



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA**

**TEMA:**

**Estudio de generación híbrido “Eólico-Solar” de baja potencia  
en la FEDT de la UCSG.**

**AUTOR:**

**Rugel Palacios, Carlos Arturo**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del grado de

**INGENIERO EN ELÉCTRICO MECÁNICA CON MENCIÓN EN  
GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL.**

**TUTOR:**

**Bohórquez Escobar, Celso Bayardo, M.Sc.**

**Guayaquil, Ecuador**

**4 de septiembre del 2022**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Rugel Palacios Carlos Arturo**, como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniería en Eléctrico Mecánica con mención en gestión empresarial industrial**.

**TUTOR**

**BOHORQUEZ ESCOBAR, CELSO BAYARDO, M.Sc.**

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

**BOHORQUEZ ESCOBAR, CELSO BAYARDO, M.Sc.**

Guayaquil, 4 de septiembre del 2022



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, Rugel Palacios Carlos Arturo**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, **Estudio de generación híbrido “Eólico-Solar” de baja potencia en la FEDT de la UCSG**, previo a la obtención del título de **Ingeniería en Eléctrico Mecánica**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, 4 de septiembre del 2022

**EL AUTOR**

  
**RUGEL PALACIOS CARLOS ARTURO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA**

**AUTORIZACIÓN**

**Yo, Rugel Palacios Carlos Arturo**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Estudio de generación híbrido “Eólico-Solar” de baja potencia en la FEDT de la UCSG**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 4 de septiembre del 2022

**AUTOR:**

**RUGEL PALACIOS CARLOS ARTURO**

# REPORTE URKUND



## Document Information

---

Analyzed document	TESIS Rugel CORREGIDA.docx (D144040760)
Submitted	9/14/2022 6:13:00 AM
Submitted by	
Submitter email	efrain.velez@cu.ucsg.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	efrain.velez.ucsg@analysis.orkund.com

## Sources included in the report

---

<b>SA</b>	<b>tesis 2020.pdf</b> Document tesis 2020.pdf (D67888713)		<b>5</b>
<b>SA</b>	<b>Campaña_Chiluisa_EnergiasAlternativas.pdf</b> Document Campaña_Chiluisa_EnergiasAlternativas.pdf (D90391516)		<b>4</b>
<b>SA</b>	<b>GUACHAMBOZA.pdf</b> Document GUACHAMBOZA.pdf (D112039199)		<b>1</b>

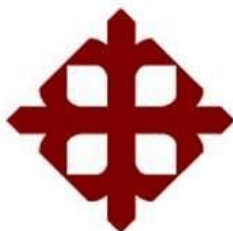
Reporte Urkund del trabajo de titulación de Carrera de Ingeniería en Eléctrico – Mecánica denominado: **Estudio de generación híbrido “Eólico-Solar” de baja potencia en la FEDT de la UCSG**, del estudiante Rugel Palacios, Carlos Arturo se encuentra al 3% de coincidencias.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por todas las bendiciones a lo largo de mi vida, porque me ha ayudado a sobrellevar los momentos más difíciles y de debilidad y que me ha prestado la salud para seguir adelante. A todas las personas que han estado conmigo siendo un soporte a lo largo de mi carrera universitaria, a mi familia, amigos, profesores y compañeros. GRACIAS.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo investigativo se lo dedico a mi familia, por su amor, trabajo y sacrificio todos estos años, por su apoyo moral y oraciones que siempre me han traído bien a mi vida.



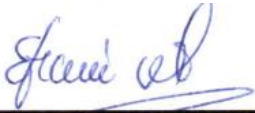
**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. f. 

---

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

f. f. 

---

ING. M.Sc. VELEZ TACURI, EFRAIN OLIVERIO,  
COORDINADOR DE TITULACIÓN

f f. 

---

ING. M.Sc. GALLARDO POSLIGUA, JACINTO,  
OPONENTE



## INDICE GENERAL

REPORTE URKUND.....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VI
DEDICATORIA.....	VII
RESUMEN .....	XVI
ABSTRACT .....	XVII
CAPITULO 1 .....	2
INTRODUCCION .....	2
1.1. Justificación y alcance .....	2
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Objetivos .....	3
1.3.1. Objetivo general .....	3
1.3.2. Objetivos especifico.....	3
1.4. Tipo de investigación .....	3
1.5. Metodología .....	3
CAPITULO 2 .....	5
MARCO TEORICO.....	5
GENERALIDADES DE UN GENERADOR.....	5
2.1. Antecedentes .....	5
2.2. Calentamiento global .....	8
2.3. Energía renovable.....	9

2.3.1.	Relevancia de la energía renovable .....	12
2.3.2.	Las energías renovables como parte de la solución.....	14
2.4.	Energía eólica .....	15
2.4.1.	Ventajas de la energía Eólica .....	16
2.4.2.	Desventajas de la energía eólica.....	17
2.5.	Generador Eólico .....	18
2.5.1.	Partes de un generador eólico.....	19
2.5.2.	Generador eje horizontal .....	21
2.5.3.	Generador de eje vertical .....	22
2.5.4.	Aerogeneradores de velocidad fija .....	24
2.5.5.	Aerogeneradores de velocidad variable .....	24
2.6.	Energía solar.....	25
2.6.1.	Efecto fotovoltaico .....	28
2.6.2.	Aplicaciones de la tecnología fotovoltaica .....	30
2.6.3.	Celdas solares.....	32
2.6.3.1.	Propiedades ópticas de los materiales de las celdas solares .....	34
2.6.3.2.	Tipos de paneles.....	36
2.6.4.	Inversor.....	37
2.6.5.	Acumulador .....	38
2.6.5.1.	Tipos de baterías.....	41
CAPITULO 3	.....	41

DISEÑO Y ANALISIS DE RESULTADOS.....	41
3.1. Descripción del proyecto.....	41
3.1.1. Datos de estudio.....	42
3.2. Diseño mecánico.....	44
3.3. Diseño eléctrico.....	46
3.3.1. Generador eléctrico.....	47
3.3.2. Regulador de voltaje eólico.....	48
3.3.3. Regulador de voltaje solar.....	49
3.3.4. Batería.....	50
3.3.5. Panel solar.....	51
3.3.6. Conductores.....	52
3.4. Normativas.....	53
3.4.1. Marco Institucional.....	53
3.4.2. Normativa de Energías Renovables en el Ecuador.....	53
3.4.3. Ley de Régimen del Sector Eléctrico LRSE, Suplemento-Registro Oficial N° 43.	54
3.4.4. Ventajas arancelarias y exoneraciones del impuesto a la renta.....	55
“Artículo 67.....	55
3.4.5. Reglamentos que Incentivan las Energías Renovables en Ecuador....	56
3.4.6. Cálculos.....	56
CAPITULO 4.....	58
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	58

4.1. Conclusión .....	58
4.2. Recomendaciones .....	59
BIBLIOGRAFIA .....	60

## TABLA DE ILUSTRACIONES

Figura 1: Molino de viento, uno de los primeros usos de la energía eólica en la edad moderna. (Oviedo-Salazar, J.L., M.H. Badii, A. Guillen & O. Lugo Serrato, 2015).....	6
Figura 2: Generador eléctrico con motor de combustión interna (Oviedo-Salazar, J.L., M.H. Badii, A. Guillen & O. Lugo Serrato, 2015) .....	7
Figura 3: Aerogeneradores de eje horizontal y paneles fotovoltaicos (Abella, 2019) .....	12
Figura 4:Aerogenerador haciendo uso de la energía cinética del viento. (Abella, 2019) .....	16
Figura 5:Partes de un aerogenerador de eje horizontal (Morimitsu, 2015) .....	21
Figura 6: Aerogenerador de eje horizontal utilizado en la era moderna. (Alexander M. Gonzalez L, 2018) .....	22
Figura 7 Aerogenerador de eje vertical y sus partes. (Morimitsu, 2015) .....	23
Figura 8:Granja de paneles solares (Marín, 2015) .....	27
Figura 9:Sistema con generador fotovoltaico en una vivienda. (Marín, 2015).....	31
Figura 10:Partes del sistema de energía solar de vivienda. (Marín, 2015) .....	31
Figura 11: Grafica de longitud de onda de espectros. (Huerta-Mascotte et al., 2016) .....	34
Figura 12: vista lateral celda solar. (Huerta-Mascotte et al., 2016) .....	36
Figura 13: Inversor eléctrico.(Sanchez Oviedo, 2012) .....	37
Figura 14: Baterías para celdas solares. (Sanchez Oviedo, 2012) .....	39
Figura 15: Ubicación geográfica de instalación. Autor .....	42
Figura 16:Ubicación estación meteorológica. Autor .....	43
Figura 17: Estructura de tipos aerogenerador, alineado al eje. (Silverio, 2021).....	44
Figura 18: Estructura de tipo de generador, desplazado del eje.(Silverio, 2021) .....	45

Figura 19: Estructura de generador a utilizar.(Silverio, 2021) .....	45
Figura 20:Vista isométrica del rotor. (Silverio, 2021).....	46
Figura 21: Vista aérea generador sauvinous.(Silverio, 2021).....	46
Figura 22: Diseno generador eléctrico. Autor .....	47
Figura 23: Regulador de voltaje solar. (Sanchez Oviedo, 2012) .....	50
Figura 24: Batería LVJ260-12 de 12v 260 AH. (Batería de gel 12V 260Ah C10 LivEN serie LVJ, 2022) .....	51

## TABLAS

Tabla 1: Tabla de beneficio del uso de la energía solar. (Marín, 2015) .....	32
Tabla 2: Ficha técnica generador eléctrico. Autor .....	48
Tabla 3: Ficha técnica regulador voltaje eólico. Autor .....	49
Tabla 4: Ficha técnica regulador de voltaje solar. (Sanchez Oviedo, 2012).....	50
Tabla 5:Ficha técnica panel solar. (Sanchez Oviedo, 2012) .....	52

## FORMULAS

Formula 1: Transformación energía de fotón .....	34
Formula 2: Calculo del conductor.....	52
Formula 3: Potencia generada .....	56
Formula 4:Energia Producida.....	56

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación consiste en determinar la factibilidad de un generador híbrido “eólico-solar” de baja potencia para su utilización en la Facultad de Educación técnica para el desarrollo de nuestra universidad, anticipando los problemas futuros que conlleva el uso de energía no renovable en el país y el mundo, sabiendo que el uso de energías renovables, ecológicas o energía “limpia” ha estado revolucionando el mercado actual, evitando así los efectos climáticos negativos que causan los combustibles fósiles. Es así como la necesidad en un cambio energético se ha dado paso a lo largo de la historia analizando las ventajas y desventajas para un futuro prometedor.

**Palabras Clave:** *Híbrido, Renovable, Ecológica.*



## **ABSTRACT**

The following titling work consists on determining the feasibility of a low-power "wind-solar" hybrid generator for use in the Faculty of Technical Education for the development of our university, anticipating the future problems that the use of non-renewable energy entails in the country and the world, knowing that the use of renewable, ecological or "clean" energy has been revolutionizing the current market, thus avoiding the negative climate effects caused by fossil fuels. This is how the need for an energy change has been given way throughout history by analyzing the advantages and disadvantages for a promising future.

**Keywords:** Hybrid, Renewable, Ecological.

# **CAPITULO 1**

## **INTRODUCCION**

### **1.1. Justificación y alcance**

Al desarrollar el presente capítulo se hace necesario describir los conceptos más importantes que comprenden el uso de la energía eólica y solar. Detallando su historia y sus procesos de cambio durante el paso de los años, definiendo sus características y referenciando proyectos que han abarcado lo concerniente a energía eólica y solar, a nivel internacional, nacional y en la UCSG.

### **1.2. Planteamiento del problema**

El presente desarrollo constituye una aproximación al estudio de las energías alternativas, siendo una buena opción para suplir a las fuentes energéticas actuales, ya sea por su menor efecto contaminante, o fundamentalmente por su posibilidad de renovación.

En algunos casos las fuentes de energía actuales tienen efectos positivos, pero es una realidad que dichas fuentes no son eternas; en consecuencia, es prioridad del gobierno avalar el buen aprovechamiento de las energías alternativas, para bien de la sociedad y su entorno, con una naturaleza sostenible, con cobertura total, y sobre todo de acuerdo con la nueva visión global de un mundo limpio y libre de emisiones nocivas.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Investigar la factibilidad de un generador híbrido eólico-solar para aplicaciones de baja potencia en la FETD.

#### **1.3.2. Objetivos específico**

- Dimensionar y calcular las cargas eléctricas de la FETD.
- Validar el funcionamiento y viabilidad del generador híbrido eólico-solar.

### **1.4. Tipo de investigación**

Para el presente trabajo se utilizará un tipo de investigación teórica con un enfoque analítico, para lo cual se hará uso de técnicas de investigación exploratorias, descriptivas y de campo, lo cual es totalmente factible para cumplir con lo requerido por este proyecto.

### **1.5. Metodología**

La metodología de investigación es de tipo analítica documental y empírico, y está relacionada de manera directa con el estudio de la eficiencia y repartición energética en la facultad, la misma que se puede sustentar por medio del levantamiento de información, técnica y conceptual que permitan integrar las metas

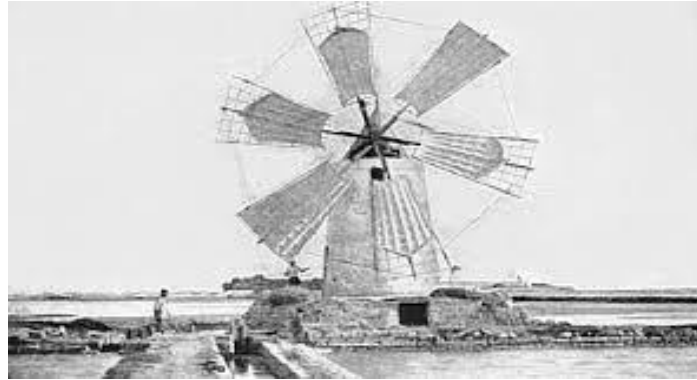
del plan. Parte de la colección de datos se fundamenta en la visita de campo a diferentes proyectos semejantes que han permitido dimensionar la composición del asunto, planteando fines sustentables y realizables.

**CAPITULO 2**  
**MARCO TEORICO**  
**GENERALIDADES DE UN GENERADOR**

**2.1. Antecedentes**

Debido a que se halla rodeándonos de manera diaria y se expone de distintos puntos. Si bien es cierto, la energía está en todos los espacios, no obstante, a partir de un criterio material, la energía deviene a ser indefinible, debido a que no es algo que se logre tocar, o dilucidar su color, o comprobar su constitución, por lo cual, para delimitarla de alguna forma, se puede mencionar que se concibe como el tamaño de capacidad de un sistema, para proveer trabajo por medios de desplazamiento, luz, calor, por medios no mecánicos, respectivamente. Actualmente, la Física únicamente reconoce la realidad de la energía mecánica en sus dos maneras, la Cinética y la Potencial, el resto son mecanismos de transporte o transferencia de energía, que fluye de unos cuerpos a otros. Cualquier forma que tome la energía está regida por las leyes de la Termodinámica, dos de los principios primordiales de nuestra realidad física, mismos que se vienen a ser los próximos: i) La energía no se crea ni se elimina, únicamente se transforma; y ii) Toda energía es una y otra vez degradada hacia una forma de energía menos utilizable. En un criterio histórico, la raza humana se vio definida por el descubrimiento y la implementación de la energía. El primer logro que se provocó lo ha sido la utilización y dominio del fuego, luego lo sucedieron los adelantos en el aprovechamiento agrícola y ganadero como fuente de energía a modo de alimentos, así como la aparición de los transportes con el invento de la rueda. de esta forma bien, alrededor de para el siglo (XX a.C.), se emplearon las velas para captar la energía del aire para después surgir la rueda

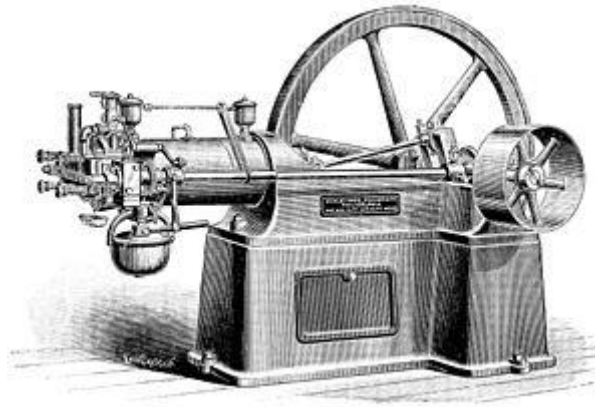
hidráulica y los molinos de aire, que constituyeron ulteriormente en Europa la primordial fuente de energía a lo largo de la Edad Media.(Oviedo-Salazar, J.L., M.H. Badii, A. Guillen & O. Lugo Serrato, 2015)



*Figura 1: Molino de viento, uno de los primeros usos de la energía eólica en la edad moderna. (Oviedo-Salazar, J.L., M.H. Badii, A. Guillen & O. Lugo Serrato, 2015)*

Ahora bien, a fines del siglo (XVIII) se conducen a cabo los primeros experimentos de usar el vapor como fuente de energía, sin embargo, deben pasar casi cien años hasta que James Watt construye la primera "Máquina de Vapor", que constituiría la base de la cultura mecanizada. Este invento hizo que en parte importante de todo el mundo se adoptase el vapor para desplazar las maquinarias, lo cual produjo un desamparo de los campos y de las industrias domésticas, iniciándose la llamada "Revolución Industrial". La máquina de vapor revolucionó además el transporte, tanto marítimo en los llamados Barcos de Vapor, como el terrestre con el Tren. En este orden de ideas, a mitad del siglo (XIX), el desarrollo no había alcanzado el punto en que se demandaran fuentes otras fuentes de energía, inclusive la primordial fuente energética de aquella etapa lo ha sido la madera. Ahora bien, a partir de que en 1859 se perfora el primer pozo de petróleo en USA de América, por lo cual raíz de esto se empiezan a crear una enorme proporción de inventos que usan esta

fuentes de energía, como lo es el generador eléctrico, el motor de combustión interna, la luz eléctrica y el carro. (Oviedo-Salazar, J.L., M.H. Badii, A. Guillen & O. Lugo Serrato, 2015)



*Figura 2: Generador eléctrico con motor de combustión interna (Oviedo-Salazar, J.L., M.H. Badii, A. Guillen & O. Lugo Serrato, 2015)*

. La inventiva de la primera central eléctrica representó además el inicio de un sistema de repartición de energía de uso diario, como lo vino a ser la electricidad. A partir de comienzos del siglo (XX) comienza a incrementar vigorosamente la utilización de energía, aunque la producción de carbón inició a decaer subsiguiente a la Primera Guerra Mundial, se vino a la levanta la del petróleo, que vino a superar al carbón justo luego de la Segunda Guerra Mundial y siguió creciendo hasta esta época. Últimamente ha sido descubierta la energía nuclear, que entregó pie para la obra del primer reactor nuclear en USA de América en el año de (1942). Pese a las esperanzas puestas en esta fuente de energía, en el año de (1973) ésta únicamente ocupaba una pequeña parte de la producción mundial, una vez que se otorgó cuenta que se consumían en el mundo bastante más de (6.000) toneladas iguales de petróleo, que ha sido una vez que entregó inicio la llamada Crisis Energética. Siguiendo a ello, se dilucidó claramente el aumento de la población y sus

necesidades energéticas, que realizan indispensable una política de ahorro de energía y la averiguación de novedosas fuentes, por lo cual es imperioso, diversificar las fuentes de energía según las condiciones y modalidades de cada territorio, para que cada sociedad procure descubrir su propia elección energética en funcionalidad de sus recursos naturales. Ha sido en esa década que se consideró a las energías renovables una opción a las energías clásicos, tanto por su disponibilidad presente y futura que viene a ser una garantía, de esta forma como además por su menor efecto ambiental en la situación de las energías limpias, y por esta razón fueron denominadas energías alternativas.(Oviedo-Salazar, J.L., M.H. Badii, A. Guillen & O. Lugo Serrato, 2015)

## **2.2. Calentamiento global**

La mitigación del calentamiento global expone un cambio imperativo en la toma de elecciones. Conservar el cambio climático por abajo de los parámetros aceptables (2°C) para la supervivencia, necesitará a lo largo de las próximas décadas reducciones importantes en las emisiones globales de gases de impacto invernadero. Para minimizar las emisiones, las economías tienen que minimizar su magnitud de carbono. Dada la tecnología presente, esto involucra un cambio decisivo para alejarse de la energía desde combustibles fósiles y el capital físico referente. Y el cambio primordial puede desarrollarse por dos senderos En un escenario bueno, la transición a una economía con bajas emisiones de carbono pasa gradualmente: los precios de ajuste son manejables y el reajuste de los activos de carbono posiblemente no conlleve peligro sistémico. No obstante, en ausencia de una participación política adicional o de adelantos tecnológicos, es factible que el stock de gases de impacto invernadero en la atmósfera siga creciendo a medio plazo. En un escenario adverso,



demorado, la transición a una economía baja en carbono se crea tarde y abruptamente. Una conciencia tardía sobre el valor de mantener el control de las emisiones podría ofrecer sitio a una aplicación abrupta de limitaciones cuantitativas sobre la utilización de fuentes de energía intensivas en carbono. Los precios de la transición van a ser correspondientemente más elevados.

En la Conferencia de Naciones Unidas para el Calentamiento global se plantearon fines a los sistemas energéticos internacionales. La exploración del Organismo Universal de Energía (AIE) ha encontrado que tener en cuenta una acción ampliada en eficiencia energética y energía renovable es esencial para avanzar en un camino consistente en delimitar el calentamiento a 2°C. De la misma forma que muestra el gráfico siguiente es necesario un grupo extenso de tecnologías y ocupaciones, eficiencia energética y energías renovables, captura y almacenamiento de carbono (CCS), la energía nuclear y la conmutación de combustibles para uso final.

La utilización de energías renovables además debería ampliarse para el calor y el transporte su trascendencia se incrementa en los esfuerzos para guiar un incremento de temperatura por abajo de 2 °C, debido a que la industria y el transporte producen el 57% de las emisiones. La administración de la demanda de energía es un instrumento fundamental para minimizar las emisiones, en especial por medio de medidas de eficiencia energética que mejoran la productividad energética y, por consiguiente, disminuyen la proporción de energía esencial para beneficiar el incremento económico. (Wangong & Daniel, 2010)

### **2.3. Energía renovable**

Las fuentes de energía renovables se caracterizan por lo próximo:

Su aprovechamiento causa una afección bastante baja al medioambiente. No se crean residuos. Son fuentes de energía ilimitadas, por esto además se las conoce como fuentes de energía inagotables, debido a que no se agotan con su consumo.

Se trata de fuentes de energía autóctonas. Entre los tipos de fuentes de energía renovables o no agotables tenemos las siguientes (Las energías renovables, 2018)

- Energía solar

La energía solar es aquella que obtenemos del sol. Por medio de placas solares se absorbe la radiación solar y se transforma en electricidad que podría ser almacenada o volcada a la red eléctrica. Además, existe la energía solar termoeléctrica, que es aquella que usa la radiación solar para calentar un fluido (que podría ser agua), hasta que haga vapor, y accione una turbina que crea electricidad. Puedes agrandar la información acerca de energía solar en este post.

- Energía eólica

En la situación de la energía eólica la generación de electricidad se realiza con la fuerza del aire. Los molinos de aire que permanecen en los parques eólicos son conectados a generadores de electricidad que transforma en energía eléctrica el aire hace girar sus aspas.

- Energía hidráulica

La energía hidráulica o hidroeléctrica es otra de las energías alternativas más conocidas. Usa la fuerza del agua en su curso para crear la energía eléctrica y se crea, comúnmente, en presas.

- Biomasa

Esta energía opción es una de las maneras más económicas y ecológicas de crear energía eléctrica en una central térmica. La energía biomasa se apoya en la combustión de residuos orgánicos de procedencia animal y vegetal. Con producto biodegradable, como serrín, cortezas y todo eso que logre ir “al contenedor marrón”, se puede prensar un combustible que prenda el fuego en forma de yesca, siendo sustituible el carbón por este producto y, a enorme escala, logrando ser usado para producción de energía de manera renovable.

- Biogás

El biogás es una energía elección producida biodegradando materia orgánica, por medio de microorganismos, en dispositivos específicos sin oxígeno, de esta forma se produce un gas combustible que se usa para crear energía eléctrica.

- Energía del océano

La energía mareomotriz o undimotriz según si aprovecha la fuerza

de las mareas o de las olas, es la producción de energía (eléctrica) debido a la fuerza del océano.

- Energía geotérmica

Energía opción que nace en el corazón de la tierra, la energía geotérmica es aquella que aprovecha las altas temperaturas de yacimientos bajo la extensión de la tierra (normalmente volcánicos) para la generación de energía por medio del calor, puesto que acostumbran hallarse a 100 o 150 grados centígrados. (Abella, 2019)



*Figura 3: Aerogeneradores de eje horizontal y paneles fotovoltaicos (Abella, 2019)*

### **2.3.1. Relevancia de la energía renovable**

La energía renovable es importante por las ventajas que da entre ellos se puede nombrar los próximos.

- Beneficios del medio ambiente: Las tecnologías de la energía renovable son fuentes limpias de la energía y poseen mucho menor efecto ambiental comparativamente con las tecnologías energéticas convencionales. Las

ventajas del medio ambiente integran los siguientes aspectos.

- Disminución de contaminación del agua superficial y subterráneo: Sustraer combustibles de procedencia fósil como el petróleo y el gas disturbe y contamina las fuentes de las aguas subterráneas. Esta contaminación hace que el agua sea no conveniente para la utilización humano y animal.
- Reducción en el disturbio en el suelo y la vida silvestre Los inmuebles, conjuntos y los senderos necesarios para sustraer los combustibles de origen fósil para generar energía utilizable conforman disturbios significativos para la vida silvestre el propio ambiente. El hábitat se reduce en el lugar de la sustracción y además en las zonas cercanas a los senderos y las ferrovías construidos para el transporte de las materias primas a sitios del procesamiento y la utilización.
- Reducción en los derrames de petróleo a lo largo del transporte: El potencial del derrame del petróleo es una amenaza bien exitosa de nuestra dependencia en los combustibles de procedencia fósil. En minimizar la porción del consumo de la energía, tenemos la posibilidad de además reducir la porción del petróleo que debería transportar globalmente.
- Sustentabilidad del uso. La energía renovable no se acabará jamás, mientras que otras fuentes de energía se culminarán cualquier día.
- Trabajo y economía: La mayor parte de las inversiones sobre la energía renovable se aplica en materiales y manufactura para edificar y conservar los inmuebles más que en las importaciones energéticas costosas. Esto

quiere decir que las ganancias económicas energéticas se quedan en el territorio para producir trabajo, y a la vez las tecnologías de energía renovable se desarrollan nacionalmente y se venden a extranjero para mejorar el superávit.

- Estabilidad energética: El caso geopolítico precaria en todo el mundo perjudica de manera severa la transacción energética, los programas óptimos de conservación energética salvaguardan la estabilidad nacional y evitan la dependencia energética en el extranjero. (*Las energías renovables*, 2018)

### **2.3.2. Las energías renovables como parte de la solución**

A nivel global se está impulsando de manera significativa la inversión y el despliegue de energías renovables. Los anuncios desde la COP22 han tenido un impacto positivo en la tasa esperada de adiciones de capacidad renovable. Sin embargo, las inversiones se mantienen por debajo de los niveles compatibles con los objetivos climáticos a largo plazo. Mientras que la energía solar fotovoltaica y la energía eólica terrestre se han vuelto competitivas con otras fuentes de electricidad, la energía solar concentrada, la energía eólica marina y otras tecnologías renovables requieren un mayor apoyo político. El sólido crecimiento mundial en el despliegue de energía renovable integrado en la red fue apoyado por una variedad de políticas que abordan la seguridad energética, los problemas de contaminación local y los objetivos climáticos. Se han observado disminuciones significativas en costos y se observa que los costos de generación más bajos se consiguen en mercados que se benefician tanto de recursos abundantes como de adquisiciones competitivas de contratos a

largo plazo, proporcionando flujos de ingresos garantizados respaldados por políticas y marcos de mercado seguros a largo plazo. Estas condiciones crean oportunidades de financiamiento de bajo costo, una dimensión crítica de la competitividad de este tipo de proyectos [4]. Un desafío fundamental es que los precios de los combustibles fósiles siguen siendo bajos. Los bajos precios de los combustibles fósiles pueden complicar la transición a los combustibles de energía limpia, ya que pueden atraer a los encargados de la formulación de políticas en las perspectivas a corto plazo y frenar el apoyo a las tecnologías de energía limpia y a la eficiencia energética. A nivel global se destaca que se requerirán más cambios en las políticas para centrarse en las oportunidades, estos incluyen un mayor apoyo a las energías renovables como la energía eólica marina, electricidad solar térmica (STE) y geotérmica que aún no han alcanzado la madurez comercial de la energía solar fotovoltaica y el viento en tierra (eólica onshore), mecanismos para facilitar una mejor integración de las grandes energías renovables en la red, una mayor expansión de las energías renovables en calor y transporte y la gestión de la competencia de los bajos precios de los combustibles fósiles. (Abella, 2019)

## **2.4. Energía eólica**

La energía eólica es un tipo de energía renovable o energía limpia. Se considera energía renovable aquella energía que se obtiene de recursos o fuentes naturales considerados inagotables, ya sea por la gran cantidad de energía que se puede producir a partir de ellos o porque son capaces de regenerarse por medios naturales. La energía eólica es generada a partir de la energía cinética del viento y

las corrientes de aire. Su origen se encuentra en la existencia de masas de aire, sobre la tierra, a diferentes temperaturas, originadas por diferentes intensidades de radiación solar, a nivel global o local, las cuales producen corrientes ascendentes y descendentes, formando anillos de circulación del aire. (Morimitsu, 2015)



*Figura 4: Aerogenerador haciendo uso de la energía cinética del viento. (Abella, 2019)*

#### **2.4.1. Ventajas de la energía Eólica**

La energía eólica presenta numerosas ventajas, entre las más importantes están:

- Es renovable, ya que tiene su origen en procesos atmosféricos y se renueva de forma continua.
- Es limpia, ya que no requiere combustión y por lo tanto no produce emisiones atmosféricas ni residuos contaminantes.
- Puede instalarse en zonas rurales o urbanas.
- Su utilización combinada con otros tipos de energía, habitualmente la solar, permite la auto alimentación de viviendas.
- Es un tipo de energía sostenible, posee la capacidad de reemplazar fuentes energéticas tradicionales, ya sea por su enorme posibilidad de renovación o por



su menor efecto contaminante.

La captación de la energía eólica se proyecta mediante el uso de máquinas motrices. La transformación de la energía captada a la forma que se requiere, se realiza por medio de convertidores adecuados debidamente a la máquina eólica. Las teorías generales y particulares del comportamiento de las turbinas eólicas fueron desarrolladas a partir de las máquinas medievales. A continuación se exponen algunos cambios que han tenido las máquinas eólicas, durante el paso de los años.(Morimitsu, 2015)

#### **2.4.2. Desventajas de la energía eólica**

Aunque los costos de mantenimiento de la tecnología eólica se reducen, la realidad es que los costos iniciales de construcción e instalación son altos. En general, los ingenieros deben monitorear el montaje con esta tecnología y, por esta razón, es necesario tener una turbina de prueba que mide la velocidad del viento en la que se hubieran realizado edificios. Si la velocidad del viento es suficiente, según el proyecto, la construcción de las bases y los grupos consistió en la turbina suplementaria, comenzó el generador y el equipo.

- Visual: las turbinas eólicas en las áreas terrestres expuestas generan contaminación visual muy alta, las personas consideran impregnadas y las preocupaciones aumentan con la instalación de turbinas eólicas de más de sesenta metros de altura.
- Ruido: las turbinas de viento producen el ruido del aire aerodinámico que pasa sobre el ruido débil y mecánico de las partes móviles de la turbina, especialmente en la caja de engranajes. Un mejor diseño es el ruido reducido

y las encuestas continúan. Por definición, las granjas eólicas se han desarrollado a partir de áreas densamente pobladas son menos ofensivas. Interferencia electromagnética, los generadores de viento transmiten ondas electromagnéticas que causan interferencia en los sistemas de comunicación. Debe considerarse un lugar apropiado (evitar áreas militares o aeroportuarias) para minimizar este impacto.

- Seguridad de aves: aves percederas durante la colisión con hojas giratorias de una turbina. Para las especies de migración, son un mayor riesgo de especies residentes. Instale las turbinas alejadas de las rutas de migración reduce el impacto. Como se puede ver, el uso de fuentes de energía renovable causa efectos secundarios que deben resolverse a través del desarrollo técnico del sistema y un estudio completo de las consecuencias de las soluciones propuestas. Los ingenieros deben centrarse en la propuesta de alternativas, no solo para garantizar la reducción de los gases de efecto invernadero, sino que también desarrollan soluciones integradas y duraderas.(QUIZPE, 2021)

## **2.5. Generador Eólico**

El generador es el encargado de tomar la energía rotacional que le abastece mecánicamente el rotor del aerogenerador y transformarla en energía eléctrica, este proceso ocurre bajo los principios de la Ley de Faraday y la Ley de Lenz, la primera plantea que en una espira conductora en presencia de un campo magnético variable surge una fuerza electromotriz de magnitud proporcional a la tasa de cambio del flujo magnético con respecto al tiempo, esto es verdadero también en el sentido en que la espira es la que se mueve con respecto a un campo magnético

constante (es un caso muy explotado en la generación eléctrica), por otra parte, la Ley de Lenz plantea que dicha fuerza electromotriz será de sentido que se opone a la variación de flujo que las generó. Los generadores eléctricos poseen dos elementos principales en la transformación electromecánica de energía que ellos realizan, una parte fija llamada estator y otra móvil llamada rotor, las cuales se acoplan entre ellas solamente por el campo magnético que en una de ellas se genera para inducir fuerza electromotriz en la otra. Los generadores se dividen en 2 grupos generales de acuerdo a la naturaleza de la corriente eléctrica que generan y dentro de uno de esos grupos otros dos en cuanto a la velocidad relativa que pueden llegar a alcanzar con respecto a la de sincronismo. (Silverio, 2021)

### **2.5.1. Partes de un generador eólico**

Un generador eólico aerogenerador es un equipo que capta la energía cinética del aire convirtiéndola en energía eléctrica. A continuación, se describen las piezas más relevantes de un SCEE. Las definiciones son tomadas de Borja (1999).

**Rotor.** Es el que transforma la energía cinética del viento en la energía mecánica que se usa para impulsar el generador eléctrico. Está formado de las aspas o palas (Blades), el cubo (huo) en donde se ensamblan las aspas, y la nariz, que es la punta frontal a modo de cono, y que se usa para evitar turbulencias en el centro del rotor. **Sistema de transmisión mecánica.** Está compuesto del eje primordial o eje de baja rapidez, la caja de engranajes, y el eje de alta rapidez. El eje primordial es el que transmite el torque aerodinámico del rotor al sistema del generador. La caja de engranajes, (gear box) es la que convierte la rapidez del rotor que es baja, a una rapidez alta para que un generador usual logre generar electricidad. El eje de alta

rapidez es quien entrega la potencia mecánica al generador de manera directa. Generador eléctrico. Es el delegado de cambiar la energía mecánica en energía eléctrica. En los SCEE se han usado tanto generadores asincrónicos como sincrónicos. Sistema de orientación. El sistema de orientación está compuesto principalmente por un servomecanismo que gira la góndola en la dirección del aire censada por una veleta. Sistema de control. Está formado por sensores, actuadores y un controlador primordial que tiene diferentes funcionalidades: regulación de potencia, control de la rapidez, control del voltaje, arranque y paro de la máquina, orientación de la turbina, control de otras cambiantes como son temperatura y vibración. Sistema de estabilidad. El sistema de estabilidad principalmente tiene como función llevar al aerogenerador a una condición segura y estable, para las personas y para el mismo equipo. Está formado de los sistemas de frenado, sistemas de detección de altas temperaturas, presiones y vibraciones. Góndola (nacelle). Es la capsula o encerramiento que salvaguarda al generador, a los sistemas de transmisión y orientación y a otros elementos. Se acopla a la torre y al rotor. Torre. Es el soporte de la góndola y del rotor, es de diseño robusto para tolerar toda la dinámica de la turbina eólica.(Alexander M. Gonzalez L, 2018)

A continuación, los componentes principales de un generador eólico:

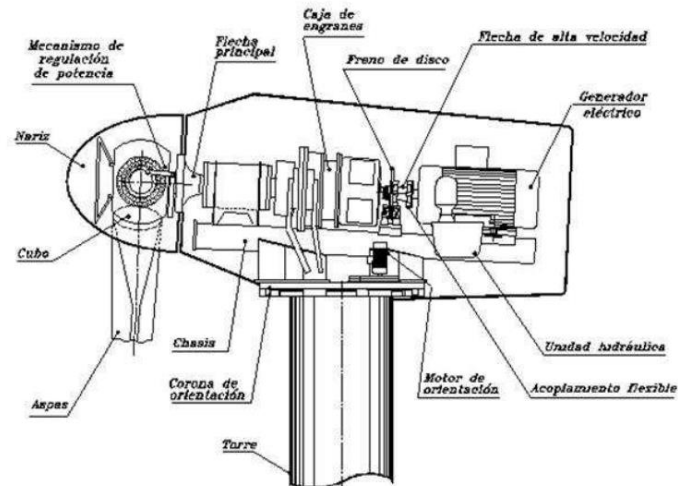


Figura 5: Partes de un aerogenerador de eje horizontal (Morimitsu, 2015)

### 2.5.2. Generador eje horizontal

Estos aerogeneradores son los más comunes a nivel mundial, su característica fundamental es que su eje de rotación se encuentra paralelo a la dirección del viento, su funcionamiento es basado en el aprovechamiento de las fuerzas de arrastre del viento al chocar con sus palas, se agrupan en dos categorías generales en cuanto a esto, los que funcionan a barlovento que es cuando sus aspas se enfrentan al viento y a sotavento cuando estas se mueven con el viento que sale tras la góndola, esto hace necesario además el uso de sistemas de orientación que pueden ser activos o pasivos, los primeros son todos aquellos que requieren consumir potencia para poder funcionar y los pasivos los que funcionan ajenos a consumo alguno, las aspas con el paso del tiempo han ido mejorando razonablemente su aerodinámica para lograr cada vez una mejor eficiencia en dicho aspecto, no solo han sufrido cambios la forma de las palas sino que la cantidad de palas a usar también ha variado. A día de hoy hay una gran cantidad de modelos comerciales que van desde una sola pala hasta 24 palas, cada uno con marcadas características con respecto a los demás. Esta tipología de eje horizontal en general es la que más avanzada está

en cuanto a tecnología, producto de que es la más eficiente hasta el momento en cuanto a generación a gran escala se refiere: en el rango de los MW de potencia con números de kWh/

precios muy bajos. Su mayor inconveniente es su gran tamaño que necesita de extensos terrenos para su instalación, gran maquinaria y mano de obra para su transportación y ensamblaje, grandes y sensibles procesos de mantenimiento debido a la gran cantidad de elementos que posee para su correcto funcionamiento.(Silverio, 2021)



Figura 6: Aerogenerador de eje horizontal utilizado en la era moderna. (Alexander M. Gonzalez L, 2018)

### 2.5.3. Generador de eje vertical

Estas máquinas, como su nombre indica, se encuentran en posición

vertical, o sea, en cuadratura con la dirección del viento y basan su funcionamiento en las diferencias de presión que ejerce el viento al chocar con las geometrías de sus palas y debido a esto su funcionamiento es independiente de la dirección del viento. A nivel genérico existen dos modelos, los tipos Savonius y los Darrieus, pero estos a lo largo de los años han sufrido mejoras geométricas e hibridaciones entre ellos dando como resultado una gran gama de nuevos modelos con características similares a sus predecesores, pero con optimizaciones para suplir las desventajas que los mismos poseían, aunque siguen manteniendo el principio de funcionamiento original. Estos tipos de aerogeneradores en la actualidad están en presencia de un auge en su explotación por la ventaja que poseen de ser capaces de trabajar a bajas velocidades de viento sin la necesidad de utilizar una caja multiplicadora, lo cual elimina grandes costos y tiempo de mantenimiento, el cual puede llegar a ser prácticamente nulo, el ser independientes a la dirección del viento y la posibilidad de hacerlos con un reducido tamaño en comparación con los de eje horizontal los hace idóneos para la micro generación eólica en zonas urbanas y de características no muy ricas de viento, sin descartar que existen modelos de gran potencia desarrollados en varios países.(Silverio, 2021)

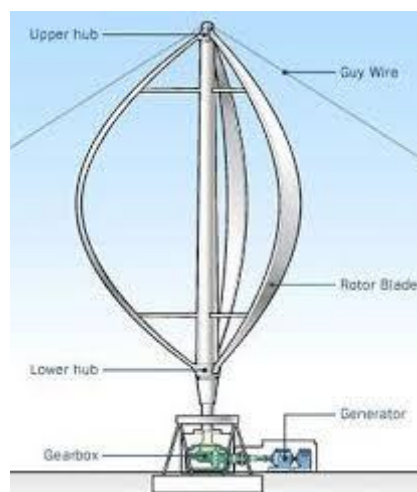


Figura 7 Aerogenerador de eje vertical y sus partes. (Morimitsu, 2015)

#### **2.5.4. Aerogeneradores de velocidad fija**

Los aerogeneradores de velocidad fija son simples de construir y pueden tener métodos de control de potencia generada pasivos. Debido a que no controlan su velocidad, solo pueden maximizar la generación para un número discreto de velocidades del viento, generalmente sólo una. Control por pérdida aerodinámica (“stall control”): se diseñan las palas de la hélice de forma que el ángulo de ataque de éstas incremente con la velocidad, pero cuando la velocidad supera la nominal, éstas empiezan a entrar en pérdida, para evitar que se embale la turbina. No existe control sobre el ángulo de las palas. Estos aerogeneradores usan un generador de inducción conectado directamente a la red y un banco de condensadores para compensar potencia reactiva.

Control del ángulo de ataque de las palas (“pitch control”): éste se logra mediante motores que mueven las palas, tal como se hace en las máquinas con control activo por pérdida aerodinámica, pero en este caso, se mueven las palas en dirección opuesta a la anterior ya que la hélice no está diseñada para aumentar la pérdida aerodinámica cuando aumenta la velocidad. Se necesita un mecanismo de motores más poderoso que mueva las palas. El mecanismo es de acción lenta, más aún al aumentar la potencia.(Carrera Báez, 2019)

#### **2.5.5. Aerogeneradores de velocidad variable**

Los aerogeneradores de velocidad variable tienen dificultades de construcción y/o de control, pero permiten generar la máxima potencia posible en todo



momento. Velocidad variable limitada: también conocido como “OptiSlip”, en este esquema se usa un generador de inducción de jaula de ardilla al cual, mediante un convertor de electrónica de potencia, se le puede manipular su resistencia, cambiando así el deslizamiento alrededor de un 10%. Sólo se pueden tener velocidades mayores a la síncrona y no se puede reutilizar la energía usada por el rotor. Generador de inducción de jaula de ardilla (“Squirrel Cage Induction Generator”, SCIG): esta es una solución sencilla en cuanto a diseño, simplemente se usa un generador de inducción de jaula de ardilla y se coloca un convertor de frecuencia de alta potencia entre el generador y la red. Su desventaja proviene del precio del convertor, el cual es muy elevado. Generador síncrono de flujo axial con imanes permanentes (“Permanent Magnet Synchronous Generator”, PMSG): éstos se construyen de manera totalmente distinta a los generadores convencionales, en lugar de usar flujo radial, se usa flujo axial, lo cual permite tener un gran número de polos en un espacio reducido. Un gran número de polos significa que la velocidad eléctrica del generador es menor, lo que la hace más cercana a la velocidad mecánica de la turbina, pudiéndose acoplar el generador y la turbina sin caja de engranajes si el número de polos es lo suficientemente alto. Finalmente, el generador síncrono de flujo axial es conectado a la red mediante un convertor de frecuencia. (Carrera Báez, 2019)

## **2.6. Energía solar**

La energía solar constituye la primordial fuente de vida en la Tierra, lidera los ciclos biofísicos, geofísicos y químicos que mantienen la vida en el mundo, los ciclos del oxígeno, del agua, del carbono y del clima. La energía del Sol es la que induce el desplazamiento del aire y del agua, y el aumento de las plantas, por esto la

energía solar es los principios de la mayor parte de las fuentes de energía renovables: eólica, hidroeléctrica, biomasa, de las olas y corrientes marinas, además de nuestra solar.

Aunque hay variaciones en la distancia entre el Sol y la Tierra, de acuerdo con la etapa del año, la proporción de energía que llega a las capas exteriores de la atmósfera es del orden de 1.400 vatios (W)/m<sup>2</sup>, empero queda limitada alrededor de a 1.000 W//m<sup>2</sup> cuando atraviesa la atmósfera y llega al suelo si el día es despejado, la media en todo el año es de 340 W/m<sup>2</sup> (Marín, 2015)

La energía que llega a la Tierra es una infinitésima parte de la gran proporción de energía de la radiación solar emitida por el Sol, sin embargo, la energía que hemos recibido fue suficiente para dar y continuar permitiendo las condiciones físicas que reinan en nuestro mundo a partir de su formación, incluidas las que conocemos como vida, y podría ser suficiente para saciar cada una de nuestras propias necesidades energéticas si supiéramos aprovechar una pequeña parte de ella.

La energía solar se puede usar pasivamente, sin ningún dispositivo o artefacto

intermedio, por medio de la correcta localización, diseño y orientación de los muebles, utilizando de manera correcta las características de los materiales y recursos arquitectónicos de los mismos: aislamientos, tipos de cubierta, protecciones, etcétera.

Por medio de la aplicación de criterios de arquitectura bioclimática se puede minimizar de manera significativa, e inclusive remover la necesidad de climatizar (calentar o enfriar) los inmuebles, así como la necesidad de iluminarlos a lo extenso del día.



*Figura 8: Granja de paneles solares (Marín, 2015)*

Los sistemas de aprovechamiento de la energía solar basados en la vía térmica tienen la posibilidad de ser de baja, media y alta temperatura. Los de baja temperatura se emplean más que nada para calefacción, climatización de locales, producción de agua caliente sanitaria, etcétera. Los de media y alta temperatura tienen la posibilidad de ser aprovechados para la producción de energía eléctrica, por medio de las denominadas centrales de torre o por medio de colectores cilindro-parabólicos. En estas instalaciones se calienta el fluido que traslada el calor y crea electricidad mediante una turbina y un alternador. En España funcionan a partir de comienzos de los años ochenta y tres centrales termo solares en la llamada Plataforma Solar Almería, y suman una potencia de 2,2 megavatios (MW). Los sistemas fotovoltaicos consisten en un grupo de recursos, llamados células solares o células fotovoltaicas, dispuestos en paneles, que convierten directamente la energía solar en energía eléctrica. La luz solar lleva energía a modo de un flujo de fotones, éstos una vez que inciden en definido tipo de materiales bajo ciertas condiciones, ocasionan una corriente eléctrica. Es lo cual se llama impacto fotovoltaico. Las células solares son pequeños elementos fabricados de un material semiconductor cristalino

"dopado", o sea al que fueron adicionados determinados tipos de impurezas. Una vez que inciden en ellos la radiación solar, transforman la energía lumínica de ésta en energía eléctrica por impacto fotovoltaico. Comúnmente, una célula fotovoltaica está formada por 2 láminas bastante delgadas de material semiconductor que se superponen, la primera de ellas es un cristal de silicio con impurezas de fósforo, y la segunda, un cristal de silicio con impurezas de boro. Una vez que el sol ilumina la célula, la energía de la radiación luminosa causa una corriente eléctrica en el centro de la misma, generando una fuerza electromotriz entre 2 electrodos adosados, respectivamente a cada capa de la célula.(Marín, 2015)

El material utilizado y la tecnología elemental para la construcción de una célula solar se asemeja a la utilizada para hacer los chips de los pcs. Por esa razón la construcción de células solares se estima de alta tecnología. El enorme desafío es hacer barata esta alta tecnología. En la actualidad las células solares generan electricidad a un coste unas 5 veces más grande que el que paga comúnmente a la eléctrica un cliente habitual en un territorio desarrollado.(Marín, 2015)

### **2.6.1. Efecto fotovoltaico**

La conversión fotovoltaica (FV) es el proceso por medio del cual se convierte de manera directa la luz del sol en electricidad, mediante celdas solares. El primer dispositivo FV ha sido demostrado por el físico francés Edmond Becquerel, en el año de 1839. En sus experimentos, Bequerel localizó que una vez que ciertos materiales eran expuestos a la luz, producían una diferencia de potencial y al conectarlos con una carga externa se generaba una corriente eléctrica, a este

fenómeno se le llamó el impacto fotovoltaico, no obstante, el saber, dominio y uso de dicho fenómeno, tuvo que aguardar hasta que se dieran otros adelantos científicos y tecnológicos involucrados con la física cuántica y los semiconductores, a lo largo del siglo XX.

Las celdas FV, se fabrican con materiales semiconductores, los cuales trabajan como aislantes a bajas temperaturas, sin embargo, además tienen la posibilidad de ser conductores una vez que son expuestos al calor o a la energía lumínica. Sobre materiales semiconductores usados en la construcción de celdas FV se han publicado diversos artículos donde se detalla su funcionamiento. (Agredano, 2022)

La primera celda FV actualizada se fabricó en 1941, con una eficiencia de conversión del 1%. La compañía americana Western Electric ha sido la primera en comercializar celdas FV en 1955 y las primeras aplicaciones prácticas de dichos dispositivos se brindaron en satélites artificiales, siendo una solución para la provisión de energía eléctrica por su alta interacción de costo-peso. Además, en esta clase de aplicaciones el precio pasa a segundo plano en relación a otras propiedades como disponibilidad y fiabilidad. El Vanguard 1 ha sido el primer satélite que usó un módulo fotovoltaico para alimentar un transmisor que consumía únicamente 5 miliwatts. Por otro lado, la implementación de módulos FV para aplicaciones de tierra se empezó a ofrecer alrededor de la década de los setenta.

En aplicaciones prácticas se necesita interconectar eléctricamente algunas celdas en arreglos serie-paralelo, para constituir lo cual se sabe cómo módulos fotovoltaicos, los cuales, agrupados en arreglos serie-paralelo conforman los

arreglos y un grupo de arreglos conectados eléctricamente conforman una planta fotovoltaica. (Agredano, 2022)

### **2.6.2. Aplicaciones de la tecnología fotovoltaica**

Las primeras aplicaciones de tierra de la tecnología fotovoltaica se brindaron en productos de consumo (relojes, juguetes, calculadoras, etcétera.), los cuales, para su desempeño, solamente necesitan del abasto de algunos miliwatts. Acorde las eficiencias de las celdas desarrolladas incrementaron y sus precios redujeron considerablemente, empezaron a aplicarse como energización de dispositivos de señalización, control y monitoreo de procesos, así como para electrificación rural, siendo esta última el motor de la industria fotovoltaica en sus inicios. Cabe resaltar que todavía sigue representando una aplicación potencial y real para países en vías de desarrollo, con un elevado porcentaje de población rural.

A finales de la década de los noventa, inició a darse otro tipo de aplicación que vino a revolucionar el mercado fotovoltaico mundial: hablamos de los sistemas fotovoltaicos conectados a red. Este tipo de sistemas se conectan en paralelo a la red y su primordial característica es que el cliente produce parcialmente la energía que consume, con las consecuentes ventajas técnicas y económicas, como para el cliente como para la compañía suministradora. Las figuras 9 y 10 presentan esquemáticamente los sistemas fotovoltaicos conectados a la red y los sistemas fotovoltaicos autónomos, respectivamente. La tabla 1 muestra los impactos y beneficios que aporta la utilización de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica convencional. (Agredano, 2022)

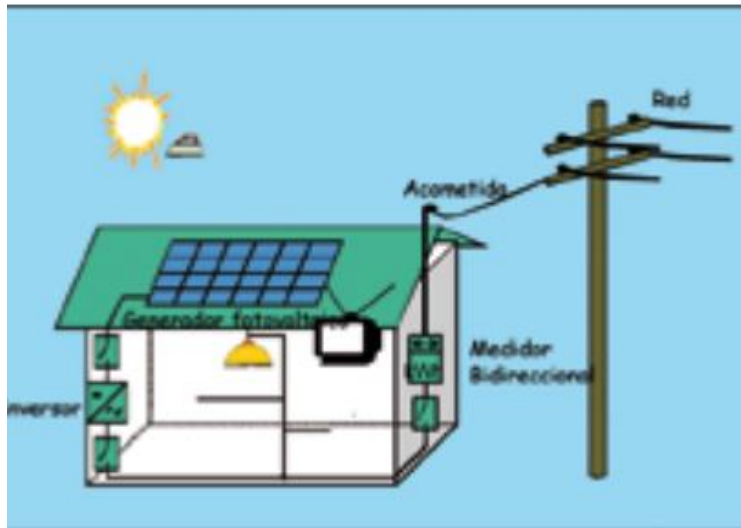


Figura 9: Sistema con generador fotovoltaico en una vivienda. (Marín, 2015)

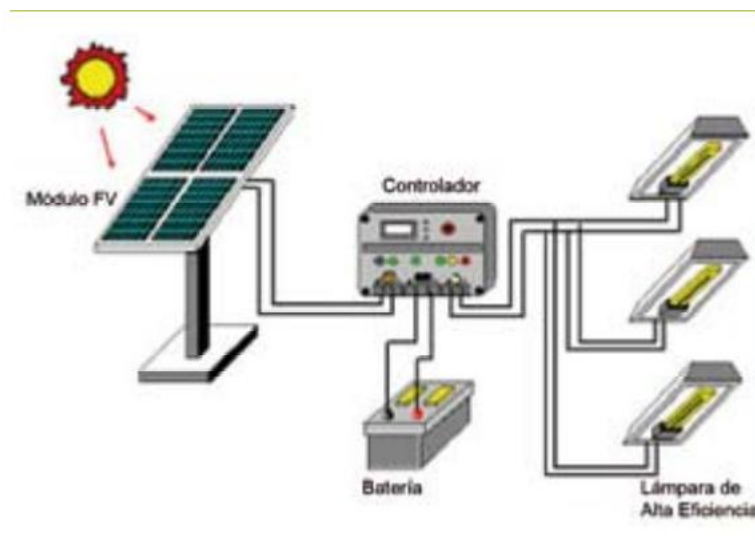


Figura 10: Partes del sistema de energía solar de vivienda. (Marín, 2015)

Impactos	Beneficios
En el sistema eléctrico	Reducción de la demanda pico Alivio térmico al sistema de distribución Reducción de pérdida por transmisión y distribución Aplazamiento de inversiones
Energéticos	Alivio en el sistema de distribución Seguridad energética Ahorro de combustibles fósiles
Ambientales	Desplazamiento de emisiones contaminantes (CO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> )
Económicos	Creación de industria local y empleos
Otros	Sustitución de materiales de construcción (cuando se integran a la envolvente de las construcciones) y barrera para el flujo de calor.

Tabla 1: Tabla de beneficio del uso de la energía solar. (Marín, 2015)

### 2.6.3. Celdas solares

Las celdas solares son interesantes por crear electricidad con energía solar. No obstante, esta tecnología está reducida, y es necesario indagación continua de materiales y sus características ópticas para su uso eficiente. En este trabajo se estudia una celda fotovoltaica como un diodo ideal en paralelo con un generador de corriente ISC. La corriente de corto circuito queda en funcionalidad del número de pares electrón-hueco causados por la absorción de la luz solar. El análisis parte de una plataforma teórica de donde se remarca el valor de 2 fronteras ópticos: la irradiancia y las propiedades espectrales de la luz, donde las propiedades ópticas de los materiales de las celdas solares son relevantes. Las ecuaciones primordiales se aplican para establecer las propiedades eléctricas de salida de dichas celdas, y se hacen mediciones para comprobar la conducta y decidir la utilización eficiente de la



energía solar.(Huerta-Mascotte et al., 2016)

Un material o dispositivo tiene propiedades fotovoltaicas una vez que, al exponerse a la luz, la que se absorbe por el material, es capaz de cambiar la energía de los fotones en energía eléctrica, con la cual se obtiene una corriente y un voltaje. La naturaleza espectral de la luz es fundamental para el diseño de esta clase de dispositivos. En una aproximación ideal, se estima que el sol es un emisor perfecto de radiación o cuerpo humano negro a una temperatura cercana a los 5800 °K.

La constante solar medida fuera de la atmósfera terrestre en un plano perpendicular a los relámpagos a una distancia de 1 UA del sol es en promedio 1366.1 W/m<sup>2</sup>, y además se sabe cómo espectro Air Mass 0 (AM0) (American Society for Testing & Material [ASTM] E-490 2000). Una vez que la radiación pasa por medio de la atmósfera de la tierra, ésta sufre cierta atenuación gracias a los múltiples procesos que se crean a su paso. Estos procesos son identificados como dispersión Rayleigh y dispersión Mie, además de la absorción por selección en longitud de onda por gases y el vapor de agua. Dichos procesos ocasionan la descomposición de la luz, y aunado a la longitud de camino que recorre la luz por la atmósfera se puede establecer la potencia total.

El espectro AM1.5 estandarizado a una potencia universal es el que se utiliza como jefe para la medición de las propiedades eléctricas de las celdas solares para aplicaciones terrestres, y se divide en AM1.5G, el cual es fundamental en mediciones de paneles fotovoltaicos planos, debido a que consta de radiación directa y difusa con una densidad de potencia incorporada de 1 KW/m<sup>2</sup> y el AM1.5D, aplicado para concentradores fotovoltaicos, puesto que se basa en radiación directa

del sol y tiene una densidad de potencia incorporada de 900 W/m<sup>2</sup>. La figura 11 muestra los espectros mencionados antes.

(Huerta-Mascotte et al., 2016)

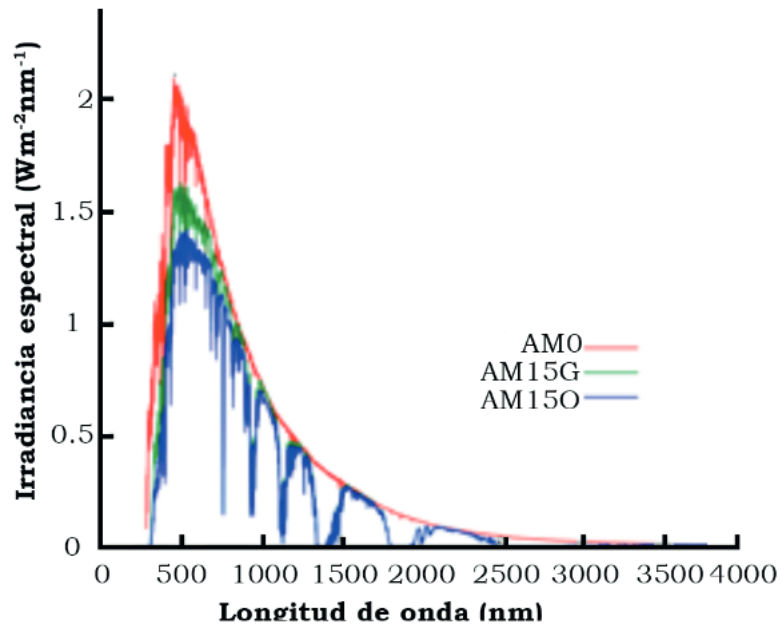


Figura 11: Gráfica de longitud de onda de espectros. (Huerta-Mascotte et al., 2016)

Dichos espectros tienen la posibilidad de utilizarse para decidir el número de fotones que tienen la posibilidad de crear electrones en una celda solar. La escala de longitud de onda en el espectro solar puede transformarse en energía de fotón, en la siguiente interacción:

$$\text{Energía fotón} = e = hc/\lambda[\text{eV}]$$

Formula 1: Transformación energía de fotón

### 2.6.3.1. Propiedades ópticas de los materiales de las celdas solares

Una vez que se establece la absorción de la luz de una celda solar, el

parámetro óptico conocido como absorción es el más eficaz una vez que se evalúan materiales absorbedores potenciales para celdas solares, o una vez que se optimiza un material absorbedor dado para una celda solar. La absorción cuántica es la parte de la luz entrante a cierta energía fotónica,  $e$ , que es absorbida por el material para crear un estado excitado como un par electrón-hueco. Se mide y se calcula como una función de la energía fotónica, conduciendo a  $A(e)$  o de manera equivalente puede expresarse como una funcionalidad de la longitud de onda fotónica, conduciendo a  $A(\lambda)$ .

La absorción puede multiplicarse por el flujo de fotones entrante para decidir cuántos pares electrón-hueco tienen la posibilidad de producirse. Multiplicando este resultado por la carga elemental, que integrando sobre el espectro solar conlleva al límite preeminente para cuanta corriente puede extraerse de un dispositivo hecho con el material absorbedor solar.

La absorción puede medirse de manera directa o puede calcularse utilizando las propiedades ópticas simples que son constantes para un material. No toda la absorción en un material de la celda solar crea pares electrón hueco. Las características ópticas de un material además dependen en el índice de refracción complejo  $n_c$ , dada por la interacción  $n_c = n - ik$ , en donde la parte imaginaria de  $n_c$  es el coeficiente de extinción  $k$ . La parte real de  $n_c$  es el índice de refracción  $n$ . (Huerta-Mascotte et al., 2016)

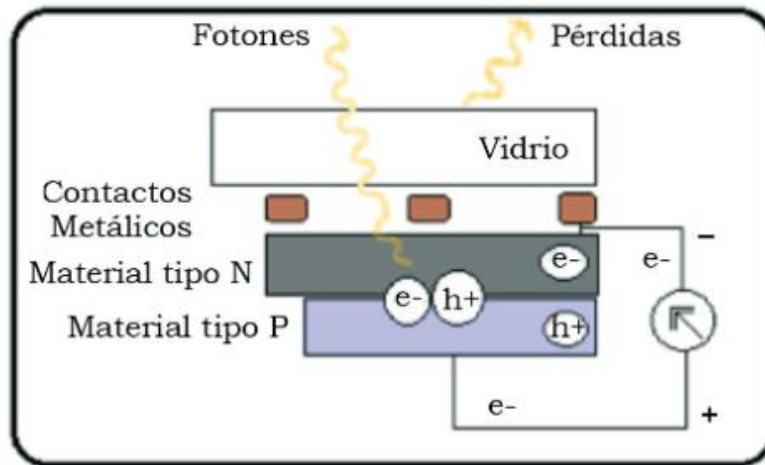


Figura 12: vista lateral celda solar. (Huerta-Mascotte et al., 2016)

### 2.6.3.2. Tipos de paneles

Existen distintos tipos de paneles, que se clasifican según el material utilizado en su construcción o el método de fabricación, y son los siguientes:

- **Monocristalinos:** las celdas están hechas con una rodaja de Silicio de alta pureza, es decir, un solo cristal; su proceso de fabricación es costoso, pero alcanzan mejores rendimientos, cercanos al 16%.
- **Policristalino:** sus celdas están hechas con pedazos de Silicio ubicados desordenadamente en forma de cristales pequeños, tienen menor rendimiento que los anteriores (14% aproximadamente) debido a que se produce una recombinación no deseada.
- **Amorfo:** hecho de Silicio con fabricación más simple que en los casos anteriores, por lo que son más económicos, pero su eficiencia alcanza sólo el 12% y presentan una degradación inicial más rápida al ser expuestos al sol.
- **Lámina delgada:** para su construcción se usan materiales como Silicio

amorfo (rendimiento del 8% aproximadamente), Teluro de Cadmio (rendimiento del 8%), Arsénico de Galio (rendimiento del 20%), Di seleniuro de Cobre en indio (rendimiento del 9%). (Escobar et al., 2018)

#### **2.6.4. Inversor**

Es el factor de la instalación que convierte la corriente continua en corriente alterna. Se intercalan entre el regulador de carga y los instrumentos de corriente alterna. Es indispensable en sistemas que usen dispositivos de almacenamiento, como baterías.

Un inversor viene caracterizado primordialmente por la tensión de ingreso que se debería adaptar al generador, la potencia máxima que puede proveer y la tensión de salida alterna, frecuencia de la onda etcétera. La eficiencia es la interacción entre la carga que suministra el inversor y la que extrae del acumulador. (Sanchez Oviedo, 2012)



*Figura 13: Inversor eléctrico. (Sanchez Oviedo, 2012)*

Según la manera de onda tienen la posibilidad de ser:

- De onda cuadrada: característica de ciertos inversores económicos de baja

potencia, aptos para la ingesta de alimentos única de máquinas puramente resistivos, como recursos de iluminación y otros.

- De onda modulada: además característica de inversores de baja potencia, empero con un espectro de probables recursos de consumo más extenso que el tipo anterior, que incluye iluminado, pequeños motores y conjuntos electrónicos no muy propensos a la señal de ingesta de alimentos.
- De onda sinodal pura: esta clase de inversores otorga una forma de onda a su salida que, a efectos prácticos, se puede tener en cuenta idéntica a la red eléctrica general, permitiendo de esta forma la ingesta de alimentos de cualquier artefacto de consumo o, en su caso, la conexión a red.
- De onda sinodal modificada (o trapezoidal) intermedio entre ambos anteriores, posibilita expandir el espectro de recursos de consumo y de potencia, reducido en el de onda cuadrada modulada.

Generalmente, en fotovoltaica los inversores van a ser de onda sinodal pura. Se dejará la utilización de inversores de onda no sinodal, si su potencia nominal es inferior a 1 kVA, no producen mal a las cargas y aseguran una idónea operación de estas. Sea como sea la definición del inversor a usar debería desarrollarse en funcionalidad de las propiedades de la carga. En funcionalidad de esta última se va a poder ir a conjuntos más o menos complicados. (*TFG\_David\_Sanchez\_Quiroga.pdf*, s. f.)

#### **2.6.5. Acumulador**

La naturaleza variable de la radiación solar provoca que los sistemas

fotovoltaicos aislados incorporen recursos de almacenamiento de energía que permitan contar con ésta en los periodos en los cuales no hay radiación solar.

El abanico de probables acumuladores de energía es enorme, empero las recientes disponibilidades del mercado hacen que en los sistemas fotovoltaicos se use la acumulación electroquímica, o sea, la batería recargable. Las más usadas por precio y prestaciones son las de plomo ácido y las de níquel cadmio. Ya que los requisitos exigibles a una batería de un sistema fotovoltaico son la resistencia al número de ciclos de carga y descarga y el mantenimiento limitado, es recomendable usar baterías tubulares, con rejilla de aleación de bajo contenido en antimonio, con enorme reserva de electrolito y vasos transparentes que facilitan la inspección visual de la batería. (Sanchez Oviedo, 2012)



*Figura 14: Baterías para celdas solares. (Sanchez Oviedo, 2012)*

Las baterías tienen que reciclarse o tratarse finalmente de su periodo de vida, conforme con la normativa de supresión de residuos que corresponde, para eludir contaminaciones causadas primordialmente por el plomo.

En las instalaciones fotovoltaicas lo usual es usar un grupo de baterías para guardar la energía eléctrica generada a lo largo de las horas de radiación, para su implementación subsiguiente en los instantes de baja o nula radiación. Se debe resaltar que la confiabilidad de la instalación universal de electrificación es dependiente en enorme medida de la del sistema de acumulación, siendo por esto un componente al que se debe ofrecer la enorme importancia que tiene.

De cara a su trabajo en instalaciones fotovoltaicas, se necesita conocer las próximas expresiones:

- **Capacidad:** Es la proporción de electricidad que puede obtenerse por medio de la descarga total de una batería al principio cargada al mayor. La función de un acumulador se mide en Amperios-hora (Ah), para un definido tiempo de descarga, o sea una batería de 130 Ah es capaz de proporcionar 130 A en una hora o 1300 A en 10 horas. Para acumuladores fotovoltaicos es común mencionar a tiempos de descarga de 100 horas. Además, al igual que para módulos solares puede definirse el voltaje de circuito abierto y el voltaje en carga. Las baterías poseen un voltaje nominal que suele ser de 2, 6, 12, o 24 V, aunque podría ser diferente según los casos. Es fundamental el voltaje de carga, que es la tensión esencial para derrotar la resistencia que opone el acumulador a ser cargado.

- **Eficiencia de carga:** Es la interacción entre la energía empleada para cargar la batería y la en verdad almacenada. Una eficiencia del 100% supone que toda la energía empleada para la carga podría ser reemplazada en la descarga subsiguiente. Si la eficiencia de carga es baja habrá que dotar a la instalación de más grande número de paneles para hacer las mismas aplicaciones.



- Autodescarga: Es el proceso por el que el acumulador, sin estar en uso, procede a descargarse.

- Profundidad de descarga: Se llama de esta forma al costo en tanto por ciento de la energía que se ha sacado de un acumulador plenamente cargado en una descarga. Como ejemplo, si poseemos una batería de 100 Ah y la sometemos a una descarga de 20 Ah, esto representa una hondura de descarga del 20%. Esto se llamaría descarga superficial y si fuera del 80% descarga intensa. Cuanto menos profundos sean los ciclos de descarga más grande va a ser la duración de la batería. Un acumulador que queda plenamente descargado, puede permanecer dañado seriamente y perder parte importante de su capacidad de carga. (Sanchez Oviedo, 2012)

#### **2.6.5.1. Tipos de baterías**

- Plomo-ácido- (Pb-ácido)
- Níquel-Cadmio (Ni-Cd)
- Níquel-Hierro (Ni-Fe)
- Níquel-Zinc (NiZn)
- Zinc-Cloro (Zn-C12)

## **CAPITULO 3**

### **DISEÑO Y ANALISIS DE RESULTADOS**

#### **3.1. Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en diseñar un sistema de generación de energía a partir de las dos fuentes de energía renovable más conocidas que son la generación

por energía solar o fotovoltaica y la generación por energía eólica, la idea es aprovechar la ubicación e infraestructura de la facultad ya que es uno de los puntos más elevados de la universidad para colocar este tipo de generador “ híbrido” que mediante un detallado diseño mecánico nos puede aportar una cantidad considerable de vatios a la facultad.

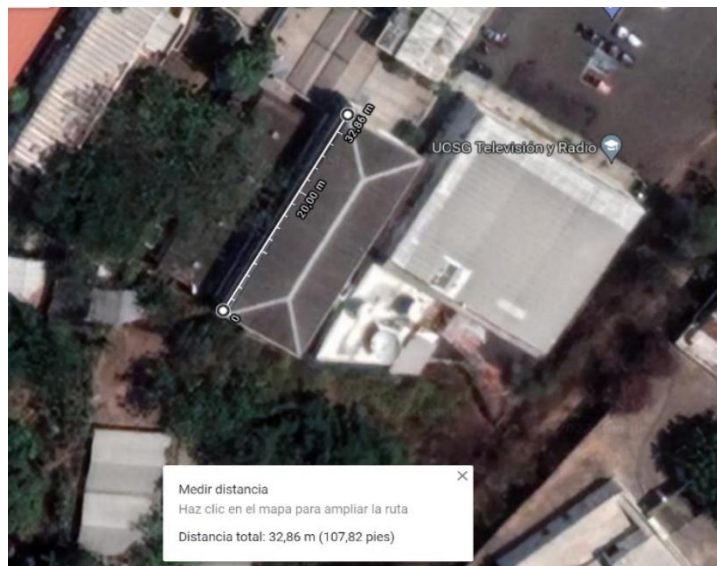


Figura 15: Ubicación geográfica de instalación. Autor

El generador se ubicaría en las coordenadas -2.183376, -79.903129, tal como se muestra en la figura con una superficie de aproximadamente 33 m de ancho por 11 m de profundidad dando como resultados 363 metros cuadrados de espacio libre de edificación que eviten las corrientes de viento y que prive de luz solar.

El diseño se dividirá en 2 bloques, el diseño eléctrico y el diseño mecánico, según las características posteriormente especificadas.

### 3.1.1. Datos de estudio

Como principal aspecto de esta investigación debemos tomar en cuenta los datos meteorológicos de la zona dado a que según estos datos tendremos las especificaciones necesarias y exactas para el diseño del generador, en este caso usaremos los datos de la estación SEDE SANTA ANA-TANQUE AA, una de las estaciones automáticas meteorológicas que recopila información por los observadores en el sector de puerto santa y nos permite la visualización de modelos numéricos.



Figura 16: Ubicación estación meteorológica. Autor

Esta estación es la más cercana a la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, se encuentra a una altitud de 29 metros y es propiedad de la INAMHI, según los datos de esta estación sabremos la velocidad del viento del sector y los índices de radiación ultravioleta en tiempo real.

Según los datos proporcionados por la estación meteorológica en el sector alcanzan vientos de hasta 20km/h por la noche y un promedio de 10km/h por el día, dicho esto tenemos una cifra de capacidad máxima y mínima para nuestro

generador, utilizando la plataforma ENAIR, podemos hacer una simulación de nuestro aerogenerador y conocer los detalles técnicos recomendados según la velocidad del viento.

En cuanto a los índices de radiación ultravioleta, al encontramos geológicamente en la línea ecuatorial tenemos una gran ventaja para aprovechar la luz del sol y al tener solo dos estaciones al año es otro gran beneficio para utilizar este tipo de obtención de energía, sin embargo la capacidad de una placa fotovoltaica es debida a su tamaño y la aproximación según las horas de radiación ultravioleta, entonces no podremos sacarlo según el índice ultravioleta de la zona, en otras palabras, mientras más superficie de cobertura igual a más energía.

### 3.2. Diseño mecánico

Luego de previos estudios e investigaciones en cuanto al posicionamiento de las partes del aerogenerador se determinó que desde la perspectiva mecánica para mayor eficacia es necesaria una caja de engrane elevadora alineado al eje y un generador eléctrico desplazado del eje, tal como se muestra en la figura 19.

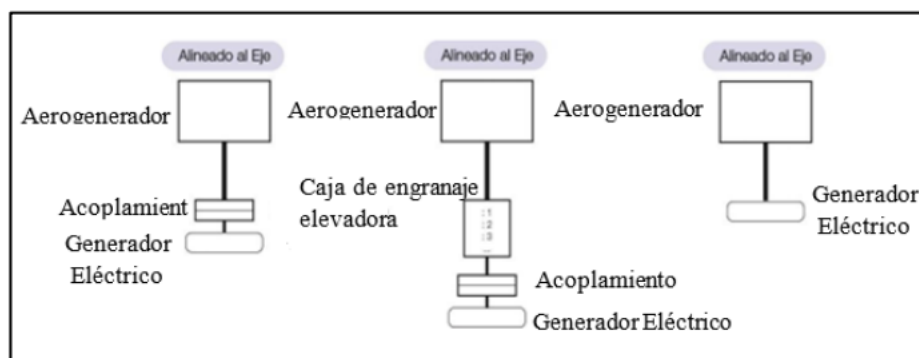


Figura 17: Estructura de tipos aerogenerador, alineado al eje. (Silverio, 2021)

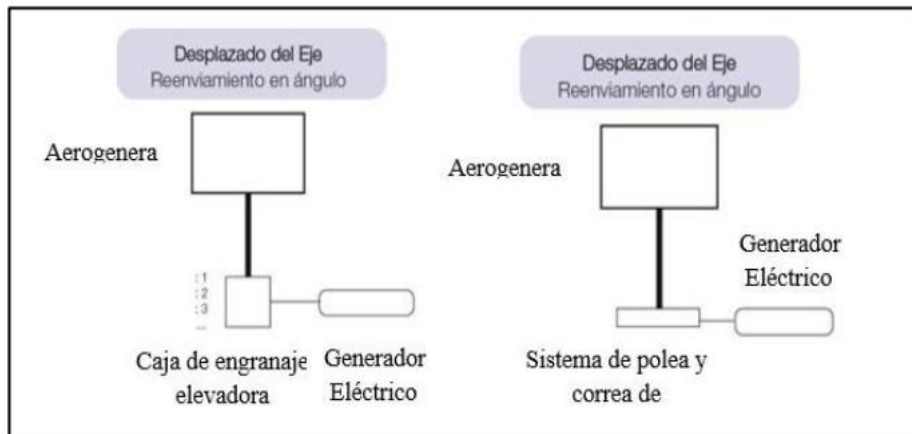


Figura 18: Estructura de tipo de generador, desplazado del eje. (Silverio, 2021)

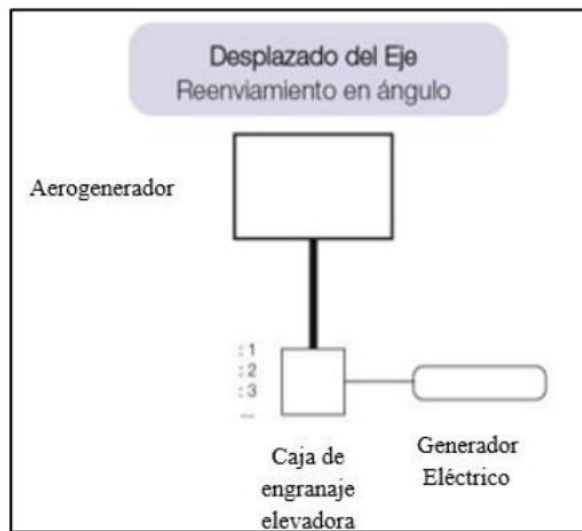


Figura 19: Estructura de generador a utilizar. (Silverio, 2021)

Debido a que un acoplamiento de 90 grados respecto al eje existe menos resistencia de parte la caja de engranes al generador eléctrico, aumentando así su rendimiento y que nos permitirá alcanzar las revoluciones por minuto para un buen funcionamiento.

El tipo de aerogenerador será un rotor de savonius que permitirá utilizar las corrientes de aire proveniente de cualquier dirección, tal como se muestra en la

figura.

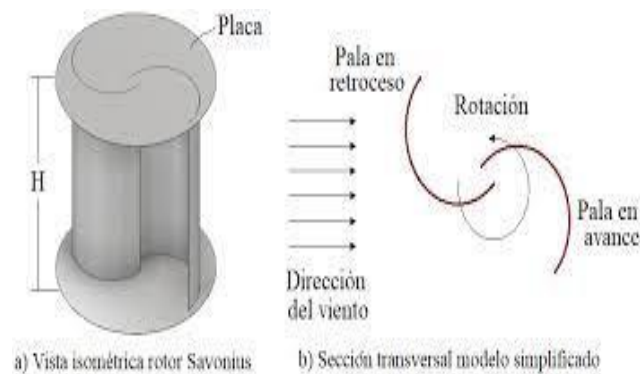


Figura 20: Vista isométrica del rotor. (Silverio, 2021)

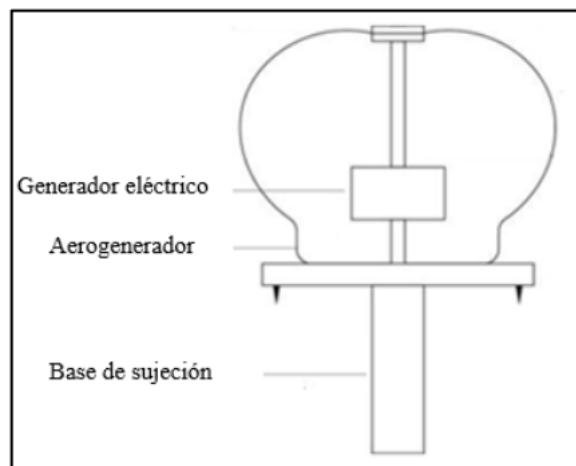


Figura 21: Vista aérea generador savinious. (Silverio, 2021)

Este tipo de turbinas consiste en una forma cilíndrica en forma de S y es una de las más simples y eficaces aerodinámicamente por su capacidad de arrastre o resistencia al aire, convirtiéndose en nuestra mejor opción.

### 3.3. Diseño eléctrico

Para el diseño eléctrico de nuestro generador utilizaremos los equipos

mas convenientes una vez ingresados los datos meteorológicos, sin embargo, la potencia que podríamos obtener es significativamente mayor y los costos de los equipos posteriormente también serian mayores, por lo que se ha optado al diseño del generador dentro de un presupuesto factible y que nos aportara una cantidad de vatios nada despreciable.

### 3.3.1. Generador eléctrico

El generador eléctrico que utilizaremos es el modelo NE500M2 que funciona con imanes permanentes, con una potencia nominal de 500W y con una capacidad máxima de 536W, es de tres fases y con un voltaje de 12/24 V.

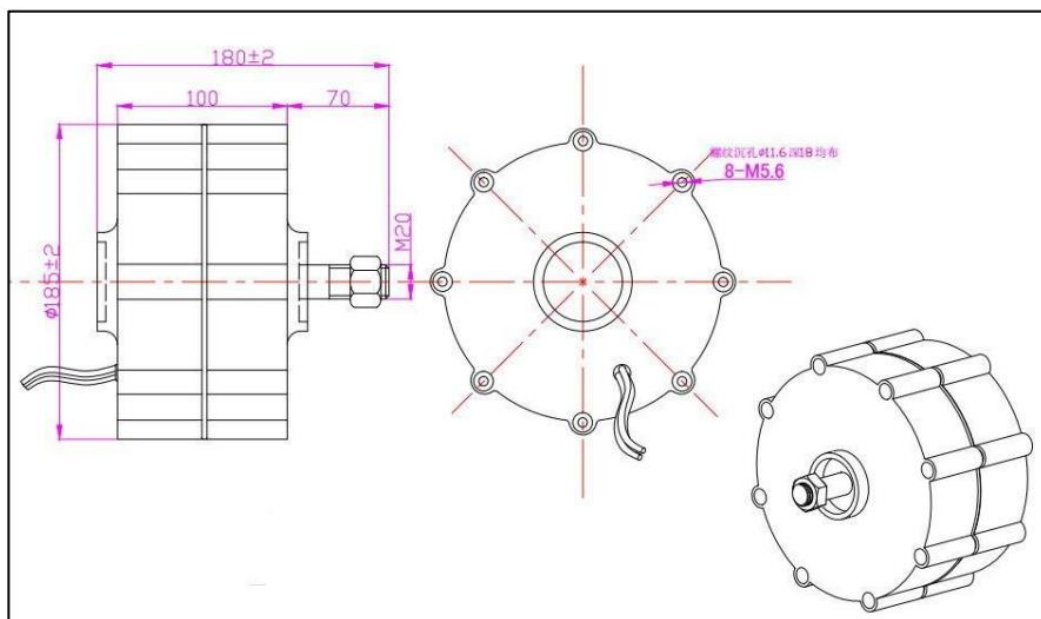


Figura 22: Diseño generador eléctrico. Autor

<b>Datos Técnicos</b>	
Modelo	NE-500M2
Potencia nominal (W)	500 W
Potencia máxima (W)	536 W
Tensión nominal (V)	12/24/48 V
Velocidad de rotación nominal (R/M)	600r/m
Peso neto superior (kg)	7.2
Corriente de salida	AC
Generador	Generador síncrono de imán permanente de 3 fases
Clase de aislamiento:	F
Rodamiento	HRB
Material del eje	Acero inoxidable
Carcaza	Aleación de aluminio
Material de imán permanente	Tierra rara <u>NdFeB</u>
Grado de protección	IP54
Lubricación	Grasa de lubricación

*Tabla 2: Ficha técnica generador eléctrico. Autor*

### **3.3.2. Regulador de voltaje eólico**

El modelo que utilizaremos para que trabaje en conjunto con el generador eléctrico es el FWS02-12 con un voltaje nominal de 12v y nos ayudara a transformar la corriente alterna que nos proporciona el generador en corriente continua para almacenar en las baterías, las mismas baterías que almacenaran la energía que nos de la parte de la placa fotovoltaica.



Modelo	FWS02-12
Voltaje nominal de la batería	12V
Energía nominal del viento	200W
Voltaje de frenado	15V
Voltaje de retorno del freno	13.5V
Corriente de freno	30A
Modo de visualización	LED
Temperatura de trabajo	-35°C+75°C
Medidas	100mm×87mm×28mm
Corriente quieta	≤20 mA
Clase impermeable	IP67

*Tabla 3: Ficha técnica regulador voltaje eólico. Autor*

### **3.3.3. Regulador de voltaje solar**

El regulador de voltaje solar o regulador de carga que utilizaremos es el modelo PWM RBL 30A es un dispositivo muy importante en la generación de energía solar debido a que se ocupa de mantener el control de la carga que ingresa a las baterías de la energía generada en las celdas fotovoltaicas. El regulador posibilita prolongar la vida de la batería y también nos ayuda a obtener información sobre el comportamiento del sistema.



Figura 23: Regulador de voltaje solar. (Sanchez Oviedo, 2012)

Controlador PWM RBL-30A	
Voltaje de la batería	12 V/24 V auto
Corriente de carga	30A
Corriente de descarga	30A
Entrada solar máximo	25 V (para batería 12V)
Ecualización	14.4V (sellado) 14.2 V (gel) 14.6 V (inundación)
Flotador	13.7V (por defecto, ajustable)
Cierre de descarga	10.7V (por defecto, ajustable)
Descarga reconexión	12.6V (por defecto, ajustable)
Descarga reconexión	12.6V (por defecto, ajustable)
Salida USB	5V/3 <sup>a</sup>
Auto-consumir	<10mA
Temperatura de funcionamiento	-35 °C ~ + 60 z°C

Tabla 4: Ficha técnica regulador de voltaje solar. (Sanchez Oviedo, 2012)

### 3.3.4. Batería

Para la batería, al conocer que almacenaríamos la energía proporcionada por el aerogenerador y al mismo tiempo la energía proporcionada por la placa fotovoltaica, debemos tomar en cuenta una batería que tenga la capacidad de almacenar las dos fuentes, según los cálculos arrojados tendremos alrededor de 800W por lo que la siguiente batería, modelo LVJ260-12 de 12v 260 AH, sería la óptima para este diseño.



Figura 24: Batería LVJ260-12 de 12v 260 AH. (Batería de gel 12V 260Ah C10 LivEN serie LVJ, 2022)

### 3.3.5. Panel solar

El panel solar que utilizaremos es un Solar module de 290W con las siguientes especificaciones técnicas

### Solar Module 290W

TYPICAL ELECTRICAL CHARACTERISTICS		
Max-Power	Pm(W)	290
Max-Power Voltage *	Vm(V)	12
Max-Power Current *	Im(A)	8,29
Open-Circuit Voltage *	Voc(V)	12
Short-Circuit Current *	Isc(A)	8,87
Panel efficiency	η(%)	14,65%
No, type and arrangement of cells	72 pcs. poly-crystalline silicon(6× 12)	
Cell Size	156×156mm	
Power Tolerance	(%)	+/-3
Pm Temperature Coefficient	(%/ °C )	-0,45
Isc Temperature Coefficient	(%/ °C )	0,05
Max-System Voltage	(VDC)	1000
NOCT-Nominal Operating Cell Temperature	( °C )	47+/-2
MECHANICAL CHARACTERISTICS		
Dimension	1956×992×45(mm)	
Weight	23kg	
Glass, Type and Thickness	High Transmission, Low Iron, Tempered Glass 3.2 mm	
Backsheet	TPT	
Cable and Connector	4mm <sup>2</sup> , MC4	
ABSOLUTE RATINGS		
Operating Temperature	( °C )	-40~+85
Storage Temperature	( °C )	-40~+85
*STC Conditions(1000W/m <sup>2</sup> , 1.5AM and 25 °C Cell Temperature)		

Tabla 5:Ficha técnica panel solar. (Sanchez Oviedo, 2012)

### 3.3.6. Conductores

Al encontrarse al aire libre, los conductores están expuestos a cambios de temperatura, humedad, cargas mecánicas, etc. Por los que es recomendable utilizar cables más resistentes a los de una conexión eléctrica común. En este caso se recomendaría los cables PV ZZ-F que son utilizados para este tipo de conexiones y poseen doble aislamiento para así evitar contactos a tierra o provocar corto circuitos en el sistema.

Para el cálculo del conductor vamos a utilizar la siguiente fórmula:

$$S \geq \frac{2 \cdot L \cdot P}{0,03 \cdot V^2 \cdot \sigma}$$

Formula 2: Calculo del conductor

Donde

$S$  = sección transversal del conductor en  $m^2$

$L$  = largo del conductor  $m$

$P$  = máxima potencia suministrada por el generador  $W$

$V$  = voltaje del generador  $V$

$\sigma$  = conductividad eléctrica del cobre puro de  $5,8 \cdot 10^7 S/m$ , a una temperatura de  $20^\circ C$  (Escobar et al., 2018)

### **3.4. Normativas**

#### **3.4.1. Marco Institucional**

El organismo rector del sector eléctrico y de energía renovables en el Ecuador es el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), “responsable de satisfacer las necesidades de energía eléctrica del país, mediante la formulación de normativa pertinente, planes de desarrollo y políticas sectoriales para el aprovechamiento eficiente de sus recursos, estableciendo mecanismos de eficiencia energética, participación social y protección del ambiente”

#### **3.4.2. Normativa de Energías Renovables en el Ecuador**

La Constitución de la República del Ecuador con Registro Oficial N° 449, entre sus articulados considera el desarrollo y uso de las energías renovables, dichos artículos se transcriben a continuación: “Artículo 15. El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se

alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua” (37). 34 “Artículo 313. El Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia. Los sectores estratégicos, de decisión y control exclusivo del Estado, son aquellos que por su trascendencia y magnitud tienen decisiva influencia económica, social, política o ambiental, y deberán orientarse al pleno desarrollo de los derechos y al interés social.

Se consideran sectores estratégicos la energía en todas sus formas, las telecomunicaciones, los recursos naturales no renovables, el transporte y la refinación de hidrocarburos, la biodiversidad y el patrimonio genético, el espectro radioeléctrico, el agua, y los demás que determine la ley”. “Artículo 413. El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua” (*Vol4-Aspectos-de-sustentabilidad-y-sostenibilidad-social-y-ambiental.pdf*, s. f.-a)

### **3.4.3. Ley de Régimen del Sector Eléctrico LRSE, Suplemento-Registro Oficial N° 43.**

Contiene las normas relacionadas con la estructura del sector eléctrico y de su funcionamiento, vigente desde el 10 de octubre de 1996. Dentro del Capítulo IX Recursos Energéticos No Convencionales se incentiva a fomentar por parte del

estado el aprovechamiento de recursos no convencionales mediante el siguiente artículo. “Artículo 63. El Estado fomentará el desarrollo y uso de los recursos energéticos no convencionales a través de los organismos públicos, la banca de desarrollo, las universidades y las instituciones privadas. El CONELEC asignará con prioridad fondos del FERUM a proyectos de electrificación rural a base de recursos energéticos no 35 convencionales tales como energía solar, eólica, geotérmica, biomasa y otras de similares características”. “Artículo 64. El Consejo Nacional de Electrificación dictará las normas aplicables para el despacho de la electricidad producida con energías no convencionales tendiendo a su aprovechamiento y prioridad” (*Vol4-Aspectos-de-sustentabilidad-y-sostenibilidad-social-y-ambiental.pdf*, s. f.-b)

#### **3.4.4. Ventajas arancelarias y exoneraciones del impuesto a la renta.**

“Artículo 67. Exonérese el pago de aranceles, demás impuestos adicionales y gravámenes que afecten a la importación de materiales y equipos no producidos en el país, para la investigación, producción, fabricación e instalación de sistemas destinados a la utilización de energía solar, eólica, geotérmica, biomasa y otras previo el informe favorable del CONELEC. Exonérese del pago de impuesto sobre la renta, durante cinco años a partir de su instalación a las empresas que, con su inversión, instalen y operen centrales de producción de electricidad usando los recursos energéticos no convencionales señalados en el inciso anterior”. (*Vol4-Aspectos-de-sustentabilidad-y-sostenibilidad-social-y-ambiental.pdf*, s. f.-b)

### 3.4.5. Reglamentos que Incentivan las Energías Renovables en Ecuador

Reglamento para la administración del fondo de electrificación rural y urbana marginal FERUM Suplemento Registro-Oficial N° 373 Artículo 2. Sobre los organismos planificadores, la utilización de los fondos del FERUM, requeridos para obras, ampliación y mejoramiento de sistemas de distribución en sectores rurales o urbano marginales; o para construcción de sistemas de generación que utilicen energías renovables no convencionales, destinados al 36 servicio exclusivo de sectores rurales y también para la operación y mantenimiento de sistemas eléctricos no incorporados, ubicados en las provincias fronterizas de la Amazonía y Galápagos. (*Vol4-Aspectos-de-sustentabilidad-y-sostenibilidad-social-y-ambiental.pdf*, s. f.-b)

### 3.4.6. Cálculos

El cálculo de la energía que produciría el generador híbrido fue realizado en base a la potencia generada por los equipos eléctricos antes mencionados, tenemos la posibilidad de generar una potencia total de entre 600 a 800 Watts con lo cual tenemos un dato inicial de potencia el cual nos permitirá calcular el valor de la energía producida, Sabemos que:

$$\text{Potencia} = \text{Energía producida} / \text{Tiempo de carga}$$

*Formula 3: Potencia generada*

Despejando:

$$\text{Energía producida} = \text{Potencia} \times \text{Tiempo de carga}$$

*Formula 4: Energía Producida*

Tomando en cuenta un rendimiento del 50%



E: 600W X 12H

E: 7.2 KW/H

Considerando los 30 días del mes

E por mes: 216.0 KW/H

## CAPITULO 4

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. Conclusión

Gracias al diseño del generador y a la información investigada, tanto en todas sus partes y sus generalidades, la información proporcionada por la estación meteorológica indica que el uso de paneles solares y aerogeneradores en la zona es muy factible, esto debido a la velocidad del viento que llega a una velocidad máxima por las noches de 21KM/H y en el día a un promedio de entre 6 a 10km/h, en cuanto al uso de paneles solares el índice de radiación ultravioleta es muy alto en comparación a la de otros países, información detallada en mis referencias bibliográficas, por lo que el uso de la misma en grandes magnitudes también tiende a ser muy factible para su uso.

Al final, con la información proporcionada podemos concluir que la energía producida por el generador es de 216KW/H, esto se debe a la capacidad de los equipos eléctricos que utilizamos, sin embargo, tenemos la oportunidad de aumentar esta capacidad ya que según los datos antes mencionados podríamos implementar equipos que generen hasta 8000KW/H y si no se aplicaran en un solo lugar sino en lugares estratégicos podría ser un gran aporte para la facultad y la Universidad.

## **4.2. Recomendaciones**

El uso de energías renovables sigue creciendo a pasos agigantados cada año, esto debido a la innovación y a la concientización sobre el uso de combustibles fósiles que a pesar de haber sido factor clave en la modernización y evolución de la época cada vez se va aminorando su utilización como fuente de energía, Ecuador al ser un país mega diverso, con gran cantidad de ríos, cordilleras, mar territorial, y por su ubicación geográfica en el centro del planeta; podría ser una potencia de energía renovable, con la oportunidad de incluso exportar y vender energía a otros países, lo que nos beneficiaría dada la situación actual de crisis en la que se encuentra en estos momentos.

La UCSG cuenta con una cantidad considerable de edificaciones en la que podríamos hacer uso de la energía solar o fotovoltaica, disminuyendo el consumo a la energía que provee la Corporación Nacional de Electricidad.

## BIBLIOGRAFIA

- Abella, M. A. (2019). Departamento de Energías Renovables Laboratorio de Energía Solar Fotovoltaica (PVLabDER - CIEMAT) Avda. Complutense, 22—MADRID 28040. 60.
- Agredano, J. (2022). Tecnología fotovoltaica.
- Alexander M. Gonzalez L. (2018). Estado del arte del control de la potencia en generadores eolicos. 14.
- Batería de gel 12V 260Ah C10 LivEN serie LVJ. (2022).  
<https://www.andupil.com/es/baterias-para-energias-renovables-solar-y-eolica/14780-bateria-de-gel-12v-260ah-c10-liven-serie-lvj.html>
- Carrera Báez. (2019). Desarrollo de un generador híbrido eólico-solar de baja potencia.  
[http://repositorios.orizaba.tecnm.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/484/Edgar\\_Bruno\\_Carrera\\_B%c3%a1ez.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorios.orizaba.tecnm.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/484/Edgar_Bruno_Carrera_B%c3%a1ez.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Escobar, M. A. M., López, J. R., Espinoza, A. V., & Behnke, R. P. (2018). Diseño de sistema de generación fotovoltaica para viviendas conectadas a la red de distribución, en el contexto de la ley N° 20.57. 76.
- Huerta-Mascotte, E., Mata-Chavez, R. I., Estudillo-Ayala, J. M., Sierra-Hernández, J. M., Guryev, I., & Lizarraga-Morales, R. A. (2016). Estudio de las características de una celda fotovoltaica para el uso eficiente de la energía solar. *Acta Universitaria*, 26, 30-34. <https://doi.org/10.15174/au.2016.868>
- Las energías renovables: Características y tipos. (2018, mayo 3). Consumo Responde.  
[https://www.consumoresponde.es/art%C3%ADculos/las\\_energias\\_renovable](https://www.consumoresponde.es/art%C3%ADculos/las_energias_renovable)

s\_caracteristicas\_y\_tipos

Marín, C. E. (2015). La energía solar fotovoltaica en España. 27.

Morimitsu, D. T. (2015). Diseño de un generador eólico de eje vertical de baja potencia. 190.

Oviedo-Salazar, J.L., M.H. Badii, A. Guillen & O. Lugo Serrato. (2015). Historia y Uso de Energías Renovables. International Journal of Good Conscience.

QUIZPE, C. (2021). Conciencia ambiental y uso de la energía eólica en estudiantes de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional de Huancavelica.

[http://repositorio.upci.edu.pe/bitstream/handle/upci/545/Caso%20-](http://repositorio.upci.edu.pe/bitstream/handle/upci/545/Caso%20-%20Quispe%20%20%20-%20%20%20Tesis%20Oficial%20OK.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[%20Quispe%20%20%20-](http://repositorio.upci.edu.pe/bitstream/handle/upci/545/Caso%20-%20%20%20Tesis%20Oficial%20OK.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[%20%20%20Tesis%20Oficial%20OK.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.upci.edu.pe/bitstream/handle/upci/545/Caso%20-%20%20%20Tesis%20Oficial%20OK.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Sanchez Oviedo. (2012, mayo). Sistema de energía solar fotovoltaica aislado para vivienda unifamiliar aislada. [https://e-](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16839/TFG_David_Sanchez_Quiroga.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16839/TFG\\_David\\_Sanchez\\_Quiroga.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16839/TFG_David_Sanchez_Quiroga.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Silverio. (2021). Permanent Magnet Eolic Generator Design.

TFG\_David\_Sanchez\_Quiroga.pdf. (s. f.). Recuperado 3 de septiembre de 2022, de [https://e-](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16839/TFG_David_Sanchez_Quiroga.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16839/TFG\\_David\\_Sanchez\\_Quiroga.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16839/TFG_David_Sanchez_Quiroga.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Vol4-Aspectos-de-sustentabilidad-y-sostenibilidad-social-y-ambiental.pdf. (s. f.-a).

Recuperado 4 de septiembre de 2022, de

[https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-](https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Vol4-Aspectos-de-sustentabilidad-y-sostenibilidad-social-y-ambiental.pdf)

[content/uploads/downloads/2015/12/Vol4-Aspectos-de-sustentabilidad-y-sostenibilidad-social-y-ambiental.pdf](https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Vol4-Aspectos-de-sustentabilidad-y-sostenibilidad-social-y-ambiental.pdf)

Vol4-Aspectos-de-sustentabilidad-y-sostenibilidad-social-y-ambiental.pdf. (s. f.-b).

Recuperado 4 de septiembre de 2022, de

[https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-](https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Vol4-Aspectos-de-sustentabilidad-y-sostenibilidad-social-y-ambiental.pdf)

[content/uploads/downloads/2015/12/Vol4-Aspectos-de-sustentabilidad-y-](https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Vol4-Aspectos-de-sustentabilidad-y-sostenibilidad-social-y-ambiental.pdf)

[sostenibilidad-social-y-ambiental.pdf](https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Vol4-Aspectos-de-sustentabilidad-y-sostenibilidad-social-y-ambiental.pdf)

Wangong, J., & Daniel, P. (2010). Análisis a la eficiencia de las fuentes de energía

renovable. Ingenierías USBMed, 1(1), 25-31.

<https://doi.org/10.21500/20275846.233>



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



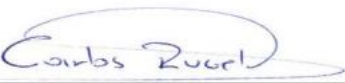
## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Rugel Palacios, Carlos Arturo** con C.C: # **0930797485** autor del trabajo de titulación: **Estudio de generación híbrido “Eólico-Solar” de baja potencia en la FEDT de la UCSG** previo a la obtención del título de **Ingeniería en Eléctrico Mecánica con mención en gestión empresarial industrial** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

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

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

Guayaquil, 4 de **septiembre** de **2022**

f. 

Nombre: **Rugel Palacios, Carlos Arturo**

C.C: **0930797485**

<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>		
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		
<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Estudio de generación híbrido “Eólico-Solar” de baja potencia en la FEDT de la UCSG.	
<b>AUTOR(ES)</b>	Rugel Palacios, Carlos Arturo	
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	MSc. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo	
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil	
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo	
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería Eléctrico-Mecánica	
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Ingeniería en Eléctrico Mecánica con mención en gestión empresarial industrial	
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	4 de septiembre de 2022	<b>No. DE PÁGINAS:</b> 61
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Generación de Energía, Normatividad.	
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Híbrido, Renovable, Ecológica.	
<b>RESUMEN/ABSTRACT:</b>		
<p>El presente trabajo de titulación consiste en determinar la factibilidad de un generador híbrido “eólico-solar” de baja potencia para su utilización en la Facultad de Educación técnica para el desarrollo de nuestra universidad, anticipando los problemas futuros que conlleva el uso de energía no renovable en el país y el mundo, sabiendo que el uso de energías renovables, ecológicas o energía “limpia” ha estado revolucionando el mercado actual, evitando así los efectos climáticos negativos que causan los combustibles fósiles. Es así como la necesidad en un cambio energético se ha dado paso a lo largo de la historia analizando las ventajas y desventajas para un futuro prometedor.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
<b>CONTACTO CON AUTORES:</b>	<b>Teléfono:</b> 0980816196	<b>E-mail:</b> carlos.rugel@cu.ucsg.edu.ec
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	<b>Nombre:</b> MSc. Velez Tacuri Efrain Oliverio	
	<b>Teléfono:</b> +593-994084215	
	<b>E-mail:</b> efrain.velez@cu.ucsg.edu.ec	
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>		
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>		
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>		
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>		