

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE POSTGRADO**

PROYECTO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

“MAGÍSTER EN CIENCIAS AMBIENTALES”

TEMA:

“VIABILIDAD DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO, COMO ALTERNATIVA DE MITIGACION DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LA GENERACION ELECTRICA DE MOTORES A DIESEL EN UNA CAMARONERA DEL PUERTO DEL MORRO EN LA PROVINCIA DEL GUAYAS”

AUTOR:

NESTOR HENRY MACIAS MEZA

Guayaquil - Ecuador

2022

RESUMEN

La presente investigación analiza la viabilidad de realizar el cambio de la fuente de energía de una camaronera abastecida por combustibles fósiles a energía fotovoltaica, realizando además la cuantificación de los gases de efecto invernadero que se mitigarían, en unidades de Dióxido de Carbono Equivalente (CO_2Eq), de una camaronera ubicada en el Morro provincia del Guayas. El sector camaronero representa el principal ingreso no petrolero del Ecuador, por encima del sector bananero desde hace varios años y ocupa en la producción aproximadamente 213.000 hectáreas. La mayoría de las camaroneras están ubicadas en lugares remotos aislados de la red nacional eléctrica, por lo tanto, emplean al diésel como fuente de energía para el bombeo del agua del estuario hacia las piscinas con la finalidad de compensar el volumen de agua por recambio para mantener la oxigenación. Por otra parte, el Ecuador tiene una ubicación privilegiada para el aprovechamiento de la energía solar a través de la instalación de sistemas fotovoltaicos. Se calculó la cantidad de paneles solares, baterías y demás componentes eléctricos para cubrir la demanda actual con respecto de los motores de bombeo a base de diésel. A su vez se utilizó la metodología del IPCC, para el cálculo de las emisiones mitigadas de CO_2 , CH_4 y N_2O las cuales fueron convertidas a la medida de (CO_2Eq). Para el análisis de viabilidad económica se utilizó el Valor Actual Neto como criterio de decisión entre la tecnología instalada y la propuesta, el cual mostro que si bien la energía fotovoltaica es viable técnica y ambientalmente no lo es en la parte económica.

Energía Solar, Gases de Efecto Invernadero, Camaronera, Paneles Solares.

ABSTRACT

The present investigation analyzes the viability of changing the source of energy of a shrimp-farm provided by fossil fuels to photovoltaic energy, also doing the quantification of the greenhouse effect that would be reduced, in units of carbon dioxide (CO₂Eq), of a shrimp-farm located in Morro province del Guayas. The shrimp-farming sector represents the main source of income not considering the petroleum sector, being superior to the banana sector for several years now and approximately occupying 213.000 hectares. Most shrimp-farms are in remote areas isolated from the national electric network, and as a consequence, they use diesel as a source of energy to pump water from the estuary to the pools with the finality of compensating the volume of water for the exchange of water to keep the oxygenation. Ecuador has a privileged location for the use of solar energy through the installation of photovoltaic systems; the number of solar panels, batteries and other electrical components needed to sustain the needs regarding a pump diesel-based motor have been calculated. At the same time the methodology used was the IPCC methodology recommended for calculations of mitigated emissions of CO₂, CH₄ and N₂O which were converted to the measurement of CO₂Eq. For the analysis of the economic viability, the Net Present Value was used as a decision criterion in between both technologies, which determined that the photovoltaic energy is viable technical and ambiently but not economically.

Solar energy, Greenhouse gas emissions, shrimp-farm, solar panels.

DEDICATORIA

A Augustita la tía más linda del mundo, aquella mujer con el corazón más grande que conozco y que Dios en su bondad la colocó en mi camino, gracias por tanto...

A mi amada esposa, mis hijos, mi madre y hermanas por ese apoyo y amor incondicional.

A mi querida Suegrita por demostrar que a pesar de las pruebas se puede seguir en pie luchando día a día con alegría.

AGRADECIMIENTO

Agradecido con Dios por la oportunidad de vivir, aprender cada día, y por el regalo inmerecido de su gracia.

A los profesores y personal administrativo de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas por toda la colaboración prestada. Mención especial a la Lcda. Ingrid Núñez por su apoyo a los estudiantes.

Al M.Sc. Héctor Apolo por sus aportes, conocimientos, paciencia y su perseverancia. Una gran persona y un gran director.

Al Acuicultor Luis Antonio Ocaña, compañero y amigo por toda la colaboración prestada.

Al Ing. Luis Armijos, gracias amigo por toda la colaboración y tus conocimientos eléctricos brindados.

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este Proyecto de Titulación, me corresponde exclusivamente y 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. El patrimonio intelectual del mismo, corresponde exclusivamente a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.

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

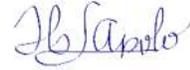
A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Néstor Henry Macías Meza', is written over a horizontal line.

Néstor Henry Macías Meza.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



PAOLA ALMEIDA GUERRA, Ph.D.
PRESIDENTE



M.Sc. HECTOR APOLO LOAYZA
DIRECTOR



M.Sc. DIANA TINOCO CAICEDO
VOCAL 1



JUAN PERALTA JARAMILLO, Ph.D.
VOCAL 2

ABREVIATURAS O SIGLAS

AC: Corriente alterna.

Ah: Amperio por hora.

CH₄: Metano.

CO₂: Dióxido de carbono.

CO₂ eq: Dióxido de carbono equivalente.

DC: Corriente directa.

FAO: Food and agriculture Organization.

GEI: Gases de efecto invernadero.

Gw: Gigawatios.

H: Hora

Ha: Hectáreas

Hp: Caballos de potencia.

It: Corriente total

CELEC: Corporación Ecuatoriana de Electricidad.

IPCC: Intergovernmental panel on climate change.

Kw: Kilovatio.

Kwh: Kilovatio-hora.

Kwh/m²: Kilovatio-hora por metro cuadrado.

N₂O: Óxido nitroso.

PPT: Partes por mil.

PPM: Partes por millón.

RETC: Registro de Emisión y Transferencia de Contaminantes

SFV: Sistema Fotovoltaico.

TIR: Tasa interna de retorno.

V: Voltaje

VAN: Valor actual neto.

Vt: Voltaje total

W: Vatios.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Descripción del problema.....	3
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	4
1.4. Hipótesis.....	4
1.5. Alcance.....	4
CAPÍTULO 2.....	5
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Cultivo del camarón.....	5
2.1.1. Suministro de Larvas.....	5
2.1.2. Transporte y Aclimatación de Larvas.....	6
2.1.3. Piscinas de engorde.....	6
2.1.4. Mantenimiento de Piscinas.....	6
2.1.5. Alimentación.....	6
2.1.6. Abastecimiento de Agua.....	7
2.1.7. Grupo de bombeo.....	7
2.1.8. Sistema de aireadores.....	7
2.2. Energía Solar.....	8
2.2.1. Ventajas de la Energía Solar.....	9
2.2.2. Desventajas de la Energía Solar.....	9
2.2.3. Energía Pasiva.....	10

2.2.4.	Energía Activa.....	11
2.2.5.	Energía Solar Térmica	12
2.2.6.	Energía Solar Fotovoltaica.....	12
2.2.7.	Factores de Incidencia en el aprovechamiento de la Energía Eléctrica Fotovoltaica	16
2.2.7.1	Geometría Solar	16
2.2.7.2	Ángulos Solares.....	16
2.2.7.3	Irradiancia	17
2.2.7.4	Irradiación	17
2.2.8.	Sistema de Bombeo Fotovoltaico.	17
2.2.9.	Modulo Fotovoltaico.....	18
2.2.10.	Tipos de Paneles Solares.	18
2.2.11.	Sistema de acumulación.....	19
	Baterías de ciclo ligero.	19
	Baterías de ciclo profundo.....	20
2.2.12.	Regulador de Carga.....	20
2.2.13.	Inversor.....	20
2.3.	Instalaciones Fotovoltaicas.....	20
2.3.1.	Instalaciones Fotovoltaicas de Conexión a Red.	20
2.3.2.	Instalaciones Fotovoltaicas aisladas de Red.	20
	CAPÍTULO 3.....	21
3.	METODOLOGÍA	21
3.1.	Producción.....	22
3.2.	Estación de Bombeo.....	23
3.3.	Estimación de la disminución de emisiones de CO ₂	23

3.3.1.	Factor de conversión para estimar la cantidad de CO2 equivalente.....	25
3.4.	Radiación Solar.....	25
3.5.	Dimensionamiento del Sistema de fotovoltaico de Bombeo.	26
3.5.1.	Estimación de potencia requerida por el sistema fotovoltaico a la estación de bombeo.....	26
3.5.2.	Área necesaria para colocación de Paneles Solares.....	27
3.5.3.	Numero de Paneles Solares.	28
3.5.4.	Baterías de acumulación.	28
3.6.	Evaluación Económica.....	29
3.6.1.	V.A.N.	29
3.6.2.	T.I.R.....	29
CAPÍTULO 4.....		30
4.	RESULTADOS.....	30
4.1.	Cálculo de Emisiones generadas por sistema de bombeo Motores a Diesel. 30	
4.1.1.	Estimación de emisiones generadas por consumo de combustible en 2021	31
4.2.	Irradiación.	31
4.3.	Energía Fotovoltaica esperada.	33
4.3.1.	Cálculo de potencia requerida.	33
4.4.	Área de terreno para Paneles Solares.....	34
4.5.	Numero de Paneles Solares	34
4.6.	Numero de Baterías:.....	34
4.7.	Valor Actual Neto.....	35
4.7.1.	Costos de Inversión Sistema Fotovoltaico:	35
4.7.2.	Valor Actual neto Sistema Motor a combustión.	36
4.7.3.	Valor Actual neto Sistema Motor a combustión (Eliminación del subsidio)...	37

4.7.4.	Valor Actual neto Sistema Fotovoltaico (Sin Baterías de acumulación).....	38
4.7.5.	Desechos Peligrosos generados.	39
CAPÍTULO 5.....		40
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	40
5.1.	Conclusiones.	40
5.2.	Recomendaciones.	41
6.	Referencias.....	41

LISTADO DE FIGURAS

Ilustración 1 Ciclo de vida del camarón.....	5
Ilustración 2:Aireadores a Diesel.....	8
Ilustración 3 Diseño pasivo de aprovechamiento de energía solar	10
Ilustración 4. Energía solar pasiva.	10
Ilustración 5 Energía Solar Activa.	11
Ilustración 6 Tipos de energía activa.	12
Ilustración 7 Energías renovables en Ecuador.....	13
Ilustración 8 Producción de energía renovable en el mundo.....	14
Ilustración 9 Produccion de energia solar mundial.....	14
Ilustración 10 Producción de energía renovable por tipo.	15
Ilustración 11 Geometría Solar.....	16
Ilustración 12 Ángulos Solares.....	17
Ilustración 13: Sistema Fotovoltaico.....	18
Ilustración 14 Tipos y características de paneles solares.....	19
Ilustración 15: Plano de Camaronera.....	22
Ilustración 16 Precios del diesel.....	24
Ilustración 17 Irradion historica en la ubicación del proyecto.	25
Ilustración 18 Ubicación geografica del sol refente a la ubicación del proyecto en un día puntual.	26
Ilustración 19 Variación de la Irradiación en la ubicación del proyecto.	32

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de Sistemas de cultivos.....	2
Tabla 2 Area y distribucion de la camaronera.....	21
Tabla 3: Producción Anual de Camarón.....	22
Tabla 4:Caracteristicas de Motores de la Estación de Bombeo.....	23
Tabla 5: Consumo anual de Diesel.....	23
Tabla 6 Emisiones de GEI generadas por los motores a combustion.....	30
Tabla 7: Irradiación en el proyecto.....	32
Tabla 8 Energía fotovoltaica esperada.....	33
Tabla 9 Costos de inversión Sistema fotovoltaico.....	35
Tabla 10 Costos de operación y mantenimiento de SFV.....	35
Tabla 11Costos de mantenimiento y operación sistema a combustión.....	36
Tabla 12 Costos de operación y mantenimiento motores a combustión (Sin subsidio)	37
Tabla 13 Costos de Inversión SFV sin acumulación de energía.....	38
Tabla 14 Costos de Operación SFV sin acumulación de energía.....	38
Tabla 15 Desechos peligrosos generados (Anual).....	39

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La gran mayoría de las camaroneras ecuatorianas se encuentran en lugares remotos y de difícil acceso geográfico, lo que dificulta su integración al sistema eléctrico nacional. Este trabajo tratará de establecer que tan viable es cambiar la matriz energética, reemplazando los motores de combustión por una fuente más amistosa con el medio ambiente como es la energía solar fotovoltaica.

Uno de los mayores impactos ambientales del cultivo de camarón es la emisión de gases de efecto invernadero, altamente contaminantes con un gran impacto en el calentamiento global. Este se origina por el consumo de diésel en los motores utilizados en las estaciones de bombeo; actividad sin la cual no se podría llevar a cabo el proceso de crecimiento ya que el nivel de oxígeno disuelto en el agua es vital para el desarrollo del camarón, dicho impacto es del 22% (Meteorológica et al., 2019; Unidos et al., 2019). De esta actividad se generan a la atmosfera gases de efecto invernadero como el CO₂ (EFE VERDE, 2019; Tribunal et al., 2017).

El desarrollo constante de la tecnología nos permite hoy en día la utilización de fuentes alternativas de energía. El aprovechamiento de la energía solar a través de paneles fotovoltaicos constituye un gran avance en la mitigación de los efectos que las actividades productivas generan al medio ambiente, por lo tanto, de ser viable este proyecto, permitirá la disminución de los efectos contaminantes en la actividad de la producción camaronera en Puerto del Morro. Por otra parte, la energía solar fotovoltaica, es hoy en día una de las fuentes de energía renovable con mayor crecimiento de su capacidad instalada a nivel mundial por su fácil forma de instalación, operación e incremento de su eficiencia.

1.1. Antecedentes

En el Ecuador la industria acuícola con el cultivo de especies como peces, moluscos, crustáceos, etc., representa una de las principales actividades generadoras de divisas y empleos en la economía nacional. Dentro de esta actividad se encuentra la industria camaronera siendo la más importante dentro de este sector.

La actividad camaronera se inició en la década de 1970 al sur del país con la instalación de las primeras granjas. En los primeros 15 años de actividad ya habían instalado más de 90.000 hectáreas y en el año 1995 habían alrededor de 180.000 hectáreas.

Se estima que actualmente en el Ecuador existen 213.052 hectáreas dedicadas al cultivo de camarón (Álvarez et al., 2018).

Los sistemas de cultivo son: Extensivo, Semi-Intensivo e Intensivo, con las siguientes características:

Tabla 1 Tipos de Sistemas de cultivos.

TIPOS DE SISTEMA DE CULTIVOS	
Extensivo.	Bajas Densidades: 10.000-15000/Ha, Limitado uso de dietas, Producción Promedio: 600 Libras por Ha/Anual
Semi-intensivo	Densidades Medias: 15.000-20000/Ha, Uso de dietas formuladas, Producción Promedio: 1000 a 5000 Libras por Ha/Anual
Intensivo	Densidades Altas: Mayor a 120000/Ha, Uso de dietas formuladas, Producción Promedio: mayor a 5000 Libras por Ha/Anual

Fuente:(Álvarez et al., 2018)

El cultivo del camarón representa actualmente el rubro más importante de las exportaciones no petroleras (USD \$3823.5 Millones), desplazando las exportaciones de banano por segundo año consecutivo (BANCO CENTRAL, 2022). La productividad de la industria camaronera a tenido un vertiginoso incremento en los últimos años, actualmente, se ha logrado elevar la productividad por hectárea y en la mayoría de granjas se pasó a cultivos semi-intensivos, esto con una mayor demanda de recursos

como, por ejemplo, el agua tomada de los esteros o directamente del océano, el uso de fertilizantes, promotores de crecimiento, y mejora en los balanceados.

La demanda de energía se ha venido elevando consistentemente. Cabe recalcar que esta energía se obtiene a través de combustibles fósiles, principalmente del diésel que tiene un subsidio por parte del gobierno nacional, el mismo que varias veces ha sido objeto de análisis de eliminación por parte del gobierno, lo que muestra que en el corto plazo puede ser eliminado generando así el incremento de costos de producción.

Según datos preliminares del 2021, Ecuador pasó a ser el primer productor mundial de camarón, seguido de China, Vietnam, India e Indonesia respectivamente. (El Universo, Ecuador Primer Productor Mundial de Camarón., 2021).

1.2. Descripción del problema

Las camaroneras ecuatorianas se encuentran ubicadas generalmente en sitios remotos de la costa, algunas sin acceso a las redes de suministro eléctrico del Sistema Nacional Interconectado (SNI), lo que genera la utilización de motores a diésel de combustión interna. Los mayores impactos ambientales vienen dados por las emisiones de gases de efecto invernadero, a partir de la necesidad constante del recambio de agua para el sistema de piscinas existentes, pues el camarón para su crecimiento óptimo necesita gran disponibilidad de oxígeno disuelto en el agua.

La implementación de este sistema contribuiría además de las mitigaciones ambientales a la independencia de un combustible fósil actualmente utilizado.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Analizar la disminución de emisiones de CO₂ a través de la propuesta de un sistema de energía solar fotovoltaico en una camaronera ubicada en Puerto del Morro a través de la propuesta de implementación de un sistema solar fotovoltaico.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Comparar la relación económica costo-beneficio de la implementación del sistema fotovoltaico con la actual generación de combustión interna.
- Dimensionar una planta fotovoltaica de acuerdo a la necesidad energética del sistema de bombeo existente.
- Cuantificar la reducción de desechos peligrosos como Lubricantes, refrigerantes y filtros.

1.4. Hipótesis

La implementación de un sistema fotovoltaico en una camaronera generará mitigaciones ambientales y además tendrá un valor actual neto positivo.

1.5. Alcance

El problema de las emisiones de gases de efecto invernadero ha ido ganando interés a nivel mundial en los últimos años y Ecuador no es ajeno esto. Siendo la actividad camaronera la primera actividad económica del país de las no petroleras, es importante su estudio y monitoreo. Disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero a través de las energías no renovables se ha vuelto imperativo, es así como este análisis se centrará en la disminución de CO₂ que generaría la implementación de un sistema fotovoltaico en la Camaronera, además del correspondiente análisis de su viabilidad económica. Otro tema importante es el análisis del marco legal nacional actual, para el correcto uso de este recurso en la actividad acuícola ecuatoriana.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Cultivo del camarón

El ciclo de vida del camarón comprende cuatro etapas: embrionaria, larval, juvenil y adulta. En camaronera se desarrolla desde la epata larval hasta llegar a adulto con un tiempo que va desde 90 a 120 días como se puede observar en la ilustración 1 (FAO)

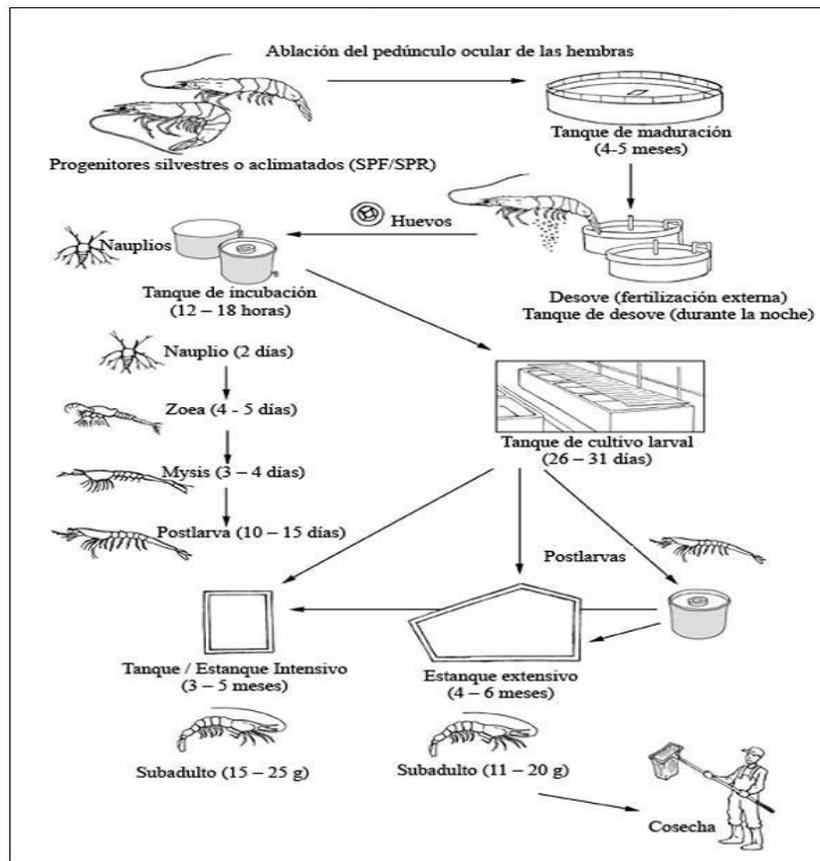


Ilustración 1 Ciclo de vida del camarón

Fuente: https://www.fao.org/fishery/docs/DOCUMENT/aquaculture/CulturedSpecies/file/es/es_whitelegshrimp.htm

2.1.1. Suministro de Larvas.

El suministro de semilla silvestre fue utilizado hasta finales de 1990, luego comienza el desarrollo de la larvicultura donde se mejoró genéticamente a los animales, aumentando la resistencia a enfermedades que azotaron la industria como la mancha blanca. En el

país existe una gran cantidad de laboratorios que satisfacen la demanda de las camaroneras.

2.1.2. Transporte y Aclimatación de Larvas.

Una vez que la larva esta lista, es transportada hasta la camaronera cuidadosamente ya que variables como la temperatura y la salinidad son muy importantes para su porcentaje de sobrevivencia, una vez en la granja son aclimatados y sembrados en pre-criaderos. La densidad de siembra está en 100-200 larvas por metro cuadrado, en esta fase permanecerán entre 30 y 60 días. (Fao, 2008)

2.1.3. Piscinas de engorde.

Una vez que el camarón alcanza el tamaño deseado en el pre-criadero (alrededor de 4 gramos), es transferido a la piscina donde va a permanecer hasta su cosecha. En Ecuador estas piscinas van desde 0.5 hectáreas hasta 15 hectáreas. Aquí el camarón pasa entre 60 y 90 días hasta que alcance el peso deseado que en nuestro mercado es de 14 a 20 gramos. (Fao, 2008)

2.1.4. Mantenimiento de Piscinas.

El mantenimiento más importante es el recambio de agua que puede variar del 5% al 25%, esto va a depender de los principales parámetros monitoreados:

Temperatura. - Deberá encontrarse entre 20 y 32 grados centígrados.

Salinidad. - Se debe encontrar entre 15 y 40 ppt.

Cantidad de Oxígeno disuelto. - Se debe encontrar entre 4-9 ppm.

pH. - Indica la concentración de iones de Hidrogeno H⁺, debe de estar entre 7-9.

Turbidez. - La visibilidad tiene que ser mayor a 30 centímetros.

Coloración. - Cuando presenta algún tipo de color puede significar algún tipo de problema como, por ejemplo, la presencia de algas partículas en suspensión, entre otras. (Fao, 2008)

2.1.5. Alimentación.

La alimentación es uno de los puntos más importantes, pues representa el rubro más alto en los costos de producción. Este rubro va a depender del sistema de cultivo que se utilice, estos pueden ser intensivo o semi-intensivo.

2.1.6. Abastecimiento de Agua

El abastecimiento de agua es otro de los principales aspectos en la actividad camaronera, pues de la calidad del agua depende en gran parte el crecimiento del camarón (Neftali & Soto, 2011).

La toma de agua se la realiza de esteros o del mar directamente, estos bombeos son efectuados cada día para mantener la cantidad de oxígeno disuelto en parámetros aceptables para el desarrollo del cultivo.

La forma de la toma de agua se realiza la estación de bombeo, esta consta principalmente de:

- Obras civiles.
- Motor.
- Bomba.
- Embrague.
- Tubería de succión.
- Tuberías de impulsión.
- Válvulas.

(Neftali & Soto, 2011)

Dentro de estos aspectos, nos centraremos en sistema de generación de energía.

2.1.7. Grupo de bombeo

El grupo de bombeo está constituido por el motor, la bomba y el embrague. En las fincas camaroneras este sistema es uno de los más importantes ya que el recambio del agua puede variar del 10 al 20% diario y este recambio de agua es básico para mantener los niveles de oxigenación en las piscinas (Salazar Patricio & Enrico Delfine, 2019).

Los grupos de bombeo generalmente son más de dos, ya que muchas veces por mantenimiento o por daño se paraliza uno de ellos. Es el motor de combustión el que realiza un gran consumo de diésel (Salazar Patricio & Enrico Delfine, 2019).

2.1.8. Sistema de aireadores

Es un sistema diseñado para introducir moléculas de oxígeno en el agua de los estanques. Esto a través de un motor que se conecta a un sistema de paletas las cuales giran agitando el agua, dichas paletas se sostienen a través de flotadores.



Ilustración 2:Aireadores a Diesel.

Fuente: [Fotos de Galeria \(quimun.com\)](https://www.quimun.com)

2.2. Energía Solar

La energía solar es la que recibimos del sol a través de la radiación electromagnética, es limpia y abundante, la cual la podemos aprovechar a través de la tecnología. Es sin duda la fuente más importante en la tierra, (Barriga et al., 2014; Vegas Portero, 2009).

Como se ha mencionado la energía solar llega a la tierra en forma de ondas electromagnéticas:

Radiación ultravioleta (9%),

Luz visible (39%) y

Radiación infrarroja (52%).

La energía solar es ampliamente aprovechada actualmente mediante diversas tecnologías y para distintos fines. Cada vez es más común la instalación de paneles fotovoltaicos en casas para su propio consumo, o la instalación de centrales fotovoltaicas como el Proyecto Solar el Aromo con una extensión de casi 3 kilómetros cuadrados, el mismo que va a añadir al sistema eléctrico nacional 258MW, con esto se va a multiplicar la potencia instalada asociada a sistemas fotovoltaicos en nuestro país.

2.2.1. Ventajas de la Energía Solar.

La energía solar tiene ventajas considerables frente a las fuentes tradicionales de energía, estas dependerán en especial de las características como ubicación geográfica, eficiencia de paneles y disponibilidad de espacio físico (Duffie & Beckman, 2013; Jayakumar, 2009; NASA, 2016; Sendy, 2020):

- Renovable.
- Limpia.
- Poca complejidad de implementación.
- Bajos costos de mantenimiento.
- Accesibilidad a sectores remotos
- Poca contaminación por ruido.

2.2.2. Desventajas de la Energía Solar.

Los métodos de aprovechamiento de la energía solar presentan desventajas y dependerán de las características de la instalación, ubicación geográfica y uso final. A continuación, se indican las desventajas más relevantes de una instalación solar los cuales permiten analizar si un proyecto de instalación solar será viable y rentable (Duffie & Beckman, 2013; Jayakumar, 2009; Sendy, 2020):

- Inversión inicial elevada
- Bajo nivel de eficiencia, (comparada con la conversión de otras fuentes de energía)
- Disponibilidad no continua (día, noche, ubicación geográfica)
- Gran demanda de espacio de superficie terrestre.

El potencial de la energía fotovoltaica es enorme; como referencia, la demanda de energía de toda la población actualmente es de 1×10^{10} , lo que demuestra que se puede lograr aprovechar este recurso para eliminar la dependencia de los combustibles fósiles que tanto daño genera al medio ambiente. (Eicker et al., 2014; Hassan, 2020).

La energía solar utilizable se clasifica en: Energía solar Activa y Pasiva. De la Energía Activa se obtienen la energía Solar Térmica y la Energía fotovoltaica (Eicker et al., 2014; Hassan, 2020).

2.2.3. Energía Pasiva

La Energía solar pasiva es la que se obtiene de manera directa del sol, sin la instalación de elementos adicionales que realicen la conversión de la energía.



Ilustración 3 Diseño pasivo de aprovechamiento de energía solar

Fuente: <https://ecoinventos.com/wp-content/uploads/2018/03/Casa-gran-ventanal.jpg>

Este tipo de energía ha sido aprovechada desde la antigüedad a través de la arquitectura, al no requerir instalación de elementos adicionales para la conversión de la energía. Se la utiliza generalmente como fuente de iluminación y de calor, en el invierno se obtienen lugares cálidos, en el verano se crean zonas de baja temperaturas a través de flujos de aire, todo esto con costos muy bajos.

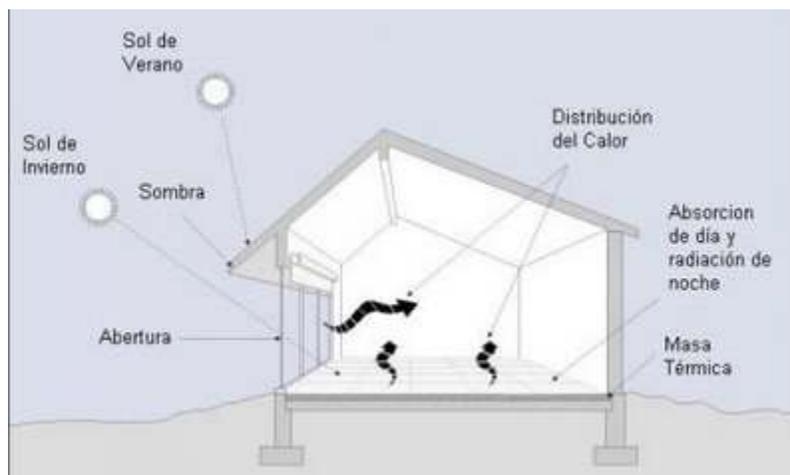


Ilustración 4. Energía solar pasiva.

Fuente: <https://www.arkiplus.com/wp-content/uploads/2013/07/dise%C3%B1o-solar-pasivo.jpg>

Para una correcta utilización de la energía solar pasiva se debe considerar el micro clima en la ubicación del proyecto.

2.2.4. Energía Activa

La energía solar activa es la que se aprovecha de la energía solar y se transforma en energía eléctrica o mecánica, a través de un proceso que requiere la implementación de componentes adicionales para un fin específico. (Kannan & Vakeesan, 2016; Shahsavari & Akbari, 2018).



Ilustración 5 Energía Solar Activa.

Fuente: <http://www.saclima.com/wp-content/uploads/2017/08/panel-solar-hogar.jpg>

La energía solar activa da lugar a la energía térmica y energía fotovoltaica, dependiendo de la finalidad pensada. Donde la energía fotovoltaica genera electricidad y la energía térmica genera calor.

La energía fotovoltaica puede ser almacenada en baterías o usada directamente, mientras la térmica solo puede ser almacenada.

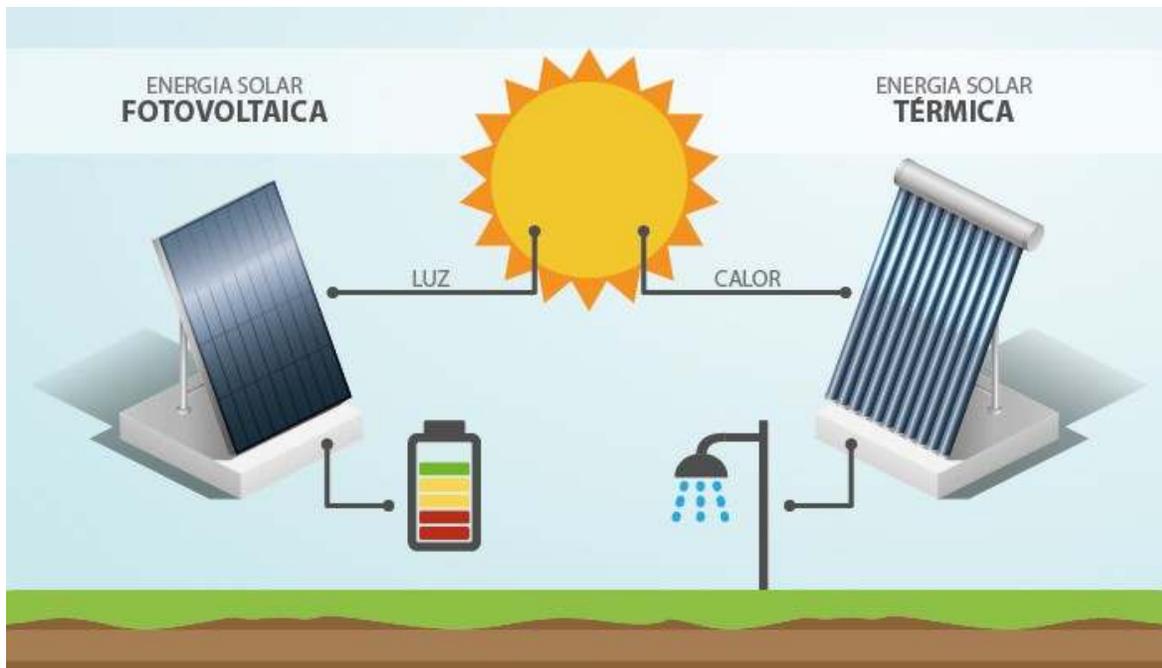


Ilustración 6 Tipos de energía activa.

Fuente: <https://i0.wp.com/becquel.com/blog/wp-content/uploads/2020/01/solar-fotovoltaico-e-solar-termico.jpg?w=700&ssl=1>

2.2.5. Energía Solar Térmica

La energía solar térmica es la transformación de la energía solar en energía térmica. El calor generado puede aprovecharse como agua caliente para consumo doméstico o industrial, también como calefacción. A través de la energía solar térmica, también se puede generar energía eléctrica. Entre los usos de la energía solar térmica están: la calefacción solar, generación de electricidad, calefones, desalinizador, deshidratador.

2.2.6. Energía Solar Fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica se observó por primera vez en 1839, cuando Edmond Becquerel realizaba un experimento con celdas de electrodos metálicas y una solución conductora. Estableció que cuando recibía energía solar aumentaba la carga. Después existieron aportes de Willoughby quien descubre la capacidad de foto conductor del selenio. En 1905 Einstein publicó un artículo sobre la foto electrónica. Pero no es hasta 1954 cuando Laboratorios Bell creando un panel de silicio mediante el trabajo de los científicos Chapin, Fuller, Pearson. En la década de 1960 comienzan a ser utilizados por las agencias espaciales en plena carrera espacial entre los EEUU y la URSS.

La energía fotovoltaica necesita de un proceso químico el cual consiste en la transformación de radiación solar en energía a través de una corriente continua eléctrica. Esto se consigue gracias a los materiales semiconductores como el silicio. Esta transformación se logra gracias a las células fotovoltaicas. (Srivastava et al., 2020).

Ventajas de la energía solar fotovoltaica (Mansouri et al., 2019):

- No genera emisiones de gases de efecto invernadero.
- No requiere de la combustión de combustibles fósiles.
- Es fácil incrementar o quitar módulos según la necesidad energética.
- La escala es variable, se pueden desarrollar proyectos de centrales fotovoltaicas como proyectos residenciales.

Ecuador ha hecho grandes esfuerzos en el aprovechamiento de energías renovables que representan el 51.78% que equivalen a 13638,38 Gw.

Como se muestra en el grafico a continuación la mayor cantidad de energía producida es la de generación hidroeléctrica:

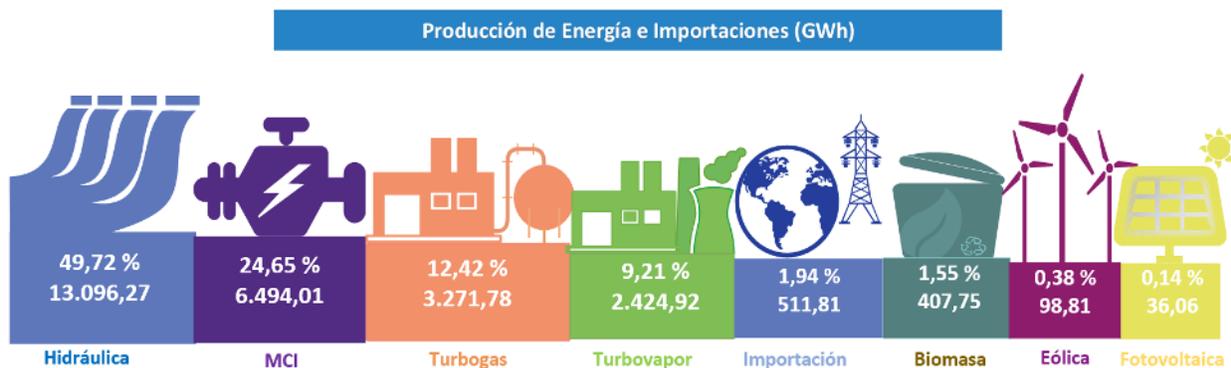
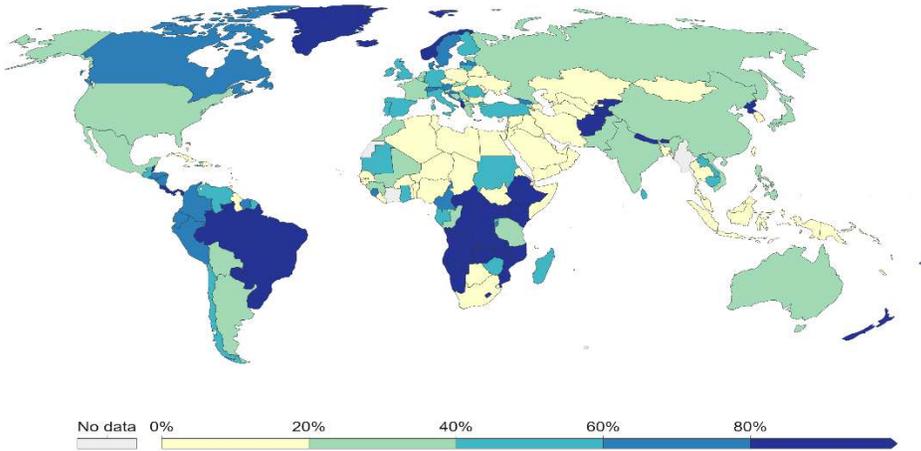


Ilustración 7 Energías renovables en Ecuador.

Fuente: <https://solergyecuador.com.ec/noticias/ecuador-posee-un-5178-de-energia-renovable/>

Share of electricity production from renewables, 2020

Renewables includes electricity production from hydropower, solar, wind, biomass, and waste, geothermal, wave and tidal sources.



Source: Our World in Data based on BP Statistical Review of World Energy & Ember (2021)

OurWorldInData.org/energy - CC BY

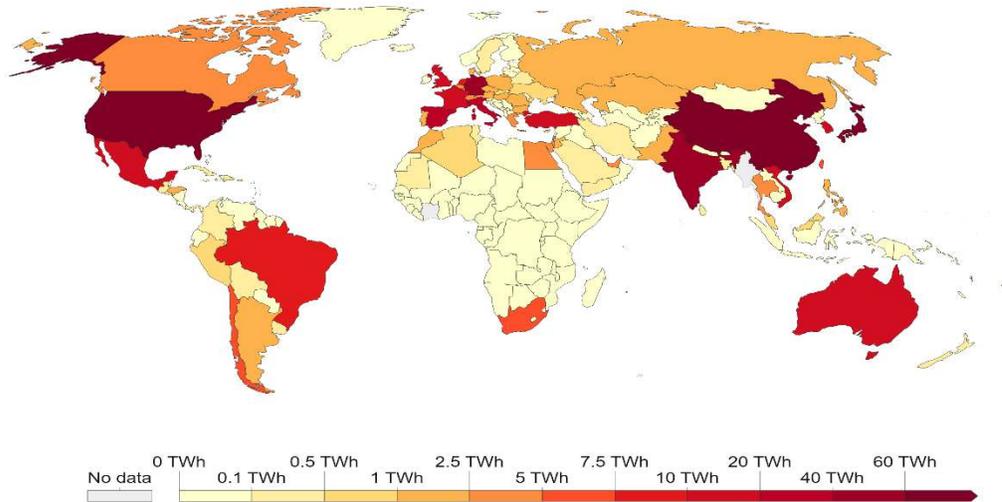
Ilustración 8 Producción de energía renovable en el mundo.

Fuente: <https://ourworldindata.org/renewable-energy>

No obstante, de toda la energía renovable utilizada en el país, la energía fotovoltaica es la de menor participación con apenas 0.14% del total de la energía producida en el país(Incluye importaciones).

Solar power generation, 2020

Electricity generation from solar, measured in terawatt-hours (TWh) per year.



Source: Our World in Data based on BP Statistical Review of World Energy & Ember

OurWorldInData.org/renewable-energy - CC BY

Ilustración 9 Producción de energía solar mundial.

Fuente: <https://ourworldindata.org/renewable-energy>

A nivel global la energía fotovoltaica ocupa el tercer lugar como fuente de energía renovable. Las fuentes renovables que ocupan las primeras posiciones son la energía hidráulica y eólica respectivamente.

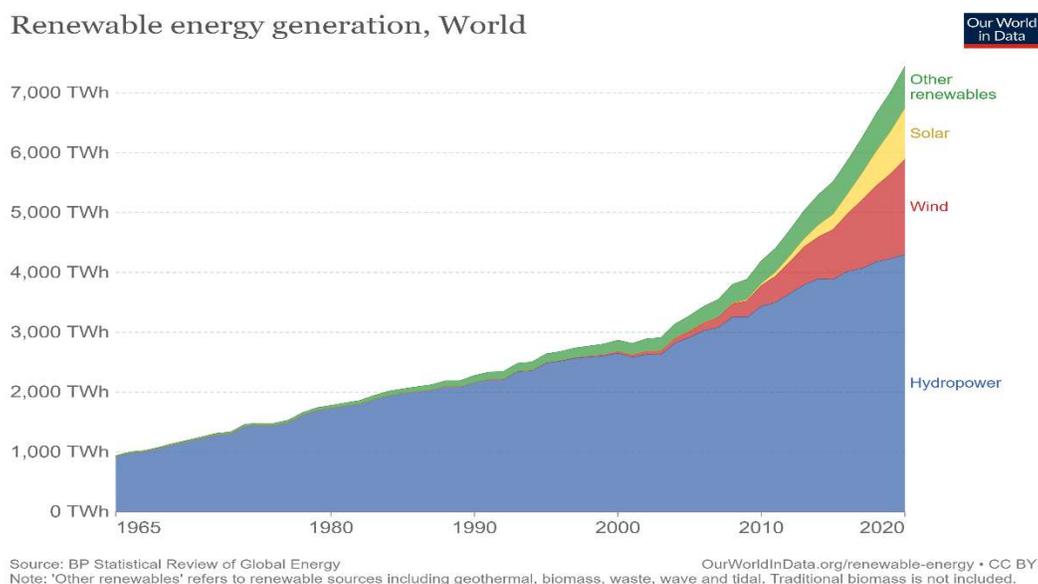


Ilustración 10 Producción de energía renovable por tipo.

Fuente: <https://ourworldindata.org/renewable-energy>

La comisión Internacional de Energía espera un crecimiento consistente de la energía fotovoltaica a nivel mundial (Agency, 2019).

Es de esperar que en Ecuador se dé el mismo crecimiento, en diciembre del 2020 el Ministerio de energía y recursos no renovables ya adjudicó el proyecto fotovoltaico “El Aromo” con una capacidad instalada de 200MW a la empresa española SOLARPACKTEAM (*CELEC EP y Solarpackteam Coordinan Los Temas de Interconexión Entre La Futura Central Fotovoltaica El Aromo y La Subestación San Juan de Manta 20-ENE-2021, n.d.*).

2.2.7. Factores de Incidencia en el aprovechamiento de la Energía Eléctrica Fotovoltaica

El planeta recibe una gran cantidad de energía cada día, pero esta cantidad no es constante para todos los puntos del planeta. En otras palabras la cantidad de energía recibida en un punto en particular varía de un lugar a otro, esto debido a diversos factores. Entre los de mayor incidencia tenemos:

2.2.7.1 Geometría Solar

El aprovechamiento de la energía solar se ve determinada por la ubicación geográfica del proyecto. Variables como la longitud, latitud o efectos como la rotación y traslación de la tierra generan que haya lugares de mayor o menor abundancia del recurso de energía solar.

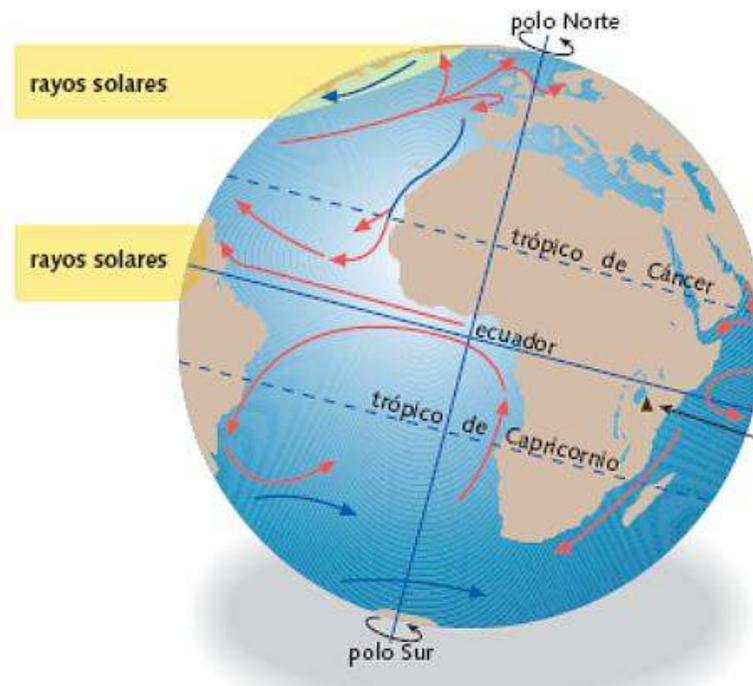


Ilustración 11 Geometría Solar.

Fuente: <https://insidethenature.wordpress.com/2013/01/03/dia-del-perihelio-terrestre/insolacion-segun-latitud/>

2.2.7.2 Ángulos Solares

Con las variables mencionadas por la geometría solar, se generan los llamados ángulos solares, que son la posición del sol con respecto a un punto específico en la tierra, los cuales cambian dependiendo del tiempo. Los ángulos solares, la posición del sol con

respecto a un punto fijo en la tierra siempre va cambiando de acuerdo con la estación del año en la que se encuentre.

Los tipos de ángulos solares son: Angulo horario, Ángulo de altitud solar, Ángulo de acimut, y Angulo de Cenit.

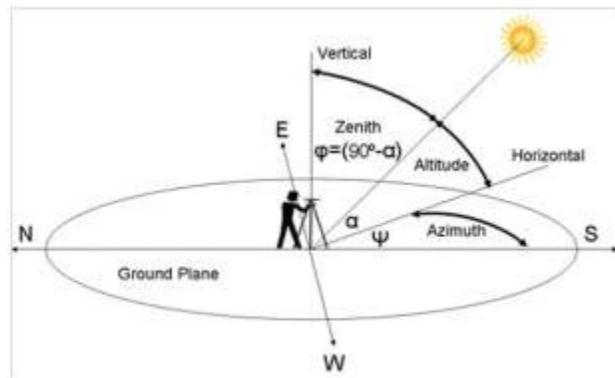


Ilustración 12 Ángulos Solares.

Fuente: <https://elblogdelinstalador.com/energetica-y-geometria-solar/>

2.2.7.3 Irradiancia

La irradiancia se define como la cantidad de energía solar disponible por unidad de superficie. (Tan David, 2011)

2.2.7.4 Irradiación

La irradiación se la suele llamar insolación, es la energía incidente por unidad de superficie sobre una locación en un tiempo determinado, su unidad de medida es Kwh/m² (Tan David, 2011)

2.2.8. Sistema de Bombeo Fotovoltaico.

El sistema de bombeo estará compuesto a su vez por varios subsistemas:

Sistema Generador Fotovoltaico

Sistema de acondicionamiento de potencia.

Sistema de Acumulación

Sistema Motor-Bomba.

Los sistemas de bombeo fotovoltaicos pueden ser:

Sistemas de bombeo solar directo.- este sistema se realiza únicamente cuando hay presencia de radiación solar, por lo que es limitado al día.

Sistema de Bombeo Solar con baterías.- este sistema a diferencia del anterior incluye un sistema de acumulación (Baterías)

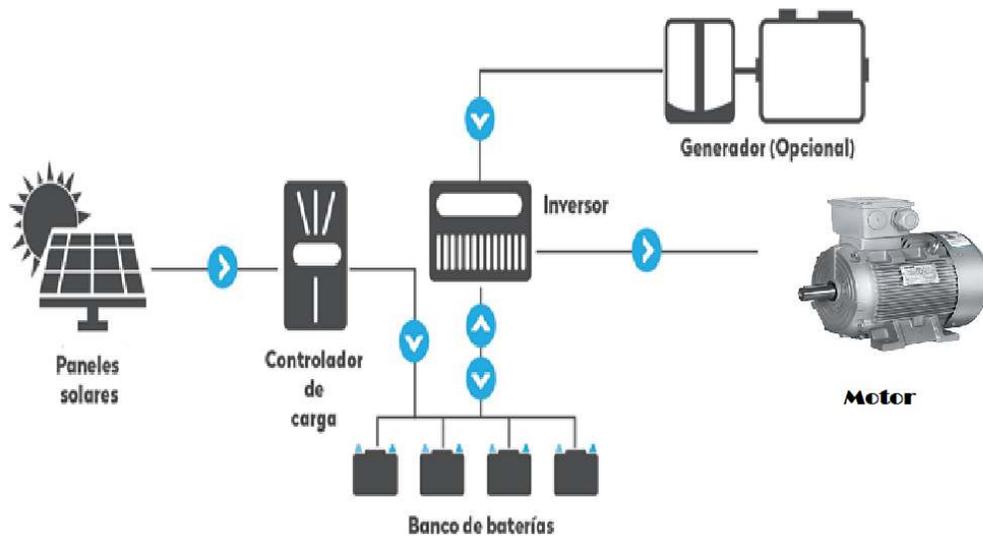


Ilustración 13: Sistema Fotovoltaico.

Fuente: [Sistema Fotovoltaico Aislado Con Equipo Outback Power \(rsolar.com.mx\)](http://rsolar.com.mx)

El sistema genera corriente continua DC, por lo cual necesitara de Inversor para su transformación a AC trifásico por la necesidad de los motores. (Caiza, 2017)

2.2.9. Modulo Fotovoltaico.

También denominados paneles solares son los que transforman la energía solar en energía eléctrica. Están formados por un conjunto de células conectadas en serie para obtener una tensión de salida específica: 12, 36 o 48 voltios.

2.2.10. Tipos de Paneles Solares.

Existen diferentes tipos de paneles solares, por su configuración eléctrica, por sus características constructivas, forma etc. Por su configuración eléctrica los paneles de 36 células ofrecen potencia entre los 50 y 100 vatios pico.

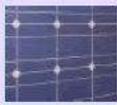
CÉLULAS		RENDIMIENTO LABORATORIO	RENDIMIENTO DIRECTO	CARACTERÍSTICAS	FABRICACIÓN
	MONOCRISTALINO	24 %	15 - 18 %	Es típico los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí (Czochralsky).	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	POLICRISTALINO	19 - 20 %	12 - 14 %	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules.	Igual que el del monocrystalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización.
	AMORFO	16 %	< 10 %	Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico.

Ilustración 14 Tipos y características de paneles solares.

Fuente: <https://eliseosebastian.com/wp-content/uploads/2013/01/CuadroB.jpg>

Los paneles solares pueden conectarse en serie o en paralelo, donde:

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + \dots + V_n$$

El voltaje total es la suma de los voltajes nominales.

Donde,

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + \dots + I_n$$

It es la corriente total y es igual a la suma de las corrientes nominales

2.2.11. Sistema de acumulación.

El sistema de acumulación viene dado por las baterías, las cuales son las encargadas de almacenar el excedente de energía a fin de ser utilizada en los horarios nocturnos principalmente donde no hay generación.

La capacidad de las baterías a instalar se la calcula en función del consumo de carga, número horas y máxima profundidad de descarga (Caiza, 2017).

Las baterías pueden ser:

Baterías de ciclo ligero.

Estas no pueden ser utilizadas hasta que se descarguen completamente, son diseñadas para altas descargas iniciales por lo que son conocidas como baterías de arranque.

Baterías de ciclo profundo.

Son diseñadas para ser utilizadas por mucho tiempo, son más costosas, pero son las mejores para sistemas aislados.

La tecnología fotovoltaica utiliza los siguientes tipos de baterías de ciclo profundo:

- **Baterías de plomo ácido.**

Las placas están formadas por plomo en una solución de ácido sulfúrico, tienen menor costo y por ende son las más comunes.

- **Baterías Níquel Cadmio.**

Están conformadas por Níquel (Positivo) y Cadmio (negativo), pueden ser descargadas totalmente sin que sufran daño permanente, son más costosas en comparación con las de plomo y ácido. (Caiza, 2017)

2.2.12. Regulador de Carga.

Es un dispositivo electrónico que evita la sobrecarga o descargas en las baterías, ocasionando una disminución de la vida útil de las baterías.

2.2.13. Inversor.

Es el componente que transforma la corriente continua en corriente alterna a un voltaje y frecuencia determinada.

2.3. Instalaciones Fotovoltaicas.

Las instalaciones fotovoltaicas pueden ser:

2.3.1. Instalaciones Fotovoltaicas de Conexión a Red.

Este tipo de instalaciones la energía producida es dirigida a la red eléctrica nacional, es decir funciona como una central para la venta de energía, un ejemplo de esto será el proyecto Fotovoltaico del Aromo. En este tipo de conexión también puede darse el caso de que se venda la energía y se consuma la energía de la red, lo cual garantizaría la operación aun si se necesitara más energía de la que se produce.

2.3.2. Instalaciones Fotovoltaicas aisladas de Red.

Este tipo de instalaciones se encuentran aisladas de la red eléctrica, toda su producción es consumida por ellos. (Armijos Luis, 2021)

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA

La camaronera de nuestro estudio se encuentra ubicada en Puerto el Morro, provincia del Guayas. La finca realiza producción de camarón por más de 30 años tiene una extensión de 80 hectáreas. La distribución de la camaronera tiene las siguientes características:

Tabla 2 Area y distribucion de la camaronera.

Detalle	Hectáreas.
Piscina # 1	2.11
Piscina # 2	9.48
Piscina # 3	12.12
Piscina # 4	11.81
Piscina # 5	0.68
Piscina # 6	10.02
Piscina # 7	9.90
Piscina # 8	7.52
Piscina # 9	4.60
Precriadero #1	0.49
Precriadero #2	1.00
Precriadero #3	0.38
Precriadero #4	0.35
Reservorio	4.79
Muros	5.64
Total	80.89

Fuente (el autor)

La superficie neta de producción viene dada por las piscinas y los pre-criaderos, se toman en cuenta los muros y el canal de reservorio que es el que traslada el agua hacia toda la infraestructura. El espejo de agua es 67,56 Ha. netas de producción.

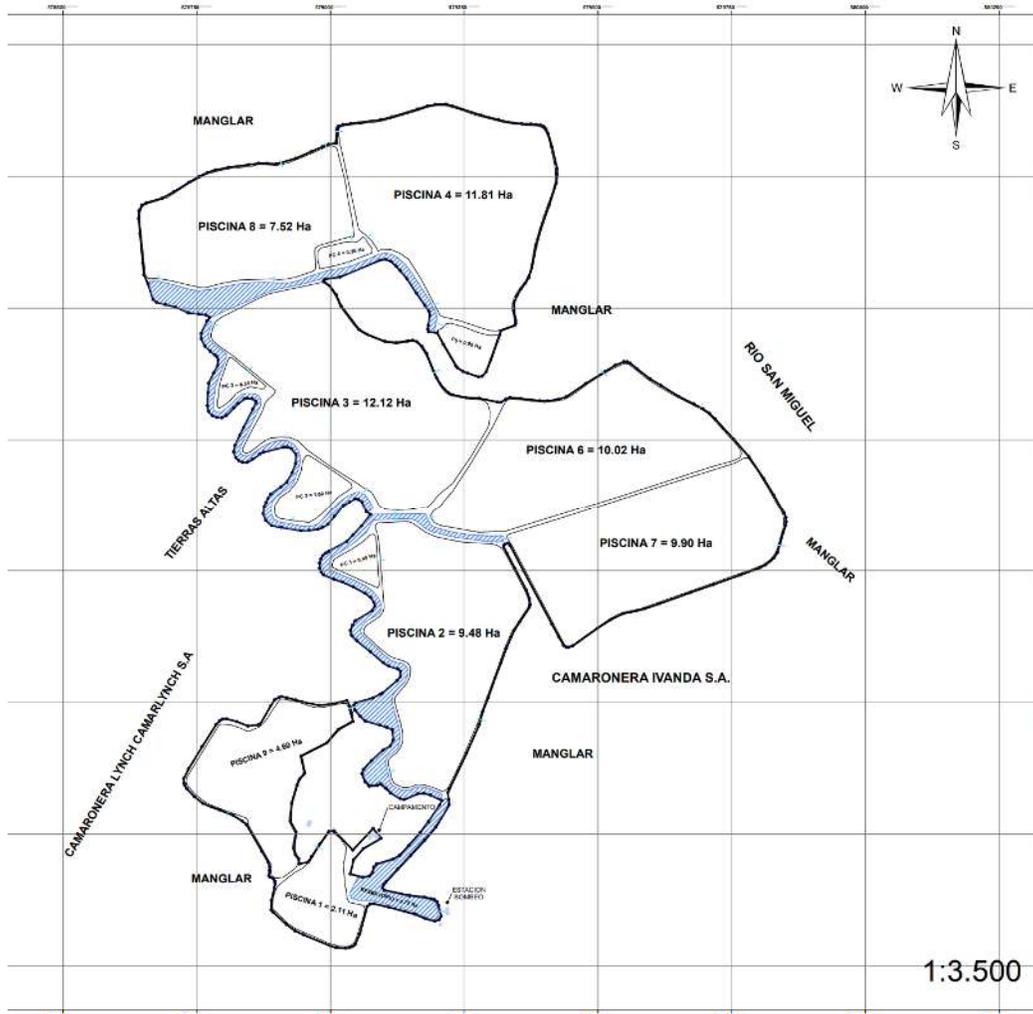


Ilustración 15: Plano de Camaronera.

3.1. Producción.

La producción anual aproximada es de 3.5 ciclos, la producción promedio es de 3646 libras por hectárea, con una producción total anual de 862.133 Libras en promedio.

Como ciclo de producción se entiende en acuicultura el proceso de cultivo desde la siembra de las larvas hasta la cosecha del camarón. Los ciclos han venido disminuyendo en tiempo, fruto de la mejora en la tecnología de cultivo de larvas, como en el cultivo de camarón. Actualmente los cultivos tienen una duración promedio de 91 días.

Tabla 3: Producción Anual de Camarón.

Producción Anual	
Ha. Cultivadas	67.56

Libras promedio por Ha	3,646.00
libras por Ciclo	246,323.76
Ciclos Anuales	3.50
Libras anuales.	862,133.16

Fuente: El autor

La camaronera tiene instalado en la estación de bombeo tres grupos de bombeo:

Tabla 4: Características de Motores de la Estación de Bombeo.

Marca	Potencia		Capacidad de bombeo
MOTOR #1 NWM	160 HP	121 kW	0.7 m3/s
MOTOR #2 NWM	160 HP	121 kW	0.7 m3/s
MOTOR#2 MAXIFORCE	160 HP	121 kW	1,2 m3/s

Fuente: El autor

3.2. Estación de Bombeo.

Se encuentra conformado por tres grupos de bombeo (Bomba, embrague y motor). Cada motor tiene una potencia de 160 HP. Cada motor trabaja 8 horas por día de promedio. El agua es tomada directamente del estero a través de tuberías, los motores generan la energía para el funcionamiento de la bomba, la cual vierte el agua en canal de reservorio a través de tuberías, el canal tiene la función dual las cuales consisten en almacenar y distribuir el agua a las piscinas por gravedad.

3.3. Estimación de la disminución de emisiones de CO₂

Los tres motores utilizados en camaronera generaron un consumo en el año 2021 con el siguiente resumen:

Tabla 5: Consumo anual de Diesel.

CONSUMOS DE DIESEL AÑO 2021	
MES	GALONES.
ENERO	4902
FEBRERO	4472
MARZO	4988
ABRIL	4816
MAYO	4902

JUNIO	4816
JULIO	4902
AGOSTO	4816
SEPTIEMBRE	4816
OCTUBRE	4816
NOVIEMBRE	4816
DICIEMBRE	4988
TOTAL	58050

Fuente (el autor)

El combustible fósil empleado en la producción camaronera del país es el Diesel. La combustión del diésel genera gases de efecto invernadero, como son CO₂, CH₄ Y N₂O (Matsika et al., 2006), A su vez vale destacar que el precio del diésel en el Ecuador está regulado por el gobierno nacional a través de PETROECUADOR:



**PRECIOS DE VENTA EN TERMINAL PARA LAS COMERCIALIZADORAS
CALIFICADAS Y AUTORIZADAS A NIVEL NACIONAL**

PERIODO DE VIGENCIA: A PARTIR DEL 23 DE OCTUBRE DE 2021

DECRETOS EJECUTIVO No. 231

PRODUCTO	Unidad de medida	PRECIO EN TERMINAL (Incluye el 12% del I.V.A.) Expresado en US\$
SECTOR AUTOMOTRIZ		
GASOLINA EXTRA AUTOMOTRIZ	Galones	\$ 2,370450
GASOLINA EXTRA CON ETANOL AUTOMOTRIZ	Galones	\$ 2,370450
DIESEL 2 / DIESEL PREMIUM (AUTOMOTRIZ)	Galones	\$ 1,756150
SECTORES PESQUERO, ATUNERO Y CAMARONERO		
PRODUCTO	Unidad de medida	PRECIO EN TERMINAL (Incluye el 12% del I.V.A.) Expresado en US\$
DESEL 2 PESQUERO	Galones	\$ 1,756150
DIESEL 2 CAMARONERO	Galones	\$ 1,756150
DIESEL 2 ATUNERO	Galones	\$ 1,756150
DIESEL PREMIUM CAMARONERO	Galones	\$ 1,756150
DIESEL PREMIUM ATUNERO	Galones	\$ 1,756150
GASOLINA EXTRA PESQUERO	Galones	\$ 2,370450
GASOLINA EXTRA CON ETANOL PESQUERO	Galones	\$ 2,370450

Ilustración 16 Precios del diesel.

Fuente PETROECUADOR

Por otra parte, el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) generó una metodología para el cálculo de estimación de emisiones de gases contaminantes. El Ministerio del ambiente del Ecuador, basado en mencionada metodología generó una herramienta de cálculo denominada “**Guía de Métodos de Estimación y Reporte al Registro de Emisión y Transferencia de Contaminantes (RETC) del Ecuador**”.

3.3.1. Factor de conversión para estimar la cantidad de CO2 equivalente

Para poder establecer una medida total de contaminación en términos de Carbono se tiene la siguiente ecuación (IPCC, 2006):

$$E_{CO_2-eq} = E_{CO_2} + 25 * E_{CH_4} + 298 * E_{N_2O}$$

Esta Ecuación muestra una medida general de los gases contaminantes que son generados por el proceso de combustión del Diesel utilizado en la actividad productiva.

3.4. Radiación Solar

Se consideró para el diseño del sistema fotovoltaico la herramienta proporcionada por la Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), que proporciona los datos de irradiación recibida para la locación de la camaronera ubicada en Morro, estos datos utilizados pertenecen a los valores promedios del año 2015.



Ilustración 17 Irradiación histórica en la ubicación del proyecto.

Fuente: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools

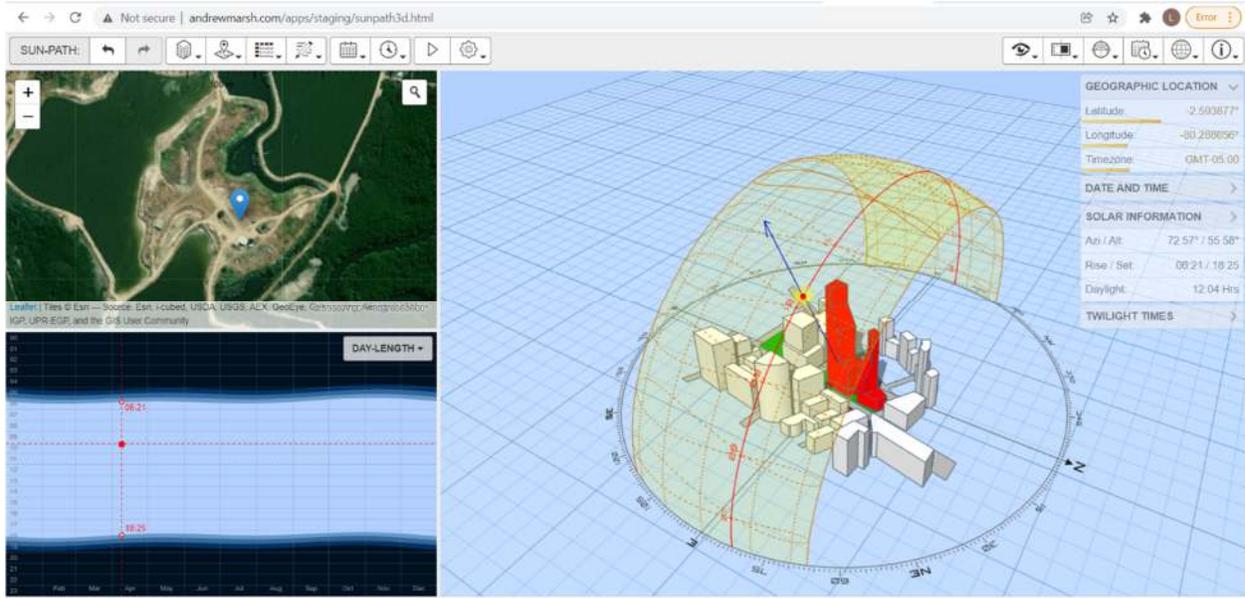


Ilustración 18 Ubicación geográfica del sol referente a la ubicación del proyecto en un día puntual.

Fuente: <http://andrewmarsh.com/apps/staging/sunpath3d.html>

3.5. Dimensionamiento del Sistema de fotovoltaico de Bombeo.

Dentro del dimensionamiento del sistema fotovoltaico, se establece la necesidad de instalar un motor eléctrico que cumpla con la necesidad de potencia para abastecer a la bomba instalada. La potencia actual de cada motor es de 160 HP, es decir 121 KW. Junto con esto se debe instalar un inversor que permita el cambio de energía DC a AC Trifásico.

3.5.1. Estimación de potencia requerida por el sistema fotovoltaico a la estación de bombeo.

Para el cálculo de la potencia requerida por el sistema de bombeo se estimó el volumen de agua de recambio diario necesario, para esto utilizamos la siguiente ecuación:

$$P_b = \rho * g * Q_r * h$$

Donde:

P_b : presión de bombeo en [W]

ρ : densidad del fluido (agua=1000[kg/m³])

g : gravedad (9.81[m/s²])

Q_r : caudal requerido para recambio de agua en [m³/s]

h : altura dinámica de bombeo ([m])

(Salazar Patricio & Enrico Delfine, 2019)

Caudal requerido:

$$Q_r = \frac{V_r}{t_b}$$

V_r : Volumen de recambio de agua (15% del volumen total de agua en los estanques en [m³])

t_b : tiempo disponible de bombeo en [s]

Área total de estanques.

Profundidad de los estanques.

Volumen total de estanques.

Considerando una eficiencia del conjunto motor-bomba del 85%, se obtiene la potencia total requerida a ser suministrada.

3.5.2. Área necesaria para colocación de Paneles Solares.

De los datos obtenidos de irradiación, en el punto de estudio, tomamos el menor valor para dimensionar el área de los paneles necesaria para generar la potencia requerida.

	Irradiación [Kwh/m ²]	Irradiancia [Kw/m ²]
ene-15	164.82	0.2215323
feb-15	144.56	0.2151190
mar-15	165.50	0.2224462
abr-15	159.22	0.2211389
may-15	151.87	0.2041263
jun-15	148.55	0.2063194
jul-15	141.34	0.1899731
ago-15	148.09	0.1990457
sep-15	160.73	0.2232361

oct-15	156.00	0.2096774
nov-15	145.90	0.2026389
dic-15	176.09	0.2366801
Promedio	155.223	0.2126611

La menor irradiancia anual se tiene en el mes de julio, con 0.1899731[Kw/m²], para lo cual se considera paneles comerciales con eficiencia del 16% y la expresión dada por:

$$P_{PV} = I * A * \eta$$

P_{PV} : Potencia fotovoltaica en [Kw]

I : Irradiancia en el punto de estudio en [Kw/m²]

A : Superficie total de paneles en [m²]

η : Eficiencia de los paneles [%]

(Salazar Patricio & Enrico Delfine, 2019)

De esta expresión deducimos el área mínima requerida para poder satisfacer la demanda de potencia:

$$A_{min} = \frac{P_{PV}}{I * \eta}$$

3.5.3. Numero de Paneles Solares.

Para este dimensionamiento se utilizarán paneles de 240[Wp] con un área de 1.64x0.99[m²], para lo cual se calcula la cantidad de paneles necesarios de acuerdo con el área encontrada añadiendo un margen de seguridad del 4%:

$$N_p = \frac{\text{Margende Seguridad x Area Total}}{\text{Area Panel}}$$

3.5.4. Baterías de acumulación.

La cantidad de baterías de acumulación viene dada por la necesidad de energía que requiere el sistema de bombeo por las noches, tomando en cuenta la tensión necesitada.

Donde:

$$C = \frac{(P_{INV})(H_R)}{(V_{INV})(P_D)}$$

C = Capacidad del sistema de baterías (Ah).

P_{INV} = Potencia del Inversor (w)

H_R = Autonomía del sistema de baterías (h)

V_{INV} = Voltaje de entrada del inversor (%)

P_D = Profundidad de descarga de baterías(V).(Solórzano Neira Genesis., 2017)

3.6. Evaluación Económica.

La evaluación económica viene dada principalmente por dos criterios:

3.6.1. V.A.N.

El VAN es el valor actual neto del proyecto consiste en la suma de los flujos financieros en un tiempo determinado, considerando una tasa de interés. Para este proyecto no existen flujos de ingresos, ya que la energía generada no es comercializada sino consumida. Por lo tanto, solo se tienen los costos de inversión y mantenimiento por lo cual la regla de decisión será la del menor valor actual neto.

3.6.2. T.I.R.

El TIR es la tasa interna de retorno, es decir una vez cubierta la tasa de interés utilizada, que tasa de retorno tiene el inversionista, este concepto no lo podemos aplicar al proyecto por la razón de al no existir ingresos la TIR saldrá negativa y por norma el proyecto debe rechazarse.

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS

4.1. Cálculo de Emisiones generadas por sistema de bombeo Motores a Diesel.

Con los consumos de diésel generados por los motores de la estación de bombeo y mediante las herramientas de cuantificación existentes (IPCC, RETC) se establecieron los siguientes resultados:

Tabla 6 Emisiones de GEI generadas por los motores a combustion.

Periodo.	Consumo de Diésel [gal]	Consumo de Energía [Mwh]	Emisiones de CO ₂ [Ton]	Emisiones de CH ₄ [Ton]	Emisiones de N ₂ O [Ton]	Emisiones Totales de CO ₂ Eq. [Ton]
Ene-21	4902	72.01	46.6579	0.0019	0.0004	46.8178
Feb-21	4472	65.69	42.5651	0.0017	0.0003	42.7109
Mar-21	4988	73.27	47.4765	0.0019	0.0004	47.6391
Apr-21	4816	70.75	45.8394	0.0019	0.0004	45.9964
May-21	4902	72.01	46.6579	0.0019	0.0004	46.8178
Jun-21	4816	70.75	45.8394	0.0019	0.0004	45.9964
Jul-21	4902	72.01	46.6579	0.0019	0.0004	46.8178
Ago-21	4816	70.75	45.8394	0.0019	0.0004	45.9964
Sep-21	4816	70.75	45.8394	0.0019	0.0004	45.9964
Oct-21	4816	70.75	45.8394	0.0019	0.0004	45.9964
Nov-21	4816	70.75	45.8394	0.0019	0.0004	45.9964
Dic-21	4988	73.27	47.4765	0.0019	0.0004	47.6391
Total	58050	852.76	552.5283	0.0224	0.0045	554.4208

Fuente (el autor)

La tabla 6 muestra que en el año 2021 en la estación de bombeo de la camaronera se generó un consumo de diésel total de 58,050 galones. Esto genero a su vez la emisión de 552.53 toneladas de Dióxido de carbono (CO₂), 0.0224 toneladas de Metano (CH₄) y 0.000045 toneladas de óxido nitroso (N₂O).

Aplicando la ecuación de factores de conversión al metano y al óxido nitroso y sumando a la cantidad de CO₂ emitida se obtuvo la cantidad total estimada en términos de carbono equivalente (CO₂ EQ) de 554.42 toneladas

Emisiones Generadas [Ton-CO₂eq]	554.42
---	--------

4.1.1. Estimación de emisiones generadas por consumo de combustible en 2021

Con este valor podemos obtener un valor de Ton-CO₂ por libra producida al dividirla para la producción de la camaronera:

Total de Ton-CO ₂ eq.	554.4208
Libras Anuales	862,133.16
Ton-CO ₂ eq. Por Libra producida	0.00064308

Con este valor y conociendo las exportaciones de camarón del 2021 podemos estimar la cantidad total de emisiones de [Ton-CO₂eq] que se liberaron por uso de diésel en estaciones de bombeo

Toneladas de Camarón exportado.	861,800.00
Libras por tonelada	2,204.62
Total de Libras Exportadas 2021	1,899,941,000.00
Ton-CO ₂ eq por Libra de Camarón producido.	0.00064308
Total de Ton-CO₂eq.	1,221,814.39

Podemos estimar que en 2021 se emitieron 1,221,814 Ton-CO₂eq por consumo de diésel en estaciones de bombeo de camaroneras en el Ecuador.

4.2. Irradiación.

La irradiación solar obtenida en la ubicación de la camaronera tiene una media 0.155 Mwh/m², lo que confirma el gran potencial de proyectos fotovoltaicos en la zona. (PVGIS)

Tabla 7: Irradiación en el proyecto.

Meses	Irradiación[Mwh/m ²]
Ene-21	0.165
Feb-21	0.145
Mar-21	0.166
Apr-21	0.159
May-21	0.152
Jun-21	0.149
Jul-21	0.141
Ago-21	0.148
Sep-21	0.161
Oct-21	0.156
Nov-21	0.146
Dic-21	0.176
Promedio	0.155

Fuente (el autor)

Un punto importante es que el valor mínimo fue de 0.141 Mwh/m² y el valor, es decir un valor cercano a la media lo que muestra la poca dispersión de los datos.

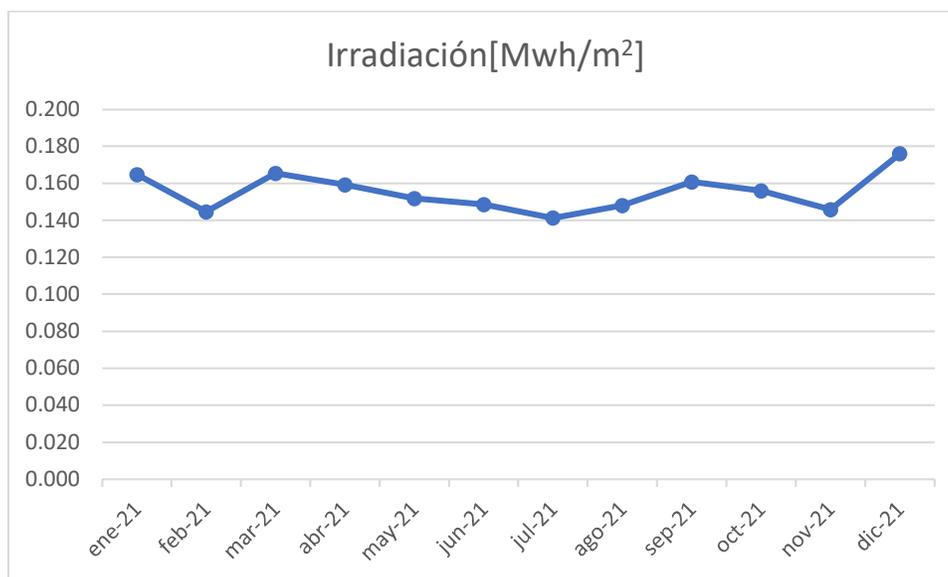


Ilustración 19 Variación de la Irradiación en la ubicación del proyecto.

Fuente (el autor)

4.3. Energía Fotovoltaica esperada.

Para poder estimar la cantidad de energía necesaria fue preciso transformar los galones de diésel a energía. La siguiente tabla muestra los valores de Irradiación e irradiancia en el lugar de estudio, con esto se calculan los valores esperados de Potencia y Energía teórica generados por el sistema fotovoltaico:

Tabla 8 Energía fotovoltaica esperada.

	Irradiación [Mwh/m ²]	Energía FV requerida [Mwh]	Irradiancia [Mw/m ²]	Potencia teórica	Energía teórica
Jan-15	0.165	72.01	0.0002215	0.1673	124.4572
Feb-15	0.145	65.69	0.0002151	0.1624	109.1587
Mar-15	0.166	73.27	0.0002224	0.1680	124.9707
Apr-15	0.159	70.75	0.0002211	0.1670	120.2286
May-15	0.152	72.01	0.0002041	0.1541	114.6785
Jun-15	0.149	70.75	0.0002063	0.1558	112.1715
Jul-15	0.141	72.01	0.0001900	0.1435	106.7272
Aug-15	0.148	70.75	0.0001990	0.1503	111.8242
Sep-15	0.161	70.75	0.0002232	0.1686	121.3688
Oct-15	0.156	70.75	0.0002097	0.1583	117.7971
Nov-15	0.146	70.75	0.0002026	0.1530	110.1705
Dec-15	0.176	73.27	0.0002367	0.1787	132.9673
Promedios	0.155	71.06	0.0002127	0.1606	117.2100

Fuente (el autor)

4.3.1. Cálculo de potencia requerida.

Cálculo de la potencia:

$$P_b = \rho * g * Q_r * h$$

Caudal requerido:

$$Q_r = \frac{V_r}{t_b} = \frac{115137}{28800} = 3.99[m^3/s]$$

V_r : Volumen de recambio de agua (15% del volumen total de agua en los estanques en [m³])

t_b : tiempo disponible de bombeo en (8[h]=28800[s])

Área total de estanques = 69.78[Ha]*10000[m²/Ha] = 697800[m²]

Profundidad de los estanques = 1.1[m]

Volumen total de estanques = 767580[m³]

$$P_b = \rho * g * Q_r * h$$

$$P_b = 1000 * 9.81 * 3.99 * 3$$

$$P_b = 117655[W] = 117.65[Kw]$$

Potencia total requerida a ser suministrada: 138.4[Kw].

4.4. Área de terreno para Paneles Solares

La menor irradiancia anual se tiene en el mes de julio, con 0.1899731[Kw/m²], para lo cual se considera paneles comerciales con eficiencia del 16% y la expresión dada por:
De esta expresión deducimos el área mínima requerida para poder satisfacer la demanda de potencia:

$$P_{PV} = I * A * \eta$$

$$A_{min} = \frac{P_{PV}}{I * \eta} = \frac{138.4}{0.1899 * 0.16}$$

$$A_{min} = 4554[m^2]$$

4.5. Numero de Paneles Solares

Para este dimensionamiento se utilizarán paneles de 240[Wp] con eficiencia del 16% y con un área de 1.64x0.99[m²], para lo cual se calcula la cantidad de paneles necesarios de acuerdo con el área encontrada añadiendo un margen de seguridad del 4%:

$$N_p = \frac{1.04 * 4554}{1.6236}$$

$$N_p = 2917 \text{ paneles}$$

4.6. Numero de Baterías:

Para la obtención del número de baterías se necesitó obtener primero la capacidad del banco de baterías, considerando una capacidad de reserva de 4 horas del sistema:

$$\text{Capacidad del Banco} = \frac{\text{Pinv-cc (Wp)} * \text{HR}}{\text{V(inv)} * \text{PD}} = \frac{700000 * 4}{800 * 0.4} = 8750 \text{ Ah}$$

$$\text{\# de Baterías en Serie} = \frac{\text{V(inv)}}{\text{V(Batería)}} = \frac{800}{24} = 34$$

$$\text{\# de Baterías en Paralelo} = \frac{\text{Capacidad del Banco}}{\text{Capacidad de batería}} = \frac{8750}{1280} = 7$$

BATERIAS TOTALES	BATERIAS EN SERIE	BATERIAS EN PARALELO
238	34	7

4.7. Valor Actual Neto.

Para calcular el VAN es necesario establecer los costos de la instalación y mantenimiento del sistema fotovoltaico y de los costos de la renovación y mantenimiento del sistema a combustión tradicional. Se estableció una vida útil del proyecto de 20 años ya que es la vida útil de los motores y los paneles solares.

4.7.1. Costos de Inversión Sistema Fotovoltaico:

Tabla 9 Costos de inversión Sistema fotovoltaico.

Sistema Fotovoltaico	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Motor eléctrico 150 HP	3.00	\$ 40,000.00	\$ 120,000.00
Inversor 350 Kw	4.00	\$ 12,000.00	\$ 48,000.00
Baterías de acumulación 24 V	238.00	\$ 3,800.00	\$ 904,400.00
Paneles solares 240W	2917.00	\$ 401.79	\$ 1,172,008.93
Soportes de Paneles solares	2917.00	\$ 40.00	\$ 116,680.00
M/O Instalación del Sistema	2917.00	\$ 27.43	\$ 80,000.00
Suministros y Materiales	1.00	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00
Total			-\$ 2,461,088.93

Fuente (el autor)

Costos de Operación y Mantenimientos anuales:

*Se considera una renovación de Baterías e Inversores a los 10 años.

Tabla 10 Costos de operación y mantenimiento de SFV.

Sistema Fotovoltaico	Cantidad	Costo Unitario	Total Anual.
----------------------	----------	----------------	--------------

Inversor 350 Kw	4.00	\$ 12,000.00	
Baterías de acumulación 24 V	238.00	\$ 3,800.00	
(1) Encargado de Limpieza de Paneles	15.00	\$ 425.00	\$ 6375.00
Mantenimiento Motor eléctrico	3.00	\$ 1,500.00	\$ 4,500.00
Mantenimiento Inversores	1.00	\$ 500.00	\$ 500.00
Mantenimiento Baterías de acumulación	238.00	\$ 7.00	\$ 1,666.00
Mantenimiento Paneles solares	2917.00	\$ 0.16	\$ 466.72
Valor Actual Neto.			\$ 13,507.72

Fuente (el autor)

Valor Actual Neto	-\$2,807,456.33
-------------------	-----------------

4.7.2. Valor Actual neto Sistema Motor a combustión.

Sistema Motor Diesel	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Motor a Combustion 160 HP	3.000	\$ 25,000.00	\$ 75,000.00
Total			\$ 75,000.00

*Se considera una renovación de Motores a los 10 años.

Costos de Operación y Mantenimientos anuales:

Tabla 11 Costos de mantenimiento y operación sistema a combustión.

Sistema Motor Diesel	Cantidad	Costo Unitario	Costo Anual.
Mantenimiento Motor Diesel	3.000	\$ 3,000.00	\$ 9,000.00
Transporte del diésel	58050.000	\$ 0.01	\$ 580.50
Combustible (Diesel)	58050.000	\$ 1.56	\$ 90,703.13
Valor Actual Neto.			\$ 100,283.63

Fuente (el autor)

Valor Actual Neto	-\$759,422.36
-------------------	---------------

Con los resultados financieros se escoge mediante la regla de decisión del menor VAN, por lo tanto sería mantener los sistemas de bombeo a combustión con un VAN de -\$759,422.36.

4.7.3. Valor Actual neto Sistema Motor a combustión (Eliminación del subsidio).

Precio promedio diésel en el mundo es volátil ya que está ligado al precio del petróleo. Un valor referencial estaría entre \$3 a \$4 por galón, para el análisis se tomará un valor medio de \$3.50

Sistema Motor Diesel	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Motor a Combustion 160 HP	3.000	\$ 25,000.00	\$ 75,000.00
Total			\$ 75,000.00

*Se considera una renovación de motores a los 10 años.

Costos de Operación y Mantenimientos anuales:

Tabla 12 Costos de operación y mantenimiento motores a combustión (Sin subsidio)

Sistema Motor Diesel	Cantidad	Costo Unitario	Costo Anual.
Mantenimiento Motor Diesel	3.00	\$ 3,000.00	\$ 9,000.00
Transporte del diésel	58050.00	\$ 0.01	\$ 580.50
Combustible	58050.00	\$ 3.50	\$ 203,175.00
Valor Actual Neto.			-\$ 212,755.50

Fuente (el autor)

Valor Actual Neto	-\$1,621,862.95
--------------------------	------------------------

Con los resultados financieros se escoge mediante la regla de decisión del menor VAN, por la tanto seria mantener los sistemas de bombeo a combustión con un VAN de - **\$1,621,862.95**.

4.7.4. Valor Actual neto Sistema Fotovoltaico (Sin Baterías de acumulación).

Tabla 13 Costos de Inversión SFV sin acumulación de energía.

Sistema Fotovoltaico	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Motor Eléctrico 150 HP	3.00	\$40,000.00	\$ 120,000.00
Inversor 350 Kw	4.00	\$12,000.00	\$ 48,000.00
Paneles solares 240W	2917.00	\$ 401.79	\$ 1,172,008.93
Soportes Paneles solares	2917.00	\$ 40.00	\$ 116,680.00
M/O Instalación del Sistema	2917.00	\$ 27.43	\$ 80,000.00
Suministros y Materiales	1.00	\$20,000.00	\$ 20,000.00
Total.			-\$1,556,688.93

Costos de Operación y Mantenimientos anuales:

Se considera renovación del inversor a los 10 años

Tabla 14 Costos de Operación SFV sin acumulación de energía.

Sistema Fotovoltaico	Cantidad	Costo Unitario	Costo Anual.
Inversor 350 Kw	4.00	\$12,000.00	
(1) Encargado de Limpieza de Paneles	15.00	\$ 425.00	\$ 6,375.00
Mantenimiento Motor Eléctrico	3.00	\$ 1,500.00	\$ 4,500.00
Mantenimiento Inversores	1.00	\$ 500.00	\$ 500.00
Mantenimiento Paneles solares	2917.00	\$ 0.16	\$ 466.72
Valor Actual Neto			-\$91,376.96

Valor Actual Neto	-\$1,648,065.89
-------------------	------------------------

En este caso los valores actuales netos son casi los mismos, no considerar acumulación y en un escenario sin subsidios en el sistema, generaría que la decisión sea indiferente económicamente hablando, pero con un gran aporte en lo ambiental con la eliminación de emisiones.

El TIR se desestima por que no existen flujos de ingresos en el análisis.

4.7.5. Desechos Peligrosos generados.

Los desechos peligrosos principalmente están dados por los residuos al realizar los mantenimientos a los tres motores en la estación de bombeo, cada motor se le cambia el aceite, un filtro de aceite, 2 filtros de combustible, 1 filtro de aire. Los mantenimientos se ejecutan mensualmente (El filtro de aire no se lo considera peligroso).

Tabla 15 Desechos peligrosos generados (Anual)

Desechos Peligrosos.	Cantidad	Motores	PESO (Kgs.)	Peso total
FILTRO DE AIRE	36.00	Unidades	0	0.00
FILTRO DE COMBUSTIBLE	72.00	Unidades	1	72.00
FILTRO DE ACEITE	36.00	Unidades	1.5	54.00
ACEITE USADO.	228.00	Galones	3.35	763.80
GUAPE	36.00	Libras	0.45	16.33
			TOTAL (Kgs.)	906.13

Fuente (el autor)

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

A través de la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaica en una camaronera ubicada en Puerto el Morro, se pueden mitigar 554.42 toneladas de CO₂-Equivalente, generadas actualmente por el consumo de diésel por los tres motores instalados en estación de bombeo.

Haciendo una calculo conociendo la producción de la camaronera, podemos estimar la cantidad de toneladas de Co₂-Equivalente por libra producida que es 0.00064308. En el año 2021 se exportaron 1,899.6 millones de libras en el Ecuador, con este dato podríamos estimar que se generarían un aproximado de 1,221,814.39 toneladas de CO₂-Equivalente por el uso de combustibles fósiles en las estaciones de bombeo de camaroneras del país.

La relación costo beneficio no fue la esperada, el costo de inversión en los elementos necesarios para la instalación del sistema fotovoltaico es muy elevada en comparación a los costos actuales de la estación de bombeo con motores a combustión.

Se realizo un ejercicio con precios de combustible a precios reales (sin subsidios), el resultado si bien disminuyo la diferencia económica, sigue siendo muy elevada la diferencia por lo tanto sigue siendo la mejor decisión mantener los motores a combustión.

Un tercer escenario fue el no considerar baterías y la eliminación de los subsidios, en el cual la evaluación financiera pasa a ser indiferente pues los valores actuales son prácticamente los mismos, pero con un gran beneficio ambiental ante la mitigación de gases de efecto invernadero.

El diseño del sistema solar fotovoltaico fue técnicamente viable, se necesitarán 2917 paneles solares de 240 Wp, en un área de 4554 m², además se necesitarán 238 baterías

de 24 V y 1230 Ah, se consideró cuatro Inversores trifásicos de 350 Kw. y tres Motores eléctricos trifásicos de 150HP para proveer de energía a las bombas lo cual es perfectamente realizable si se cuenta con el recurso financiero.

Con el cambio de sistema energético se eliminarían 906.13 Kilos de desechos peligrosos, que se componen de Aceite usado, filtros de aceite y filtros de combustible y guaipe.

5.2. Recomendaciones.

Se recomienda el análisis del impacto del consumo del diésel de los aireadores, no se pudo realizar porque en la camaronera no se utilizan actualmente ya que la calidad del agua es buena, estos dispositivos son más utilizados en zonas en que la calidad del agua es limitada lo cual tiene una relación con la densidad del cultivo.

Se recomienda el análisis de viabilidad de financiamiento por parte del Estado Ecuatoriano para la inversión inicial con una tasa de interés que incentive el incremento de esta tecnología, considerando los ahorros futuros por eliminación de consumo de diésel subsidiados y los efectos mitigados de los GEI.

Se recomienda el análisis para camaroneras de tierras altas, ya que el análisis económico es muy sensible a la altura que se tiene desde espejo de agua del brazo de mar hasta la altura de la descarga del reservorio.

6. Referencias

BIBLIOGRAFIA

Agency, I. E. (2019). World Energy Balances 2019 Edition. *BP Energy Outlook 2019*.

Álvarez, M., Fimbor-Espol, P., Marcillo, F., Sostenibilidad, S., Rodríguez, J., & Menéndez, S. (2018). *ANÁLISIS Y REDACCIÓN Mauro Acebo Plaza, investigador de ESPAE SECCIÓN VISIÓN*. <http://www.espae.espol.edu.ec/publicaciones/>

- Armijos Luis. (2021). *EVALUACIÓN DEL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO ALTERNATIVA DE MITIGACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN SANTA CRUZ, GALÁPAGOS.*
- BANCO CENTRAL. (2022). *Evolución de la Balanza Comercial Subgerencia de Programación y Regulación Dirección Nacional de Síntesis Macroeconómica CONTENIDO.*
- Barriga, A., Delgado, E., Guevara, J., & Peralta, J. (2014). Introducción al estudio de fuentes renovables de energía. *Proyecto LATIn*, 58(12), 7250–7257. <https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201>
- Caiza, J. (2017). *ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS FORMULACIÓN METODOLÓGICA PARA EL DIMENSIONADO E INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE BOMBEO SOLAR FOTOVOLTAICO PARA EL SECTOR RURAL DEL ECUADOR TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA.*
- CELEC EP y Solarpackteam coordinan los temas de interconexión entre la futura central fotovoltaica El Aromo y la subestación San Juan de Manta 20-ENE-2021.* (n.d.).
- Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2013). *Wiley: Solar Engineering of Thermal Processes, 4th Edition - John A. Duffie, William A. Beckman.*
- EFE VERDE. (2019). En 2018 las emisiones de CO2 se aceleraron al mayor ritmo en cinco años. *El Espectador*, 1, 1.
- Eicker, U., Nouvel, R., Duminil, E., & Coors, V. (2014). Assessing passive and active solar energy resources in cities using 3D city models. *Energy Procedia*, 57, 896–905. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.10.299>
- El Universo, Ecuador primer productor mundial de camaron.* (2021).
- Hassan, H. (2020). Comparing the performance of passive and active double and single slope solar stills incorporated with parabolic trough collector via energy, exergy and productivity. *Renewable Energy*, 148, 437–450. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.10.050>
- IRENA. (2020). *Solar Energy. Green Energy and Technology.* https://doi.org/10.1007/978-3-642-20951-2_7

- Jayakumar, P. (2009). Solar Energy Resource Assessment Handbook. *Asian and Pacific Centre for Transfer of Technology Of the United Nations – Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP), September, 1–117.*
- Kannan, N., & Vakeesan, D. (2016). Solar energy for future world: - A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 62,* 1092–1105. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.022>
- Mansouri, F., James, K., Dan, B., Locke, J., & Paul, S. (2019). Evaluating solar energy technical and economic potential on rooftops in an urban setting : the city of Lethbridge , Canada. *International Journal of Energy and Environmental Engineering, 10(1),* 13–32. <https://doi.org/10.1007/s40095-018-0289-1>
- Matsika, E., Nenge Namayanga, L., Osman-Elasha, B., Kalenga Saka, J. D., Treanton, K., & Quadrelli, R. (2006). *Autor colaborador 2.2 Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.*
- Meteorológica, O., Omm, M., & De, A. (2019). *La concentración de gases de efecto invernadero alcanza nuevas cifras récord.* 1–6.
- NASA. (2016). *¿ Es muy viejo ? ¿ O no tanto ? ¿ Cuánto tiempo brillará el Sol ?* 4–6.
- Neftali, M., & Soto, C. (2011). *EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA DE MAR, DE UNA FINCA DEDICADA A LA ADQUISICIÓN, PRODUCCIÓN Y COSECHA DE CAMARÓN.*
- Salazar Patricio, & Enrico Delfine. (2019). *eficiencia-energetica-en-sistemas-de-bombeo-en-granjas-acuicolas.*
- Sendy, A. (2020). *How solar energy pros and cons have changed in 2020.* 1–5.
- Shahsavari, A., & Akbari, M. (2018). Potential of solar energy in developing countries for reducing energy-related emissions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 90(March),* 275–291. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.065>
- Solórzano Neira Genesis. (2017). *PLANTEAMIENTO DE UNA ALTERNATIVA ENERGETICA RENOVABLE PARA EL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA EN LAS CAMARONERAS DE ECUADOR ENFOCADO EN EL CONSUMO DE DIESEL Y SU IMPACTO AMBIENTAL.*

- Srivastava, R., Tiwari, A. N., & Giri, V. K. (2020). An overview on performance of PV plants commissioned at different places in the world. *Energy for Sustainable Development*, 54, 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2019.10.004>
- Tan David. (2011). *Handbook for Solar Photovoltaic (PV) Systems Contents*.
- Tribunal, E., Europeo, C., Europeo, C., Europeo, C., Owen, P. W., & Europeo, C. (2017). El suministro y consumo de energía produce el 79% de las emisiones de gases efecto invernadero de la UE. *Factor CO2*, 2–5.
- Unidos, E., Internacional, A., Unidos, E., & Birol, F. (2019). *Emisiones de CO2 aceleraron su crecimiento en 2018. 2018–2020*.
- Vegas Portero, A. (2009). *Diseño de una instalación fotovoltaica de 200 kW en un edificio*. 150.