje nominal de la batería (Vnd).

$$Ct = \frac{N * Ed}{\eta_b * \eta_i * Vn_b * pfd} \quad \text{Ecuación 8}$$

$$Ct = \frac{5 * 3.436 \text{ kWh/día}}{0.8 * 0.8 * 24 \text{ V} * 0.75}$$

$$Ct = 1491.31 \text{ Ah}$$

De acuerdo a la Ecuación 8, se requiere un banco de almacenamiento compuesto de 5 baterías de 300 Ah a 24V para alimentar los equipos de la institución.

Resumen del acondicionamiento de los aerogeneradores

En este caso se considera un número menor de baterías, que ayudarán a un correcto funcionamiento del sistema dentro de la institución, sin embargo, se considera una eficiencia del 90% por la cantidad de cable integrado, de acuerdo a los datos investigados de las fuentes anteriormente mencionadas, en un día completo se estima implantar un sistema eólico de 3436 W, lo que correspondería a un aproximado de 2 aerogeneradores de 3.000W.

Selección de componentes

Elección de celdas fotovoltaicas

Con el propósito de llevar a cabo la selección implícita en este apartado, se toman en cuenta ciertas características fundamentales para el adecuado desempeño de las actividades asociadas a cada panel. Es por esta razón que en la Tabla 15, se exhibe una diversidad de paneles solares actualmente disponibles en el mercado, los cuales poseen distintos niveles de potencia en vatios. Estos valores resultan esenciales para la integración efectiva del sistema.

En esta situación, el panel solar que mejor se ajusta a la investigación realizada es el que se visualiza en la Figura 42, En la figura se detallará su ficha técnica y, adicionalmente, en la Tabla 16, se presentarán las especificaciones técnicas correspondientes a este panel solar.

Tabla 15

Selección de panel solar

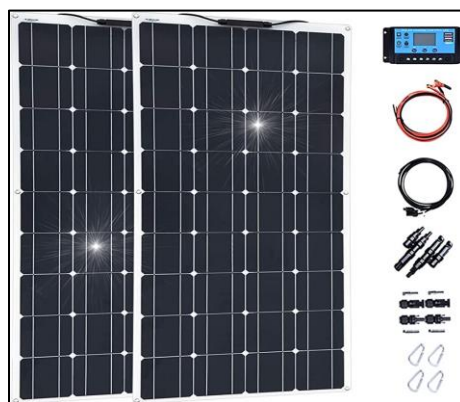
<u>Criterio</u> <u>de</u> <u>selección</u>	<u>400W 24V MONOCRISTALINO</u> 
<i>Bajo costo</i>	-1
<i>Durabilidad</i>	+1
<i>Precisión</i>	+1
<i>Peso bajo</i>	-1
<i>Recargable</i>	+1
<i>Disponibilidad</i>	+1
<i>Evaluación</i>	2

Nota. Se presenta una comparativa entre los paneles solares más ampliamente empleados en el mercado, en relación al desarrollo del prototipo mencionado.

Es importante indicar, que, en la tabla de selección de las celdas fotovoltaicas, la mejor opción indicada es el panel de 400W, será de mucha factibilidad en la implementación en todo el campus universitario, debido a que la demanda de los mismos es muy elevada, se tendrá que distribuirlos en la mayor cantidad de áreas planas que disponga el campus con la finalidad que estén colocados a 0 grados de inclinación.

Figura 42

Panel solar seleccionado



Nota. Se eligió un panel solar específico junto con su controlador de carga correspondiente y los cables necesarios para su funcionamiento. Obtenido de (Planas, 2022)

Tabla 16

Características técnicas del panel solar elegido.

<u>Detalle</u>	SIMBOLO	VALOR
<i>Max Power</i>	(Pmax)	300W
<i>Max Power Voltage</i>	(Vmp)	1000V
<i>Max Power Current</i>	(Imp)	9.02A
<i>Open Circuit Voltage</i>	(Voc)	42.6V
<i>Short Circuit Current</i>	(Isc)	8.47A
<i>Power Tolerance</i>		±3%
<i>Nominal Operating Cell</i>	Temp(NOCT)	-40 a 90 °C

Nota. Detalle de ficha técnica del panel solar seleccionado. Obtenido de (Planas, 2022).

Elección del inversor

En la Figura 43, se muestran las especificaciones técnicas que debe tener un panel solar establecen el uso de “y/h 40A 12V/24V panel solar controlador de carga regulador inteligente puerto USB 5V luz temporizador control pantalla”. Para este caso, es indispensable optimizar las baterías implementadas en el banco de carga de 12V y 24V.

Figura 43

Selección del inversor



Nota. Inversor designado por el fabricante para optimizar el rendimiento del sistema de carga del panel solar. Obtenido de (Planas, 2022)

Selección del Aero generador

Al realizar la selección del Aero generador, se tuvo que establecer de manera principal, que se establecería un empleo de uso en una red universitaria.

Primero se partió de los diferentes modelos de hélices existentes en el mercado, donde un punto a tomar en consideración explica que el modelo de palas y eje horizontal es el más viable para el uso de energía eólica, debido a que los otros modelos se acoplan a diferentes usos y aplicaciones según indica (Acciona, 2020).

Por este motivo en la Tabla 17, se presenta una variedad de modelos de Aero generadores dispuestos con un modelo tipo tripala de eje horizontal disponibles en el mercado,

con diferentes watts de potencia, que serán indispensables para la adaptación del sistema.

Tabla 17

Selección de panel solar

<u>Criterio</u> <u>de</u> <u>selección</u>	<u>Turbina eólica de 3000W y 24V</u>
	
<i>Bajo costo</i>	-1
<i>Durabilidad</i>	+1
<i>Precisión</i>	+1
<i>Peso bajo</i>	0
<i>Recargable</i>	+1
<i>Disponibilidad</i>	+1
<i>Evaluación</i>	3

Nota. Se indica la comparativa entre los aerogeneradores más utilizadas en el mercado.

En la Tabla 18, se detallarán las especificaciones más importantes del aerogenerador más acertado para el desarrollo de este proyecto.

Tabla 18

Especificaciones técnicas del Aero generador seleccionado

<u>Detalle</u>	SIMBOLO	VALOR
<i>Max Power</i>	(Pmax)	3000W

<u>Detalle</u>	SIMBOLO	VALOR
<i>Max Power Voltage</i>	(Vmp)	24V/48V/96V
<i>Star wind speed</i>	(m/s)	3
<i>Rated wind speed</i>	(m/s)	17
<i>Survival wind speed</i>	(m/s)	50
<i>Material</i>		Nylon Fiber
<i>Power Tolerance</i>		±3%
<i>Nominal Operating Cell</i>	Temp(NOCT)	-40 a 80 °C

Nota. Ficha técnica del Aero generador seleccionado, con sus respectivas especificaciones y detalles.

Selección de baterías

Basándonos en estos datos, resulta crucial elegir una batería que tenga una capacidad cercana a 300 Ah y que funcione de manera óptima a 24V, asegurando así un funcionamiento adecuado y eficiente, tanto de los paneles solares y de los aerogeneradores, en la **Tabla 19** se mencionan las características principales a considerar.

La evaluación efectuada conduce a la conclusión de que la alternativa óptima en cuanto a baterías sería la Batería de Litio Ferrofosfato (LiFePO₄) de ciclo profundo, con una capacidad de 24 V, 300 Ah y 3.84 kWh con tiempo de funcionamiento más largo, BMS integrado de 100 A, más de 6000 ciclos y 10 años de vida útil.

Tabla 19

Selección de baterías

<u>Criterio</u> <u>de</u> <u>selección</u>	<u>BATERÍA LIFEP04</u> <u>24 V 300 AH</u> 
<i>Bajo costo</i>	-1
<i>Durabilidad</i>	+1
<i>Precisión</i>	+1
<i>Peso bajo</i>	+1
<i>Recargable</i>	+1
<i>Disponibilidad mercado local</i>	+1
<i>Evaluación</i>	4

Nota. Se presenta una comparativa entre las baterías más comúnmente empleadas en el mercado, en relación al desarrollo del prototipo mencionado.

Finalmente, en la Tabla 20, se muestra un análisis de costos a tener en cuenta antes de realizar la implementación del sistema, en donde se partirá de una deducción ya expresada anteriormente, donde indica que el sistema híbrido podrá trabajar en conjunto, ya sea por una emergencia, en la que se tenga carencia de energía eléctrica convencional, o por cualquier motivo que amerite el uso de energía renovables; sin embargo, también se podrá realizar un funcionamiento en conjunto, donde no es necesario la carencia de alguna de las fuentes mencionadas, sino sería un respaldo para un mejor aprovechamiento de este tipo de energías renovables en la institución.

Tabla 20

Implementación de costos para desarrollo del sistema

ITE	Descripción del equipo	Cantida	Costo	Subtota
M		d	unitario	I
1	Panel Fotovoltaico Monocristalino 300W	2	\$ 320.00	\$ 640.00
2	Conectores de socket de paneles fotovoltaicos	10	\$ 12.00	\$ 120.00
3	Cable flexible # 10	20	\$ 1.00	\$ 20.00
4	Bases metálicas para paneles FV	2	\$ 80.00	\$ 160.00
5	Canaletas 0,15 x 0,05 x 2,4 m	10	\$ 7.00	\$ 70.00
6	Baterías 300Ah - 24V	10	\$ 640.00	\$ 6,400.00
7	Aerogenerador HUMMER min 2000	2	\$ 1,800.00	\$ 3,600.00
8	Mástil de acero accesorios de tensores	2	\$ 600.00	\$ 1,200.00
9	Controlador de carga Deming Fkj-B	1	\$ 5.80	\$ 5.80
10	Cabina de control y almacenamiento	1	\$ 1.80	\$ 1.80
	Inversión Total			\$ 12,217.60

Nota. Análisis de costos necesarios para la implementación del sistema analizado en el desarrollo de esta investigación.

Análisis de viabilidad de la implementación de ambos sistemas

El análisis con respecto a esta viabilidad de generación eléctrica, indica que se puede implementar en condiciones de pico generación en vista que la fluctuación de viento es variable de acuerdo a los datos de la Figura 40, donde se posee en día frecuencias con velocidades de viento de 0 m/s lo que vuelve ineficiente al sistema eólico; las velocidades efectivas de generación se observan en los horarios de 18:00 a 3:00 am con una frecuencia de vientos que oscilan entre los 7 a 9 m/s.

De igual manera se puede deducir según el criterio de análisis desarrollado que, la alimentación de los paneles solares será distribuida por análisis en sus horas pico, con la finalidad de tener datos más precisos, sin embargo, estos pueden variar en un día nublado o soleado según sea el caso.

Por último, se debe expresar que la implementación de estos sistemas, no contemplaría una gran inversión por parte de la institución, y al ser una investigación de una implementación a futuro que se requiere comenzar por un espacio pequeño, se ha considera como no viable la adecuación de estos métodos alternativos de energía eléctrica y así realizar el dimensionamiento para trabajar de manera híbrida.

Según datos de costos, el valor que una universidad promedio paga de luz al mes es un estimado de 113 KW/h al día, siendo un consumo de 3390 KW/h al mes, considerando que en el país “Mediante la resolución ARCERNNR-009/2022 del 14 de abril, el Directorio de la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR) estableció que la tarifa nacional promedio del servicio eléctrico se mantendrá en 9,2 centavos de dólar por cada kilovatio-hora (ϕ USD/kWh).”; Se estima que el costo mensual

de la factura de electricidad es aproximadamente de \$311.88 dólares americanos. Sin embargo, es importante mencionar que este estudio no tiene en cuenta los laboratorios en funcionamiento dentro de la Universidad. (ARCSA, 24)

El costo con el que se realizó el análisis fue que la Universidad generaría 3.246 KW/h al día, que, aplicando la misma ecuación anterior, se determina que el ahorro de la Universidad sería de \$9,00 dólares americanos, al mes, para un cuarto destinado a la carga de equipos mencionados anteriormente.

Es decir, mensualmente la Universidad se ahorraría \$9,00 dólares americanos al mes, que según la consideración de la inversión de \$12,217.60 dólares americanos podría recuperar este valor en aproximadamente 113 años con 2 meses, considerando que el estado mantenga el subsidio de los \$375,00 dólares americanos mensuales según (Gobierno del Ecuador, 2022), por lo que es necesario considerar el caso que le retiren el subsidio a la Universidad, en este caso el valor que se ahorraría mensualmente serían \$19.85 dólares americanos, que para recuperar la inversión mencionada anteriormente se reduciría a 51 años con 3 meses, que aun así no resulta viable para la Universidad, razón por la que se ratifica que no es viable la implementación de centros alternativos de generación eléctrica.

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

De acuerdo a los análisis de las fuentes de energía adquiridos mediante los equipos de adquisición de datos eólico y solar se estima que existe mucha intermitencia en su potencial energético por lo que se considera que únicamente se pueden realizar implementaciones en el orden de pico generación.

En el diseño propuesto de la generación solar se estima una implementación de 4Kw esto porque existe una limitación de 2 horas como máxima eficiencia superior al 90% de la radiación considerada como nominal para que el panel entregue su potencia. La temperatura también influye en la eficiencia ya que las características técnicas establecen que debe trabajar a una temperatura de 25°C y la temperatura el sector varía de 15 a 20 °C.

No se puede exceder en la potencia instalada ya que aumentaría de manera exponencial el costo de implementación por el número de baterías y paneles fotovoltaicos manteniendo la misma eficiencia en diferentes horarios menor al 50%.

En el sistema eólico se propone instalar un sistema de Aero generación de 6Kw cuyo sistema estaría funcionando en 90% de eficiencia de generación en horas de la noche y parte del día, cabe destacar que existe horarios intermitentes donde existen velocidades de viento de 0m/s, velocidades continuas hasta los 4 m/s que no sirve como velocidad de arranque de generación, velocidades de 7 a 9 m/s que ayudaría a mantener una generación para uso continuo o almacenamiento en baterías.

Se considera su viabilidad únicamente en micro generación como sistema híbrido manteniendo un costo de inversión y funcionamiento estable.

Recomendaciones

Tener un estudio muy acercado a lo real de los recursos energéticos de cada sector que se desea implementar sistemas de micro generación no convencional ya que una variación en la disponibilidad energética puede minimizar la eficiencia del sistema y por lo tanto encarecer la implementación.

Para tomar decisiones con respecto a los estudios de potenciales energéticos es importante aumentar los tiempos de estudio de adquisición de datos reales del lugar a implementarse, mínimo a un año para tener una visión clara del comportamiento por estaciones y de ser necesario apoyarse de datos históricos hasta tres años atrás con datos adquiridos en la página de la NASA para que la implementación la correcta.

Se recomienda realizar un cronograma de actividades en las que se permita realizar un mantenimiento periódico, los mismos que ayudarían a mejorar el tiempo de duración de los equipos implementados.

Una vez ejecutada la implementación es importante la capacitación en el manejo y operación de los equipos que son parte del sistema como paneles, aerogenerador, baterías, controlador de carga; etc., con la finalidad de evitar errores al momento de utilizar los equipos.

Bibliografía

- Acciona. (2020). *AEROGENERADORES*. Obtenido de <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-eolica/aerogeneradores/>
- alamy. (24 de 04 de 2023). Obtenido de alamy: <https://www.alamy.es/imagenes/vectores-de-rosa-de-los-vientos.html?sortBy=relevant>
- Alarcón, A. D. (30 de Abril de 2019). *3 soluciones para reducir el consumo de energía en tu ciudad*. Obtenido de <https://blogs.iadb.org/energia/es/3-soluciones-para-reducir-el-consumo-de-energia-en-tu-ciudad/>
- Apogee. (2018). *Medidor de mano Apogee para Radiación Solar*. Obtenido de Madrid: <https://www.alphaomega-electronics.com/es/radiacion-solar/702-mp-200-medidor-de-mano-apogee-para-radiacion-solar-sensor-con-cable.html>
- Aresol. (2018). Obtenido de Energias Renovables: http://www.aresol.com/a_cred.html
- AutoSolar. (11 de Septiembre de 2019). *Inventan el primer motor fotovoltaico del mundo*. Obtenido de <https://autosolar.pe/actualidad-de-energia-solar/inventan-el-primer-motor-fotovoltaico-del-mundo>
- Carlos, L. (2012). *¿Es sustentable la política energética en el Ecuador?* Quito: Comunidad Andina CAN.
- Carrion D. & Ortiz L. (2013). Generación distribuida a partir de bicicletas estáticas y sistemas híbridos. *Ingenius*, 44 - 48.
- Castro, M. (2014). *Hacia una matriz energética diversificada en el Ecuador*. Quito: Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental, CEDA.
- Celec Ep. (25 de 06 de 2019). *Central de generación eólica*. Obtenido de <https://www.celec.gob.ec/gensur/index.php/84-central-eolica-villonaco-la-de-mayor-produccion-por-turbina-en-el-mundo>

- Chakraborty, E. (2023). *Efactor final del robot: 7 características importantes*. España: Lambda Geeks.
- CONELC. (2008). *ATLAS SOLAR DEL ECUADOR*. Quito: Corporación para la Investigación Energética.
- Endesa, C. (10 de 01 de 2022). *Energía de biomasa: qué es, cómo funciona y sus ventajas*.
Obtenido de <https://www.endesa.com/es/la-cara-e/centrales-electricas/energia-biomasa>
- European Commission. (01 de 03 de 2022). *Photovoltaic Geographical Information System*.
Obtenido de https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/#MR
- Factor energía. (2021). Obtenido de Energy Company:
<https://www.bureauveritas.es/newsroom/factorenergia-rsc-ods>
- Gobierno del Ecuador. (2022). *375 dólares mensuales pueden recibir beneficiarios del BDH para cursar estudios superiores*. Obtenido de
<https://www.educacionsuperior.gob.ec/375-dolares-mensuales-pueden-recibir-beneficiarios-del-bdh-para-cursar-estudios-superiores/>
- Google Earth. (27 de 01 de 2023). *Google Earth*. Obtenido de
<https://www.google.com/intl/es/earth/>
- IDAE, I. p. (2009). *Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica*. Madrid - España: www.idae.es.
- Instruments, P. (2013). *nstruments estación meteorológica pce-fws 20*. Obtenido de
<https://www.amazon.com/-/es/Instruments-estaci%C3%B3n-meteorol%C3%B3gica-visualizaci%C3%B3n-sensores/dp/B001CQSVZ2>
- IVEM. (2018). *INGENIERÍA AL SERVICIO DEL MEDIO AMBIENTE*. Obtenido de
<https://ivem.es/>
- José, U. F. (2014). *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PANELES IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PANELES ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS EXTERIORES DE UN CONDOMINIO*. Guayaquil Ecuador: ESPOL.

- Jumbo, R. (2019). *“Implementación de un dispositivo de generación eléctrica a través de recurso solar para la alimentación de un circuito cerrado de televisión (c.c.tv), ubicado en la garita de vigilancia de la universidad de las fuerzas armadas espe extensión Latacunga ca. Latacunga.*
- Kaltschmitt , M., Streicher, W., & Wiese, A. (2017). *Renewable Energy*. Encyclopedia of Sustainability Science and Technology.
- Mendible, H. (2017). *ENERGÍA ELÉCTRICA. Regulación de fuentes convencionales, renovables y sostenibles*. Venezuela: Editorial Jurídica venezolana.
- Meza, J. (2013). *Estudio de las fuentes de energía renovable en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPEL, sector Belisario Quevedo para determinar la factibilidad de implementación de centros alternativos de generación*. Latacunga.
- Mirez, J. (24 de 04 de 2023). *Matlab/Simulink and Renewable Energy*. Obtenido de <https://jmirez.wordpress.com/2011/07/02/j277-representacion-de-potencia-y-energia-extraible-de-viento-en-turbinas-eolicas/>
- NASA. (15 de 01 de 2023). *NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources*. Obtenido de <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- Orbegozo, C. y. (2010). *Energía Solar Fotovoltaica*. Argentina: Green Energy Consultoría y Servicios.
- Oscasolar , E. (2008). *Energía solar fotovoltaica*. Obtenido de <https://www.oscasolar.com/fotovoltaica>
- Palma, J. (13 de 06 de 2022). *Ecuador invierte en energías renovables pero no deja de lado a los combustibles fósiles*. Obtenido de <https://dialogochino.net/es/clima-y-energias/inversion-energia-ecuador-se-centra-en-renovables-y-combustibles-fosiles/>
- Planas, O. (23 de 08 de 2022). *Energía Solar*. Obtenido de <https://solar-energia.net/electricidad/corriente-electrica/intensidad-de-corriente/amperio>

PROJECT, P. (24 de 04 de 2024). Obtenido de <https://power.larc.nasa.gov/>

Radiación directa, difusa y reflejada. (08 de 083 de 2014). Obtenido de lectura Conceptos

Diseño bioclimático: <https://pedrojhernandez.com/2014/03/08/radiacion-directa-difusa-y-reflejada/>

Rangel, J. (22 de May de 2019). Obtenido de Invierten 10 mdd en huerto solar:

<http://semanariolaguna.com/27192/>

Renewables, V. (08 de 03 de 2023). *Tipos de aerogeneradores: ¿cuál genera más energía?*

Obtenido de [https://www.vectorenrenewables.com/es/recursos/blog/tipos-de-](https://www.vectorenrenewables.com/es/recursos/blog/tipos-de-aerogeneradores-cual-genera-mas-energia#:~:text=—)

[aerogeneradores-cual-genera-mas-energia#:~:text=—](https://www.vectorenrenewables.com/es/recursos/blog/tipos-de-aerogeneradores-cual-genera-mas-energia#:~:text=—)

[%20Savonius%3A%20pueden%20tener%20diferentes%20formas,mezcla%20los%20dos%20modelos%20anteriores.](https://www.vectorenrenewables.com/es/recursos/blog/tipos-de-aerogeneradores-cual-genera-mas-energia#:~:text=—)

Repsol, G. (25 de 05 de 2023). *¿Qué es la energía solar?* Obtenido de

[https://www.repsol.com/es/conocenos/que-hacemos/desarrollo-energias-](https://www.repsol.com/es/conocenos/que-hacemos/desarrollo-energias-renovables/energia-solar/index.cshtml#:~:text=La%20energía%20solar%20es%20aquella,generar%20electricidad%20(sistema%20fotovoltaico).)

[renovables/energia-](https://www.repsol.com/es/conocenos/que-hacemos/desarrollo-energias-renovables/energia-solar/index.cshtml#:~:text=La%20energía%20solar%20es%20aquella,generar%20electricidad%20(sistema%20fotovoltaico).)

[solar/index.cshtml#:~:text=La%20energía%20solar%20es%20aquella,generar%20electricidad%20\(sistema%20fotovoltaico\).](https://www.repsol.com/es/conocenos/que-hacemos/desarrollo-energias-renovables/energia-solar/index.cshtml#:~:text=La%20energía%20solar%20es%20aquella,generar%20electricidad%20(sistema%20fotovoltaico).)

Reve. (11 de 08 de 2010). *Reve.* Obtenido de [https://www.ewind.com/2010/08/11/la-energia-](https://www.ewind.com/2010/08/11/la-energia-eolica-en-ecuador/)

[eolica-en-ecuador/](https://www.ewind.com/2010/08/11/la-energia-eolica-en-ecuador/)

Salgado, R. (2019). *Saber Mas.* Obtenido de <https://saberemas.umich.mx>

Sky, W. L. (27 de 04 de 2024). Obtenido de White Light Sky:

<https://whitelightskyes.com/locality/4383803-belisario-quevedo/>

Solargis, & Esmap. (Marzo de 2023). *Global Solar Atlas.* Obtenido de

[https://globalsolaratlas.info/map?c=-0.887111,-78.892822,9&s=-0.929822,-](https://globalsolaratlas.info/map?c=-0.887111,-78.892822,9&s=-0.929822,-78.608551&m=site)

[78.608551&m=site](https://globalsolaratlas.info/map?c=-0.887111,-78.892822,9&s=-0.929822,-78.608551&m=site)

Sostenibilidad. (Enero de 2021). *Baterías Solares y su importancia al instalar paneles solares.*

Tu Tiempo Network S.L. (2022). *Radiación solar Latacunga*. Obtenido de

<https://www.tutiempo.net/radiacion-solar/latacunga.html>

Twenergy. (2019). *Twenergy*. Obtenido de <https://twenergy.com/energia/energia-eolica>

Weatherspark. (04 de 24 de 2023). *Weatherspark*. Obtenido de

<https://es.weatherspark.com/m/149844/12/Tiempo-promedio-en-diciembre-en-el-Aeropuerto-Internacional-Cotopaxi-Ecuador#Figures-WindSpeed>

WeatherSpark.com, ©. (24 de 04 de 2023). Obtenido de

<https://es.weatherspark.com/m/20034/1/Tiempo-promedio-en-enero-en-Latacunga-Ecuador#Figures-WindSpeed>

Wolfson, R. (2012). Energía geotérmica. En *Energy from Earth and Moon" in Energy,*

Environment, and Climate (págs. 204-224). New York: Norton & Company. Obtenido de

https://energyeducation.ca/Enciclopedia_de_Energia/index.php/Energía_geotérmica

Anexos