

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

TEMA:

**Diseño de un modelo a escala para un sistema fotovoltaico que energizan aireadores para el proceso de crianza de camarón de isla**

AUTOR:

Aponte Cueva, Luis Alberto

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de

INGENIERO EN ELÉCTRICO- MECÁNICA

TUTOR:

M. Sc. Bastidas Cabrera, Tomas Gaspar

Guayaquil, Ecuador

16 de septiembre del 2021



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 **Aponte Cueva, Luis Alberto** como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero en Eléctrico Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial**.

TUTOR

---

M. Sc. Bastidas Cabrera, Tomas Gaspar

DIRECTOR DE CARRERA

---

M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 16 días del mes de septiembre del año 2021



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA**

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, Aponte Cueva, Luis Alberto**

### **DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, **Diseño de un modelo a escala para un sistema fotovoltaico que energizan aireadores para el proceso de crianza de camarón de isla**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Eléctrico Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial**, 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, a los 16 días del mes de septiembre del año 2021

**EL AUTOR**

---

**APONTE CUEVA, LUIS ALBERTO**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA**

## **AUTORIZACIÓN**

**Yo, Aponte Cueva, Luis Alberto**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Diseño de un modelo a escala para un sistema fotovoltaico que energizan aireadores para el proceso de crianza de camarón de isla**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 16 días del mes de septiembre del año 2021**

**EL AUTOR:**

f. \_\_\_\_\_

**APONTE CUEVA, LUIS ALBERTO**

# REPORTE URKUND

**URKUND** Lista de fuentes Bloques [Abrir sesión](#)

<b>Documento</b>	<a href="#">LUIS APONTE TESIS 2.doc</a> (D111984201)
<b>Presentado</b>	2021-09-02 12:11 (-04:00)
<b>Presentado por</b>	nancy.barberan@cu.ucsg.edu.ec
<b>Recibido</b>	nancy.barberan.ucsg@analysis.arkund.com
<b>Mensaje</b>	[tes14] <a href="#">Mostrar el mensaje completo</a> 0% de estas 25 páginas, se componen de texto presente en 0 fuentes.

Reiniciar Exportar Compartir

83% # 1 Activo  Archivo de registro Urkund: Universidad Católica d... 83% 0 Advertencias

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA TEMA: "Diseño de un modelo a escala para un sistema fotovoltaico que energizan aireadores para el proceso de crianza de camarón de isla" AUTOR: APONTE CUEVA, LUIS ALBERTO Trabajo de titulación previo a la obtención del título de INGENIERO EN ELÉCTRICO	? FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA TEMA: "Diseño y de un modelo a escala de un sistema energético empleando paneles solares, que energicen aireadores en el proceso de crianza de camarón" AUTOR: APONTE CUEVA, LUIS ALBERTO Trabajo de titulación previo a la obtención del título de INGENIERO EN ELÉCTRICO
--	--

??  
Tomás Bastidas C.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi tutor de tesis, Ing. Bastidas Cabrera, Tomas Gaspar. M.Sc. quien con su conocimiento y experiencia ha logrado que culmine este proyecto con éxito. A la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo por haberme brindado los conocimientos necesarios para poner en marcha mí proyecto de tesis. A todos quienes constituyen la Carrera de Ingeniería en Eléctrico Mecánica y a mis padres quienes me brindaron su apoyo para cumplir mi meta profesional.

## **DEDICATORIA**

Dedico mi proyecto a mis padres, por los recursos que con amor me entregaron durante mi carrera universitaria, por la oportunidad de gozar de una buena educación. Por haber fomentado en mí el deseo de superación en la vida y haberme ayudado en las dificultades que se presentaban.

Con mucho amor, este proyecto es para ustedes.



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

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

**M. Sc. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESUS**  
**DECANO**

**M. Sc. PALACIOS MELÉNDEZ, EDWIN FERNANDO**  
**COORDINADOR DEL ÁREA**

**MGS. HIDALGO AGUILAR, JAIME RAFAEL**  
**OPONENTE**

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO .....	V
DEDICATORIA .....	VII
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT .....	XVI
Capítulo 1 : GENERALIDADES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	2
1.1 Introducción .....	2
1.2 Justificación.....	2
1.3 Antecedentes .....	2
1.4 Planteamiento del problema.....	3
1.5 Objetivos .....	3
1.5.1 Objetivo General .....	3
1.5.2 Objetivos Específicos.....	3
1.6 Hipótesis.....	3
1.7 Metodología .....	3
Capítulo 2 : ENERGÍAS RENOVABLES.....	5
2.1 Energías renovables .....	5
2.2 Tipos de energías renovables .....	6
2.2.1 Energía eólica.....	7
2.2.2 Energía hidráulica .....	7
2.2.4 Energía solar .....	9
2.2.5 Biomasa.....	10
2.2.6 Energía mareomotriz.....	11
Capítulo 3 : ENERGÍA FOTOVOLTAICA Y AUTOMATIZACIÓN.....	12
3.1 Energía fotovoltaica aplicada en nivel residencial.....	12
3.1.1 Paneles solares .....	13
3.1.2 Inversores .....	16
3.2 Energía fotovoltaica aplicada en nivel industrial .....	18
3.2.1 Energía solar térmica .....	18
3.2.2 Ventajas de la aplicación de la energía solar térmica en la industria.....	19
3.3 Conceptos importantes en sistemas fotovoltaicos.....	22
3.3.1 Radiación .....	22
3.3.2 Irradiación .....	23

3.3.3 Irradiancia .....	23
3.3.4 Hora solar pico .....	24
3.4 Uso de la radiación solar como fuente de energía renovable.....	25
3.4.1 Principales beneficios .....	26
3.5 Automatización en procesos de crianza de camarón.....	26
3.5.1 Aireadores en las operaciones acuícolas .....	27
3.5.2 Aireación de estanques acuícolas.....	27
3.6 Tipos de aireadores .....	28
3.6.1 Aireadores de Bomba Vertical.....	29
3.6.2 Aireadores de Bomba de Hélice-Aspiración.....	30
3.7 Aireadores según la interface .....	30
3.7.1 Incorporación líquida – gas (agua al aire).....	30
3.7.2 Incorporación gas – líquido (aire al agua) .....	31
3.8 Principales países que usan aireadores.....	32
3.9 Baterías en sistemas fotovoltaicos .....	33
3.9.2 Baterías GEL.....	34
3.9.5 Baterías estacionarias .....	34
3.9.6 Baterías litio .....	35
3.10 Sistema relacionado a un Lazo Cerrado.....	35
<b>Capítulo 4 : DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MODELO A ESCALA DEL SISTEMA ENERGÉTICO DE AIREADORES Y COMPARATIVA CON AIRADOR TAMAÑO REAL.....</b>	<b>36</b>
4.1 Levantamiento de información .....	36
4.1.1 Ubicación .....	36
4.1.2 Delimitación del área de estudio .....	36
4.2 Diseño a escala.....	37
4.2.1 Panel Solar Policristalino .....	38
4.2.2 Regulador de Voltaje .....	39
4.2.3 Placa Inversora .....	40
4.2.4 Motores .....	41
4.3 Irradiación anual del Ecuador .....	42
4.3.1 Radiación solar en Huaquillas.....	43
4.3.2 Radiación solar en la camaronera Carmelo.....	44

4.3.3 Estudio de cargas para sistema de aireadores tamaño real en la camaronera Carmelo utilizando el sistema fotovoltaico.....	45
4.3.4 Cálculos De Los Paneles Fotovoltaicos .....	46
4.3.5 Cálculo Del Inversor Para El Sistema Fotovoltaico.....	47
4.3.6 Cálculo De La Batería Acumuladora Del Sistema Fotovoltaico .....	48
4.4.4 Comparativa con motor a Diesel.....	51
Capítulo 5 : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	53
5.1 Conclusiones .....	53
5.2 Recomendaciones.....	53
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	55
ANEXOS .....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Producción de energía e importaciones en Ecuador (GW/h) espacio .....	6
Figura 2.2: Aerogeneradores en una central eólica.....	7
Figura 2.3: Central hidroeléctrica Coca Codo Sinclair .....	8
Figura 2.4: Pozo geotérmico exploratorio en Chachimbiro, Imbabura espacio.....	9
Figura 2.5: Energía Solar en la Isla Santay .....	10
Figura 2.6: Ciclo de la Biomasa.....	10
Figura 2.7: Partes de la energía mareomotriz.....	11
Figura 3.1: Sistema de paneles solares, partes espacio .....	12
Figura 3.2: Partes de un panel solar .....	13
Figura 3.3: Tipos de células solares .....	15
Figura 3.4: Caja de conexión .....	15
Figura 3.5: Inversor.....	16
Figura 3.6: Esquema de funcionamiento de la energía solar residencial .....	17
Figura 3.7: Paneles solares térmicos .....	19
Figura 3.8: La energía fotovoltaica forma parte de las energías limpias .....	20
Figura 3.9: Impacto ambiental de las industrias .....	21
Figura 3.10: Radiación del sol hacia el planeta Tierra.....	22
Figura 3.11: Irradiancia en las horas del día .....	23
Figura 3.12: Insolación directa de Ecuador en el mes de enero.....	24
Figura 3.13: Funcionamiento de la celda fotovoltaica.....	25
Figura 3.14: Tipos de radiación .....	26
Figura 3.15: Aireadores en operaciones acuícolas.....	27
Figura 3.16: Estanques al aire libre y mecánicamente aireados.....	28
Figura 3.17: Aireador de bomba vertical .....	29
Figura 3.18: Aireador de bomba de hélice .....	30
Figura 3.19: Aireador tipo turbina .....	31
Figura 3.20: Principales países exportadores de camarón .....	33
Figura 3.21: Baterías en sistemas fotovoltaicos.....	34
Figura 3.23: Sistema de control en Lazo Cerrado.....	35
Figura 4.1: Ubicación.....	36
Figura 4.2: Delimitación del área de estudio .....	37
Figura 4.4: Estructura del aireador fotovoltaico .....	38

Figura 4.5: Panel solar del aireador.....	39
Figura 4.6: Regulador de Voltaje del aireador .....	39
Figura 4.7: Prueba de voltaje máximo del panel solar .....	40
Figura 4.8: Placa inversora del aireador.....	40
Figura 4.9: Motores del aireador .....	41
Figura 4.10: Conexión de los motores .....	42
Figura 4.3: Insolación directa en el mes de febrero .....	44

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1: Tabla de irradiación anual de Ecuador.....	42
Tabla 4.2: Tipos de radiación normal directa en la camaronera "Caramelo" .....	45
Tabla 4.3: Tipos de radiación de inclinación de latitud en la camaronera "Caramelo" .....	45
Tabla 4.4: Calculo de demanda de energía de la Camaronera "Caramelo" .....	46

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como finalidad innovar e impulsar a la introducción de energías renovables y eficiencia energética a través del diseño y construcción de un modelo a escala de un sistema energético empleando sistemas fotovoltaicos para aireadores, debido a que es un tipo de energía de la que se puede sacar provecho en los procesos de crianza de camarón por su exposición al intemperie y al sol principalmente, que tiene un menor impacto ambiental en comparación a la energía eléctrica que se obtiene en las camaroneras a base de generadores que usan combustible como materia prima. De esta manera se aportaría al concepto de la eficiencia energética y energías renovables, además de generar un beneficio a largo plazo como lo es el ahorro en concepto de tiempo y dinero. Debido al alto impacto ambiental y a los riesgos ecológicos debemos aprovechar este recurso natural que es el sol.

**Palabras Claves:** Eficiencia energética, crianza de camarón, paneles solares, sistemas fotovoltaicos, impacto ambiental.

## **ABSTRACT**

The purpose of this degree work is to innovate and promote the introduction of renewable energies and energy efficiency through the design and construction of a scale model of an energy system using photovoltaic systems for aerators, because it is a type of energy of which can be taken advantage of in the shrimp farming processes due to its exposure to the elements and the sun mainly, which has a lower environmental impact compared to the electrical energy obtained in the shrimp farms based on generators that use fuel as material cousin. In this way, it would contribute to the concept of energy efficiency and renewable energies, in addition to generating a long-term benefit such as savings in time and money. Due to high environmental impact and ecological risks, we must take advantage of this natural resource that is the sun.

Keywords: Energy efficiency, shrimp farming, solar panels, photovoltaic systems, environmental impact.

# **CAPÍTULO 1 : GENERALIDADES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **1.1 Introducción**

La alta demanda de camarón en el mercado nacional e internacional y la búsqueda de obtener mayor rentabilidad al bajar los costos de producción de este sector camaronero hace que los laboratorios busquen áreas donde se pueda economizar o generar un ahorro, sin afectar el producto final y seguir cumpliendo con la producción para la siembra de piscinas de camarón, pero amenorando el uso de recursos humanos, económicos y naturales.

Por tal motivo se muestra la relevancia de esta investigación y de la influencia de los medios tecnológicos, las energías renovables, el diseño eléctrico y la búsqueda de la automatización, de los aireadores en los procesos rutinarios de control de parámetros óptimos en la crianza de larvas de camarón, buscando como finalidad dar solución mediante este proyecto, el cual ayudará a la optimización de recursos de distinto tipos y obtener un mejor resultado que con los aireadores que se usan comúnmente.

## **1.2 Justificación**

En la búsqueda de la optimización y aplicación de nuevas tecnologías que generen ahorros en concepto de tiempo y dinero en los distintos procesos en el marco de la crianza de camarón se indica que es justificable realizar el diseño y construcción de un sistema energético fotovoltaico que energiza aireadores. Además de su aporte a un entorno amigable con el medio ambiente, la demostración mediante un análisis costo beneficio va a promover a que más personal del área de la industria camaronera se anime a realizar el cambio de su sistema tradicional a base de combustibles fósiles a por el uso de recursos naturales inagotables como la energía del sol.

## **1.3 Antecedentes**

Desde hace varios años se ha venido desarrollando y puesto en marcha distintos tipos de proyectos de automatización de procesos industriales haciendo uso de las diferentes fuentes de energía renovable.

El gasto de recursos económicos, el impacto ambiental y el factor tiempo han sido parte de las razones por las que es adecuado que se produzca el cambio hacia las energías renovables en los aireadores dejando de lado el uso de combustibles fósiles para su funcionamiento, de esta manera generando un ahorro a largo plazo producido por el uso de paneles fotovoltaicos tal como se lo propone en este estudio.

#### **1.4 Planteamiento del problema**

Los altos costos y poca eficiencia del actual sistema de aireación, además del impacto ambiental que genera hace necesario la búsqueda de una alternativa que utilice energías renovables y sea eficiente con el uso de recursos en aquellos sitios remotos e inclusive fuera de continente de varias islas en el sector chupadores.

#### **1.5 Objetivos**

##### **1.5.1 Objetivo General**

Diseñar y construir un modelo a escala de un sistema de aireadores que emplee energía renovable mediante el uso de paneles solares para el proceso de crianza de camarón.

##### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Realizar un estudio de la incidencia solar en la ciudad de Huaquillas para sacar el máximo provecho en la construcción del modelo a escala.
- Analizar la evolución de los sistemas fotovoltaicos y sus distintos beneficios aplicados en el proceso de crianza de camarón.
- Exponer acerca de la eficiencia y eficacia de la energía fotovoltaica en el proceso de crianza de camarón.

#### **1.6 Hipótesis**

Mediante el diseño de un modelo a escala de un sistema energético fotovoltaico que energiza aireadores se va a demostrar cómo se puede sacar provecho de un recurso natural como el sol para energizar procesos en la crianza de camarón.

#### **1.7 Metodología**

La metodología que se utiliza es una investigación de tipo mixta, cuantitativa ya que se analizarán datos de manera numérica, modelos matemáticos y estadística y

una investigación cualitativa que tiene como objetivo la descripción de las cualidades de la investigación y observación para el diseño y construcción del modelo a escala de un sistema de aireadores con un proceso de automatización a través de energías renovables en la crianza de camarón, en la búsqueda de optimizar estos procesos sin generar un impacto ambiental.

## MARCO TEÓRICO

### CAPÍTULO 2 : ENERGÍAS RENOVABLES

#### 2.1 Energías renovables

Las energías renovables son aquellas provenientes de fuentes inagotables. Se distinguen de los combustibles fósiles por su abundancia, diversidad y potencial de aprovechamiento en cualquier ubicación del mundo, pero sin lugar a dudas el punto más alto y destacado es el impacto ambiental, ya que no producen gases de efecto invernadero, ni emisiones contaminantes.

A este tipo de energía se les llama ilimitadas porque siempre van a estar ahí, como es el caso del viento, o ya sea porque se pueden renovar en poco tiempo, como, por ejemplo, la biomasa. Si nos fijamos, existen grandes desigualdades entre esas dos energías renovables del ejemplo. La biomasa, que consiste en quemar materia orgánica (comúnmente vegetal) con el objetivo de producir calor, se considera inagotable porque esos cultivos se pueden reponer en un plazo corto. Es decir, en realidad la materia que se utiliza se termina, pero existe la capacidad para plantar de nuevo y obtener más en un espacio de tiempo mínimo. El viento, o el sol, sin embargo, sopla y sale cada día, por lo que son también energías renovables, pero porque no se agotan. (Grupo Villar Mir, 2018)

El crecimiento de las energías renovables es imparable, como se muestra en las estadísticas aportadas anualmente por la Agencia Internacional de la Energía (AIE): Según las previsiones de la AIE, la participación de las energías renovables en el suministro eléctrico global pasará del 26% en 2018 al 44% en 2040, y proporcionarán 2/3 del aumento de demanda eléctrica registrado en ese período, principalmente a través de las energías fotovoltaica y eólica. De acuerdo a la AIE, la demanda mundial de electricidad va a tener un aumento de un 70% hasta 2040,- incrementando su participación en el uso de energía final del 18% al 24% en el mismo periodo- principalmente por regiones emergentes (India, China, África, Oriente Medio y el sureste asiático). (Acciona, 2020)

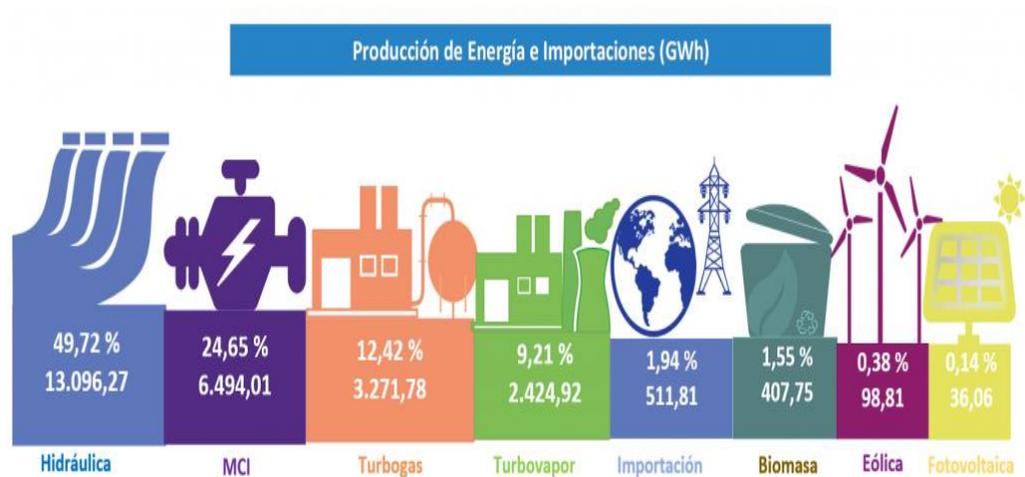


Figura 2.1: Producción de energía e importaciones en Ecuador (GW/h) espacio

Fuente: (Agencia de Regulación y Control de Electricidad [ARCONEL], 2015)

En Ecuador también se ha evolucionado en la última década en el marco de las energías renovables con la puesta en marcha de obras emblemáticas como plantas hidroeléctricas y parques eólicos, que han contribuido -hasta el momento- a reemplazar el consumo de combustible fósiles por un 51,78% en la producción de energía renovable, lo cual representa 13.638,89 gigavatios hora (GWh) distribuidos en beneficio de la sociedad ecuatoriana según se presenta en los datos de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL, 2015).

## 2.2 Tipos de energías renovables

Dentro del concepto de las energías renovables existen distintos tipos en lo que podrían dividirse de la siguiente forma:

### 2.2.1 Energía eólica



Figura 2.2: Aerogeneradores en una central eólica

Fuente: (Grupo Sinelec, 2018)

Es un tipo de energía en la cual su fuente de poder es el viento. La que aprovecha a través de aerogeneradores o molinos de viento, las corrientes de aire y las transforma en electricidad. En Ecuador este tipo de energía es popular por el parque eólico Villonaco, ubicado en la ciudad de Loja (Grupo Sinelec, 2018).

### 2.2.2 Energía hidráulica

Es un tipo de energía limpia en la que se aprovecha la caída del agua. Las instalaciones se ubican en represas y usan el agua que se mantiene en pantanos o embalses como fuente de poder. Al caer, el agua circula por turbinas hidráulicas que, mediante la transmisión de energía a un alternador, la convierte en energía eléctrica. Este tipo de energía es muy popular en Ecuador que cuenta con ocho plantas hidroeléctricas, como la hidroeléctrica Coca Codo Sinclair, el proyecto eléctrico Manduriacu, Mazar Dudas, Minas San Francisco, Quijos, Sopladora, Delsitaniagua, Toachi Pilaton (Grupo Sinelec, 2018).



Figura 2.3: Central hidroeléctrica Coca Codo Sinclair

Fuente: (Pacheco, 2019)

### **2.2.3 Energía geotérmica**

Es posible que sea la energía renovable menos conocida puesto que se encuentra debajo de la superficie del planeta. Al estar debajo de esa superficie y provenir del interior de la Tierra, esta energía se halla en forma de calor intenso asociado a fumarolas, géiseres, volcanes o aguas termales.

En Ecuador en Chachimbiro, Imbabura, será construida la primera central de generación eléctrica con energía geotérmica, Desde marzo del 2018 se han realizado pruebas en el primer pozo exploratorio, con resultados satisfactorios, ya que se han encontrado temperaturas de 235°C que son ideales para la instalar una planta geotérmica (Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables, 2019).

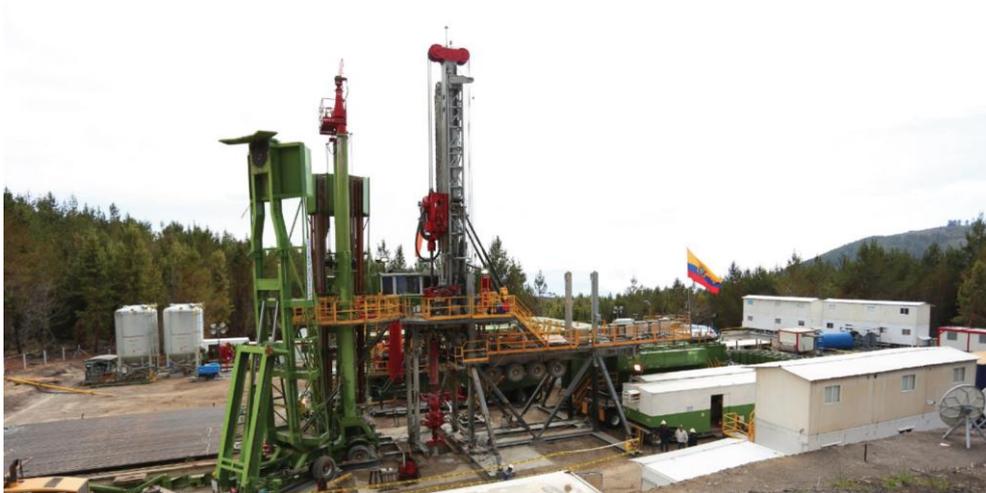


Figura 2.4: Pozo geotérmico exploratorio en Chachimbiro, Imbabura espacio

Fuente: (Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables, 2019)

El proyecto geotérmico Chachimbiro es parte de los nuevos proyectos que se encuentran priorizados por el Gobierno Nacional dentro de la política de expansión del sector eléctrico a largo plazo, y que busca cubrir la demanda de energía de los ecuatorianos en el futuro. Actualmente, la capacidad instalada es suficiente para cubrir las necesidades del país; sin embargo, la demanda crece a un 4,9% al año, lo cual determina la necesidad de planificar adecuadamente con el fin de evitar desabastecimientos en el futuro (Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables, 2019).

#### **2.2.4 Energía solar**

Es una de las populares y potente. Su fuente de energía es el sol y provee energía mediante sus radiaciones electromagnéticas (rayos ultravioletas, calor y la luz). La energía proveniente del sol se transforma en energía solar térmica (que se utiliza para obtener la calefacción y el agua caliente de uso sanitario) o solar fotovoltaica, entre otras. En la figura se puede observar el proyecto de energía solar de la Isla Santay, con paneles en los techos de las viviendas (Grupo Sinelec, 2018).



Figura 2.5: Energía Solar en la Isla Santay

Fuente: (Pesantes, 2014)

### 2.2.5 Biomasa

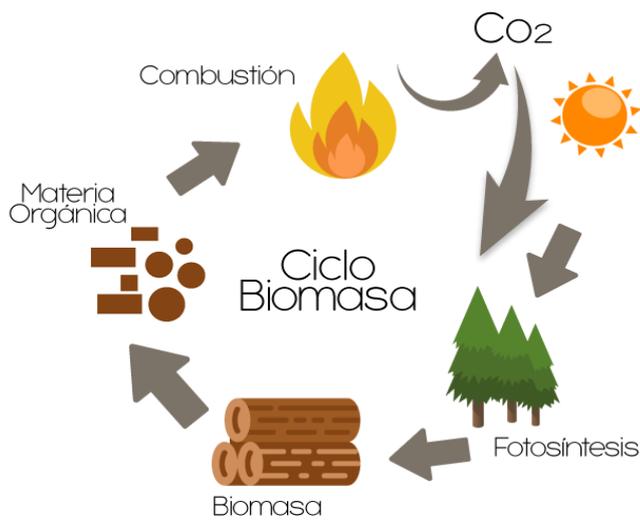


Figura 2.6: Ciclo de la Biomasa

Fuente: (Organización de Estados Americanos [OEA], 2013)

La biomasa es un tipo de energía renovable que se produce gracias al aprovechamiento de materias orgánicas vegetales y animales o incluso de residuos agroindustriales. procedente del aprovechamiento de la materia orgánica e industrial formada en algún proceso biológico o mecánico, generalmente es sacada de los residuos de las sustancias que constituyen los seres vivos (plantas, animales, entre otros), o sus restos y residuos (OEA, 2013).

## 2.2.6 Energía mareomotriz

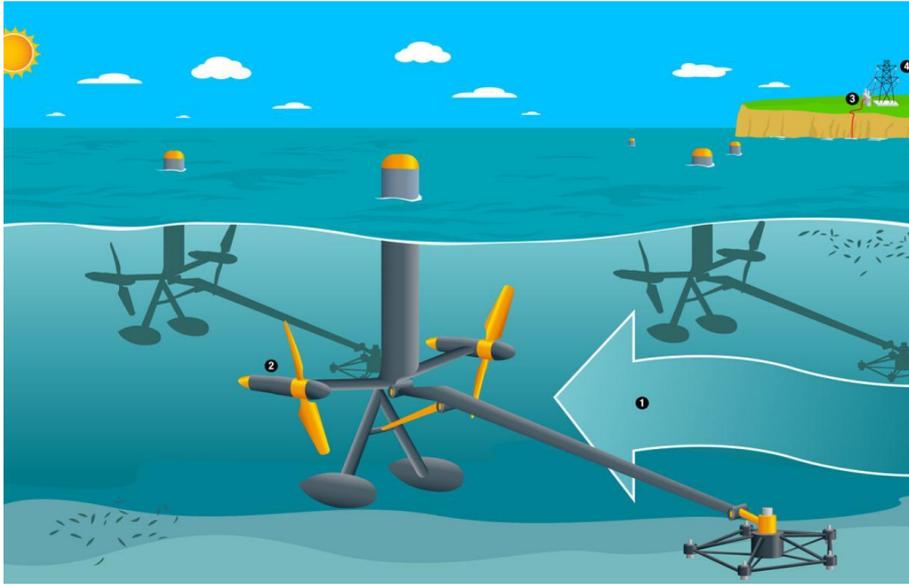


Figura 2.7: Partes de la energía mareomotriz

Fuente: (Roper, 2020)

Las corrientes marinas y las mareas pueden producir electricidad. La energía mareomotriz, energía marina o energía oceánica es aquella que se obtiene aprovechando el movimiento de las mareas. Esta energía es aprovechada por unas turbinas que acaban moviendo el conjunto mecánico de un alternador para producir energía eléctrica (Roper, 2020).

## CAPÍTULO 3 : ENERGÍA FOTOVOLTAICA Y AUTOMATIZACIÓN

En este capítulo se va a tratar conceptos acerca de la energía fotovoltaica, su aplicación a nivel residencial e industrial, los principales componentes de un sistema fotovoltaico. Además, se abordará el tema de los aireadores junto a los conceptos importantes en el área fotovoltaica y las ventajas del uso de este sistema.

### 3.1 Energía fotovoltaica aplicada en nivel residencial

El sol es la fuente originaria de toda la energía, y todos nos podemos beneficiar de sus recursos. Explicar su funcionamiento no es complicado, en resumen, lo que ocurre es que un sistema de paneles solares utiliza fotones para separar electrones de átomos. Los fotones son partículas de luz. El proceso de separar electrones de sus átomos crea electricidad solar (Vivint Solar Developer, 2020).

La energía fotovoltaica a nivel residencial es la aplicación de la tecnología fotovoltaica para la generación de energía solar para domicilios. Es decir, los paneles solares que captan la luz solar son instalados en los techos de los predios y estos generan un ahorro en la planilla de energía eléctrica.

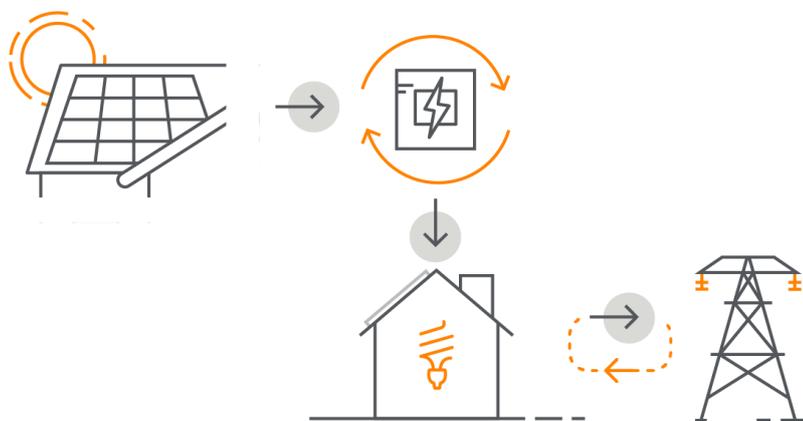


Figura 3.1: Sistema de paneles solares, partes espacio

Fuente: (Vivint Solar Developer, 2020)

Estos paneles solares cumplen su funcionamiento gracias a sus dos principales componentes: los módulos fotovoltaicos (mayormente conocidos como paneles solares o placas) y el inversor. Un sistema fotovoltaico puede clasificarse en dos tipos, teniendo en cuenta su funcionamiento e instalación: sistemas fotovoltaicos

conectados a la red (On-Grid) y sistemas fotovoltaicos no conectados a la red (Off-Grid) (EcoInventos, 2020).

### 3.1.1 Paneles solares

Cada panel solar cuenta con celdas fotovoltaicas (PV, por sus siglas en inglés). Estas celdas PV toman luz, o fotones, y la convierten a electricidad solar. Cuando la luz del sol le pega al panel solar, las celdas PV producen electricidad de corriente directa (DC, por sus siglas en inglés). Pero la electricidad DC no puede energizar una casa ya que para esto se usa la corriente alterna (AC, por sus siglas en inglés). Para esto interviene otra parte fundamental que son los inversores. Los paneles que se encuentran a la venta en el mercado están compuestos de 60 o 72 células cada uno (Vivint Solar Developer, 2020).

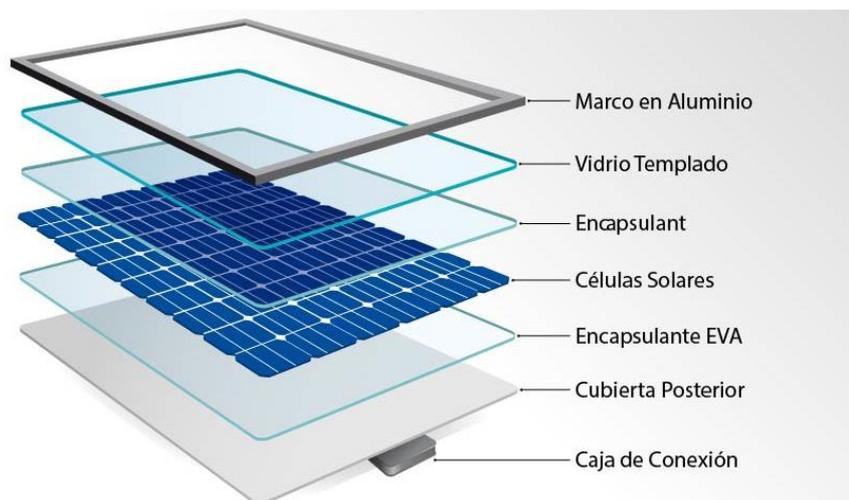


Figura 3.2: Partes de un panel solar

Fuente: (Ineldec, 2020)

#### Marco

El marco del panel solar está fabricado de aluminio anodizado, el cual se caracteriza por su resistencia a la corrosión y su función de proteger los componentes internos de las tensiones térmicas y mecánicas, además de proporcionar puntos de fijación para el montaje los módulos (Ineldec, 2020).

## **Vidrio Templado**

Esta capa del panel solar que por lo general tiene un espesor de 3 a 4mm cumple varias funciones:

- Proporciona protección mecánica a las células fotovoltaicas frente a impactos durante la instalación o transporte.
- Garantiza una baja reflectancia y una alta transmitancia del módulo, lo que se traduce en mejor aprovechamiento de la luz.
- Protege a las células solares contra factores externos como el agua, vapor o suciedad (Ineldec, 2020).

## **Encapsulante EVA**

Ethylene Vinyl Acetate (EVA) por sus siglas en inglés, es un material que se caracteriza por su buena transmisión de radiación y su baja degradabilidad a la luz solar. Una de las principales funciones de esta película es la de adherir las células solares al vidrio templado es decir a la capa superior y de igual manera a la superficie posterior del módulo. Al aplicar calor a este polímero termoplástico en conjunto con las células solares actúa como agente encapsulante, creando una película sellante y aislante alrededor de las células. De esta manera, evita la entrada de aire y la formación de humedad, deja pasar la energía del sol y es resistente a la degradación de la luz solar con el tiempo (Ineldec, 2020).

## **Células Solares**

Son la parte más relevante del módulo solar, su componente principal es el silicio. Su función es convertir la luz solar en energía eléctrica DC. Existen diferentes tipos de células solares, como son las monocristalinas, policristalinos y el tipo PERC. En la actualidad las más usadas son las células monocristalinas por su mayor eficiencia y mejor comportamiento frente a la temperatura (Ineldec, 2020).

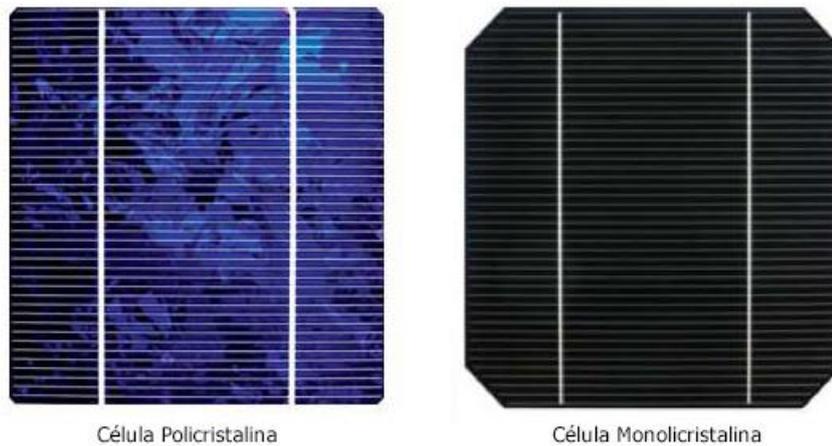


Figura 3.3: Tipos de células solares

Fuente: (Ineldec, 2020)

### **Cubierta posterior**

Es la última capa del módulo fotovoltaico. Su función principal es proteger el módulo de las radiaciones UV además de proveer aislamiento eléctrico del sistema y ofrecer durabilidad. Por esta razón, para proteger un módulo durante toda su vida útil, la capa posterior debe poseer tres propiedades: resistencia a la intemperie, resistencia mecánica y adherencia. La lámina posterior generalmente está hecha de un polímero o una aleación de polímeros. Pueden ser fluoropolímeros simples o dobles, que consisten principalmente en capas exteriores de películas de fluoruro de polivinilo (PVF) de tedlar, o de películas de fluoruro de polivinilideno (PVDF) de kynar y una capa central de tereftalato de polietileno (PET) (Ineldec, 2020).

### **Caja de conexión**



Figura 3.4: Caja de conexión

Fuente: (Ineldec, 2020)

Es una pequeña caja resistente a la intemperie ubicada en la parte posterior del panel. Esta caja es el punto donde todos los conjuntos de celdas se interconectan, por tanto, deben estar protegidas contra la humedad y suciedad (Ineldec, 2020).

### 3.1.2 Inversores

Varias configuraciones en los sistemas de paneles solares poseen solo un inversor (comúnmente llamado inversor “string” (corden)) para todo el sistema. Algunos poseen un microinversor conectado detrás de los paneles solares. Algo muy importante que se debe saber y tener en claro acerca de los inversores es que estos aparatos son los encargados de convertir la electricidad de corriente directa de los paneles solares a electricidad de corriente alterna (Vivint Solar Developer, 2020).

Estos inversores también responden por la asignación de la energía eléctrica que no es consumida en el instante dentro del domicilio, la cual puede ser dirigida a la red de distribución eléctrica en los sistemas conectados o también llamados On-Grid o al banco de baterías en los sistemas aislados o también llamados Off-Grid. El inversor fotovoltaico es tan importante dentro de un sistema fotovoltaico residencial, ya que este artefacto es el responsable de adaptar esta energía generada por el panel para que pueda ser utilizada por los distintos electrodomésticos del predio (EcoInventos, 2020).



Figura 3.5: Inversor

Fuente: (Solarama, 2019)

Si los paneles solares no producen la energía necesaria para satisfacer todas las necesidades eléctricas residenciales, no es motivo de preocupación, ya que se continúa conectado a la empresa pública tradicional a través de la red de distribución de energía eléctrica (Vivint Solar Developer, 2020).

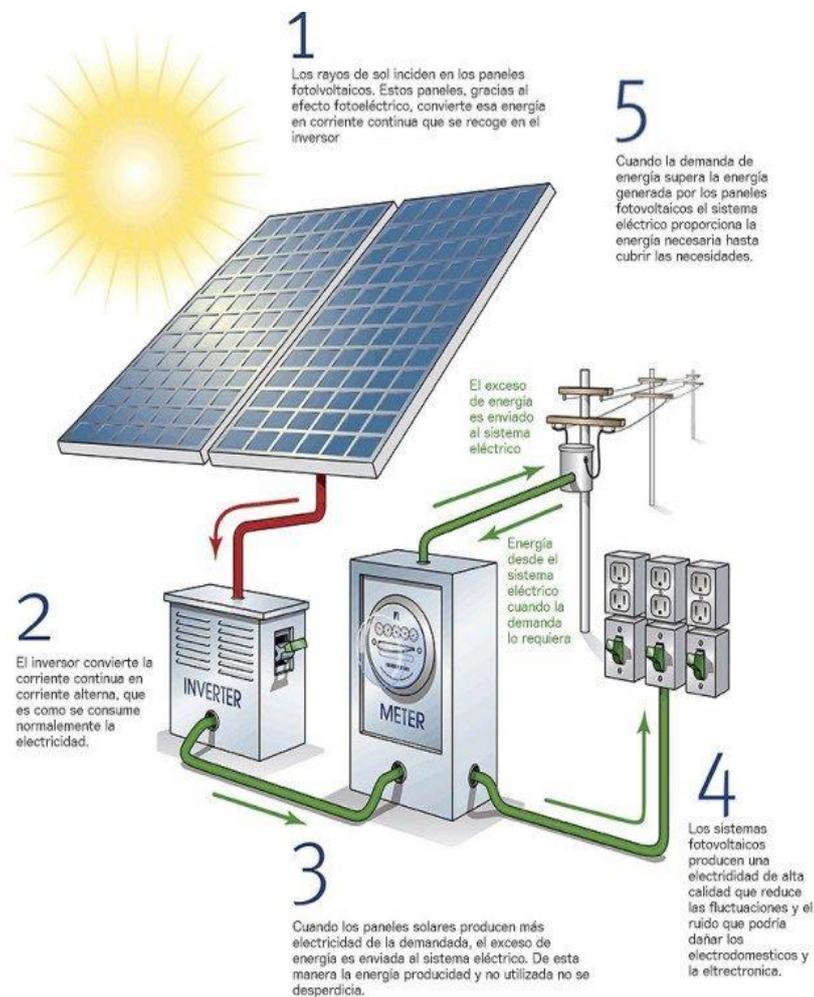


Figura 3.6: Esquema de funcionamiento de la energía solar residencial

Fuente: (EcoInventos, 2020)

Otros equipos que forman parte de los sistemas de energía solar fotovoltaica residencial son los siguientes:

- Caja de conexiones: conjunto de componentes para proteger los módulos contra las sobretensiones de la red y otros daños eléctricos.

- Estructuras de soporte y anclaje: Son los rieles y otros componentes necesarios para fijar los módulos en el tejado o, si van a permanecer en el suelo, las estructuras de soporte a la altura adecuada.
- Cableado: el conjunto de cables y conectores para hacer la conexión eléctrica entre los equipos del kit de energía solar fotovoltaica.
- Banco de baterías: como los sistemas sólo generan energía durante el día, estas baterías se cargan durante las horas de sol, y por la noche, cuando el sistema no genera electricidad, la suministran para el consumo.
- Controlador de Carga: equipo que gestiona la carga de las baterías, alimentándolas de la mejor manera y evitando pérdidas y sobrecargas (EcoInventos, 2020).

### **3.2 Energía fotovoltaica aplicada en nivel industrial**

La energía solar es un recurso sostenible, renovable, económico, eficiente, limpio y silencioso, aunque curiosamente, es muy poco utilizado por la industria. La energía solar térmica se encuentra muy extendida en el ámbito residencial para la obtención de agua caliente sanitaria y como apoyo a la calefacción, pero ese potencial de aprovechamiento capaz de proveer a las empresas del calor que necesitan en sus procesos industriales es todavía muy pequeño, a pesar de que las ventajas de su utilización son muchas y variadas (Greenheiss, 2017).

#### **3.2.1 Energía solar térmica**

Este tipo de energía posee diversos sistemas y soluciones para almacenar el calor y convertirlo en energía. Gran mayoría de los procesos industriales requieren calor para su correcto funcionamiento. Existen distintos rangos de necesidad de calor dependiendo del tipo de actividad que desarrolla la industria, desde los 30-40°C hasta más de 400°C, y la energía solar es capaz de aportar soluciones para temperaturas de hasta 200°C. Actualmente una mayoría de las industrias obtiene el calor a través de la quema de combustibles fósiles o por medio de la electricidad (Greenheiss, 2017).



Figura 3.7: Paneles solares térmicos

Fuente: (Greenheiss, 2017)

En las industrias alimentarias, papelera, textil y química es vital el uso del calor para procesos tan dispares como el secado, cocción, limpieza, extracción. Estas industrias, durante más del 50% del proceso total necesitan temperaturas de hasta 200°C (Greenheiss, 2017). A continuación, se detallan esta gama de temperaturas:

- **Gama de temperaturas Baja y Media (hasta 150°C).** El potencial en esta gama es alto porque cerca del 30% del calor necesario para procesos industriales necesita temperaturas menores a 100°C, lo cual entra en el rango en el que se encuentra la solar térmica doméstica y la tecnología aplicable sería la misma. Por encima de los 100°C, la tecnología se hace más compleja, aunque con la instalación de colectores solares de alto rendimiento se puede producir calor a temperaturas que llegan a 150°C (Greenheiss, 2017).
- **Gama de temperaturas Media-Alta (150°C-250°C).** Para muchos procesos industriales como la generación de vapor, secado, lavado, esterilización, pasteurización, tintado, etc. se necesita calor a altas temperaturas. Mayor de 200°C es posible optar por sistemas de concentración de los rayos solares capaces de proporcionar temperaturas elevadas que siguen siendo rentables, pero muchísimo más complejos (Greenheiss, 2017).

### 3.2.2 Ventajas de la aplicación de la energía solar térmica en la industria

El uso de la energía solar térmica en los procesos industriales aporta algunas ventajas, entre las más destacadas:

## **Mejoras económicas**

El beneficio económico que se obtiene se deriva del uso que se hace de la luz del sol para obtener el calor necesario, evitándose, en un gran porcentaje, la compra de combustibles, lo que significa claramente un ahorro.

La luz del sol es una fuente de energía que nos llega de forma totalmente gratuita, aunque también es cierto que el equipo capaz de captarla y almacenarla no lo es. Sin embargo, con el ahorro logrado por la no compra de combustible, en un periodo de tiempo de corto a medio, se recupera el precio de la inversión del equipo solar, quedando aún un número importante de años en los que la instalación es aprovechable y el ahorro económico total.

## **Mejoras en la competitividad**

La disposición de una fuente de energía gratuita que permite la reducción de los costos de producción, resulta en una disminución del precio final del producto sin perder su calidad. Lo que supone una buena ventaja frente a industrias de la competencia que no empleen esta fuente energética (Sitio Solar, 2013).



Figura 3.8: La energía fotovoltaica forma parte de las energías limpias

Fuente: (Fedegan, 2019)

## **Mejoras ambientales**

La quema de combustibles fósiles provoca la emisión a la atmósfera de contaminantes tales como el CO<sub>2</sub>, el dióxido de azufre y otros. El uso de la energía solar térmica está exenta de estos problemas, por lo que las fábricas que la empleen reducirán de manera significativa la emisión de estos contaminantes a la atmósfera.

Lo mismo se aplica si la fuente de energía que se usa es la electricidad. En este caso se evitaría la combustión de carbón, de derivados del petróleo o la reacción termonuclear que se llevaría a cabo en las centrales de producción eléctrica. Aun considerando que ya existe en algunos países un aporte significativo de fuentes renovables en las redes eléctricas, por suerte, los productores de estas suelen primar por ley sobre aquellos en que usan energías contaminantes, por lo que, en caso de existir una menor demanda a causa del empleo industrial de energía solar, las centrales que dejarán de producir electricidad son las de recursos contaminantes.



Figura 3.9: Impacto ambiental de las industrias

Fuente: (Issa, 2019)

## **Mejora de las condiciones de trabajo**

Muchos de los contaminantes expulsados a la atmósfera en la quema de combustibles fósiles son perjudiciales para la salud. Quemar este tipo de combustibles en los calentadores de las fábricas llena el entorno inmediato a ellas de sustancias perjudiciales que puede potencialmente afectar la salud de los que trabajan

en ella. La energía solar al no emitir ningún contaminante a la atmósfera reduce de forma clara este problema.

### 3.3 Conceptos importantes en sistemas fotovoltaicos

En el ámbito de los sistemas fotovoltaicos ya sea a nivel residencial como industrial existen diversos términos muy importantes que son mencionados en repetidas ocasiones en esta área y a continuación se expresara su definición y manera de medición:

#### 3.3.1 Radiación

Es la propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas subatómicas, a través de un medio material o el vacío. El sol es una fuente de radiación, y su partícula más básica es el fotón (Trujillo, 2020).

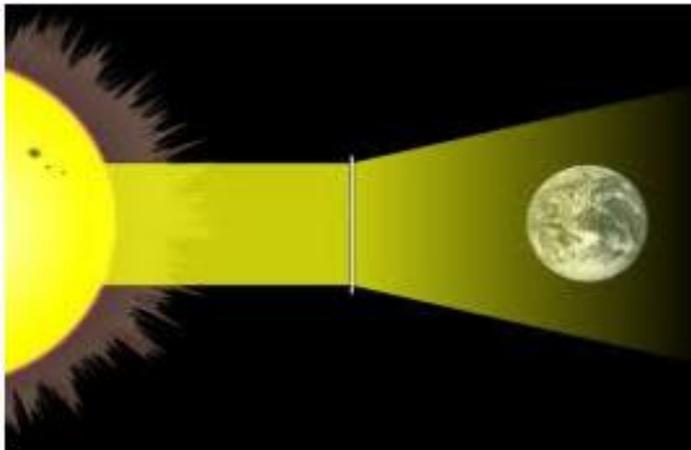


Figura 3.10: Radiación del sol hacia el planeta Tierra

Fuente: (Trujillo, 2020)

#### ¿Cómo afecta esto a un panel solar?

La posición del sol varía durante el día y durante las estaciones, por tal razón, también varía el ángulo con el cual los rayos solares entran en contacto con una superficie como los paneles solares. La energía recibida depende de la orientación y de la inclinación de los módulos fotovoltaicos. Una superficie horizontal va a recibir una mayor cantidad de energía en verano, cuando la posición del sol es alta y los días son más largos, mientras que una superficie vertical expuesta al sur va a recibir más aportes en invierno que en verano, aproximadamente 1,5 veces más con respecto a

una horizontal. Se debe buscar siempre una inclinación similar a la de la latitud del lugar (30-35° por ejemplo) y lo más orientada al Sur (Alonso, 2019).

### 3.3.2 Irradiación

La irradiación solar es la magnitud que mide la energía por unidad de área de radiación solar incidente en una superficie colocada en un lugar y rango de tiempo bien especificados. La magnitud es frecuentemente designada por los medios de comunicación social como radiación solar. La irradiación solar en la superficie terrestre es, desde el punto de vista técnico, la adición en un intervalo de tiempo determinado de la radiancia solar filtrada por la interposición de la atmósfera. Su valor depende críticamente de la latitud, la época del año, las horas del día y el clima imperante en el lugar. Es la energía incidente en una superficie. Se mide en Vatios x Hora x Metro Cuadrado ( $Wh/m^2$ ) (Trujillo, 2020).

### 3.3.3 Irradiancia

Es la potencia incidente en una superficie. Se mide en Vatios x Metro Cuadrado ( $W/m^2$ ) (Trujillo, 2020).

La irradiación no es constante, debido a que la tierra se encuentra en continuo movimiento alrededor del sol a lo largo del día, y es afectada por el clima, la latitud y la longitud del punto en estudio (Trujillo, 2020).

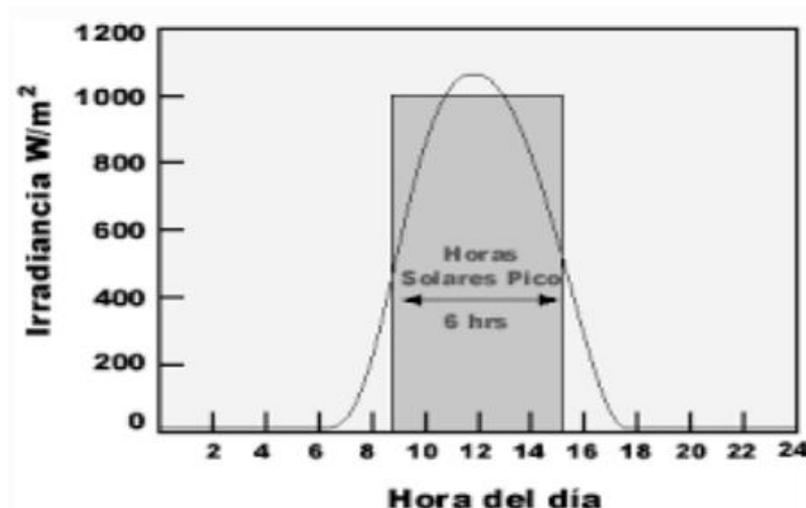


Figura 3.11: Irradiancia en las horas del día

Fuente: (Trujillo, 2020)

### 3.3.4 Hora solar pico

Define la recepción “óptima” de irradiación de un panel, en base a una Irradiancia “óptima” constante de  $1000 \text{ W/m}^2$ , durante una hora. Es importante ya que, la irradiación varía de un punto a otro del planeta.  $\text{HSP} = \text{radiación incidente} / 1000 \text{ [h]}$  (Trujillo, 2020).

Irradiación solar media =  $4575 \text{ Wh/m}^2 / \text{día}$ .

$\text{HSP Ecuador} = 4575 / 1000 = 4,57 \text{ h}$ .

Energía que genera un panel al día:

$\text{HSP} \times \text{Wpico panel} = 4,57 \times 50 = 228,5 \text{ Wh}$ .

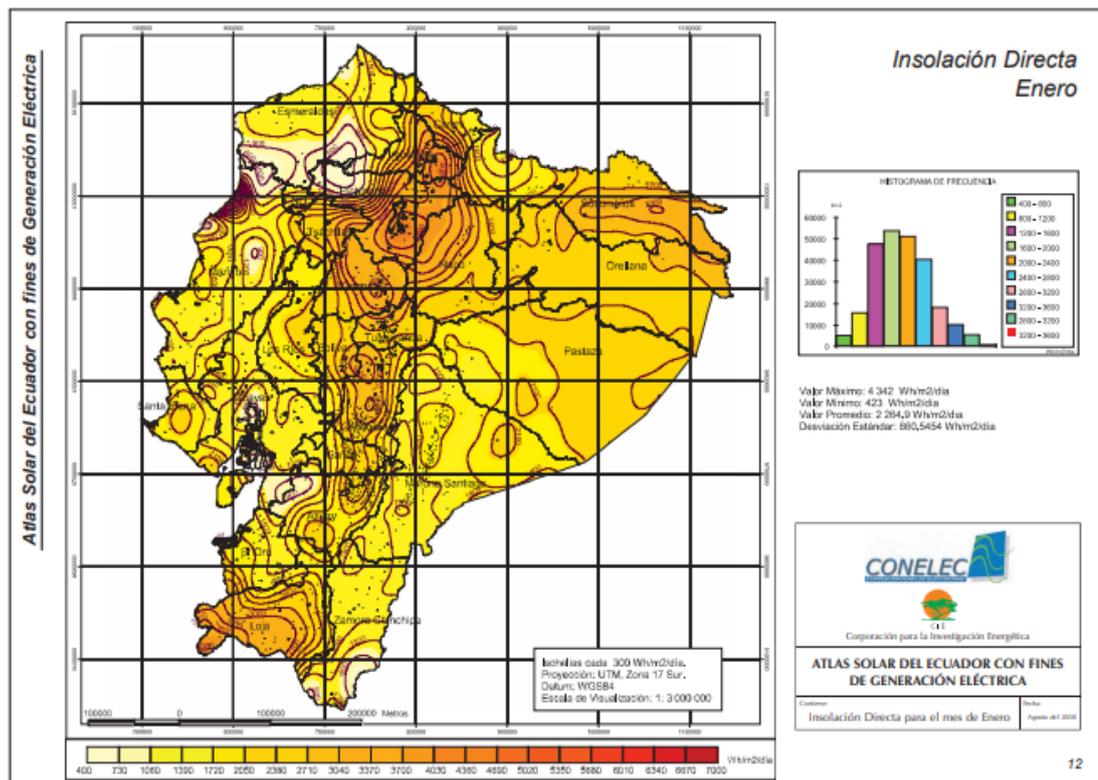


Figura 3.12: Insolación directa de Ecuador en el mes de enero

Fuente: (Trujillo, 2020)

### 3.3.5 Funcionamiento de la celda fotovoltaica

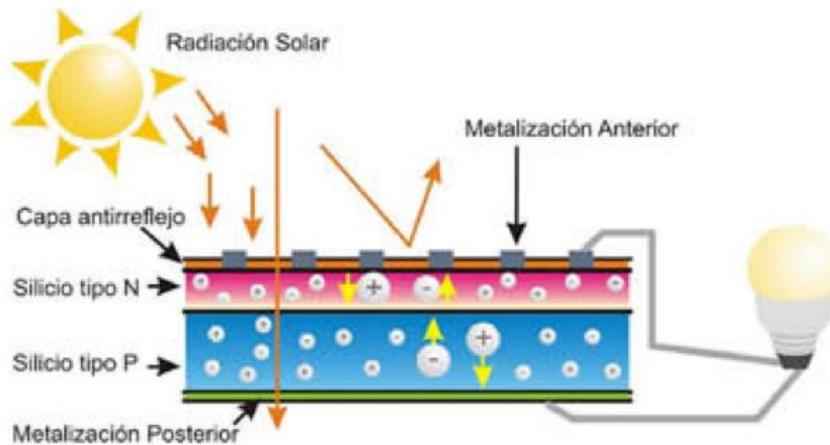


Figura 3.13: Funcionamiento de la celda fotovoltaica

Fuente: (Trujillo, 2020)

1. Algunos fotones provenientes de la radiación solar, impactan sobre la celda, y son absorbidos.
2. Los fotones golpean a los electrones alojados en el orbital más externo de los átomos de SILICIO TIPO N, y se liberan.
3. Por la diferencia de potencial existente entre el SILICIO TIPO N y el SILICIO TIPO P, los electrones liberados se desplazan formando una corriente eléctrica.

### 3.4 Uso de la radiación solar como fuente de energía renovable

El uso de la radiación solar como fuente de energía renovable y limpia es uno de los principales pilares del cambio de la matriz energética que vive la sociedad a nivel mundial en la actualidad. Soluciones como el autoconsumo y las huertas solares para generación de electricidad limpia, están cambiando el panorama eléctrico en todo el planeta (Alonso, 2019).



Figura 3.14: Tipos de radiación

Fuente: (Alonso, 2019)

### 3.4.1 Principales beneficios

Existen muchas ventajas como las abordadas en el subcapítulo 3.2.2 al referirse a la aplicación de los paneles y de la energía fotovoltaica a nivel industrial pero desde un punto de vista general (Alonso, 2019) indica como principales beneficios los siguientes:

- Cuidado del medio ambiente: Se trata de una energía inagotable, limpia y con un impacto ambiental no contaminante.
- Ahorro en las facturas de la electricidad: En la actualidad, el uso de paneles fotovoltaicos, para la generación de la electricidad es la fuente de energía más económica que existe frente a los fósiles, energía nuclear y la energía eólica.
- Disponibilidad: Cuando se usa paneles fotovoltaicos no es de relevancia el punto donde será la instalación del mismo ya que la energía solar se encuentra siempre con disponibilidad en cualquier punto de la Tierra. Sólo se deberá buscar el mejor ángulo para sacar mayor provecho del panel.

### 3.5 Automatización en procesos de crianza de camarón

El continuo crecimiento en el área de la acuicultura fue factible gracias a los avances científicos en las tecnologías de cultivo, prácticas de cultivo intensivo bajo condiciones ambientales controladas, la disponibilidad de semilla libre de patógenos específicos y la implementación de mejores prácticas de gestión (Aquahoy, 2020).



Figura 3.15: Aireadores en operaciones acuícolas

Fuente: (Aquahoy, 2020)

### **3.5.1 Aireadores en las operaciones acuícolas**

Los aireadores son equipos mecánicos encargados de incorporar el oxígeno atmosférico al agua de los estanques de cultivo. El oxígeno disuelto en el agua de fuentes naturales no es suficiente para proveer las concentraciones adecuadas a altas densidades de cultivo en las operaciones acuícolas, la aireación artificial se ha vuelto inevitable para incrementar el abastecimiento de oxígeno y una apropiada circulación del agua es importante para evitar la estratificación en el cuerpo de agua (Aquahoy, 2020).

### **3.5.2 Aireación de estanques acuícolas**

La aireación mecánica ha llegado a convertirse en una práctica estándar para prevenir las bajas concentraciones de oxígeno disuelto en la acuicultura. La adopción de los aireadores de paleta (paddle wheel) en la década de los 80 condujo a un incremento en las producciones. Los acuicultores que emplean altas densidades de cultivo están en constante temor de la reducción en la concentración de oxígeno disuelto en el agua y continuamente emplean los aireadores para mantener los niveles de oxígeno disuelto en el agua del estanque. (Aquahoy, 2020)



Figura 3.16: Estanques al aire libre y mecánicamente aireados.

Fuente: (Boyd, 2020)

En cuanto a lo económico, (Aquahoy, 2020) asegura que: “la aireación es el segundo rubro en el cual existe gasto, después de la alimentación, en el cultivo de camarón” (p. 6 ). Mientras que la alimentación representa un porcentaje por lo general del 50% del total de los costos operativos, la aireación está relacionada en un 15 a 20% de los costos.

Varios tipos de aireadores, como el aireador de espiral, el aireador de impulsor, el aireador de chorro de aire, el aireador sumergible y difusor han sido introducidos en la acuicultura y vienen siendo usados en las granjas camaroneras. Pero su eficiencia técnica y económica no ha sido documentada.

La optimización del uso de los aireadores es necesario y se basa en el Standard Oxygen Transfer Rate (SOTR), debido a que la poca aireación puede causar estrés y algunas veces mortalidades masivas, pero el exceso de aireación puede resultar en un gasto de energía y mayores costos operativos.

### **3.6 Tipos de aireadores**

En la aireación superficial estos aireadores operan en la superficie del agua de los estanques o depósitos. Generalmente flotan, aunque algunos pueden ser montados en una estructura cerca de la superficie de la columna de agua. Los aireadores de

superficie al operar mezclan el aire u oxígeno en el agua, o el agua en movimiento en el aire, (Rogers, 2020) asegura que:

Los aireadores superficiales típicos utilizados en sistemas de biofloc, incluyen aireadores de bomba vertical, aireadores de bomba de hélice- aspirador y aireadores de paleta. Los más comunes son los de paleta, aunque en la actualidad muchas granjas utilizan una combinación de aireadores de paleta y de aspiración. (p.15)

### 3.6.1 Aireadores de Bomba Vertical

Los aireadores de bomba vertical por lo general son usados para la aireación de estanques pequeños y poco profundos. Este tipo de aireadores normalmente tienen un motor eléctrico sumergible, el cual está suspendido en el interior de un flotador. Una hélice situada justo debajo de la superficie dirige el agua verticalmente hacia arriba (Rogers, 2020).



Figura 3.17: Aireador de bomba vertical

Fuente: (SCM Technologie, 2020)

### 3.6.2 Aireadores de Bomba de Hélice-Aspiración

Este tipo de aireador es una unidad superficial flotante que usa un motor eléctrico y un eje hueco, la rotación puede ser ajustada en varios ángulos para operar en la columna de agua. Una hélice unida al extremo del eje, conduce el agua hasta la punta del eje hueco, creando un vacío (Rogers, 2020).



Figura 3.18: Aireador de bomba de hélice

Fuente: (NauticExpo, 2020)

### 3.7 Aireadores según la interface

Por la forma en que incorporan oxígeno los aireadores se los puede identificar de manera distinta. Un aireador incorpora el oxígeno atmosférico por 2 tipos de estrategias.

1. Mediante de la interface líquido – gas
2. A través de la interface gas – líquido

#### 3.7.1 Incorporación líquida – gas (agua al aire)

Este tipo de aireadores tienen un principio de funcionamiento en el cual ellos son los encargados de impulsar el agua de los estanques hacia el aire para así poder transformar el agua en pequeñas gotas, y de esta manera colocándolas en contacto

con el aire atmosférico, de esta forma se saturarán de oxígeno, que al momento de ingresar al agua nuevamente transferirán oxígeno en esta (Malpartida, 2018).

Los principales modelos que utilizan esta estrategia son:

- Aireadores de paleta
- Tipo splash o fuente.

### 3.7.2 Incorporación gas – líquido (aire al agua)

Estos aireadores inyectan aire atmosférico a elevada presión rompiendo la fase líquida e ingresando en forma de pequeñas burbujas, las cuales transfieren el oxígeno atmosférico al agua del tanque (Malpartida, 2018).

Los principales modelos que utilizan esta estrategia son:

- Tipo inyector propulsor
- Turbinas centrifugas o Blowers.



Figura 3.19: Aireador tipo turbina

Fuente: (Malpartida, 2018)

### **3.8 Principales países que usan aireadores**

Existen varios países dedicados a la producción de camarón estos son los principales en la demanda de aireadores de todo tipo según la necesidad que tienen de acuerdo al tipo de cosecha y tratado en sus piscinas camaroneras. Puesto que los sistemas de cultivo de peces, camarones y otras especies acuícolas tienen avances, también lo tienen las opciones para potenciar la producción de estos de forma más eficiente y así mejorar los ingresos económicos. Como en el caso del uso de aireadores, puesto que está comprobado que gracias a su sistema de remover constantemente el agua y así proporcionar más oxígeno a las piscinas, mejoran los niveles de recirculación, impiden la muerte de las especies, y aumenta en un 200% su rendimiento. Es decir, los niveles de producción pueden tener un aumento de hasta cinco veces.

En particular esta característica ha generado un gran interés para los productores camaroneros, quienes ven en estos sistemas un ahorro desde un punto de vista muy beneficioso y muy rentable, ya que cosechas que antes producían entre 1.500 y 2.000 libras de camarón por hectárea, ahora llegan a las 5.000 y 10.000 libras. Pero, ¿qué es lo que hace posible este aumento tan representativo? (El Universo, 2018) asegura en entrevista con Yonelth Zambrano, asesor y consultor en sistemas de producción acuícola de I.L.G.A. Importadora, empresa comercializadora y representante de las mejores marcas de aireadores para todo el país, la implementación de estos equipos como parte del sistema de cultivos impacta directamente en la calidad del producto y en la economía de los productores, “una buena oxigenación de las piscinas mejora la calidad de reproducción y asegura una mejor supervivencia de las cosechas. A mayor volumen de producción, mayores beneficios económicos”.

La introducción de aireadores es una magnífica ayuda para los productores de camarón porque están dejando atrás a métodos tradicionales de oxigenación como el recambio constante de agua y además potencian la calidad y vida de sus cosechas ya que mejoran el sedimento de los estanques y a su vez frenan la contaminación del agua, los principales son los aireadores de paletas a diésel y los eléctricos, ambos con mecanismos diferentes, pero que cumplen la misma finalidad, aumentar el nivel del oxígeno y mejorar la temperatura del agua a través de su combinación de paletas,

mientras que toda su estructura flota en boyas. Dependiendo del dimensionamiento de la piscina se puede elegir entre la potencia de motores, número de boyas y paletas. El número de éstas últimas influirá directamente en que haya un mejor crecimiento, producción y cosecha. (El Universo, 2018)

RANKING	PAÍS	EXPORTACIONES 2017*	PARTICIPACIÓN EXPORTACIONES MUNDIALES
1	<b>India</b>	3.900	22,4%
2	<b>Ecuador</b>	2.700	15,5%
3	<b>Vietnam</b>	1.800	10,3%
4	<b>Indonesia</b>	1.400	8,0%
5	<b>Argentina</b>	1.200	6,8%
6	<b>Tailandia</b>	921,6	5,29%
7	<b>China</b>	905,2	5,20%
8	<b>Bangladesh</b>	488,1	2,8%
9	<b>México</b>	441	2,5%
10	<b>Holanda</b>	276,3	1,5%

Figura 3.20: Principales países exportadores de camarón

Fuente: (Zabala & Sanchez, 2019)

Estos son los principales exportadores de camarón y a su vez usuarios de los aireadores que tanto provecho aporta al sector camaronero, las cifras de exportaciones se encuentran en millones de dólares.

### 3.9 Baterías en sistemas fotovoltaicos

Las baterías para sistemas fotovoltaicos o acumuladores son las encargadas del almacenaje de la energía, para poder suplir energía de manera independiente de la producción eléctrica del generador fotovoltaico en ese instante (como puede ser en horarios nocturnos y en días nublados).



Figura 3.21: Baterías en sistemas fotovoltaicos

Fuente: (Autosolar, 2020)

Están compuestas esencialmente de dos electrodos sumergidos en un electrolito donde se producen reacciones químicas debidas a su carga y su descarga. La capacidad de una batería es definida como la cantidad de electricidad que puede obtenerse durante una descarga completa de la batería completamente llena. Esta capacidad es medida en amperios/hora (Ah), para un determinado tiempo de descarga. (Tecnosol, 2016)

### **3.9.2 Baterías GEL.**

Tienen el electrolito gelificado y al estar selladas no desprenden gases nocivos por lo que pueden instalarse en lugares poco ventilados. Puede tener ciclos de descarga profundos con hasta 800 ciclos de vida de ahí que sea una batería de gran durabilidad. Al ser una batería sellada no requiere de mantenimiento pues no se producen evaporaciones y su cuidado se vuelve mucho más sencillo, se recomiendan para instalaciones medianas y pequeñas que necesitan una batería eficaz y con una funcionalidad extraordinaria. (Autosolar, 2020)

### **3.9.5 Baterías estacionarias**

Estas baterías tienen una larga vida útil, son perfectas para instalaciones que requieran un consumo diario y durante largos períodos de tiempo. Estas baterías están compuestas por 6 vasos de 2v cada uno, pueden acumular grandes cantidades de energía existe una amplia gama de diferentes capacidades. (Tecnosol, 2016)

### 3.9.6 Baterías litio

Ocupan poco espacio, pesan poco y no emiten gases. Es decir, se pueden poner en cualquier sitio, el tiempo de carga tiene mayor rapidez. Se pueden realizar descargas totales sin verse afectada su vida útil. La desventaja que actualmente tiene este tipo de baterías es su elevado precio. Sin embargo, en un futuro se espera que los fabricantes lo puedan optimizar. (Tecnosol, 2016)

### 3.10 Sistema de Lazo Cerrado Relacionado con el Sistema Energético del Aireador

En el caso del sistema energético del aireador se trata de un sistema de lazo cerrado el cual en horas de la noche y con la energía almacenada en el banco de baterías se encarga de energizar el aireador y ponerlo en funcionamiento es decir es un sistema retroalimentado en el cual se aprovecha la energía solar y se la usa en distintos tiempos de modo que esté o no disponible el sol en un debido momento el aireador pueda trabajar sin problemas a causa de que se encuentra energía almacenada en su banco de baterías.



Figura 3.22: Sistema de control en Lazo Cerrado

Fuente: (Moya, 2018)

## **Capítulo 4 : DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MODELO A ESCALA DEL SISTEMA ENERGÉTICO DE AIREADORES Y COMPARATIVA CON AIRADOR TAMAÑO REAL**

En este capítulo se va a detallar el diseño a escala del aireador, en base a la ubicación del área de estudio con la ayuda del software Prediction Of Worldwide Energy Resources de la Nasa y el atlas solar del Ecuador se obtendrán valores de radiación que se usarán para sacar el máximo provecho a este proyecto fotovoltaico.

### **4.1 Levantamiento de información**

#### **4.1.1 Ubicación**

El lugar de estudio se encuentra ubicado fuera del continente al norte del cantón Huaquillas, específicamente en la camaronera “Caramelo”. Se escoge esta camaronera por su lejanía al cantón Huaquillas, su necesidad de buscar nuevas alternativas al transporte de combustibles para el funcionamiento de aireadores, esto acompañado de los problemas en transporte, almacenamiento y manipulación que en la actualidad existen en este sector camaronero.

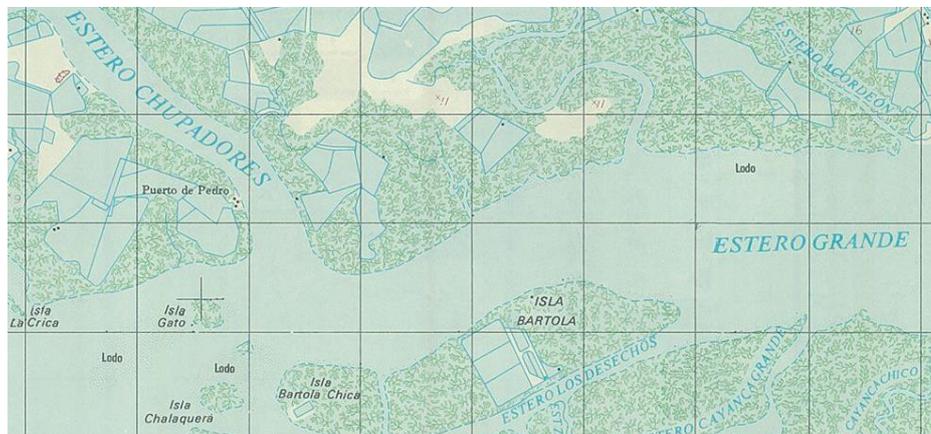


Figura 4.1: Ubicación

Fuente: El autor

#### **4.1.2 Delimitación del área de estudio**

El área escogida para este proyecto es la zona comprendida por la camaronera “Caramelo” entre el estero chupaderos y el estero grande sector de varias islas.

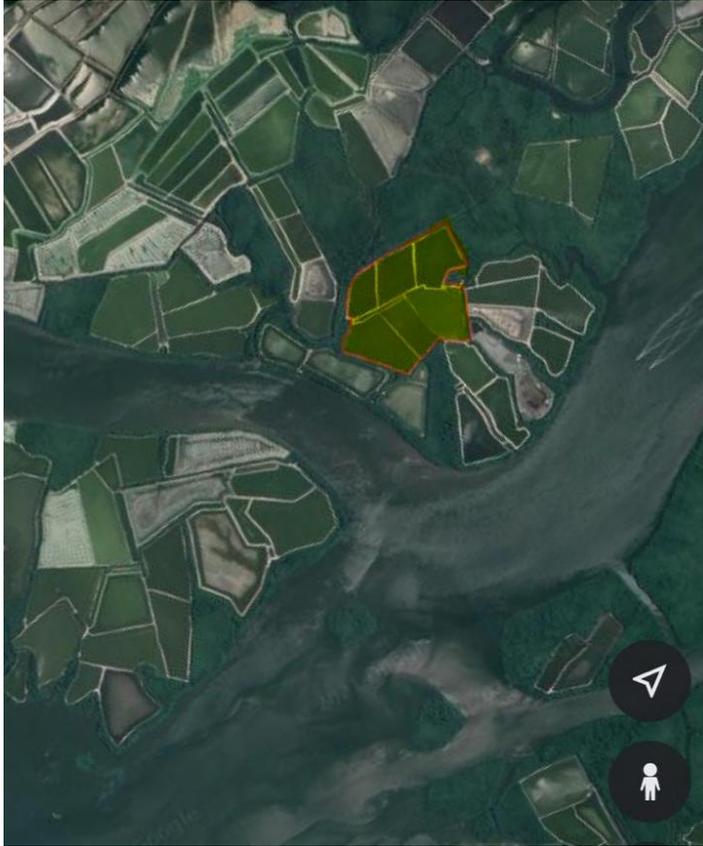


Figura 4.2: Delimitación del área de estudio

Fuente: Google earth

En la figura 4.2 se expone una vista en 2d del área de estudio, resaltando su dimensión de 426.065 m<sup>2</sup> en las que se realizó el mismo.

#### **4.2 Diseño a escala**

En este trabajo de titulación se diseñó un aireador de tipo paleta fotovoltaico a escala, el cual cuenta con una interface liquido-gas. En la figura se puede apreciar su base la cual se encuentra fabricada en balsa, además de una estructura metálica en la que se ubicará el panel solar y las paletas que se moverán con la ayuda de dos motores.

El funcionamiento del sistema del aireador fotovoltaico consta de que el panel solar reciba la energía y a su vez tenga su voltaje de salida el cual será regulado al voltaje deseado para luego ser invertido de Dc (Corriente directa) a AC (Corriente alterna), para finalmente ser conectado a los motores que harán girar las paletas del aireador. Para el cumplimiento de este proceso se usan varios equipos y materiales ente los que destacan los siguientes:

- Panel Solar
- Regulador de Voltaje
- Placa inversora
- Motores

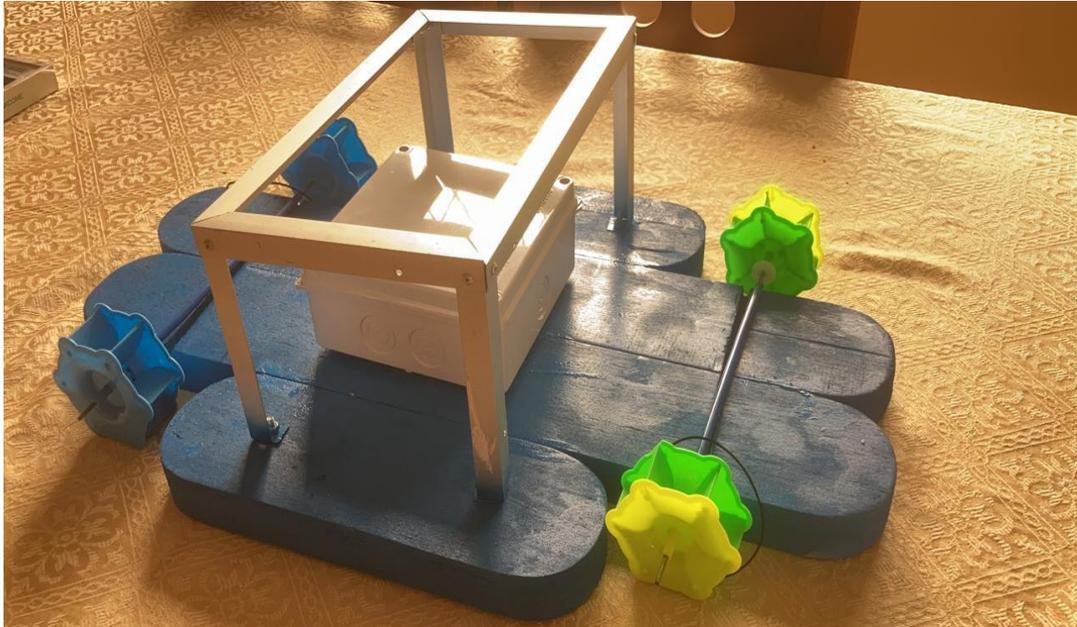


Figura 4.3: Estructura del aireador fotovoltaico

Fuente: El autor

#### 4.2.1 Panel Solar Policristalino

El panel solar usado en el proyecto es uno del tipo policristalino con medidas de 55 cm de altura, 35 cm de ancho y 3 cm de profundidad y con las siguientes características:

- P. max: 20 W
- Amp. Max.: 1.11 A
- V. max.: 18 V
- Voc: 21.6 V
- Isc: 1.19 A
- V. max. del Sistema: 1000 V



Figura 4.4: Panel solar del aireador

Fuente: El autor

#### 4.2.2 Regulador de Voltaje

Este equipo como su nombre lo especifica va a tener la función de regular el voltaje del sistema en corriente continua o directa (DC)

12 VDC a 32 VDC

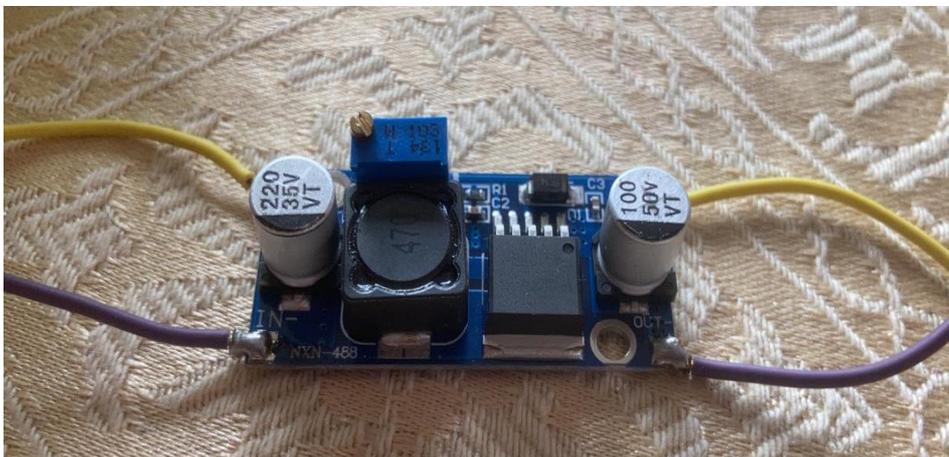


Figura 4.5: Regulador de Voltaje del aireador

Fuente: El autor

Este equipo será usado para regular el voltaje de salida del panel solar que tiene un V. máx. de 18 V. para regularlo a través de esta placa se usa el tornillo ubicado en la parte superior y con la ayuda de un equipo de medición se regula al voltaje de salida deseado. En la figura se puede apreciar el panel trabajando con su voltaje máximo.



Figura 4.6: Prueba de voltaje máximo del panel solar

Fuente: El autor

### 4.2.3 Placa Inversora

Esta placa inversora va a ser la encargada de invertir los 12 V de corriente continua de entrada del panel solar (que será ese voltaje con exactitud con la ayuda del regulador de voltaje) a un voltaje de 110 V de corriente alterna para alimentar los motores. Este equipo cuenta con las siguientes características:

V. de entrada: 12 VDC

V. de salida: 110 VAC

P. 150 W

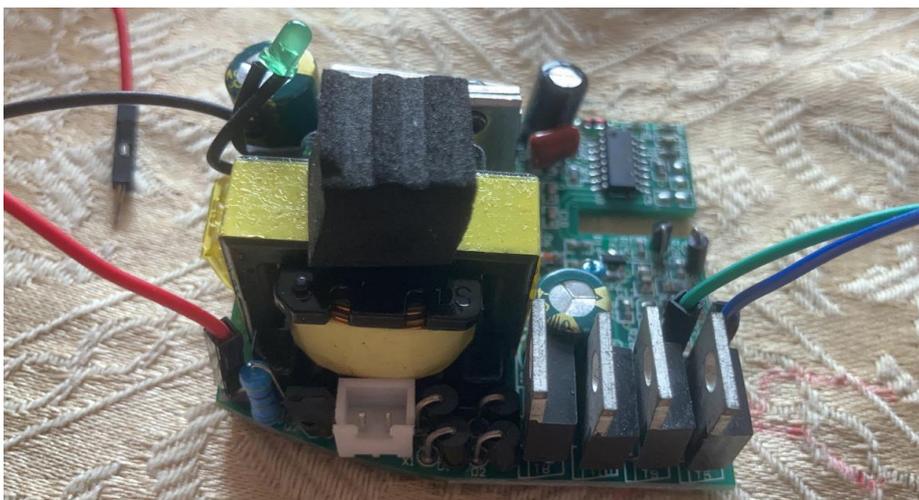


Figura 4.7: Placa inversora del aireador

Fuente: El autor

#### 4.2.4 Motores

Se usarán 2 motores síncronos los cuales se ubicarán en la base de la balsa y que cumplirán la función de mover las paletas del aireador. Ambos equipos cuentan con las siguientes características:

Voltaje: 120 V

Potencia: 4 W

RPM: 6rpm



Figura 4.8: Motores del aireador

Fuente: El autor

Estos últimos equipos que obviamente no pueden entrar en contacto con el agua a la que se expondrá el aireador se van a encontrar protegidos por una caja plástica blanca del tipo usado en instalaciones eléctricas residenciales. En la siguiente figura se aprecia la conexión en paralelo de los motores del aireador.

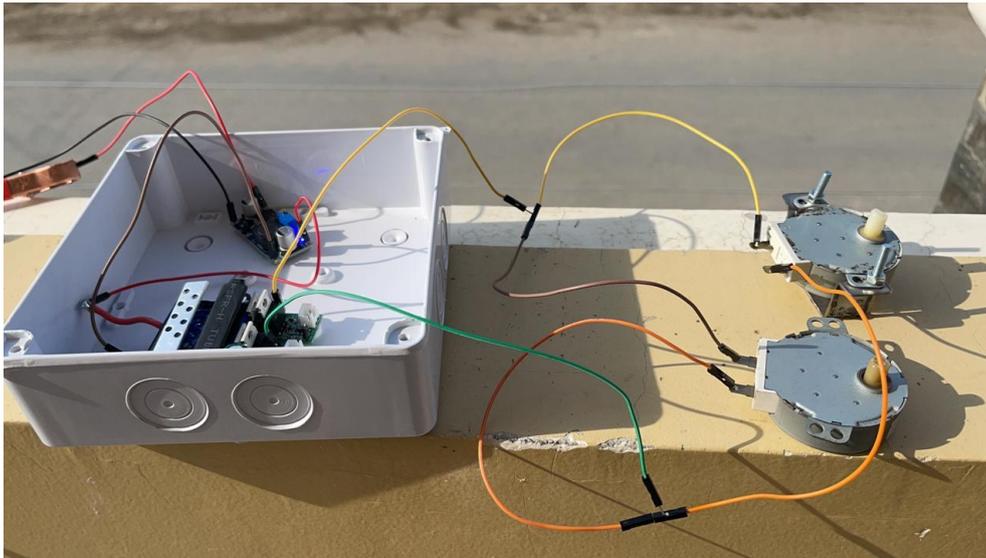


Figura 4.9: Conexión de los motores

Fuente: El autor

### 4.3 Irradiación anual del Ecuador

En la siguiente tabla se muestra la irradiación anual de Ecuador especificando las horas de sol y la irradiación diaria por hora:

Tabla 4.1: Tabla de irradiación anual de Ecuador

Meses	Horas De Sol	Irradiación Diarias/H
Enero	137	4,1
Febrero	141	5,03
Febrero	165	5,3
Abril	152	5,06
Mayo	148	4,7
Junio	129	4,3
Julio	121	3,9
Agosto	138	4,4
Septiembre	155	5,1

Octubre	156	5,03
Noviembre	139	4,6
Diciembre	141	4,5
Tota Anual	1724	4,8

---

Fuente: (Vergara, 2018)

#### **4.3.1 Radiación solar en Huaquillas**

Huaquillas es una ciudad fronteriza, cabecera cantonal del Cantón Huaquillas, conocida por ser la cuarta urbe más grande y poblada de la Provincia de El Oro, ubicada al sur de Ecuador, cuenta con una población de 47706 habitantes, posee un clima tropical promedio de 25°C y con un nivel de 11 metros sobre el nivel del mar. Durante casi todo el año Huaquillas percibe grandes cantidades de radiación solar como se muestra en la siguiente figura 4.3 en el mapa indicador de la insolación del país del mes de febrero.

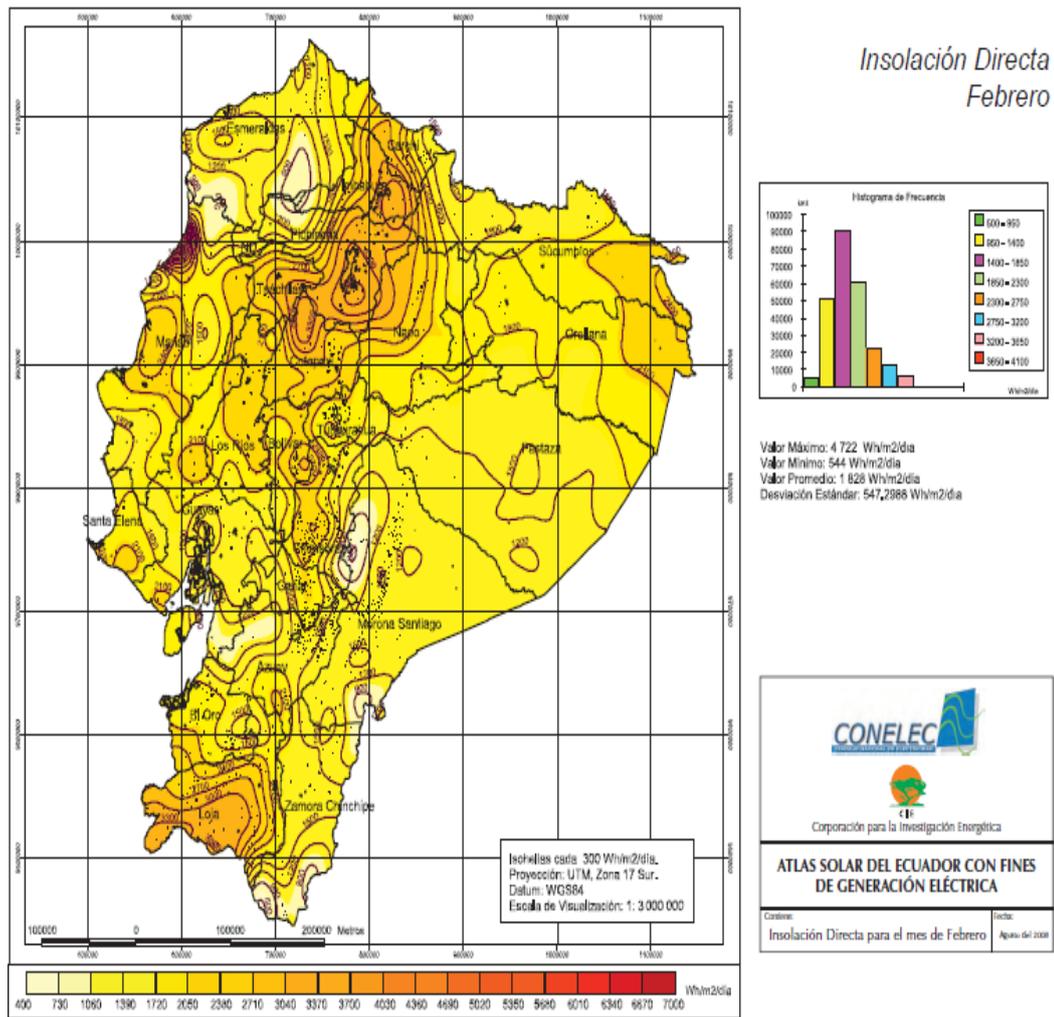


Figura 4.10: Insolación directa en el mes de febrero

Fuente: (Trujillo, 2020)

### 4.3.2 Radiación solar en la camaronera Carmelo

Gracias a la plataforma Prediction Of Worldwide Energy Resources de la NASA, también conocida como visor de acceso a datos, es posible acceder a los datos exactos en la ubicación de la camaronera “Caramelo”, en anexos se presenta las imágenes de los datos en general, en las siguientes tablas se expresa la radiación de manera específica:

Tabla 4.2: Tipos de radiación normal directa en la camaronera "Caramelo"

<b>Radiación Normal Directa</b>	
Radiación normal directa	6.24 (kWh/m <sup>2</sup> /día)
Radiación normal directa mínima	4.62 (kWh/m <sup>2</sup> /día)
Radiación normal directa máxima	7.73 (kWh/m <sup>2</sup> /día)

Fuente: (NASA, 2021)

Tabla 4.3: Tipos de radiación de inclinación de latitud en la camaronera "Caramelo"

<b>Radiación de inclinación de latitud</b>	
Radiación de inclinación de latitud	6.06 (kWh/m <sup>2</sup> /día)
Radiación mínima de inclinación de latitud	5.19 (kWh/m <sup>2</sup> /día)
Radiación máxima de inclinación de latitud	6.8 (kWh/m <sup>2</sup> /día)

Fuente: (NASA, 2021)

### **4.3.3 Estudio de cargas para sistema de aireadores tamaño real en la camaronera Carmelo utilizando el sistema fotovoltaico**

Para realizar el cálculo de los paneles solares fotovoltaicos es necesario tener en cuenta el consumo de energía que tendrán las piscinas de la camaronera, ya que es ahí donde se encuentra la demanda de energía de los aireadores.

Los aireadores se usan en promedio 3 por piscina por 4 horas, de 1 a 5pm ya que en este horario se pierde oxigenación por el calor en las piscinas. En la tabla 4.4 se detalla el consumo por día y el tiempo de uso diario.

Tabla 4.4: Calculo de demanda de energía de la Camaronera “Caramelo”

	Unidades	Potencia Unitaria	Potencia Total	Tiempo estimado de uso diario	Energía al día	Energía diaria promedio de la semana
Aireador	4	1.5Kw	6 Kw	4 horas	24 Kw/h	24 Kw/h
Total		1.5Kw			24 Kw/h	24 Kw/h

Fuente: El autor

### **E: Energía Real Consumida**

**E: 24.000 W/h**

#### **4.3.4 Cálculos De Los Paneles Fotovoltaicos**

Para conocer con exactitud el cálculo de que cantidad de paneles solares fotovoltaicos va tener el estudio realizado en la camaronera “Caramelo”, primero se deberá calcular la potencia que tendrá el panel fotovoltaico [Pfv]. Para eso se incluirá las horas picos [Hsp].

$$E = 24.000$$

$$Hsp = 6,19$$

$$Pfv = \frac{E}{Hsp}$$

$$Pfv = \frac{24.000}{6,19}$$

$$P_{fv} = 3.877,22 W$$

Después se procede al cálculo del número de paneles solares fotovoltaicos, calculo para el cual se usará la siguiente formula.

$$NP = \frac{E}{P_{panel} \times H_{sp}}$$

$$NP = \frac{24.000}{500 \times 6,19}$$

$$NP = 7,75W$$

$$NP = 8 \text{ paneles fotovoltaicos}$$

Donde:

NP: Numero de paneles fotovoltaicos

P panel: Potencia máxima de cada panel

HSP: Horas pico del panel solar

E: Energía real consumida

#### 4.3.5 Cálculo Del Inversor Para El Sistema Fotovoltaico

El inversor es el equipo que se encarga de suministrar de energía alterna. Este equipo es de vital importancia para el sistema del aireador de tipo fotovoltaico.

$$S_{carga} = Fs \left( \frac{P_{carga} - AC}{Fp \times Eff_{inv}} \right)$$

$$S_{carga} = 1.25 \left( \frac{1.500}{0,9 \times 0,95} \right)$$

$$S_{carga} = 2.193 W$$

Donde:

Scarga: Potencia del inversor

Fs: Factor de seguridad

Fp: Factor de potencia

Pcarga-AC: Carga consumida en una hora

Eff inv: Eficiencia del inversor

#### **4.3.6 Cálculo De La Batería Acumuladora Del Sistema Fotovoltaico**

Para el cálculo del acumulador de carga que se usará en el estudio del sistema de aireadores fotovoltaicos se necesita almacenar la suficiente energía que se transferirá por medio del sistema fotovoltaico, además se deberá detallar el tiempo de auto descarga para lo cual se va a usar la siguiente fórmula:

$$Bt = \frac{E \times N}{V \times BT \times T \text{ Des}}$$

$$Bt = \frac{24.000 \times 1}{170 \times 0,83}$$

$$Bt = \frac{24.000 \times 1}{141,1}$$

$$Bt = 170,09 Ah$$

**Donde:**

Bt: Batería Acumuladora

E: Energía Real Consumida Por El Sistema

N: Número de días sin sol

V Bt: Voltaje de la batería a usar

#### 4.4 Análisis técnico económico

##### 4.4.1 Generalidades

El costo de los equipos necesarios para la implementación de un sistema de generación de energía fotovoltaico, tiene un costo de inversión elevado, ya que los componentes que lo conforman tienen un valor económico elevado debido a la tecnología que usan y esto va depender de la escala de la demanda de energía que se quiere suplir con el sistema fotovoltaico.

##### 4.4.2 Análisis económico

El análisis económico conforma los equipos y componentes del sistema de generación de la energía fotovoltaica. Se elaboró en la siguiente tabla una cotización en la cual se especifica el precio de los equipos principales del sistema fotovoltaico:

Tabla 4.5: Proforma con valores de equipos para el sistema fotovoltaico

Equipo	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Panel Solar 500W	8	\$ 648	\$ 5.184
Regulador de Voltaje	4	\$ 243	\$ 972
Placa inversora 2200 W	4	\$ 325	\$ 1300
Batería Acumuladora 200 A	4	\$ 625	\$ 2500
Total			\$ 9.956

Fuente: El autor

#### 4.4.3 Comparativa del consumo real de la energía solar fotovoltaica y el ahorro anual

Para saber estos datos primero se debe conocer el ahorro energético del todo sistema fotovoltaico el cual se lo determinara por medio del costo real generado.

Eficiencia del sistema fotovoltaico: 0,95

Energía total generada = 24.000 Wh/día

$$24.000 \frac{W/h}{\text{día}} \times \frac{365 \text{ días}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ Kw/h}}{1000Wh}$$

$$8.760 \frac{Kw/h}{\text{año}}$$

Como se puede ver el resultado que se obtendría de forma anual de generación de energía es de 8.760 kW/h, ya con la obtención de este resultado se puede calcular el ahorro económico que se va tener.

$$\text{Ahorro} = 8.760 \frac{Kw/h}{\text{año}} \times \frac{0.0933 \text{ dolares}}{Kw/h}$$

$$\text{Ahorro} = \$ 817,30 \text{ por año}$$

Un sistema fotovoltaico tiene un tiempo estimado de duración de 25 años, el cual va a depender del uso o maniobras que se le den tanto a los equipos como a los componentes que conforman el sistema de paneles solares fotovoltaicos, en el lapso de este tiempo se obtendrá un ahorro energético el cual será calculado a través de la siguiente formula:

$$8.760 \frac{Kw/h}{\text{año}} \times 25 \text{ años} = 219.000 \text{ Kw/h}$$

El ahorro económico que obtendrá la empresa en el lapso de los 25 años de vida útil de sistema de paneles solares fotovoltaico será el siguiente:

$$817,30 \frac{\text{dolares}}{\text{año}} \times 25 \text{ años} = \$ 20.432,50$$

Desde hace muchos años ARCONEL y el estado ecuatoriano han venido asumiendo el costo de kWh generado por un valor de \$0,40 por la tanto el valor del kWh de esta inversión es:

$$8.760 \frac{\text{Kw/h}}{\text{año}} \times 0.40 \frac{\text{dolares}}{\text{año}} = 3.504 \frac{\text{dolares}}{\text{año}}$$

$$\text{Tiempo de recuperación} = \frac{9.956 \text{ dolares}}{3.504 \frac{\text{dolares}}{\text{año}}}$$

$$\text{Tiempo de recuperación} = 2,8 \text{ años}$$

Para este caso en específico se puede decir que es factible y rentable implementar el sistema solar de paneles fotovoltaicos ya que el tiempo de recuperación de la inversión es menor que el tiempo de vida útil del sistema fotovoltaico.

#### 4.4.4 Comparativa con motor a Diesel

El motor a Diesel que usan los aireadores tiene una potencia de 11.63 KW es decir 15 hp. (Lougee, 2017) asegura que los motores a Diesel consumen aproximadamente un galón por hora por cada 18 caballos de fuerza utilizados. Se debe de multiplicar la cantidad de caballos de fuerza por 0.055 si el motor es Diesel. Esto está basado en los cálculos de Boat Safe o de manera alternativa, se puede dividir por 18.

$$15 \text{ hp} \times 0.055 = 0.825 \text{ gal. diesel}$$

El precio del galón de Diesel se encuentra en \$1.563

$$0.825 \text{ gal} \times \$1.563 = \$1.289$$

El costo de la cantidad de Diesel para el funcionamiento de 1 hora del motor es de \$1.289 es decir más de 3 veces el costo del Kw/h. Esta es la forma más costosa de energización de los aireadores. Además de ser la más contaminante y menos eficiente sin contar con los costos de transporte al llevar el Diesel en camaroneras que no se encuentran en continente, pudiendo obtener la energía necesaria para el funcionamiento de los aireadores de un recurso renovable como lo es la energía solar, sin contaminación y pudiendo acumular esta energía en baterías o acumuladores para cuando el clima no permita aprovechar esta energía o en los turnos nocturnos.

## **CAPÍTULO 5 : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 Conclusiones**

A través del estudio de la incidencia solar en la ciudad de Huaquillas para sacar el máximo provecho en la construcción del modelo a escala se cumplió la finalidad de este estudio y diseño que es cumplir con la demanda energética a través del uso de un recurso natural como lo es la energía solar fotovoltaica como una generación fiable y una energía renovable hacia la distribución de la demanda de la energía que se requiere.

Los sistemas de generación de energía fotovoltaica tienen una gran ventaja en comparación a la típica forma de alimentación de los aireadores a diésel, la cual es que su generación de energía depende de una fuente energética inagotable como lo es el sol.

Ya se ha demostrado la eficiencia al usar aireadores comunes, ya que cosechas que antes producían entre 1.500 y 2.000 libras de camarón por hectárea, ahora llegan a las 5.000 y 10.000 libras. Ahora pudiendo sacar un mayor beneficio a estos eligiendo los aireadores que funcionan con energía fotovoltaica, se generaría un ahorro por concepto de combustible y además desde el punto de vista ambiental es un acierto la introducción de este tipo de sistemas.

Los sistemas fotovoltaicos de generación de energía poseen una garantía de 20 años de vida útil siempre y cuando el uso de los equipos sea el adecuado y además no necesita de un mantenimiento forzado ni muy laborioso, de tal forma que los mantenimientos que se realizarán en los sistemas fotovoltaicos serán de costos muy reducidos y accesibles, a diferencia de los mantenimientos que se realizan en otros tipos de generación de energía.

### **5.2 Recomendaciones**

Los órganos correspondientes del gobierno ecuatoriano deberían innovar e impulsar a través de programas y capacitaciones el uso de este tipo de generación de energía renovable, sus múltiples beneficios tanto económicos como ambientales además de esto se debería de buscar el desarrollo de más investigaciones de este tipo que busquen la manera de preservar el medio ambiente del planeta amerando el uso de combustibles fósiles y reemplazándolos cuando sea factible por otros métodos de generación de energía.

Es necesario realizar un estudio de la ubicación donde se van a instalar los paneles solares para saber los índices de irradiación solar y con la ayuda del software de Prediction Of Worldwide Energy Resources de la Nasa buscar la mejor captación solar posible para sacar el máximo provecho a este recurso renovable como lo es la energía solar y aplicarla a no solo los procesos de crianza de camarón sino a otros campos en los que se realicen procesos que necesiten de energía eléctrica a la intemperie y en lugares donde se pueda usar la energía solar .

Es de vital importancia la selección de los sitios específicos donde se va a realizar la instalación del sistema fotovoltaico para de esta forma obtener la energía real consumida a través de un estudio de las cargas, el cual servirá para calcular el número de paneles solares exacto que se utilizará en la instalación del sistema fotovoltaico para suplir la demanda y además considerar un 20% de aumento en las cargas en los próximos 10 años.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acciona. (2020, marzo). *La importancia de las energías renovables | ACCIONA | BUSINESS AS UNUSUAL*. ACCIONA, BUSINESS AS UNUSUAL. <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/>
- Alonso, J. (2019). Radiación Solar | Tipos, conceptos y aplicaciones. *Sunfields Europe*. <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/radiacion-solar/>
- Aquahoy. (2020, febrero 26). *¿Cómo determinar el número y tipo de aireadores para tu estanque camaronero?* Portal de información en Acuicultura. <https://www.aquahoy.com/i-d-i/sistemas-de-cultivo/34285-determinar-numero-tipo-aireadores-estanque-camaronero>
- ARCONEL. (2015). *Ecuador posee un 51,78% de energía renovable – ARCONEL*. <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/ecuador-posee-un-5155-de-energia-renovable/>
- Autosolar. (2020, julio 10). *¿Qué tipos de baterías existen?* <https://autosolar.es/blog/baterias-placas-solares/tipos-baterias-solares>
- Boyd, C. (2020, enero 20). *Uso de energía en la aireación de estanques acuícolas, Parte 1. Global Aquaculture Advocate*. Global Aquaculture Alliance. <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/uso-de-energia-en-la-aireacion-de-estanques-acuicolas-parte-1/>
- EcoInventos. (2020, noviembre 9). Energía solar residencial: Todo lo que debes saber. *EcoInventos*. <https://ecoinventos.com/energia-solar-residencial/>

El Universo. (2018, agosto 27). *Los cultivos de peces y camarones pueden aumentar sus cosechas en un 200% gracias al uso de aireadores en piscinas*. El Universo.

<https://www.eluniverso.com/noticias/2018/08/27/nota/6926360/cultivos-peces-camarones-pueden-aumentar-sus-cosechas-200-gracias>

Fedegan. (2019, septiembre 2). *5 buenas prácticas para el uso eficiente de la energía en la ganadería | CONtexto ganadero | Noticias principales sobre ganadería y agricultura en Colombia*.

<https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/5-buenas-practicas-para-el-uso-eficiente-de-la-energia-en-la-ganaderia>

Greenheiss. (2017, agosto 16). *Aplicaciones de la energía solar en la industria*. Greenheiss. <https://www.greenheiss.com/aplicaciones-energia-solar-en-la-industria/>

Grupo Sinelec. (2018, julio 19). *Energías renovables, tipos y características*. Grupo Sinelec. <https://gruposinelec.com/energias-renovables-tipos-y-caracteristicas/>

Grupo Villar Mir. (2018, septiembre 18). *Energías renovables y no renovables*. Energya. <https://www.energyavm.es/energias-renovables-y-no-renovables/>

Ineldec. (2020). *¿De qué están hechos los paneles solares? Paneles Solares Colombia Lámparas Solares Ingeniería Eléctrica Energía Solar Baterías Solares Cucuta Materiales*. <https://ineldec.com/de-que-estan-hechos-los-paneles-solares-fotovoltaicos/>

- Issa, C. I. (2019, mayo 14). *¿Qué es la contaminación industrial? | Camilo Ibrahim Issa - Blog Profesional*. <https://camiloibrahimissa.com/urbanismo/camilo-ibrahim-issa-vzla-la-contaminacion-industrial/>
- Lougee, M. (2017, julio 21). *Cómo calcular el consumo de gasolina de un bote*. Puro Motores. <https://www.puromotores.com/13074292/como-calculiar-el-consumo-de-gasolina-de-un-bote>
- Malpartida, J. (2018). *Piscicultura y Aireación*. Aquaculture, Brasil.
- Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables. (2019, octubre 1). *Chachimbiro, Imbabura, tendrá la primera central de generación eléctrica con energía geotérmica – Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables*. <https://www.recursosyenergia.gob.ec/chachimbiro-imbabura-tendra-la-primera-central-de-generacion-electrica-con-energia-geotermica/>
- Moya, S. (2018, diciembre 24). *Conceptos Básicos: Sistemas de Control*. ISA Sección Central México. <https://www.isamex.org/intechmx/index.php/2018/12/24/conceptos-basicos-sistemas-de-control/>
- NASA. (2021, febrero 14). *POWER Data Access Viewer, Prediction Of Worldwide Energy Resources*. NASA. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- NauticExpo. (2020). *Aireador de agua para la acuicultura by acquaeco | NauticExpo*. NauticExpo. <https://www.nauticexpo.es/prod/acquaeco/product-196245-549693.html>

- OEA. (2013). *Energía a partir de Biomasa*. Portal Educo.  
[http://portaleducoas.org/ciudadessostenibles/espanol/energia/energia\\_biomasa.html](http://portaleducoas.org/ciudadessostenibles/espanol/energia/energia_biomasa.html)
- Pacheco, M. (2019, abril 20). *2018, año de mayor generación hidroeléctrica en una década en el país | El Comercio*. El Comercio.  
<https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador-generacion-hidroelectrica-record-energia.html>
- Pesantes, E. (2014, junio 7). *Planifique su paseo a la isla Santay a pie o en bicicleta, pero deje a las mascotas en casa*. El Comercio.  
<http://www.elcomercio.com/actualidad/guayaquil-paseo-isla-santay-naturaleza.html>
- Rogers, G. (2020, enero 23). *Diferentes diseños de aireador proporcionan una oxigenación y mezclado en los sistemas de biofloc. 2*.
- Ropero, S. (2020, septiembre 21). *ENERGÍA MAREOMOTRIZ: Ventajas y desventajas*. *ecologiaverde.com*. <https://www.ecologiaverde.com/energia-mareomotriz-ventajas-y-desventajas-2802.html>
- SCM Technologie. (2020). *Aeratori sommergibili SC - SCL*. SCM Technologie.  
<https://www.scmtec.com/es/productos/depuracion/aireadores/item/82-aireadores-sumergidos-sc-scl>
- Sitio Solar. (2013). *La energía solar térmica en la industria* [Sitio Solar, Portal de Energías Renovables]. <http://www.sitiosolar.com/la-aplicacion-de-la-energia-solar-termica-en-la-industria/>

- Solarama. (2019). Aprende qué debes buscar en un inversor para paneles solares. *Solarama Paneles solares México*. <https://solarama.mx/blog/inversor-para-paneles-solares/>
- Tecnosol. (2016, agosto 26). Baterías para energía solar. Tipos de baterías | Energía Solar Baterías | Tecnosol. *BLOG Tecnosol*. <https://tecnosolab.com/noticias/baterias-para-energia-solar-tipos/>
- Trujillo, D. (2020). *CURSO TEÓRICO PRÁCTICO DE PANELES FOTOVOLTAICOS*. CURSO TEÓRICO PRÁCTICO DE PANELES FOTOVOLTAICOS, Quito. <https://www.eicavirtual.com/curso-estructurado/energiasolar>
- Vaello, J. (2018, abril 30). *Regulación lazo abierto o lazo cerrado | Formación para la Industria 4.0*. <https://automatismoindustrial.com/h-robotica/regulacion-automatica/regulacion-lazo-abierto-o-lazo-cerrado/>
- Vergara, J. (2018). *Estudio De Factibilidad Técnico Económico Para La Implementación De Un Sistema De Alimentación Eléctrica Utilizando Energía Eléctrica Convencional Y Fotovoltaica Para La Empresa PROYIMAR S.A.* [UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/11361/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-158.pdf>
- Vivint Solar Developer. (2020). *¿Cómo Funciona la Energía Solar?* | Vivint Solar. Vivint Solar Centro de Aprendizaje. <https://www.vivintsolar.com/es/centro-de-aprendizaje/como-funcionan-los-paneles-solares>

Zabala, V., & Sanchez, J. (2019, febrero 14). *Ecuador es el segundo exportador mundial de camarón*. Ekos Negocios.

<https://www.ekosnegocios.com/articulo/ecuador-es-el-segundo-exportador-mundial-de-camaron>

## **ANEXOS**

Radiación normal directa en la camaronera “Caramelo”

**POWER Data Access Viewer** Prediction of Worldwide Energy Resources ArcGIS World Geocoding Service

**POWER Single Point Data Access**

**6. Select Parameters** (Limit 20 parameters)  
The Climatology temporal period has the most parameters. Double-click folders to expand and show available parameters.

Search Parameters

- Meteorology (Moisture and Other)
- Meteorology (Temperature)
- Meteorology (Wind)
- Siting and Pointing of Solar Panels and for Solar Thermal Applications
- Solar Cooking
- Thermal Infrared Parameters
- Tiled Solar Panels

Parameter Definitions | Methodology

**7. Submit and Process**

Submit

**POWER Layer List**

1. Choose a Parameter

Maximum Direct Normal Radiation

Direct Normal Radiation

Minimum Direct Normal Radiation

Maximum Direct Normal Radiation

Latitude, Tilt, Orientation

Month: Annual

Opacity: 15%

Clear Parameter  Map Grid  Layer Swipe

Left-click on map for data set values by location.

High : 9.86  
Low : 0.06  
Units: (kWh/m<sup>2</sup>/day)

**22 Year Climatology Average**  
Value: 6.24 (kWh/m<sup>2</sup>/day)  
See bottom left of screen for coordinates  
Acercar a

Radiación normal directa mínima en la camaronera “Caramelo”

**POWER Data Access Viewer** Prediction Of Worldwide Energy Resources ARCGIS World Geocoding Service

**POWER Single Point Data Access**

**6. Select Parameters** (Limit 20 parameters)  
 The Climatology temporal period has the most parameters. Double-click folders to expand and show available parameters.

Search Parameters

- Metereology (Moisture and Other)
- Metereology (Temperature)
- Metereology (Wind)
- Sizing and Pointing of Solar Panels and for Solar Thermal Applications
- Solar Cooking
- Thermal Infrared Parameters
- Tilted Solar Panels

Parameter Definitions | Methodology

**7. Submit and Process**

Submit

**POWER Layer List**

1. Choose a Parameter  
 Maximum Direct Normal Radiation  
 Direct Normal Radiation  
 Minimum Direct Normal Radiation  
 Maximum Direct Normal Radiation

Month: Annual

Opacity: 15%

Clear Parameter  Map Grid  Layer Swipe

Left-Click on map for data set values by location.

High : 9.86  
 Low : 0.06  
 Units: (kWh/m<sup>2</sup>/day)

**22 Year Climatology Average**  
 Value: 4.62 (kWh/m<sup>2</sup>/day)  
 See bottom left of screen for coordinates  
 Acercar a

# Radiación normal directa máxima en la camaronera “Caramelo”

**POWER Data Access Viewer**  
 Prediction Of Worldwide Energy Resources  
 ArcGIS World Geocoding Service

**6. Select Parameters** (Limit 20 parameters)  
 The Climatology temporal period has the most parameters. Double-click folders to expand and show available parameters.

Search Parameters

- ☞ Meteorology (Moisture and Other)
- ☞ Meteorology (Temperature)
- ☞ Meteorology (Wind)
- ☞ String and Pointing of Solar Panels and for Solar Thermal Applications
- ☞ Solar Cooking
- ☞ Thermal Infrared Parameters
- ☞ Tiled Solar Panels

Parameter Definitions | Methodology

**7. Submit and Process**

Submit

**1. Choose a Parameter**

- Minimum Direct Normal Radiation
- Maximum Direct Normal Radiation**
- Latitude Tilt Radiation
- Minimum Latitude Tilt Radiation

Month:

Opacity:

Clear Parameter  Map Grid  Layer Swipe

Left-click on map for data set values by location.

High : 9.86  
 Low : 0.06  
 Units: (kWh/m<sup>2</sup>/day)

**22 Year Climatology Average**  
 Value: 7.73 (kWh/m<sup>2</sup>/day)  
 See bottom left of screen for coordinates  
 Descargar

# Radiacion de inclinacion de latitud

**POWER Data Access Viewer**  
Prediction Of Worldwide Energy Resources  
ArcGIS World Geocoding Service

**POWER Single Point Data Access**

**6. Select Parameters** (Limit 20 parameters)  
The Climatology temporal period has the most parameters. Double-click folders to expand and show available parameters.  
Search Parameters

- Meteorology (Moisture and Other)
- Meteorology (Temperature)
- Meteorology (Wind)
- String and Pointing of Solar Panels and for Solar Thermal Applications
- Solar Cooking
- Thermal Infrared Parameters
- Tiled Solar Panels

Parameter Definitions | Methodology

**7. Submit and Process**

Submit

**POWER Layer List**

**1. Choose a Parameter**

- Minimum Direct Normal Radiation
- Maximum Direct Normal Radiation
- Latitude Tilt Radiation
- Minimum Latitude Tilt Radiation

Month: **Annual**

Opacity: **150%**

Clear Parameter  Map Grid  Layer Swipe

Left-click on map for data set values by location.

High : 9.86  
Low : 0.06  
Units: (kWh/m<sup>2</sup>/day)

**22 Year Climatology Average**  
Value: 6.06 (KWh/m<sup>2</sup>/day)  
See bottom left of screen for coordinates  
Acercar a

# Radiacion minima de inclinacion de latitud

**POWER Data Access Viewer**  
Prediction Of Worldwide Energy Resources  
ArcGIS World Geocoding Service

**6. Select Parameters** (Limit 20 parameters)  
The Climatology temporal period has the most parameters. Double-click folders to expand and show available parameters.

Search Parameters

- Meteorology (Moisture and Other)
- Meteorology (Temperature)
- Meteorology (Wind)
- String and Pointing of Solar Panels and for Solar Thermal Applications
- Solar Cooking
- Thermal Infrared Parameters
- Tiled Solar Panels

Parameter Definitions | Methodology

**7. Submit and Process**

Submit

**1. Choose a Parameter**

Latitude Tilt Radiation  
Minimum Latitude Tilt Radiation  
Maximum Latitude Tilt Radiation  
Clear Sky Insolation

Month: Annual  
Opacity: 15%

Clear Parameter  Map Grid  Layer Swipe

Left-Click on map for data set values by location.

High : 9.86  
Low : 0.06  
Units: (kWh/m<sup>2</sup>/day)

**22 Year Climatology Average**  
Value: 5.19 (kWh/m<sup>2</sup>/day)  
See bottom left of screen for coordinates  
Acercar a

# Radiacion maxima de inclinacion de latitud

**POWER Data Access Viewer**  
Prediction Of Worldwide Energy Resources  
ArcGIS World Geocoding Service

**POWER Single Point Data Access**

**6. Select Parameters** (Limit 20 parameters)  
The Climatology temporal period has the most parameters. Double-click folders to expand and show available parameters.

Search Parameters

- Meteorology (Moisture and Other)
  - Meteorology (Temperature)
  - Meteorology (Wind)
- Thermal Applications
  - Solar Cooking
  - Thermal Infrared Parameters
  - Tiled Solar Panels

Parameter Definitions | Methodology

**7. Submit and Process**

Submit

**1. Choose a Parameter**

Latitude Tilt Radiation  
Minimum Latitude Tilt Radiation  
Maximum Latitude Tilt Radiation  
Clear Sky Insolation

Month: Annual  
Opacity: 15%

Clear Parameter  Map Grid  Layer Swipe

Left-Click on map for data set values by location.

High : 9.86  
Low : 0.06  
Units: (kWh/m<sup>2</sup>/day)

**22 Year Climatology Average**  
Value: 6.8 (kWh/m<sup>2</sup>/day)  
See bottom left of screen for coordinates  
Acercar a

Map scale: 1mi, 57m

### Ejemplo de cálculo de paneles solares para una casa de campo

Eléctrodomesticos	Nro de elementos.	Potencia (w)	Potencia Total (w)	Horas de uso diario	Energía Wh/día
Ventilador	1	50	50	2	100
Radio	1	300	300	0,5	150
Nevera	2	120	240	14	3360
licuadora	1	300	300	0,01	3
focos led 10W	20	8,5	170	2	340
TV	3	150	450	4	1800
<b>Total</b>			1510		<b>5753</b>

25% de perdidas en el sistema

Energía Wh/día total \* 1,25 = 7191,25

Se decide instalar panel solar de 300w

Número de paneles = Energía/(Ppanel\*radiación solar media Ecuador

kW/m2/día)\*Eficiencia del sistema

Energía =	7191,3	wh/día		<b>Costo en \$ del proyecto:</b>	Potencia * \$ 1,10
Potencia del panel =	300	w			\$ 1.661,00
RSM Ecuador =	4575	WH/M2/DÍA			
Eficiencia =	0,9				
<b>Número de paneles =</b>		5,822			

### Ejemplo de cálculo de paneles solares para una casa normal

Eléctrodomes ticos	Nro de elementos.	Potencia	Potencia Total	Horas de uso diario	Energía Wh/día
Ventilador	1	50	50	2	100
Radio	1	100	100	0,5	50
Refrigerador	1	360	360	14	5040
licuadora	1	150	150	0,01	1,5
Aire acondicionad o	1	7000	7000	2	7000
focos led 10W	8	85	680	1	680
TV	3	150	450	4	1800
<b>Total</b>		<b>7895</b>			<b>14671,5</b>

25% de perdidas en el sistema

Energía Wh/día total \* 1,25 = 18339,375

Se decide instalar panel solar de 300w

Número de paneles = Energía/(Ppanel\*radiación solar media Ecuador

kW/m2/día)\*Eficiencia del sistema

Energía =	14671,5	wh/día
Potencia del panel =	300	w
RSM Ecuador =	4575	WH/M2/DÍA
Eficiencia =	0,9	

Número de paneles =		11,877
Costo en \$ del proyecto:	Potencia * \$ 2,50	\$1.40
	\$ 19.737.50	\$11.053



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Aponte Cueva, Luis Alberto**, con C.C: # **0705852069** autor del trabajo de titulación: **Diseño de un modelo a escala para un sistema fotovoltaico que energizan aireadores para el proceso de crianza de camarón de isla** previo a la obtención del título de **Ingeniero 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, 16 de septiembre de 2021

f.  \_\_\_\_\_

**Aponte Cueva, Luis Alberto**

**C.C: 0705852069**



## **REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Diseño de un modelo a escala para un sistema fotovoltaico que energizan aireadores para el proceso de crianza de camarón de isla		
<b>AUTOR(ES)</b>	Aponte Cueva, Luis Alberto		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Bastidas Cabrera, Tomas Gaspar. M.Sc.		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería en Eléctrico Mecánica		
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero en Eléctrico Mecánica con mención en Gestión Empresarial Industrial.		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	16 de septiembre de 2021	<b>No. PÁGINAS:</b>	69
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Energías renovables		
<b>PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:</b>	Eficiencia energética, crianza de camarón, paneles solares, sistemas fotovoltaicos, impacto ambiental		
<b>RESUMEN/ABSTRACT:</b>	<p>El presente trabajo de titulación tiene como finalidad innovar e impulsar a la introducción de energías renovables y eficiencia energética a través del diseño y construcción de un modelo a escala de un sistema energético empleando sistemas fotovoltaicos para aireadores, debido a que es un tipo de energía de la que se puede sacar provecho en los procesos de crianza de camarón por su exposición al intemperie y al sol principalmente, que tiene un menor impacto ambiental en comparación a la energía eléctrica que se obtiene en las camaroneras a base de generadores que usan combustible como materia prima. De esta manera se aportaría al concepto de la eficiencia energética y energías renovables, además de generar un beneficio a largo plazo como lo es el ahorro en concepto de tiempo y dinero. Debido alto impacto ambiental y a los riesgos ecológicos debemos aprovechar este recurso natural que es el sol.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-995092429	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:luchito_97@hotmail.es">luchito_97@hotmail.es</a>	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	<b>Nombre:</b> Palacios Meléndez, Edwin Fernando		
	<b>Teléfono:</b> +593-9-67608298		
	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec">edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec</a>		
<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>			