



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CUENCA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA  
Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**CONSTRUCCIÓN DE UN BOTE IMPULSADO POR ENERGÍA  
FOTOVOLTAICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

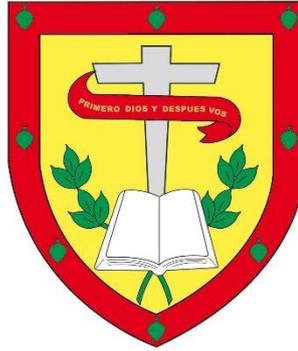
**AUTOR: PABLO DANIEL GUAMÁN LEÓN.**

**DIRECTOR: ING. DANIEL ORLANDO ICAZA ALVAREZ MGS.**

**CUENCA - ECUADOR**

**2022**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESAROLLO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA  
Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

CONSTRUCCIÓN DE UN BOTE IMPULSADO POR ENERGÍA  
FOTOVOLTAICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

**AUTOR: PABLO DANIEL GUAMÁN LEÓN.**

**DIRECTOR: ING. DANIEL ORLANDO ICAZA ALVAREZ MGS.**

**CUENCA – ECUADOR**

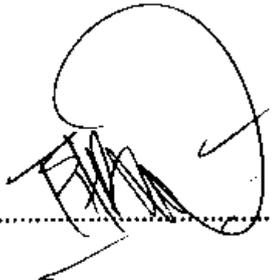
**2022**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**

## Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

Pablo Daniel Guamán León portador de la cédula de ciudadanía N° 0104845813. Declaro ser el autor de la obra: “Construcción de un bote impulsado por energía fotovoltaica”, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 30 de agosto de 2022

F: 

Pablo Daniel Guamán León  
0104845813

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo de titulación fue desarrollado por el estudiante Pablo Daniel Guamán León bajo mi supervisión.

F:  .....

Ing. Daniel Orlando Icaza Álvarez Mgs.

## **DEDICATORIA**

A Pablo Daniel. En este momento no entiendes las palabras, pero cuando seas capaz sabrás que fuiste el impulso para concluir uno de mis más grandes sueños.

A Karina. Tus palabras en momentos complicados fueron aliento para romper mis barreras y tu compañía es fuerza para conseguir mis anhelos en la vida.

A mis padres Ángel y María. Su bendición ha marcado mi camino, sus palabras han sido guía y su existencia ha sido inspiración.

A mis hermanos Juan, Eliana y Mateo. Su presencia en mis caídas y en mis logros, siempre han sido acompañadas de sus abrazos y sus ocurrencias.

## **AGRADECIMIENTOS**

A todo el cuerpo docente de la Universidad Católica de Cuenca y de manera especial al Ing. Daniel Icaza por su guía para el desarrollo y culminación de este trabajo de titulación.

Al CPA. Andrés Alvear V. y al Ing. Jonathan Castro, mis grandes amigos por su apoyo desinteresado en los momentos más importantes.

Al Dios de la vida y a todo aquel que él puso en mi camino y fueron ángeles de luz en mi existencia.

A la Ilustre Municipalidad de Cuenca, a través de la empresa EMAC EP, que permitió el uso de la laguna del Parque “El Paraíso” para las pruebas del modelo construido.

## RESUMEN

Durante los últimos años las energías renovables han evolucionado y hoy en día tienen un sin número de aplicaciones en el campo residencial, industrial, de transporte, siendo este último donde se puede observar un crecimiento significativo del parque automotriz eléctrico en el mundo, desde buses, automóviles, scooters y motocicletas, sin embargo la movilidad eléctrica puede implementarse en otros medios de transporte, razón por la cual en la presente investigación se diseña, construye y utiliza un modelo de bote para dos personas impulsado por energía eléctrica, autosustentable, que pueda mitigar los problemas de contaminación principalmente que pueden afectar a fuentes hídricas. Hoy en día los motores propulsados por hidrocarburos los encontramos en navíos utilizados para pesca, transporte e incluso el turismo en zonas marítimas, lagos o lagunas, razón por la cual, se busca cubrir tres ejes. El desarrollo, costos y afección al medio ambiente son puntos clave, donde la innovación prima por el uso de materiales que fácilmente se adquieren en el mercado, a bajo coste de construcción y mantenimiento, teniendo una mínima afección al medio ambiente en su fase de funcionamiento.

**Palabras clave:** embarcación, energía solar, medio ambiente acuático, radiación solar

## **ABSTRACT**

During the last years, renewable energies have evolved, and nowadays, they have many applications in the residential, industrial, and transportation fields. The latter has had significant growth in the electric vehicle fleet in the world, from buses, automobiles, scooters, and motorcycles. Nonetheless, electric mobility can be implemented in other means of transportation. This is why in this research, we design, build, and use a model of a self-sustainable boat for two people powered by electric energy, which can mitigate pollution problems that may affect water sources. Today, hydrocarbon-powered engines are found in vessels used for fishing, transportation, and even tourism in maritime areas, lakes, or lagoons, which is why we seek to cover three axes. The development, costs, and environmental impact are key points where innovation prevails by using materials easily available in the market, at a low cost of construction and maintenance, and having a minimum impact on the environment in its operation phase.

**Keywords:** boat, solar energy, aquatic environment, solar radiation, water environment, solar energy

## CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	7
<b>ABSTRACT</b> .....	8
<b>CAPITULO 1</b> .....	14
1. INTRODUCCION.....	14
1.1    Objetivos .....	15
1.1.1    Objetivo general .....	15
1.1.2    Objetivos específicos.....	15
1.2    Alcance.....	15
1.3    Justificación.....	15
<b>CAPITULO 2</b> .....	16
2. MARCO TEÓRICO .....	16
2.1    Energías renovables.....	16
2.2    Tipos de energías renovables.....	16
2.2.1    Energía Eólica .....	16
2.2.2    Energía Hidráulica .....	17
2.2.3    Energía Biomasa .....	17
2.2.4    Energía Solar.....	17
2.3    Usos de la energía Solar .....	17
2.3.1    Uso domiciliario .....	18
2.3.2    Uso en iluminación .....	18
2.3.3    Uso en Sistemas de Seguridad .....	18
2.3.4    Uso en Transporte.....	18
2.4    Las energías renovables, transporte y el año 2035 .....	19
2.5    Transporte acuático y las energías renovables.....	19
2.5.1    Transporte acuático eléctrico en Ecuador.....	20
<b>CAPITULO 3</b> .....	22
3. DISEÑO DEL SISTEMA DE PROPULSIÓN ELÉCTRICO .....	22
3.1    Concepto general .....	22
3.2    Sistema de Propulsión Eléctrico (EPS).....	22
3.2.1    Panel de Celdas fotovoltaicas.....	23
3.2.2    Baterías .....	24
3.2.3    Reguladores .....	25
3.2.4    Propulsión .....	26
3.3    Consideraciones de la energía solar.....	27
3.3.1    Radiación solar.....	27

3.3.2	Irradiancia solar .....	28
3.3.3	Irradiación solar .....	29
3.4	Instalación de panel solar .....	29
3.4.1	Inclinación del panel solar.....	29
3.4.2	Análisis de sombras.....	30
3.5	Funcionamiento teórico del panel solar.....	30
3.5.1	Curva de I-V respecto a la Temperatura.....	30
3.5.2	Curva de I-V respecto a la Irradiancia.....	31
3.6	Funcionamiento teórico del regulador de carga MPPT .....	31
3.6.1	Carga a intensidad máxima .....	32
3.6.2	Carga en absorción .....	32
3.6.3	Carga en flotación .....	33
3.7	Funcionamiento teórico de los acumuladores.....	33
3.8	Consideraciones de seguridad .....	34
CAPITULO 4.....		36
4.	MODELADO ELECTRICO Y MECÁNICO DE BOTE IMPULSADO POR ENERGÍA FOTOVOLTAICA.....	36
4.1	Consideraciones.....	36
4.2	Modelado mecánico.....	36
4.2.1	Diseño de la plataforma.....	36
4.2.2	Características del material .....	37
4.2.3	Características físicas de la estructura principal y cálculo de masa .....	37
4.2.4	Características físicas del entablado y cálculo de masa .....	39
4.2.5	Características físicas de los componentes eléctricos y ornamentales .....	40
4.2.6	Cálculo de la masa total del modelo .....	40
4.2.7	Diseño de los flotadores .....	40
4.2.8	Principio de Arquímedes aplicado.....	41
4.2.9	Velocidad de carena .....	43
4.2.10	Resistencia al avance.....	44
4.3	Diseño eléctrico.....	45
4.3.1	Motores fuera de borda .....	45
4.3.2	Potencia de motor .....	45
4.3.3	Velocidades .....	49
4.3.4	Autonomía .....	50
4.3.5	Estimación de consumo y almacenamiento de energía .....	51
4.3.6	Conexión de baterías.....	52
4.3.7	Modelado de panel solar .....	53
4.3.8	Ubicación del lugar de prueba .....	53

4.3.9	Obtención de datos solares .....	53
4.3.10	Temperatura .....	54
4.3.11	Irradiancia anual .....	54
4.3.12	Hora solar pico .....	55
4.3.13	Simulación de panel en condiciones de funcionamiento. ....	55
4.3.14	Cantidad de paneles a implementar .....	56
4.3.15	Modelado en vínculo eléctrico – mecánico para velocidad ideal .....	57
CAPITULO 5.....		59
5. CONSTRUCCIÓN Y ENSAYO DE LAS PARTES ELECTRICA Y MECÁNICA DE BOTE IMPULSADO POR ENERGÍA FOTOVOLTAICA.....		59
5.1	Modelo 3D Apartado mecánico.....	59
5.2	Adaptación de motores.....	61
5.3	Topología de funcionamiento.....	62
5.4	Pruebas y levantamiento de datos.....	63
5.4.1	Delimitación del recorrido de prueba .....	63
5.4.2	Prueba de flotabilidad .....	63
5.4.3	Prueba de arranque.....	64
5.4.4	Prueba de frenado.....	65
5.4.5	Prueba de estabilidad .....	66
5.5	Análisis de factibilidad. ....	66
5.5.1	Análisis mediante encuestas en campo .....	66
5.5.2	Análisis de factibilidad de costos. ....	68
CONCLUSIONES .....		69
Recomendaciones .....		70
Bibliografía.....		71
ANEXOS.....		73

## INDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Energías renovables (Autor).....	16
Fig. 2 Calefón Solar (Agrofy).....	17
Fig. 3 Paneles solares (Proviento).....	18
Fig. 4 Catamarán eléctrico (Solarcat).....	20
Fig. 5 Bote de pedales (Diario El Extra).....	21
Fig. 6 Topología de EPS (Autor).....	22
Fig. 7 Panel Solar (Autor).....	23
Fig. 8 Batería de gel (Autor).....	24
Fig. 9 Regulador de carga (Autor).....	25
Fig. 10 Motor fuera de borda (Torqeedo).....	26
Fig. 11 Radiación solar (Autor).....	27
Fig. 12 Irradiancia solar (Autor).....	28
Fig. 13 Irradiación solar en Busa – San Fernando (Autor).....	29
Fig. 14 Curva de I-V, respecto a la temperatura (Autor).....	30
Fig. 15 Curva de I-V, respecto a la irradiancia (Autor).....	31
Fig. 16 Curva V-P V-I MPPT (Autor).....	31
Fig. 17 Curva VT- AT de estados de carga (Autor).....	32
Fig. 18 Curva del ciclo de vida de batería (QP).....	33
Fig. 19 Curva Temperatura – Capacidad – Tiempo de Batería (QP).....	34
Fig. 20 Caja de fusibles y activadores para barco (Amazon).....	34
Fig. 21 Estructura principal 3D de plataforma (Autor).....	36
Fig. 22 Tabla 3D para entablado de plataforma (Autor).....	37
Fig. 23 Corte de viga de eucalipto y plancha de plywood (Autor).....	37
Fig. 24 Análisis de propiedades para estructura principal (Autor).....	39
Fig. 25 Análisis de propiedades para unidad de entablado (Autor).....	40
Fig. 26 Bidón de 55 galones (Mercado Libre).....	41
Fig. 27 Principio de Arquímedes (Autor).....	41
Fig. 28 Flotabilidad (Autor).....	43
Fig. 29 Ensamble de flotadores y plataforma (Autor).....	43
Fig. 30 Resistencia al avance por tonelada.....	44
Fig. 31 Sistema de propulsión 3 motores (Autor).....	47
Fig. 32 Arranque de motor NV-46 (Autor).....	48
Fig. 33 Circuito paralelo (Autor).....	49
Fig. 34 Corriente de arranque en 4 marchas (Autor).....	50
Fig. 35 Circuito serie de baterías (Autor).....	53
Fig. 36 Temperatura en laguna de parque “El Paraíso” (Autor).....	54
Fig. 37 Irradiancia en laguna de parque “El Paraíso” (Autor).....	54
Fig. 38 HSP de laguna del parque “El Paraíso” (Autor).....	55
Fig. 39 Modelado de panel en MATLAB (Autor).....	55
Fig. 40 Curva de potencia-irradiancia (Autor).....	56
Fig. 41 Despiece de parte mecánica de bote (Autor).....	59
Fig. 42 Bote armado 3D (Autor).....	61
Fig. 43 Propulsión Newport Vessels de 3 motores con cambio de velocidad (Autor).....	61
Fig. 44 Circuito de control de relés para velocidades (Autor).....	62

Fig. 45 Topología de EPS (Autor).....	62
Fig. 46 Trazado de recorrido (Google Earth).....	63
Fig. 47 Modelo sumergido (Autor).....	63
Fig. 48 Propulsión sumergida (Autor).....	64
Fig. 49 Gráfica de incremento de velocidad (Autor).....	64
Fig. 50 Gráfica de frenado (Autor).....	65
Fig. 51 Gráfica de estabilidad en navegación (Autor).....	66
Fig. 52 Explicación de funcionamiento a ciudadanía (Autor).....	66
Fig. 53 Pregunta 1 Encuesta (Autor).....	67
Fig. 54 Pregunta 2 Encuesta (Autor).....	67
Fig. 55 Pregunta 3 Encuesta (Autor).....	67
Fig. 56 Pregunta 3 Encuesta (Autor).....	68
Fig. 57 Prueba de bote (Autor).....	68

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de baterías.....	25
Tabla 2. Masa de componentes.....	40
Tabla 3. Características de motores.....	47
Tabla 4. Velocidades en sistema de propulsión.....	49
Tabla 5. Duración teórica de baterías.....	50
Tabla 6. Duración teórica de baterías a diferentes marchas.....	51
Tabla 7. Lista de materiales para el armado del modelo.....	60
Tabla 8. Velocidades Calculadas.....	65

## ANEXOS

ANEXO. 1 Datos Solares Parque "El Paraíso".....	73
ANEXO. 2 Permiso de pruebas EMAC EP.....	88
ANEXO. 3 Datasheet Panel Solar.....	90
ANEXO. 4 Datasheet Baterías de Gel.....	92
ANEXO. 5 Datasheet Bidon 55Gal (Referencia).....	96
ANEXO. 6 Planos de modelo.....	98

## **CAPITULO 1**

### **1. INTRODUCCION**

En la actualidad el uso de motores a combustión es muy común en todo tipo de transporte y la emisión de gases producto su funcionamiento contribuye a la contaminación del medio ambiente. Al estudiar el funcionamiento de un bote estándar que generalmente son utilizados por personas en las costas del país para actividades de pesca, se puede evidenciar que la contaminación puede tener impactos mucho más profundos. La contaminación del aire por la combustión, la contaminación del agua por el derrame de hidrocarburos son los factores principales que se descartan con el uso de energías alternativas.

Un bote a propulsión eléctrica es la solución a los factores contaminantes que un bote común los tiene, hoy en día se pueden encontrar diferentes opciones de botes y motores en el mercado, sin embargo, su coste puede ser un punto en contra para que las personas decidan abandonar su viejo sistema de propulsión a combustión por un costoso sistema eléctrico a implementar o gastar miles de dólares en un bote con todos los sistemas y equipos eléctricos a disposición.

Partiendo desde el modelado en 3D para evaluar el dimensionamiento del artefacto, pasando por la etapa de construcción, pruebas de funcionamiento reales y simulaciones, la investigación plantea un bote simple de dos pasajeros con amplio espacio, el mismo que será impulsado por un sistema propulsión fuera de borda conectados a un mismo eje de dirección, los cuales serán alimentados por un juego de baterías que serán cargadas por un panel solar.

La investigación también nos permite evidenciar que el modelo presenta características simples y funcionales, con la finalidad de evaluar costes de desarrollo y analizar su factibilidad si lo comparamos contra modelos que funcionen con combustibles fósiles, es así como se pretende demostrar otro aspecto de factibilidad para el uso de este tipo de tecnología, sin olvidar el aspecto ecológico del cual hablamos anteriormente.

Finalmente como parte del análisis, se toman en cuenta las oportunidades para desarrollar este tipo de artefactos, que hoy en día puede presentar ciertas limitantes, variantes como el entorno en el que puede usarse principalmente puede ser un punto clave para considerar características mucho más específica, por ejemplo la resistencia de materiales, tiempos de mantenimiento y los costes que esto involucra en el artefacto, de esta forma se construye una visión integral desde el diseño hasta el mantenimiento.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo general**

Realizar el análisis, diseño y construcción de un bote de dos pasajeros propulsado por motores que utilicen energía eléctrica.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Realizar el análisis de los componentes del sistema eléctrico, mecánico y constructivo del bote.
- Realizar el modelado en 3D del bote construido.
- Realizar el modelado del componente eléctrico para simulación de funcionamiento.
- Realizar pruebas de funcionamiento del modelo real en ambiente controlado.
- Evaluar factibilidad de sistema eléctrico para mover botes de baja carga.

## **1.2 Alcance**

Este proyecto de investigación se centra en la construcción de un medio de transporte acuático que no utilice ningún tipo de combustible fósil, aprovechando la energía fotovoltaica para encender un sistema de tipo “fuera de borda” para la propulsión de un bote. El sistema también implementa un juego de baterías para almacenar energía eléctrica, con la finalidad de que el bote pueda tener autonomía.

El alcance principal con lo antes descrito es que el proyecto pueda ser integrado preferiblemente donde no exista caudal y evitar el uso de motores más grandes para mover el navío (uso en lagos o lagunas), pudiendo potencializar un concepto de ecoturismo.

## **1.3 Justificación**

En la provincia del Azuay se localizan un sin número de lugares (lagos y lagunas) que pueden cumplir con los requisitos para que el modelo pueda funcionar, en algunos de ellos se puede encontrar botes propulsados por motores a gasolina o propulsados con fuerza motriz de los pasajeros, además, la irradiación solar en la ubicación geográfica es bueno, lo cual permite el aprovechamiento de esta energía para que el modelo funcione de forma adecuada.

## CAPITULO 2

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Energías renovables.

Entre múltiples conceptos podemos decir que las energías renovables una vez consumidas pueden volver a ser aprovechadas porque se reponen, es decir no se agotan (Roldán Vilorio, 2013) y pueden ser encontradas de forma natural en el ambiente.

Con el pasar de los años estas energías han adquirido importancia ya que con el incremento del calentamiento global, la humanidad ha buscado utilizar medios alternativos para generación de energía, donde el uso de hidrocarburos sea limitado o nulo, producto de esta necesidad las energías renovables han ganado su espacio principalmente por el bajo impacto ambiental que estos representan y su fácil implementación, descartando la necesidad de grandes centrales eléctricas, pudiendo estas ser usadas en zonas protegidas por la importancia ecológica que estas tengan.

#### 2.2 Tipos de energías renovables

Las energías renovables tienen múltiples formas de ser obtenidas y según la ONU (Organización de las Naciones Unidas) las siguientes son las que más crecieron el último año.

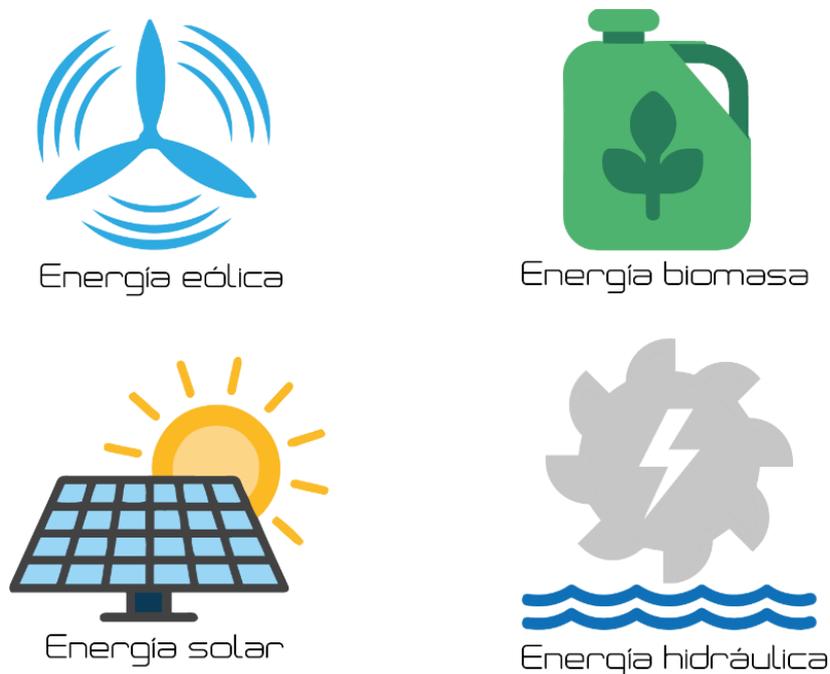


Fig. 1 Energías renovables (Autor)

##### 2.2.1 Energía Eólica

Este tipo de energía aprovecha la fuerza de los vientos para el movimiento de aspas que se encuentran conectados a un sistema de transmisión, la misma que mueve un generador produciendo energía eléctrica.

### **2.2.2 Energía Hidráulica**

Esta energía se obtiene producto de la fuerza cinética y potencial encontrada en la corriente de agua y puede ser aprovechada directa (ríos) o indirectamente (mediante construcción de presas), para el movimiento de turbinas generadoras.

### **2.2.3 Energía Biomasa**

Es la energía obtenida desde un proceso forzado o espontáneo de transformación de la materia orgánica, pudiendo este ser utilizado como biocombustible para generar otro tipo de energía, particularmente puede ser aprovechada para generar electricidad (Castells, 2012)

### **2.2.4 Energía Solar**

Esta energía es de las más utilizadas, puede ser aprovechada para el calentamiento de dispositivos o también para la generación de electricidad mediante paneles fotovoltaicos. Este tipo de energía es el que se utilizará para el trabajo de investigación, en conjunto con otros componentes.

### **2.3 Usos de la energía Solar**

El uso de la energía solar dependerá mucho del principio aplicado para aprovecharla, en el caso de la energía solar térmica, consiste en la captación de radiación solar y transformarla en calor mediante colectores que permiten calentar algún tipo de fluido (Alfonso Aranda Usón, 2009), esta práctica es aplicada principalmente para el calentamiento de agua que puede ser utilizado en residencias.



*Fig. 2 Calefón Solar (Agrofy)*

Por otra parte, la radiación solar puede ser aprovechada mediante el uso de células fotovoltaicas concentradas en módulos o paneles, para transformarla en electricidad. Los paneles deben ser colocados en una posición que permita el aprovechamiento de la energía,

esta puede ser utilizada directamente o también puede ser almacenada en acumuladores (Javier María Méndez Muñiz, 2007), como dan a conocer los siguientes capítulos.

Con el paso de los años las celdas o módulos fotovoltaicos tienen un abanico extenso de usos que no se concentra en un campo, teniendo su evolución en cada uno de ellos.



*Fig. 3 Paneles solares (Proviento)*

### **2.3.1 Uso domiciliario**

Principalmente utilizado en domicilios alejados de una red de suministro, el sector mobiliario a potencializado el uso de paneles fotovoltaicos para usuarios que deseen tener una instalación independiente, volviendo al domicilio autosustentable si de energía eléctrica se habla, por otra parte, también existen sistemas “híbridos” que permiten tener una conexión a la red de distribución pudiendo tener una reducción en el recibo de energía eléctrica por el uso de paneles en ciertas horas del día.

### **2.3.2 Uso en iluminación**

Hoy en día se puede encontrar paneles fotovoltaicos incorporados en iluminación ornamental, linternas y luminarias públicas, que aprovechan su posicionamiento en parcelas, calles o lugares estratégicos para cargar acumuladores durante el día, luego utilizan esa energía por la noche al encenderse.

### **2.3.3 Uso en Sistemas de Seguridad**

El uso en este campo es principalmente para la carga de acumuladores que permitan el funcionamiento de sirenas, señalética, radares de control de velocidad, puntos de S.O.S, donde generalmente no se tiene una red de distribución de electricidad o su uso se limita cuando existen cortes de la misma.

### **2.3.4 Uso en Transporte**

Los paneles fotovoltaicos son implementados principalmente en estaciones de carga para vehículos, scooters, motos y motonetas eléctricas, por otra parte, en el transporte marítimo se

puede encontrar modelos de barcos o botes que incorporan paneles flexibles en su casco para que forme parte de la estructura del mismo o en otros casos funcionan como entechado.

#### **2.4 Las energías renovables, transporte y el año 2035**

La relevancia que toman las energías renovables con el pasar de los años jugará un papel importante en el 2035, año en el que la Unión Europea decidió poner fin a la comercialización de vehículos con motores de combustión interna, esto como medida frente al calentamiento global.

Se debe considerar que, si bien los motores de combustión interna serán reemplazados por motores eléctricos, el proceso de carga debería compartir el mismo concepto ecológico, es decir la energía eléctrica debería ser obtenida de una fuente renovable.

Como punto en contra el factor económico siempre es un impedimento para que esta tecnología pueda ser implementada y permita preparar el camino hacia el futuro donde el uso de energía eléctrica predominará sobre el uso de combustibles fósiles para cualquier tipo de aplicación.

Por otra parte, los factores positivos frente a un inminente cambio en el concepto energético global es la competencia que se debe adquirir para que el mundo entero ingrese en periodo de evolución, donde las energías renovables puedan ser un punto de experimentación, inversión y utilización en masa.

Si en algún momento de la historia la humanidad pudo ser consiente de los diferentes usos de los hidrocarburos para actividades cotidianas, un cambio de perspectiva ayudará a adoptar una nueva cultura donde subirse a un auto eléctrico sea tan normal como respirar.

El 2035 es un año clave, donde se podría tener una revolución tecnológica por la cantidad de aplicaciones que adoptaran un concepto ecológico, el mismo que buscará ser igual o mejor que los ya existentes hoy en día garantizando una sociedad sustentable y sostenible.

#### **2.5 Transporte acuático y las energías renovables**

Mucho se habla de vehículos terrestres y su evolución a medios de transporte ecológicos, sin embargo, se debe considerar que dentro de la clasificación si de medios de transporte hablamos, los barcos, botes, lanchas, también son un medio que no se debe descartar.

Hoy en día el uso de motores eléctricos en el área de transportes acuáticos no se limita al tamaño de la embarcación, por lo que en el mundo se encuentran barcos que en su casco incorporan paneles solares flexibles con la finalidad de alimentar a grandes motores que permiten el movimiento en el agua durante días, en otros casos a pequeña escala se encuentran motores de potencia suficiente para mover botes de pesca deportiva, kayak, canoas, entre otras (Gürsu, 2014)



*Fig. 4 Catamarán eléctrico (Solarcat)*

Se puede decir que este campo tiene correlación con la evolución que se evidencia en los campos de transporte, iluminación, etc., teniendo en cuenta que un sistema eléctrico para embarcaciones tiene el mismo principio de propulsión, almacenamiento de energía e incluso la señalética y la iluminación utilizada en los mismos, todo dependerá del factor costo-beneficio y que necesidades tenga la persona con su bote.

Si bien el uso de embarcaciones a media o baja escala no es común como manejar un vehículo, se debe considerar que el poder de contaminación de un bote podría considerarse incluso mayor que las emisiones de gases que un auto en un lapso de tiempo, ¿Por qué?, es simple, el derrame de hidrocarburos.

El derrame de gasolina, aceites, producto de la mala manipulación de los mismos sobre el agua puede tener un impacto no solo sobre el líquido vital, sino sobre la flora y fauna que se encuentren en esta.

### **2.5.1 Transporte acuático eléctrico en Ecuador**

El uso de transportes eléctricos en el país también tiene su parte, hoy en día podemos encontrar scooters, motocicletas y una reducida cantidad de automóviles circulando por las vías, esto es una señal clara de que el cambio combustible-electricidad ya es una realidad, en cuanto al uso de embarcaciones se limita al uso de motores a combustión, principalmente porque estos son usados en actividades de pesca, manejo de piscinas camaroneras y ciertas zonas turísticas que prefieren el uso de la propulsión manual, principalmente por el factor costo y en el caso de zonas protegidas prefieren la propulsión manual porque no existen contaminantes que puedan afectar al medio ambiente.

En el sur del país que es la zona de aplicación para este trabajo de investigación se encuentran principalmente botes de propulsión manual mediante pedales que son movidos por los tripulantes, usados para actividades de recreación, le siguen los botes con motores a combustión para pequeñas lagunas que sirven de criadero para peces.



*Fig. 5 Bote de pedales (Diario El Extra)*

Entre las principales zonas donde podemos visualizar estas embarcaciones son la Laguna de Busa en el cantón San Fernando, lagunas del Parque Nacional Cajas, la Laguna del Parque El Paraíso en el cantón Cuenca y ciertos lagos y lagunas privadas dentro de hosterías.

## CAPITULO 3

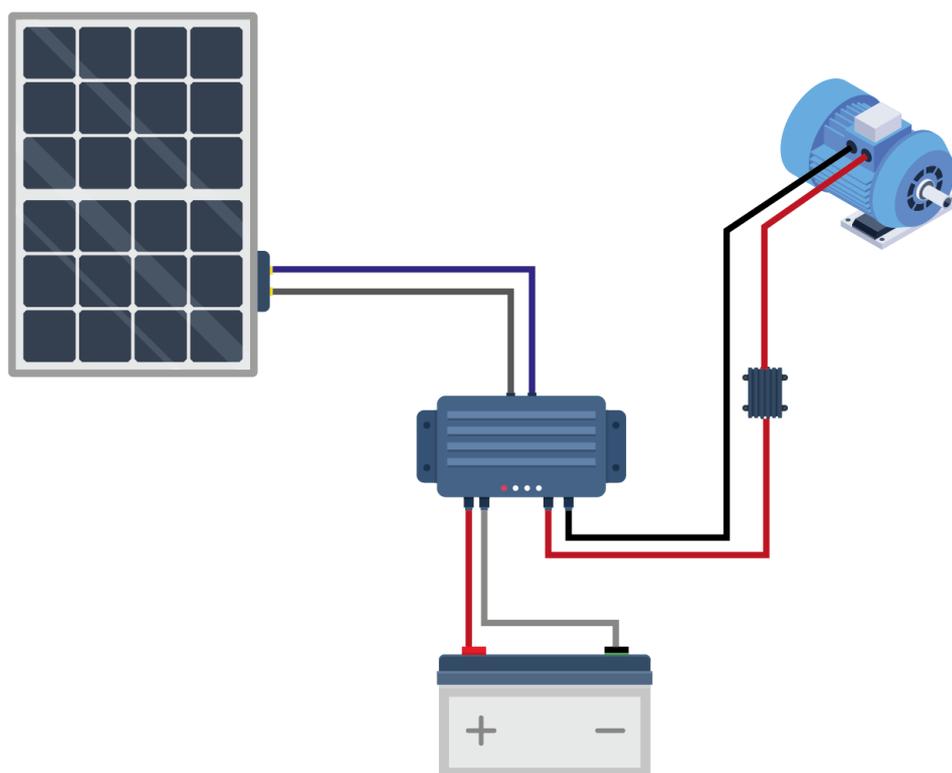
### 3. DISEÑO DEL SISTEMA DE PROPULSIÓN ELÉCTRICO

#### 3.1 Concepto general

Por el tipo de aplicación que el sistema fotovoltaico manejará en este proyecto se lo considera un diseño autónomo o aislado, es decir que convertirá la energía proveniente del sol en energía eléctrica, la misma que alimentará un juego de acumuladores para su uso continuo o posterior, por lo cual no requiere una conexión a la red eléctrica para su funcionamiento (Style, 2012).

#### 3.2 Sistema de Propulsión Eléctrico (EPS)

Un Sistema de Propulsión Eléctrico relativamente guarda un concepto simple para su diseño, donde los componentes y sus tipos son explicados a continuación, esto facilita la utilización de partes ideales para un sistema deseado.



*Fig. 6 Topología de EPS (Autor)*

En un sin número de topologías que se pueden encontrar en diferentes estudios consideran al inversor de voltaje como parte del mismo, sin embargo, para este trabajo de investigación el sistema de propulsión es colocado directamente sobre el regulador de carga, esto por la simple razón de que los motores funcionan en voltaje directo. Basados en la topología presentada en la Fig. 6 a continuación se detalla cada uno de los componentes del EPS.

### 3.2.1 Panel de Celdas fotovoltaicas

Este es el componente encargado de transformar la energía solar en energía eléctrica. Los paneles de celdas fotovoltaicas son construidos por un conjunto de celdas fotovoltaicas conectadas entre sí, las cuales producen electricidad debido al efecto fotovoltaico que provoca la energía solar (fotones), generando cargas positivas y negativas en dos semiconductores próximos de distinto tipo, lo que genera un campo eléctrico que producirá corriente eléctrica (AutoSolar, 2021).



*Fig. 7 Panel Solar (Autor)*

Su voltaje de salida puede ir desde los 6 a los 36 Voltios en corriente continua, todo dependerá de la carga máxima instalada en el circuito EPS. Según el tamaño de panel este puede incluir un marco de protección de aluminio que sirve también para el empotrado del mismo y su bornera con cables para conexión con el controlador de carga del sistema.

La selección de paneles puede darse por la tecnología que este tenga existiendo las categorías más conocidas que son:

- Policristalinos: Variedad de tonos azules siendo menos eficiente que su par.
- Monocristalinos: Una capa de silicio delgado pudiendo ser más eficiente.

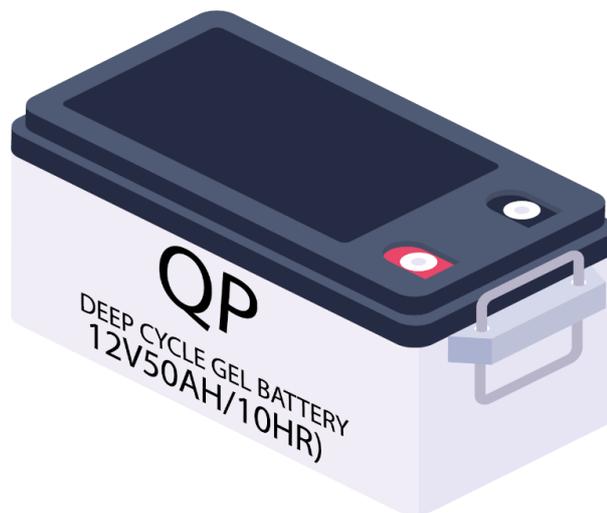
Otros factores importantes para seleccionar un panel a implementar en un EPS, son:

- Características y aplicación: Determinar que las especificaciones sean aptas para el uso planificado en el EPS.
- Análisis costo por Watt: No está por demás analizar el costo beneficio que se puede obtener con diferentes costos que manejan las marcas.

- Certificación del módulo: Las certificaciones del módulo pueden darnos información acerca de que tan bien funciona el modelo a elegir para el sistema (Style, 2012).

### 3.2.2 Baterías

Conocidos también como acumuladores dentro del EPS, las baterías forman parte importante del sistema en la etapa de almacenamiento de la energía obtenida de generación, teniendo en cuenta que los paneles solares no pueden entregar la misma cantidad de voltaje durante todo el día, principalmente por los factores meteorológicos que de forma impredecible pueden presentar cambios significativos.



*Fig. 8 Batería de gel (Autor)*

Las baterías pueden realizar el proceso de almacenamiento ya que están constituidas por celdas electroquímicas que permiten transformar la energía eléctrica en energía química, siendo este un proceso reversible, pudiendo apreciar el efecto cuando se utiliza la batería para el funcionamiento de la carga (Style, 2012).

La selección de las baterías para un sistema EPS, pueden ser basados en la tecnología, voltaje de trabajo y capacidad de almacenamiento.

- Capacidad: Según la investigación, en el mercado las baterías de capacidad más utilizadas van desde los 10 Ah (Amperios-Hora) hasta 250 Ah, el voltaje de estas dependerá del voltaje entregado por el regulador.
- Profundidad de descarga: Un valor declarado en porcentaje de energía que se extrae de una batería en una descarga por el uso, cabe recalcar que existen baterías de ciclo “profundo, permitiendo utilizar más del 50% de su carga sin afectar la vida útil de la parte.

En cuanto a la tecnología de las baterías podemos encontrar diferentes tipos, principalmente por su precio, ciclado profundo y mantenimiento necesario.

Tabla 1. Tipos de baterías

Tipo	Precio	Ciclado profundo	Mantenimiento
<b>Plomo ácido</b>			
Plomo Antimonio	Bajo	Bueno	Medio
Plomo Calcio abiertas	Bajo	Pobre	Medio
Plomo Calcio selladas	Bajo	Pobre	Bajo
Híbridas	Medio	Bueno	Medio
<b>Electrolito inmobilizado</b>			
Gel	Medio	Muy bueno	Bajo
AGM	Medio	Muy bueno	Bajo
<b>Níquel Cadmio</b>			
Placas "Sintered"	Alto	Bueno	Ninguno
Placas "Pocked"	Alto	Bueno	Medio

Fuente: Academia

### 3.2.3 Reguladores

Entre la generación y la reserva de energía debe existir un punto de regulación, considerando que el panel solar no entrega un voltaje estabilizado, en primer lugar, porque no incorpora ningún dispositivo para esta función y en segundo lugar la variación en las condiciones meteorológicas incide directamente en la generación de más o menos voltaje.



Fig. 9 Regulador de carga (Autor)

Por otra parte, juega un papel importante en la seguridad del EPS, puesto que controla aspectos importantes como:

- Control en el uso de la energía total generada
- Evita cortocircuitos a causa de corrientes que puedan fluir en sentido contrario llegando al panel solar pudiendo dañarlo.

- Controla la carga y descarga de la batería, cuidando la vida útil de la misma evitando sobrecargas o ciclos profundos de descarga.
- Algunos reguladores incorporan indicadores de carga y uso de energía.

Para la selección de un regulador se debe considerar que existen dos grupos de reguladores, los de Modulación de Ancho de Pulso (PWM), y los de Adaptación al Punto de Máxima Potencia (MPPT). Los PWM trabajan con un voltaje medio fijo de entrada, mientras que los MPPT trabaja buscando el punto de máxima potencia, es decir, que en función del voltaje de entrada se regula la intensidad para intentar equilibrar la potencia de uso (Velázquez Martí, 2021).

En base a los dos grandes grupos de reguladores los criterios en una instalación fotovoltaica son:

- Tensión de entrada: La tensión de la fuente no puede superar este valor
- Intensidad nominal: La corriente no puede superar este valor.
- Potencia máxima a la entrada: Es la energía capaz de regular por unidad de tiempo.
- Eficiencia: Es el porcentaje de energía que desde la entrada es emitida hacia el resto de la instalación (baterías, inversores o carga) (Velázquez Martí, 2021).

### **3.2.4 Propulsión**

La propulsión del EPS, puede ser considerada como la carga del sistema, es decir, el dispositivo que usará la energía generada mediante los paneles y la almacenada en los acumuladores. En un cuanto a tipos de motores eléctricos para botes, los más comunes en el mercado son los conocidos como “fuera de borda”, estos son instalados en la parte posterior de la embarcación, contando con un mástil conectado a un conmutador que permite la conexión o desconexión de la energía.



*Fig. 10 Motor fuera de borda (Torqeedo)*

Entre otras consideraciones para estos motores se encuentran puntos muy importantes como.

- Tipo de bote a propulsar: La masa y tamaño es importante para que el motor pueda mover y direccionar el bote
- Tipo de entorno: Existe una diferencia entre motores de agua dulce y salada, también si el entorno puede ser rocoso, dependiendo de esto el blindaje puede ser de plástico o metal.
- El voltaje disponible: Para motores que impulsaran pequeños kayaks, existen motores que funcionan con pequeñas baterías de 12 voltios, por otra parte, para botes con mayor masa, es necesario incorporar baterías de 24 voltios.

### 3.3 Consideraciones de la energía solar

El factor principal a determinar para que todo el sistema funcione es el sol, el mismo que entrega 5000 veces más energía de la que el mundo consume en todo un año (Style, 2012), por lo que se puede comprender que es un recurso muy poco aprovechado.

#### 3.3.1 Radiación solar

-  Radiación directa
-  Radiación difusa

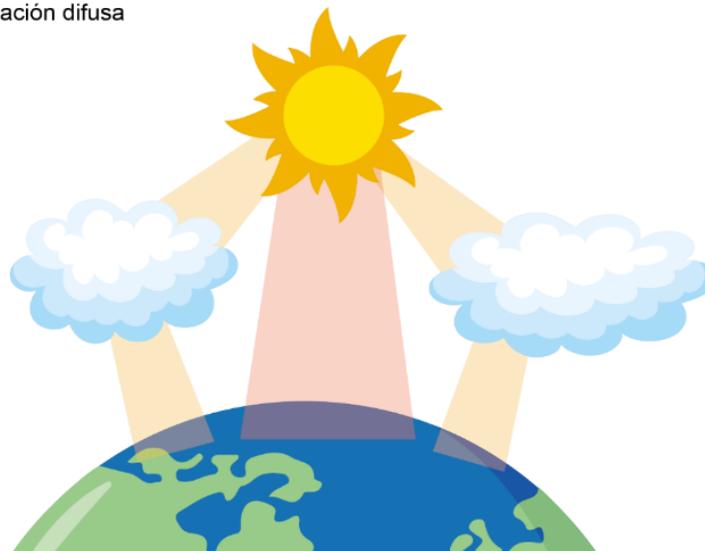


Fig. 11 Radiación solar (Autor)

La radiación solar es la energía emitida por el Sol, la cual se propaga y llega a la tierra de forma directa o indirecta por el espacio mediante ondas electromagnéticas. La suma de la radiación directa e indirecta se la conoce como radiación total.

Para que la radiación directa pueda ser afectada existen factores de posición y climatológicos que pueden generar distorsión en el espacio por donde la luz penetra hacia la corteza terrestre.

- Humedad relativa.
- Nubosidad.
- Contaminación.
- Latitud o posicionamiento global.

### 3.3.2 Irradiancia solar

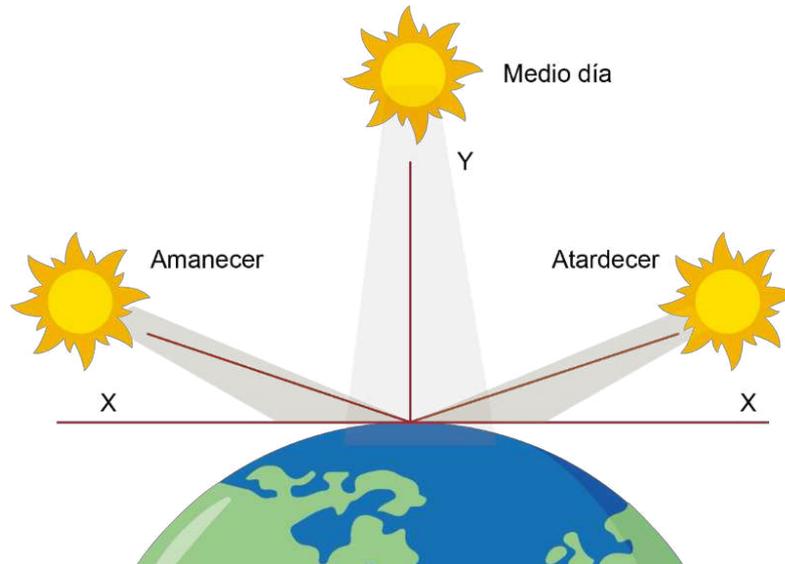


Fig. 12 Irradiancia solar (Autor)

La Irradiancia describe la cantidad de energía que incide o sobre una cantidad de superficie determinado.

$$I = \frac{P_{inc}}{A} \quad (1)$$

En donde:

- $I$  Irradiancia.
- $P_{inc}$  Potencia incidente.
- $A$  Superficie de incidencia.

Para tener una idea, la irradiancia del sol al atravesar la atmosfera es de  $1000 \text{ W/m}^2$ , la misma que perdió aproximadamente un 26% de su potencia en el proceso hasta llegar finalmente a superficie terrestre (Style, 2012)

Bajo estos principios y teniendo en cuenta el comportamiento del sol según la Fig.12, la irradiancia tiende a ser menor respecto de un plano horizontal, ya que su componente se encontraría en el eje X, por otra parte, cuando las horas pasan hasta el mediodía, el

comportamiento varía ya que el sol se encontraría directamente incidente sobre el plano horizontal, teniendo su potencia sobre el eje Y.

### 3.3.3 Irradiación solar

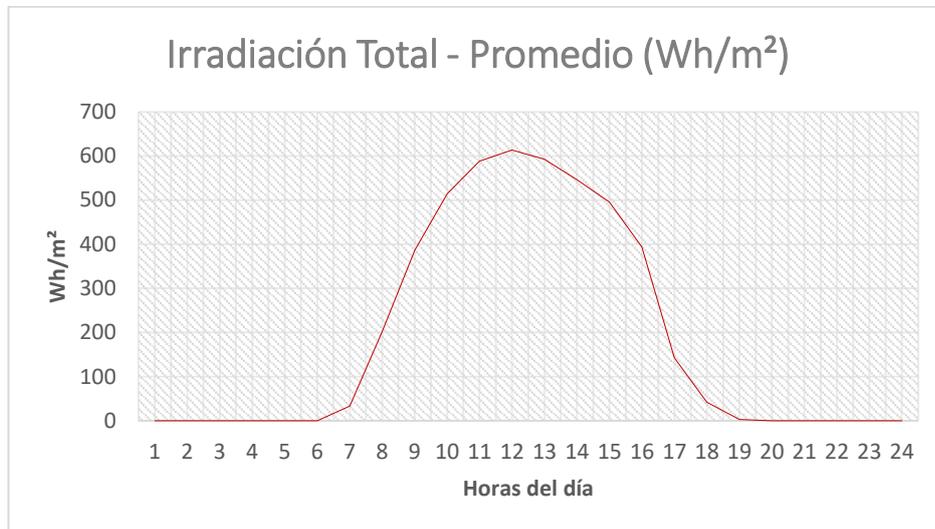


Fig. 13 Irradiación solar en Busa – San Fernando (Autor)

La irradiación solar contempla la cantidad de energía recibida en una superficie en función del tiempo, lo que permite comprender que durante el amanecer y anochecer la irradiación es menor o inexistente.

Para el funcionamiento del EPS es importante conocer cuál es el comportamiento de la irradiación solar en función de las 24 horas del día, como lo indica la Fig.13.

### 3.4 Instalación de panel solar

El posicionamiento del panel solar se encuentra relacionado directamente con el comportamiento del sol, los datos solares nos permiten controlar parámetros como la inclinación y orientación.

Por otra parte la instalación de un panel en un vehículo descarta la ubicación por su constante movimiento o cambio de coordenadas, esto es un problema principalmente para sistemas fotovoltaicos fijos constituidos por un panel, teniendo en cuenta que la trayectoria en algún momento será contraria a la irradiación solar inclinada, es decir, el sistema perderá eficiencia en horas donde la energía solar ocupe el eje X (horas del amanecer o atardecer, considerando la variable de la posición contraria del vehículo).

#### 3.4.1 Inclinación del panel solar

Al obtener más energía solar directa que difusa, las múltiples ilustraciones demuestran que el ángulo de inclinación ideal es  $0^\circ$ , sin embargo, factores constructivos y de mantenimiento pueden obligar o requerir que el ángulo sea diferente de 0.

Entre los factores constructivos y de mantenimiento encontramos:

- Espacio disponible.
- Compatibilidad de diseño y panel.
- Acumulación de polvo y suciedad.

### 3.4.2 Análisis de sombras

En un sistema residencial el análisis de sombras se debe realizar para comprobar que elementos en el entorno no puedan generar sombras temporales producto del movimiento del sol. Para el EPS de este trabajo el análisis de sombras no es aplicable, porque el modelo puede ser usado en diferentes zonas acuáticas, donde las consideraciones pueden ser obtenidas una vez definido el lugar de uso, por ejemplo, una flora abundante que impida el ingreso de energía solar o grandes elevaciones que generen sombra sobre el lugar de posicionamiento del bote son los principales riesgos a encontrar.

### 3.5 Funcionamiento teórico del panel solar

Para un entendimiento más preciso del funcionamiento del panel solar es necesario conocer su comportamiento con diferentes factores de voltaje, intensidad, irradiancia y temperatura.

#### 3.5.1 Curva de I-V respecto a la Temperatura

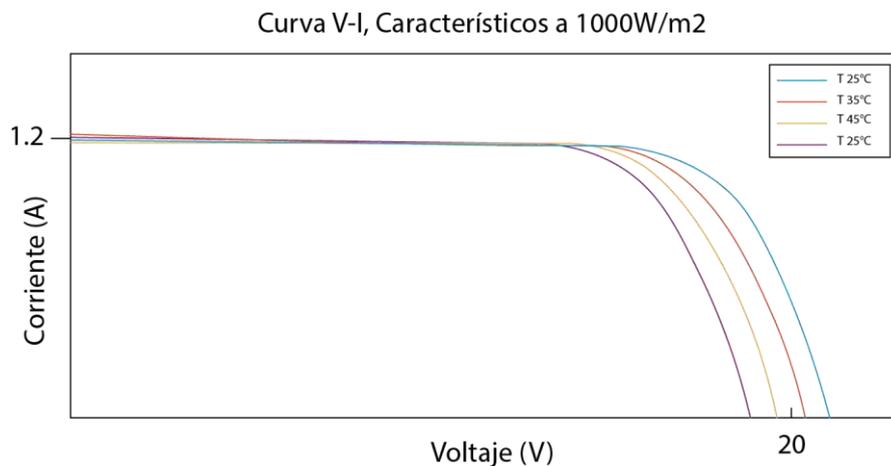


Fig. 14 Curva de I-V, respecto a la temperatura (Autor)

La temperatura del entorno en donde se instalará el panel solar es importante ya que afecta principalmente a la curva de voltaje, ocasionando una pérdida de eficiencia energética. El clima templado es ideal para este dispositivo. En la Fig.14 se aprecia de mejor manera la variación en el voltaje entregado, producto del incremento de temperatura, la misma que para un funcionamiento normal debe encontrarse a 25°C según las hojas de características de fabricantes. Para evitar incrementos de temperatura generalmente se toman consideraciones

como una instalación que permita el flujo de aire entre los paneles y la generación de sombra en inversores o partes del EPS.

### 3.5.2 Curva de I-V respecto a la Irradiancia

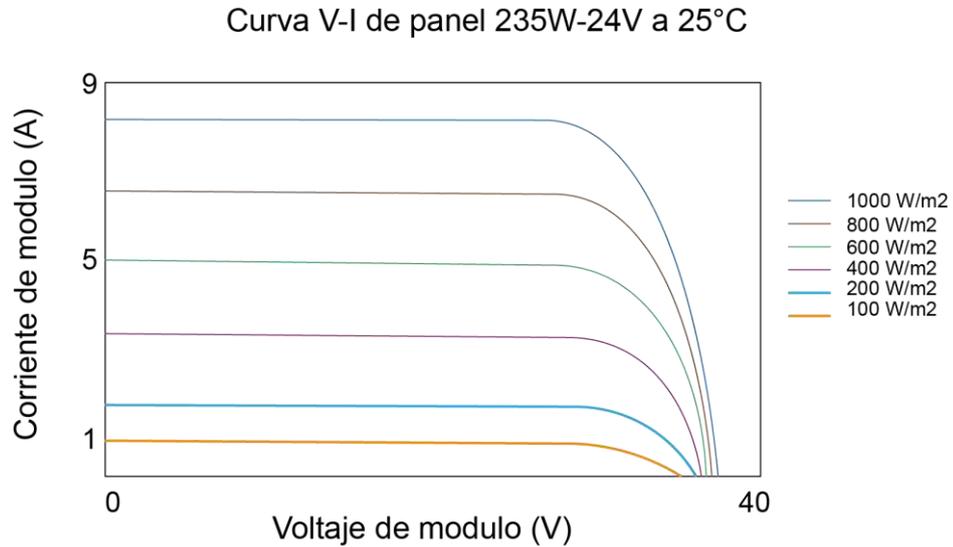


Fig. 15 Curva de I-V, respecto a la irradiancia (Autor)

Es muy importante conocer el comportamiento del panel solar con datos obtenidos en la zona de uso del EPS, esto porque permite evidenciar el funcionamiento teórico del sistema frente a la variación de la irradiancia, generalmente los fabricantes realizan pruebas a temperatura controlada óptima, es decir 25°C, con algunas variaciones de la irradiancia, obteniendo diferentes curvas características.

### 3.6 Funcionamiento teórico del regulador de carga MPPT

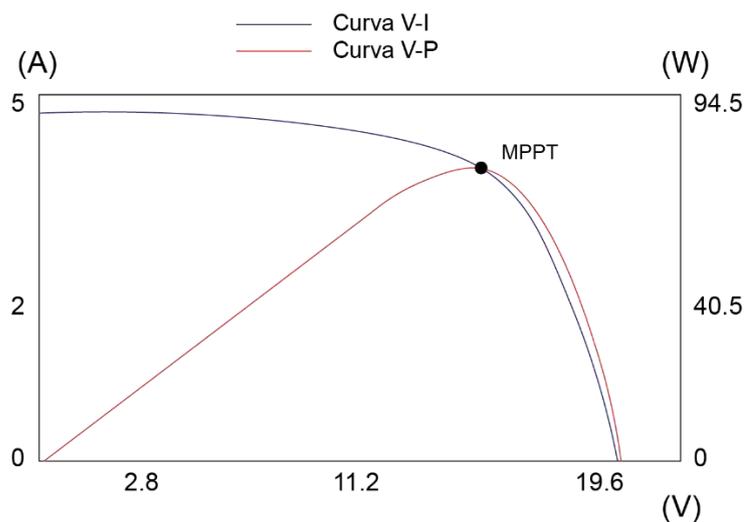


Fig. 16 Curva V-P V-I MPPT (Autor)

La tecnología MPPT permite al panel solar extraer más potencia ajustando la curva eléctrica a la que trabaja el módulo. Debido a la no linealidad de producción del panel del EPS,

existe un punto de máxima energía en la curva, un regulador MPPT puede rastrear continuamente el punto de máxima potencia del panel para extraer la máxima potencia de carga para la batería.

Para el uso del regulador MPPT, es necesario conocer los diferentes estados de carga que se pueden presentar teniendo siempre como condición principal la entrega de la máxima potencia disponible.

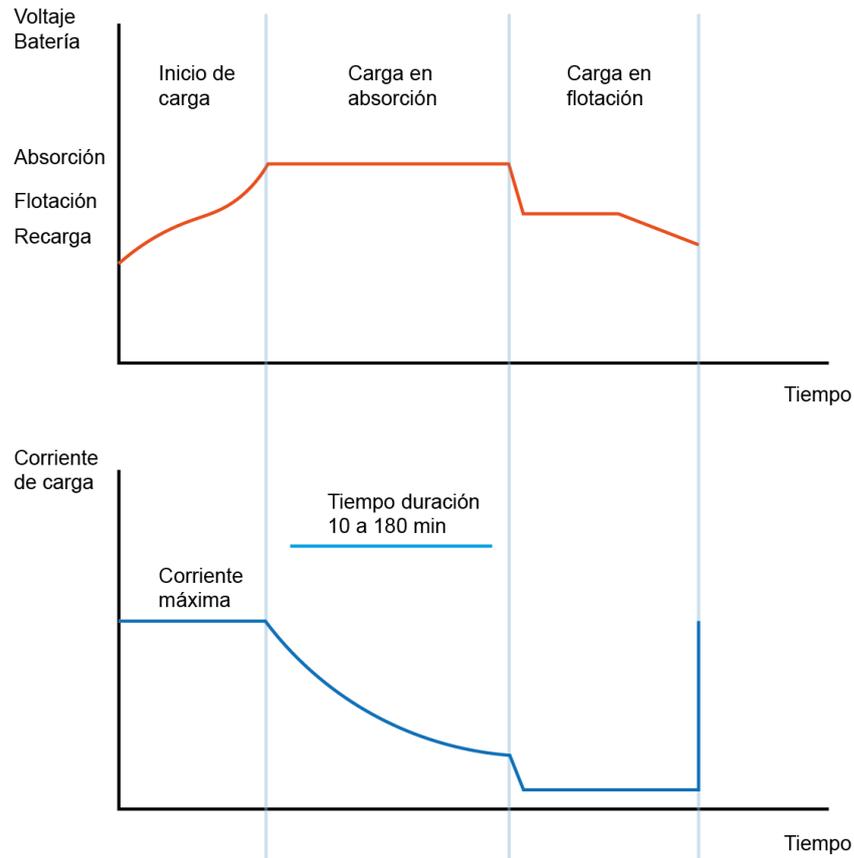


Fig. 17 Curva VT- AT de estados de carga (Autor)

### 3.6.1 Carga a intensidad máxima

Básicamente es la primera etapa donde el regulador a modo de comparador reconoce que la carga de las baterías se encuentra por debajo de un límite determinado, en cuanto los acumuladores tengan un valor de precarga, pasa al siguiente estado.

### 3.6.2 Carga en absorción

Es la fase en la cual los acumuladores superaron el valor de precarga disminuyendo la corriente de carga paulatinamente hasta que las baterías lleguen al 100% de su capacidad dentro del EPS.

### 3.6.3 Carga en flotación

Es la última etapa dentro del proceso de carga controlada por el regulador, donde la corriente de carga es muy baja, evitando la autodescarga y manteniendo siempre el 100% de carga de los acumuladores. Cuando el voltaje es más bajo que el límite de precarga el sistema nuevamente pasa a la etapa inicial de carga a intensidad máxima.

### 3.7 Funcionamiento teórico de los acumuladores

Los acumuladores deben ser seleccionados principalmente por características como:

- Su carga rápida.
- Menor sulfatación
- Rendimiento a bajas temperaturas
- Se elimina el estado de ecualización en estado de carga.
- Tiempo de vida (5 a 7 años dependiendo del uso).

Para el uso de acumuladores hay que tener en cuenta los factores principales que afectan su comportamiento, sin embargo, estos efectos colaterales se evidencian con el pasar de los años como se muestra en las Fig.18 y Fig. 19

La vida útil de la batería se puede ver comprometida por el número de ciclos de carga-descarga que afronte en el uso.

La temperatura es otro factor a considerar teniendo en cuenta los lugares de almacenamiento que se utilizan, más allá de disminuir el tiempo de vida del acumulador, la temperatura juega un papel importante para la capacidad de almacenamiento y la duración de la carga en función del tiempo.

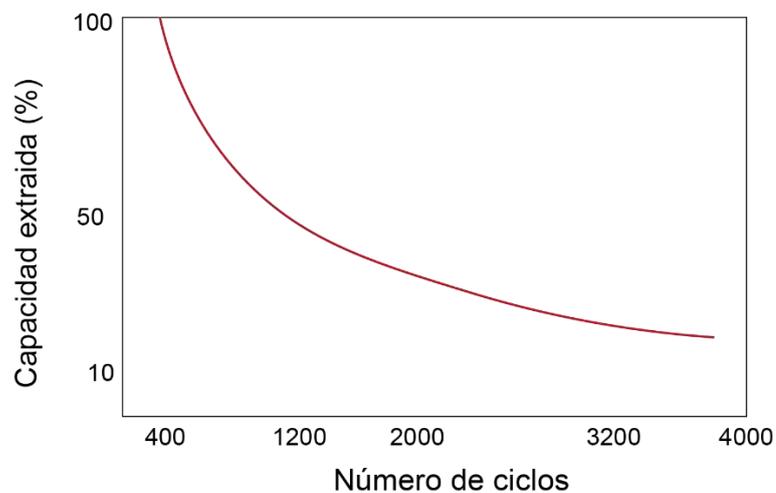


Fig. 18 Curva del ciclo de vida de batería (QP)

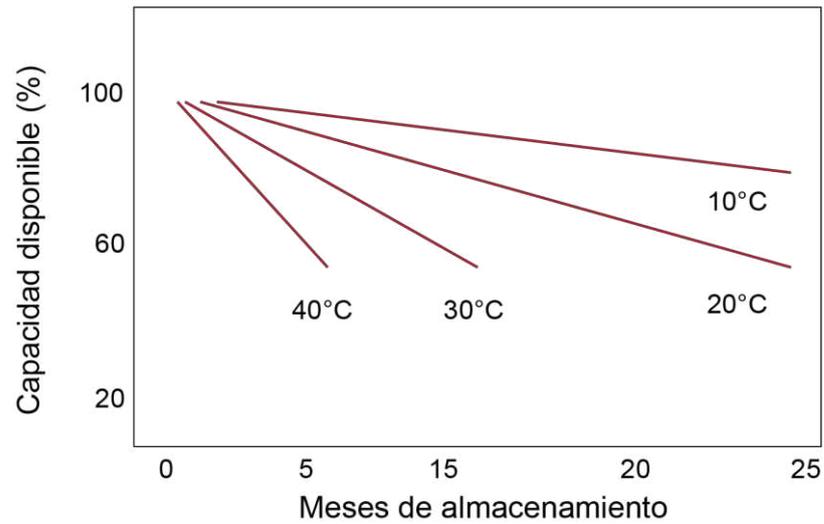


Fig. 19 Curva Temperatura – Capacidad – Tiempo de Batería (QP)

### 3.8 Consideraciones de seguridad

La seguridad es un factor importante a considerar para la instalación, ya que la falla de esta puede poner en riesgo la vida de las personas que utilizan el EPS.

En este trabajo los componentes se encuentran sobre una plataforma flotante, por lo cual se debe garantizar puntos claves.

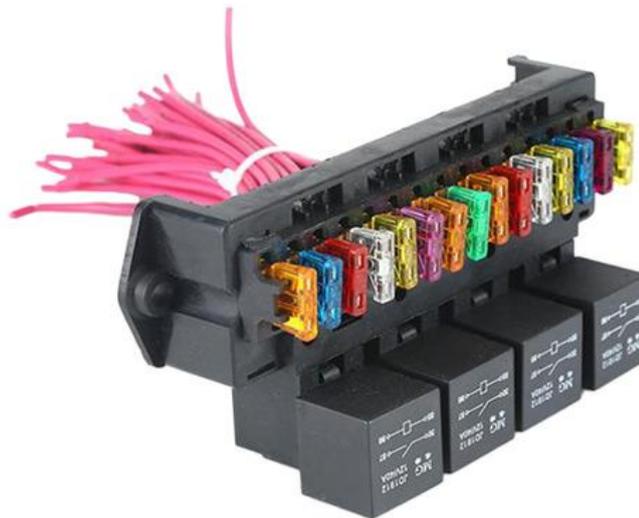


Fig. 20 Caja de fusibles y activadores para barco (Amazon)

- Los motores tengan certificación IP.
- Cableado correctamente blindado.
- Empalmes no tolerados
- Baterías correctamente almacenadas

- El regulador MPPT debe ser conectado primero a las baterías y luego al panel solar.
- Cada componente debe tener su toma negativa independiente.
- Uso de fusibles y dispositivos de seguridad para las etapas del sistema.
- Colocación de señalética en la plataforma.

Todos estos parámetros deben guardar armonía con el diseño del modelo de este trabajo con la finalidad de que los usuarios no puedan tener complicaciones o puedan manipular cualquiera de las partes que componen el EPS de forma inadecuada.

Finalmente, la instalación del EPS debe estar garantizada considerando que cualquier tipo de corrección durante la navegación resulta un factor complicado y peligroso, razón por la cual las pruebas en tierra antes de colocar el modelo sobre el agua pueden ayudar a identificar anomalías, permitiendo identificar el problema y solucionarlo de forma ágil y adecuada.

## CAPITULO 4

### 4. MODELADO ELECTRICO Y MECÁNICO DE BOTE IMPULSADO POR ENERGÍA FOTOVOLTAICA

#### 4.1 Consideraciones

El modelado del EPS de este trabajo está directamente relacionado con el modelo mecánico del bote, tomando en cuenta que la masa del bote y tripulantes debe ser considerado para la selección del motor de propulsión.

#### 4.2 Modelado mecánico

El diseño mecánico del bote permite la obtención de valores teóricos para el cálculo de masa de la estructura, flotabilidad, capacidad máxima de carga y finalmente concluir con la selección de los componentes eléctricos necesarios para el proyecto.

##### 4.2.1 *Diseño de la plataforma*

Para iniciar el diseño del bote se elige un modelo base, con la finalidad de proyectar la plataforma y distribución de las partes que se utilizaran para la construcción, por lo cual el concepto “Catamarán” es el indicado principalmente por su fácil construcción, donde no es necesario tener conocimientos para fabricar cascos y estructuras que utilizan un bote estándar.

En la Fig. 4, se puede apreciar el concepto deseado, basicamente son dos cuerpos utilizados como flotadores, sobre la parte superior se construye la estructura principal que servirá de soporte para el entablado, partes electricas, motores, y la tripulación.

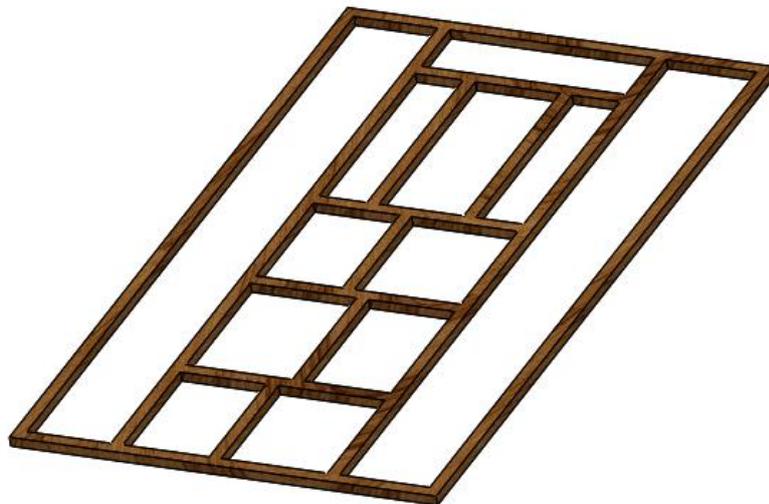


Fig. 21 Estructura principal 3D de plataforma (Autor)



Fig. 22 Tabla 3D para entablado de plataforma (Autor)

#### 4.2.2 Características del material

Para la construcción de la plataforma se considera a la madera de eucalipto (estructura principal) y el plywood (entablado) principalmente por su similitud en características.

- Costo bajo y fácil de conseguir.
- Se encuentra dentro de la categoría de semi duras.
- Su densidad hace que sea una madera semi ligera.
- El tiempo de vida es relativamente prolongado
- Disponibilidad en diferentes medidas
- Fácil ensamble

#### 4.2.3 Características físicas de la estructura principal y cálculo de masa

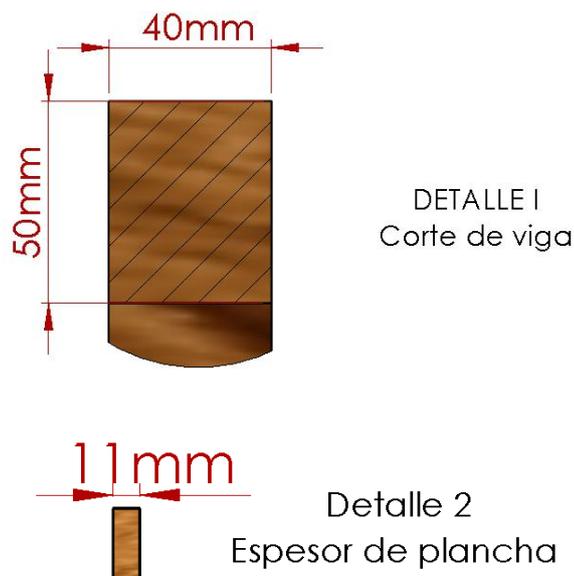


Fig. 23 Corte de viga de eucalipto y plancha de plywood (Autor)

Para el cálculo de la masa del cuerpo es necesario obtener las medidas de cada viga pasante y principal, además de más dimensiones del corte de viga según la Fig. 23. Para iniciar el cálculo de masa total de la plataforma se debe obtener el volumen, según la formula.

$$V = L * W * H \quad (2)$$

En donde:

- $V$  Volumen
- $L$  Largo
- $W$  Ancho
- $H$  Altura

En la ecuación 2 se reemplazan valores obteniendo:

$$V = 2161mm * 50mm * 40 mm \quad (3)$$

Los valores para la ecuación 3 son obtenidas de la Fig. 23 para reemplazar los valores de  $W$  y  $H$ , mientras que el valor de  $L$  es la cantidad en centímetros de viga utilizada para el armado de la plataforma obteniendo:

$$V = 43220000mm^3 \quad (4)$$

El resultado de la masa total de la plataforma se obtiene de:

$$M = D * V \quad (5)$$

En donde:

- $M$  Masa
- $D$  Densidad de material
- $V$  Volumen

El resultado de la ecuación 4 se eleva el valor de volumen a metros cúbicos, reemplazando se obtiene:

$$M = 575.80 \frac{kg}{m^3} * 0.043220m^3 \quad (6)$$

La densidad del material es encontrada en base a estudio por muestras, este valor es multiplicado por el volumen encontrado obteniendo la masa total de la plataforma.

$$M = 24.89kg \quad (7)$$

El uso de herramientas CAD, permite simular la obtención de la masa de forma automática, únicamente declarando la densidad del material utilizado para el sólido.

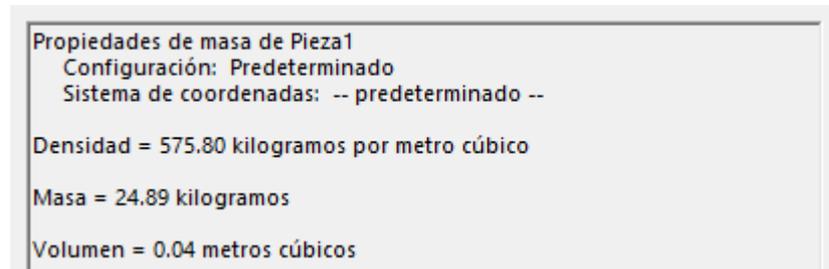


Fig. 24 Análisis de propiedades para estructura principal (Autor)

#### 4.2.4 Características físicas del entablado y cálculo de masa

De la misma forma como se realizó el cálculo del volumen y masa para la estructura principal, se debe obtener estos valores que luego serán sumados a la masa total del bote, de modo que usando la ecuación 2 se obtiene:

$$V = 1780mm * 300mm * 11mm \quad (8)$$

De esta ecuación se obtiene:

$$V = 5874000mm^3 \quad (9)$$

Reemplazando el volumen y considerando la densidad que declara el fabricante respecto al plywood adquirido, además de elevar el volumen a metros cúbicos se utiliza la ecuación 5, obteniendo:

$$M = 540 \frac{kg}{m^3} * 0.005874m^3 \quad (10)$$

De esta ecuación se obtiene:

$$M = 3.17196kg \quad (11)$$

Cabe considerar que para el entablado se utilizaron 8 planchas con las características del sólido planteado en la Fig. 22, de modo que:

$$M_{total} = 3.17196kg * 8 Un \quad (12)$$

De esta ecuación se obtiene:

$$M_{total} = 25.37568kg \quad (13)$$

El uso de herramientas CAD, nuevamente permite simular la obtención de la masa de forma automática, únicamente declarando la densidad del material utilizado para el sólido.

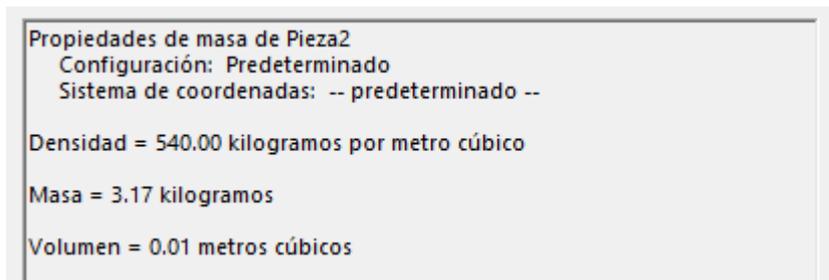


Fig. 25 Análisis de propiedades para unidad de entablado (Autor)

#### 4.2.5 Características físicas de los componentes eléctricos y ornamentales

Las características como la masa de los componentes del EPS no requieren cálculo ya que se puede utilizar la información descrita en sus hojas de características.

Por otra parte, los componentes ornamentales, como sillas, techo y mesa, no requieren el cálculo de masa ya que se pueden pesar fácilmente.

#### 4.2.6 Cálculo de la masa total del modelo

Para el cálculo de la masa total se consideran los valores de la ecuación 7 y 13, además de los valores descritos para las baterías, panel solar, peso promedio de dos personas adultas y componentes varios.

Tabla 2. Masa de componentes

Componente	Peso (kg)
Estructura	24.89
Baterías	30
Panel	8
Piso	25.37568
Techo	5
Piezas varias	10
Tripulantes	135.8
<b>Total</b>	<b>239.07</b>

Fuente: El autor

#### 4.2.7 Diseño de los flotadores

Para la selección del material considerando el tamaño de la estructura del bote diseñado en la cual los flotadores serán ensamblados, se seleccionan 6 bidones de 55 galones alineados en forma horizontal ya que se acoplan de forma adecuada a la plataforma.

Entre las características físicas de estos bidones se resalta:

- Bajo costo y fácil de adquirir.
- Densidad baja debido a su material plástico.
- Alta resistencia a golpes.

- No se requiere ensambles o procesos complejos.



Fig. 26 Bidón de 55 galones (Mercado Libre)

#### 4.2.8 Principio de Arquímedes aplicado

El principio de Arquímedes dice que “todo cuerpo sumergido dentro de un fluido experimenta una fuerza ascendente llamada empuje, equivalente al peso del fluido desplazado por el cuerpo”. Este principio en resumen dice que el objeto flota cuando su peso es menor o igual al peso del fluido desplazado.



Fig. 27 Principio de Arquímedes (Autor)

$$F_e = p * V * a \quad (14)$$

En donde:

- $F_e$  Fuerza de empuje
- $p$  Densidad de fluido
- $V$  Volumen del objeto
- $a$  Aceleración

Conociendo el principio se reemplaza los valores teóricos en la ecuación 14 donde la densidad de fluido será el valor constante para el agua de lagos, el volumen es el determinado por el fabricante de los bidones utilizados (55 galones que equivale a 0.208198 metros cúbicos) y la aceleración que es equivalente a la gravedad, por lo tanto:

$$F_e = 1000 \frac{kg}{m^3} * 0.208198m^3 * 9.8 \frac{m}{s^2} \quad (15)$$

El resultado de la fuerza de empuje de un bidón es de:

$$F_e = 2040.3404 N \quad (16)$$

En donde:

- $N$  Newtons

Para obtener la fuerza de empuje del conjunto de 6 bidones tenemos que:

$$F_e = 2040.3404 N * 6 \quad (17)$$

El resultado de la fuerza de empuje total es de:

$$F_{etotal} = 12242.0424 N \quad (18)$$

Para determinar el siguiente valor que es importante para considerar dentro de los criterios de flotabilidad es necesario aplicar el principio de fuerza:

$$F = m * g \quad (19)$$

En donde:

- $F$  Fuerza
- $m$  masa
- $a$  aceleración

Conociendo los valores teóricos se reemplaza en la ecuación 19 donde la masa será la suma del valor obtenido en la tabla. 2, considerando la masa de los 6 bidones de 55 galones:

$$F = (239.07kg + 48.96kg) * 9.8 \frac{m}{s^2} \quad (20)$$

De modo que el valor de la fuerza ejercida por toda la estructura del bote es:

$$F = 2822.694 N \quad (21)$$

Finalmente se comparan los datos de la fuerza de empuje y la fuerza ejercida por la masa total del bote y tripulantes obteniendo:

$$12242.0424 \text{ N} > 2822.694 \text{ N}$$

(22)

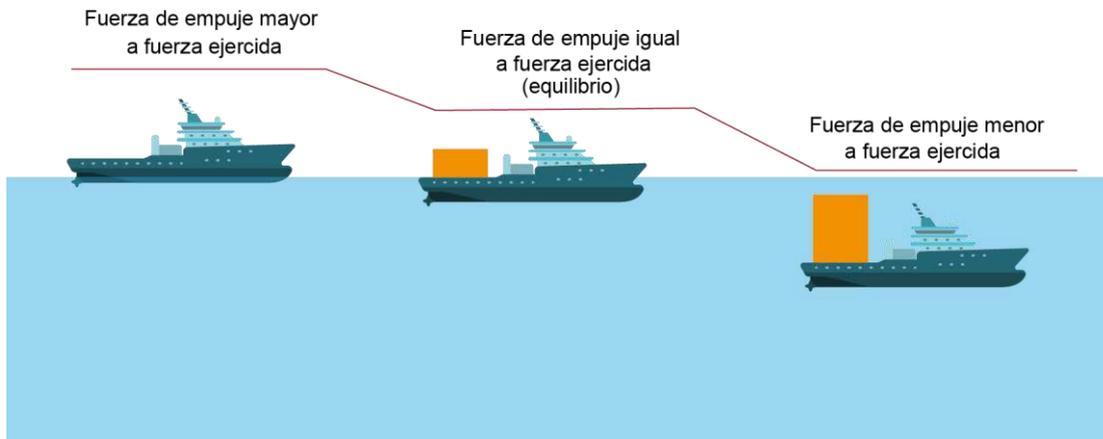


Fig. 28 Flotabilidad (Autor)

Por lo cual según la ecuación 22 y la Fig. 28 se concluye que el modelo tiene una fuerza de empuje mayor pudiendo no solo mantener al modelo fuera del agua, permitiendo que más carga pueda ser colocada en el mismo.

De modo que, garantizando la flotabilidad, el ensamble de los bidones y la plataforma se puede realizar, teniendo un modelo 3D de referencia para la fase constructiva.

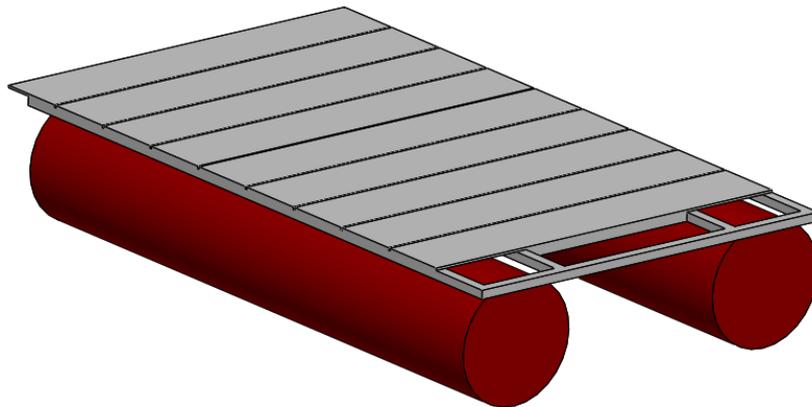


Fig. 29 Ensamble de flotadores y plataforma (Autor)

#### 4.2.9 Velocidad de carena

Tomando en cuenta que la carena es la parte del bote que se encuentra sumergida en el agua tenemos que:

$$V = R * \sqrt{E_f} \quad (23)$$

En donde:

- $V$  Velocidad de carena en nudos
- $R$  Constante de grado de velocidad
- $E_f$  Longitud de flotadores en metros

$$V = 1.4 * \sqrt{2.8m} \quad (24)$$

$$V = 2.342nudos = 4.33 \text{ km/h} \quad (25)$$

#### 4.2.10 Resistencia al avance

La relación de desplazamiento y la longitud de los flotadores o eslora está se puede obtener mediante:

$$\frac{D}{\left(\frac{E_f}{100}\right)^3} \quad (26)$$

En donde:

- $D$  El peso a desplazar en toneladas
- $E_f$  Longitud de flotadores en metros

$$\frac{0.28803}{\left(\frac{2.8}{100}\right)^3} = 13,120.9 \quad (27)$$

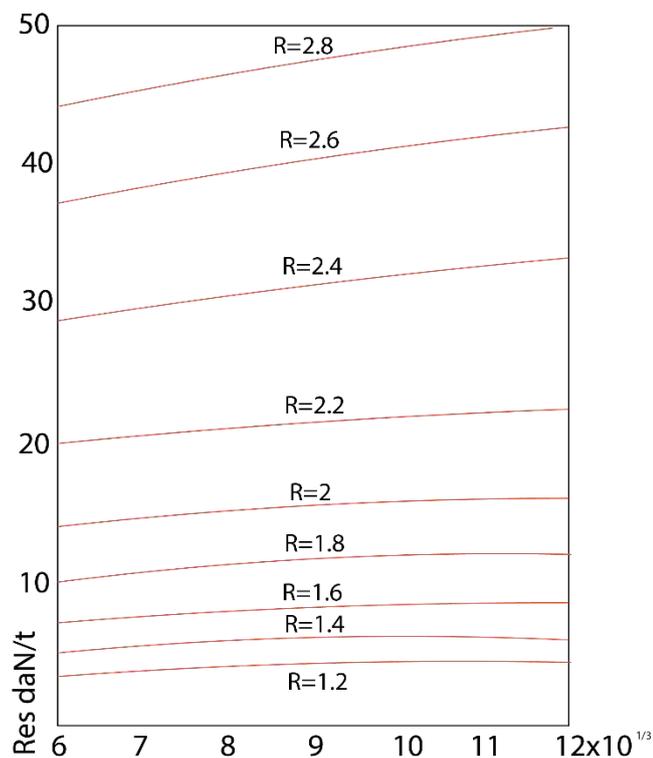


Fig. 30 Resistencia al avance por tonelada (Pierre, 2010)

En comparación de los datos tomados para alcanzar una velocidad de aproximadamente 5 kilómetros por hora, en la tabla de comparación se evidencia que la resistencia será de  $7 daN/T$ , por lo cual al tener un peso a desplazar de 0.28803 toneladas:

$$Res = 24.30 daN \quad (28)$$

### 4.3 Diseño eléctrico

Una vez garantizada la flotabilidad del diseño mecánico se debe modelar el EPS, como referencia se utiliza la topología evidenciada en el capítulo 3, donde la carga es parte principal a determinar, esto porque dependiendo del motor a utilizar, se puede modelar los componentes restantes.

#### 4.3.1 Motores fuera de borda

Un motor fuera borda, es un motor a combustión o eléctrico que se instala en la parte exterior de una embarcación permitiendo la impulsión y dirección de esta misma.

Estos motores son montados en la popa de botes de pequeño tamaño y pueden maniobrarse horizontalmente de manera que sirven como timón, también es posible su posicionamiento en vertical lo que permite maniobrar el cuerpo elevando la quilla.

Su facilidad para desmontarse del bote es un factor positivo, ya que facilita su transporte para por ejemplo guardarlo, repararlo o hacerle mantenimiento.

#### 4.3.2 Potencia de motor

La potencia del motor o motores declarado por los fabricantes son valores ensayados en condiciones normales de uso, los cuales nos facilitan en la selección de la parte a utilizar, tomando en cuenta el peso que se debe mover en el agua.

En base a los datos de resistencia al avance se consideran para el cálculo de potencia, tomando en cuenta que se considera un margen del 25% de seguridad (Adonaí Zapata Gordon, 2012), de modo que:

$$Res_t = Res * 1.25 \quad (29)$$

$$Res_t = 24.30 * 1.25 \quad (30)$$

$$Res_t = 30.375 daN \quad (31)$$

Considerando el margen, se procede al cálculo de potencia en la hélice, donde:

$$P_h = Res_t * V * 0.005 \quad (32)$$

En donde:

- $P_h$  Potencia en la hélice
- $Res_t$  Resistencia al avance con margen de tolerancia
- $V$  Velocidad de carena en nudos

$$P_h = 30.375 * 2.342 * 0.005 \quad (33)$$

$$P_h = 0.3556 \text{ kW} \quad (34)$$

Se aplica un porcentaje del 75% al rendimiento de la hélice, considerando que ninguna parte de la propulsión tiene un funcionamiento ideal, por lo cual:

$$P_{he} = \frac{P_h}{0.75} \quad (35)$$

En donde:

- $P_h$  Potencia en la hélice
- $P_{he}$  Potencia en la hélice con tolerancia

$$P_{he} = \frac{0.3556}{0.75} \quad (36)$$

$$P_{he} = 0.474 \text{ kW} \quad (37)$$

Para concluir se toma en cuenta las condiciones de trabajo en un 95% donde se obtendrá la potencia necesaria:

$$P_{total} = \frac{P_{he}}{0.95} \quad (38)$$

$$P_{total} = \frac{0.474}{0.95} \quad (39)$$

$$P_{total} = 0.498 \text{ kW} = 498.94W \quad (40)$$

Tomando en cuenta que los motores fuera de borda de bajo coste son utilizados generalmente para mover kayaks, botes inflables y botes pequeños, la fuerza de empuje de estos debería ser de los más altos para el modelo diseñado en esta investigación.

El valor de referencia para elegir la potencia de los motores puede verse afectado por la dinámica del modelo sobre el agua, considerando que los valores de la resistencia al avance son para diseños de buques que tienen un proceso de fabricación más controlado.

De modo que tomando como referencia la tabla.3 se selecciona el motor.

Tabla 3. Características de motores

Ítem No.	Empuje en Lb	Empuje en kg	Potencia (W)
NV-36	36	16.3	348
NV-46	46	20.9	480
NV-55	55	25	624
NV-62	62	28.2	696
NV-86	86	37.2	1152

Fuente: Newport Vessels

Según el fabricante Newport Vessels, su clasificación se realiza por el empuje en libras que sus motores pueden entregar, de modo que revisando comentarios de usuarios y reviews se puede decir que los modelos NV-36 y el NV-46 son motores diseñados para kayaks y botes de pesca de un tripulante, donde su peso no es significativo, los motores NV-55 y NV-62 son motores de gama media, permitiendo la propulsión de botes de 2 a 6 pasajeros, siendo estos de aluminio o inflables, finalmente el NV-86 siendo este el modelo más potente puede ser colocado en botes de 2 a 6 pasajeros, obteniendo más fuerza de empuje o velocidad. (Vessels, 2022)

El modelo NV-86 es ideal para el bote modelado, sin embargo, el factor costo y la inexistencia en el mercado nacional se vuelve un inconveniente de modo que, aprovechando los motores encontrados en el país, se construye un sistema de propulsión. Fig. 31

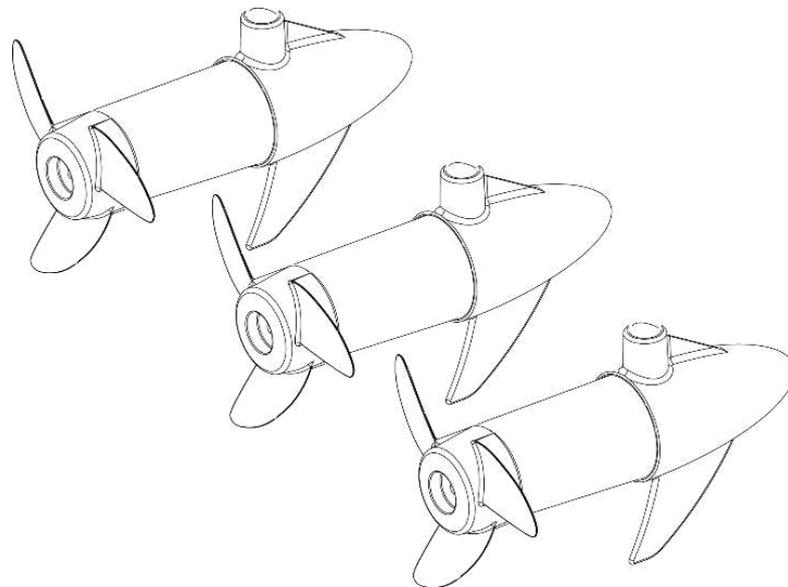


Fig. 31 Sistema de propulsión 3 motores (Autor)

El sistema de propulsión diseñado está compuesto de 3 motores Newport Vessels NV-36 configurados en paralelo, los mismos que actúan desde el control horizontal del sistema fuera de borda, de modo que se puede controlar el encendido y apagado de cada uno.

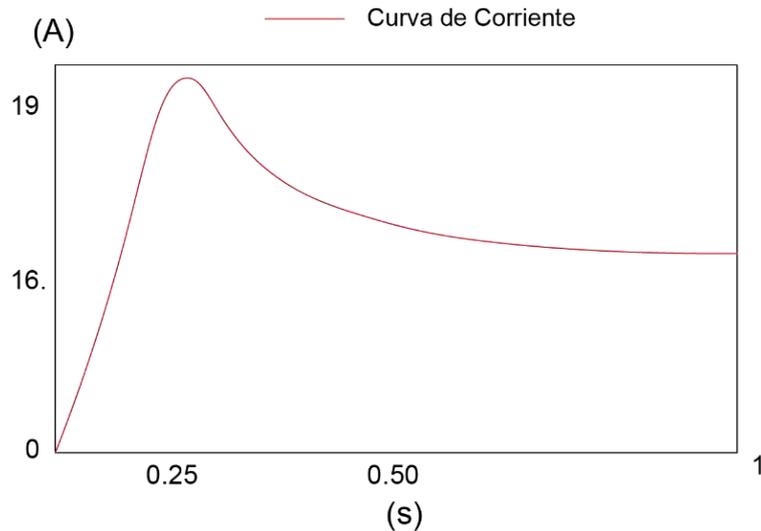


Fig. 32 Arranque de motor NV-36 (Autor)

El arranque de motor es evaluado porque la obtención del amperaje pico se aplica para la dimensión del elemento de seguridad de todo el EPS, además de evaluar el tiempo de estabilización que se da de inmediato.

Se evalúa la potencia del motor declarado en su hoja de características es de 348W, con los datos resultantes de la prueba del motor de modo que:

$$P = V * A \quad (41)$$

En donde:

- $P$  Potencia
- $V$  Voltaje
- $A$  Amperios

Reemplazando la intensidad promedio y el voltaje promedio utilizado para la prueba:

$$P = 26 \text{ VDC} * 13.5 \text{ A} \quad (42)$$

Obteniendo el resultado:

$$P = 351 \text{ W} \quad (43)$$

Cabe recalcar que la conexión de los 3 motores se encuentra en paralelo, por concepto este tipo de conexión ofrece el mismo voltaje de entrada al circuito en todos los puntos del mismo, mientras que la intensidad total será la suma de cada intensidad obtenida en cada una de las cargas que componen el circuito EPS.

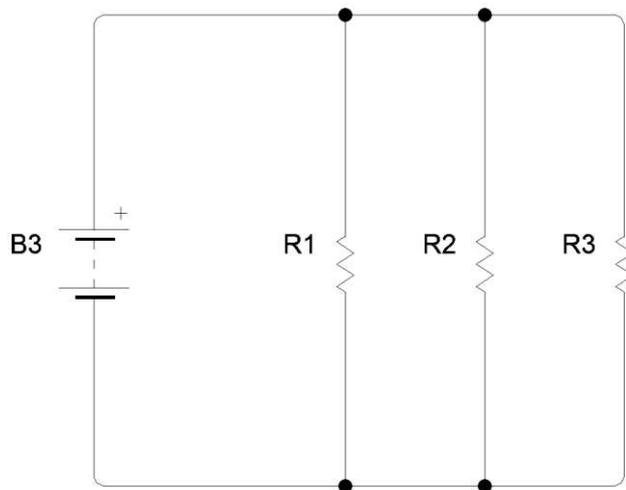


Fig. 33 Circuito paralelo (Autor)

De este modo y al tratarse de motores de las mismas características se utiliza el valor obtenido en la ecuación 43:

$$P_{total} = 351W * 3 Un \quad (44)$$

Finalmente, la potencia total de la carga es:

$$P_{total} = 1053W \quad (45)$$

#### 4.3.3 Velocidades

La intensidad generada en el EPS, dependerá de las velocidades utilizadas al momento de manejar el bote, por lo cual, a mayor velocidad, mayor será la intensidad generada.

El control de velocidades está diseñado utilizando una conexión principal al regulador del EPS, la misma que aterriza en un sistema selector pudiendo de esta forma activar o desactivar los motores, como lo indica la tabla. 4.

Tabla 4. Velocidades en sistema de propulsión

Selector	Motores	Efecto
1-I	1	Motor 1 giro inverso
Punto muerto	0	Motores apagados
1-D	1	Motor 1 encendido
2-D	2	Motor 2 y 3 encendido
3-D	3	Motor 1, 2 y 3 encendido

Fuente: Autor

El sistema selector se conecta a la palanca de eje horizontal, pudiendo de esta forma controlar la velocidad y la dirección del bote, cumpliendo con el principio de un motor fuera de borda eléctrico.

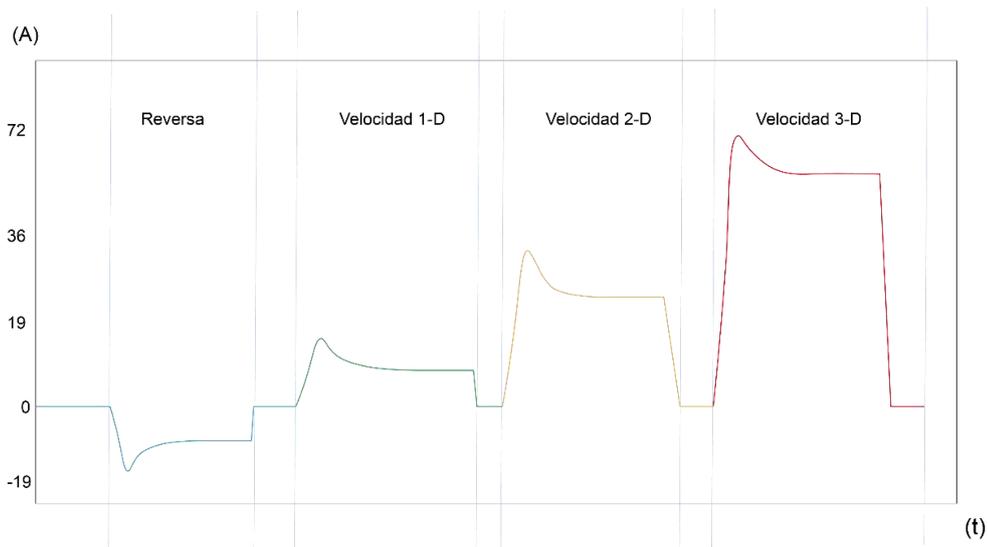


Fig. 34 Corriente de arranque en 4 marchas (Autor)

Para el modelado de la marcha en reversa se utiliza el principio de los motores DC (Direct Current), se invierten los polos de alimentación mediante el sistema selector, de modo que el motor puede girar en sentido contrario, pudiendo actuar de freno y una vez detenido permite al bote ir en sentido contrario.

#### 4.3.4 Autonomía

Con el concepto revisado anteriormente, la autonomía dependerá de la capacidad amperios-hora de la batería a implementar y la carga, misma que al manejar diferentes velocidades, aumenta o disminuye el tiempo de uso del EPS.

Los amperios hora (Ah) determinan las diferentes capacidades de las baterías existentes en el mercado, esta unidad se utiliza para identificar la capacidad de una batería o acumulador, es decir, si una batería tiene 10 amperios hora, debería poder dar 10 amperios durante 1 hora o 1 amperio durante 10 horas.

Tabla 5. Duración teórica de baterías

Capacidad (Ah)	Amperios (A)	Tiempo (min)
1	40.5	1.48
5	40.5	7.41
15	40.5	22.22
20	40.5	29.63
50	40.5	74.04
100	40.5	148.15
150	40.5	222.22

Fuente: Autor

En la tabla. 5 se detallan las capacidades más comunes de baterías en el mercado, aplicando el principio amperio-hora, esto permite evaluar una banda para la elección de los acumuladores.

Otro factor considerado en el trabajo de investigación es el costo que representa adquirir un acumulador de gran capacidad, ya que esta es directamente proporcional a su valor monetario.

Tabla 6. Duración teórica de baterías a diferentes marchas

Marcha	Capacidad (Ah)	Amperios (A)	Tiempo (min)
1-I	50	13.6	183.26
1-D	50	13.7	178.36
2-D	50	27.3	88.86
3-D	50	40.5	59.45

Fuente: Autor

Como se puede observar en la tabla. 6, la autonomía del EPS aumenta conforme se reduzcan las marchas disponibles en el modelo.

#### 4.3.5 Estimación de consumo y almacenamiento de energía

La estimación de consumo trata de determinar el consumo medio diario en Ah (amperios-hora), para lo cual es necesario proyectar el tiempo de uso que la carga del EPS se mantendrá en operación.

Para el cálculo de la energía utilizada en el día se aplica:

$$E = W_c * t \quad (46)$$

En donde:

- $E$  Energía consumida
- $W$  Potencia de carga
- $t$  Tiempo de uso

Utilizando un recorrido de referencia y un uso de 5 min a potencia máxima con periodos de para para el reposo de los motores tenemos que se podría tener un uso total de 1 hora, de modo que:

$$E = 1053W * 1horas \quad (47)$$

$$E = 1053 Wh/día \quad (48)$$

En donde:

- $E$  Energía consumida
- $Wh/día$  Watts hora por día

Finalmente se aplica la ecuación 31 para el cálculo de amperios-hora necesarios, es decir la capacidad del banco de baterías que alimentarán el EPS

$$CB^* = \frac{L*N*\delta}{DOD} \quad (49)$$

En donde:

- $CB^*$  Capacidad de la batería
- $L$  Energía real necesaria
- $N$  Número de días de autonomía
- $\delta$  Factor de corrección anual
- $DOD$  Máxima profundidad de descarga de la batería

Utilizando la ecuación 49 se obtiene:

$$CB^* = \frac{1053Wh/día * 0.0416día * 1.15}{0.60} \quad (50)$$

Finalmente obteniendo un valor en Watts-hora y amperios-hora:

$$CB^* = 839.66Wh \quad (51)$$

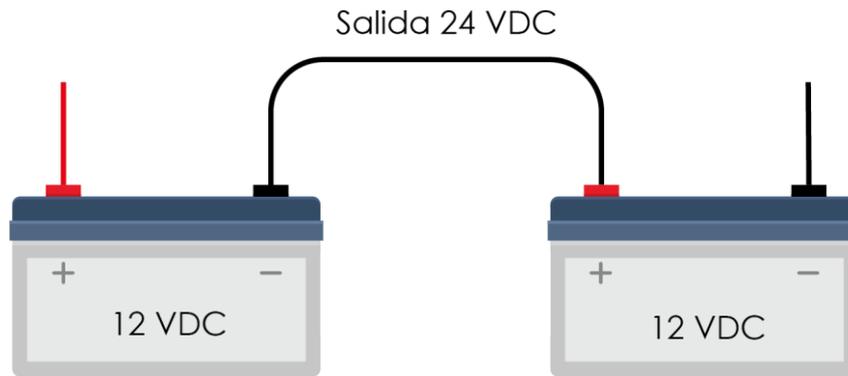
$$CB = 34.98Ah \quad (52)$$

La estimación de la capacidad de las baterías en amperios-hora obtenida garantiza una autonomía de 3 horas de uso continuo a máxima velocidad, por lo que, en cambios de marcha para disminuir potencia, en reposo o en reversa el modelo puede ahorrar energía.

Si se considera los datos de la tabla.6 respecto a la duración teoría se puede concluir que las baterías seleccionadas para la investigación pueden entregar 1 hora y algunos minutos de autonomía a máxima potencia, esto con la finalidad de cuidar la vida útil de los acumuladores.

#### **4.3.6 Conexión de baterías**

Para la investigación el uso de una batería de 12 V no fue posible, por lo cual, se implementa una batería de 24 V y 50Ah, por lo cual se utiliza un concepto básico de conexión serie paralelo para baterías.



*Fig. 35 Circuito serie de baterías (Autor)*

La conexión serie me permite obtener un voltaje nominal de 24 voltios, al sumar el voltaje disponible en cada batería, manteniendo la misma capacidad de 50Ah en el conjunto.

Por recomendación de Newport Vessels, las baterías de ciclo profundo son ideales para el uso con motores fuera de borda. Las baterías de ciclo profundo son conocidas por su capacidad de carga y descarga, además de su tiempo de vida útil.

#### **4.3.7 Modelado de panel solar**

Un EPS no podría ser autónomo si le faltase un método de carga para los acumuladores conectados al sistema, por lo cual, conocida la carga, los acumuladores, se debe modelar el panel a utilizar.

Para el modelamiento se inicia por el factor “energía renovable”, el mismo que se evaluó brevemente en capítulos anteriores, tema que debe ser profundizado al seleccionar una zona de prueba del bote

#### **4.3.8 Ubicación del lugar de prueba**

Para el modelamiento y posterior ensayo del bote propulsado con energía fotovoltaica se selecciona la laguna que se encuentra en el parque “El Paraíso”, la misma que se encuentra ubicada en el cantón Cuenca, provincia del Azuay con coordenadas geográficas (-2.9102473790465293, -78.98728794987791).

#### **4.3.9 Obtención de datos solares**

La recopilación de datos como irradiancia, temperatura, entre otros, es necesaria para analizar una factibilidad de implementación en la zona deseada. Para este trabajo de investigación se utiliza información obtenida de un software especializado en la recopilación de datos solares globales utilizados para la implementación de sistemas fotovoltaicos.

Es de este modo que mediante Solargis Prospect, se obtienen datos diarios, mensuales estimados de los principales valores climáticos necesarios para evaluar una zona de aplicación. Solargis cuenta con la validación con más de 1000 empresas alrededor del mundo,

declarando en su documentación que sus mediciones pueden tener una desviación estándar del  $\pm 2.5\%$ . (Solargis, 2022)

#### 4.3.10 Temperatura

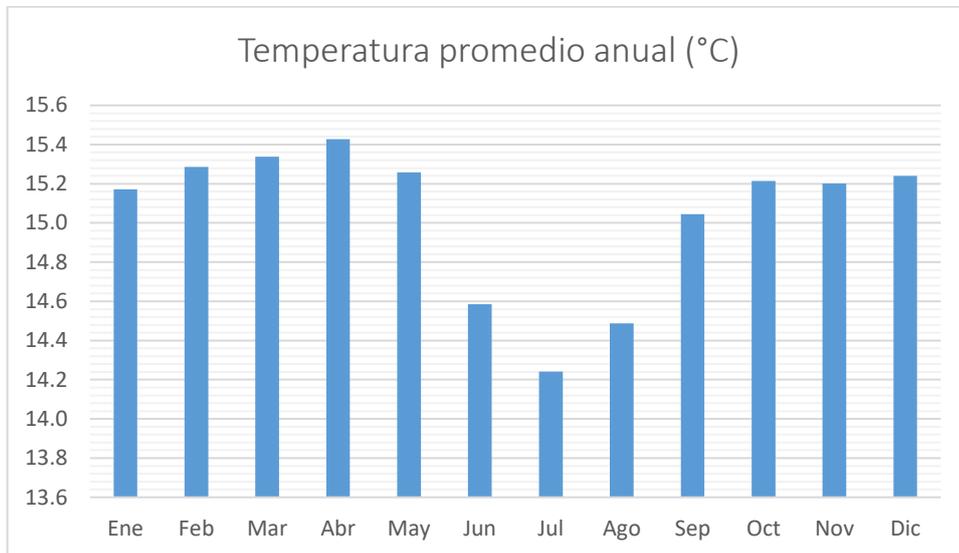


Fig. 36 Temperatura en laguna de parque “El Paraíso” (Autor)

Si bien la temperatura no es la ideal, la temperatura promedio mensual es aceptable, teniendo en cuenta que las altas temperaturas afectan a la eficiencia de los paneles solares.

#### 4.3.11 Irradiancia anual

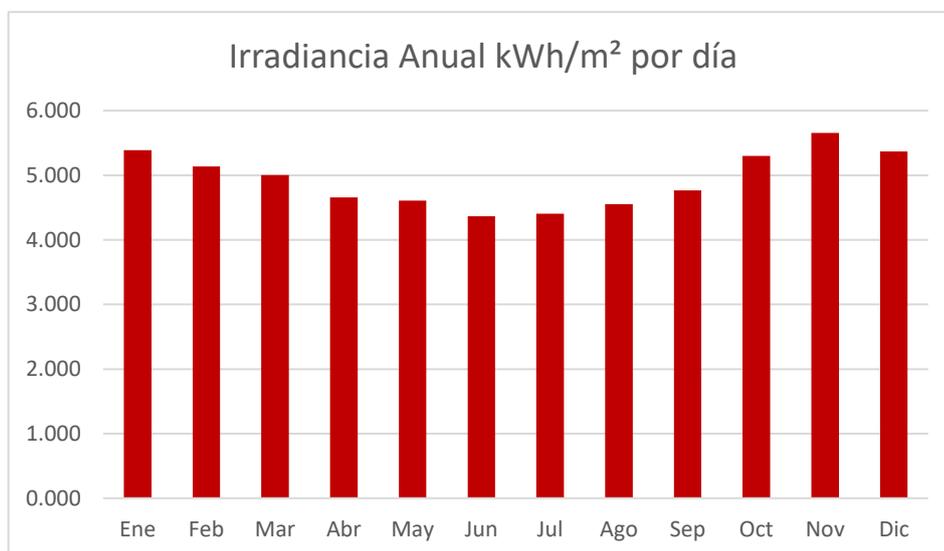


Fig. 37 Irradiancia en laguna de parque “El Paraíso” (Autor)

La irradiancia anual se obtiene al considerar el promedio mensual, producto de la irradiación diaria promedio obtenido, el comportamiento decreciente – creciente en los valores se debe principalmente a factores climáticos como lluvia y frío característicos de estos lugares durante los meses de diciembre a abril, mientras que desde mayo hasta noviembre se tiene un incremento producto del cambio de clima, donde hay menos lluvia y más días soleados.

#### 4.3.12 Hora solar pico

La HSP (Hora Solar Pico) es una unidad que mide la irradiación solar y se define como el tiempo en horas de una hipotética radiación solar constante de  $1000 \text{ W/m}^2$ . (Style, 2012)

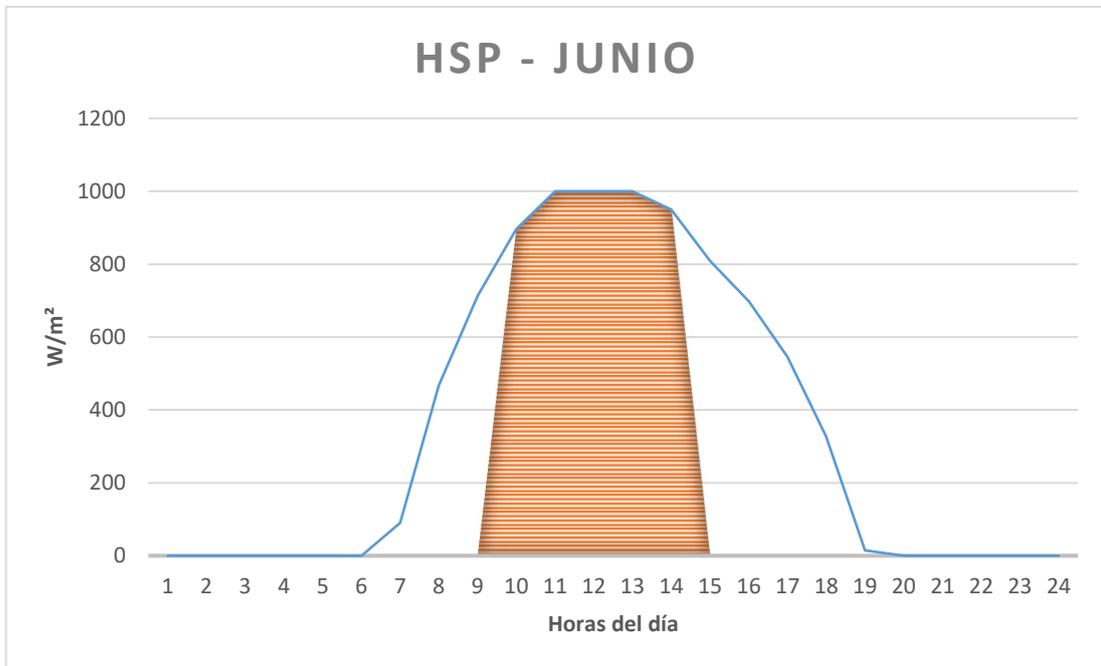


Fig. 38 HSP de laguna del parque “El Paraíso” (Autor)

La HSP encontrada para el sector del parque “El Paraíso” es de 4.55 horas del día en el mes de junio, la Fig. 38 ayuda a identificar que las horas son aproximadamente desde las 10 am hasta las 14pm, antes o después de este rango de tiempo la irradiación no alcanza el punto máximo de generación.

#### 4.3.13 Simulación de panel en condiciones de funcionamiento.

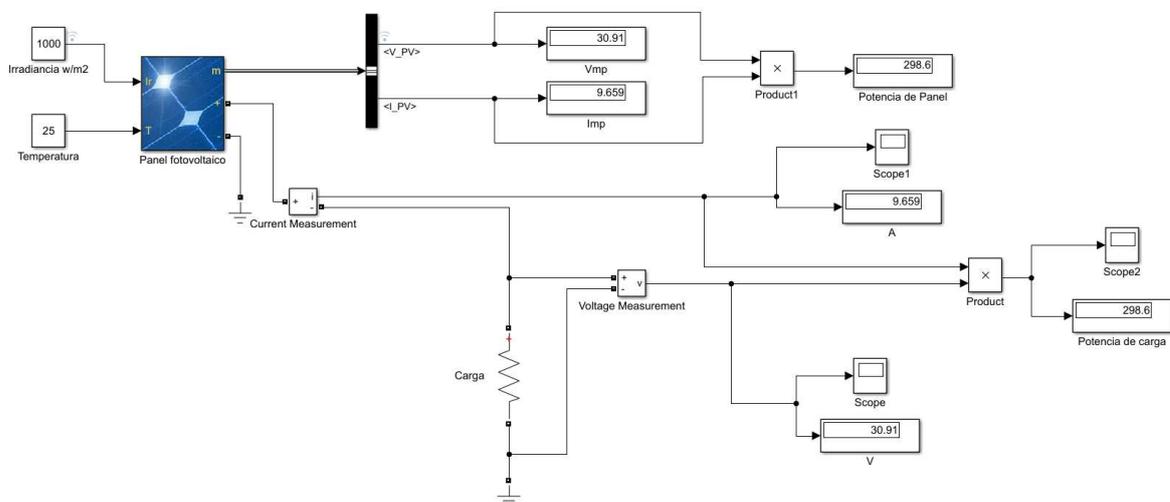


Fig. 39 Modelado de panel en MATLAB (Autor)

Para obtener una gráfica que evalúe el comportamiento del panel solar a utilizar, respecto a las condiciones climáticas y el comportamiento del sol es necesario utilizar software especializado

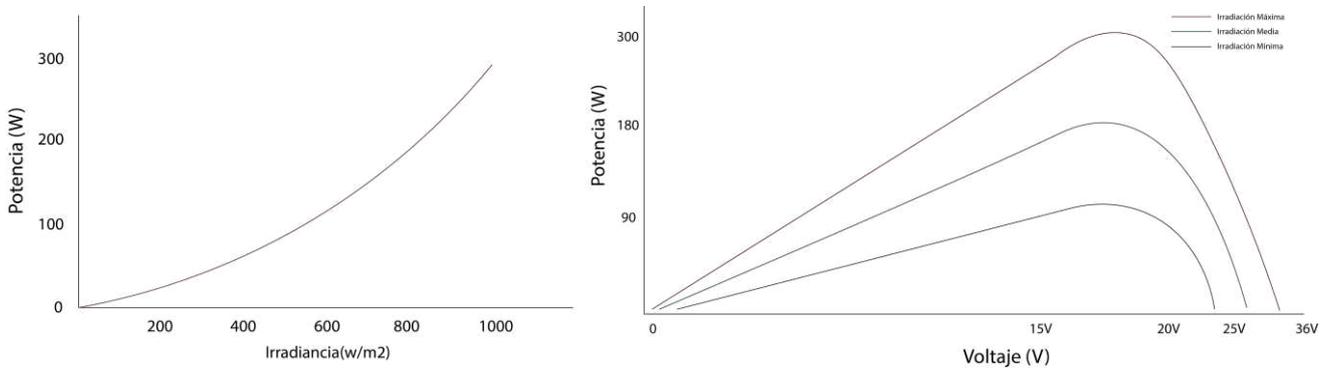


Fig. 40 Curva de potencia-irradiancia (Autor)

#### 4.3.14 Cantidad de paneles a implementar

La obtención de la cantidad de paneles ayuda al dimensionamiento en espacio y costo EPS, respecto de la capacidad de las baterías y la carga.

Para el cálculo del número de paneles viene dado por:

$$n_{FV} = \frac{C_d * F_s}{HSP * W_p} \quad (53)$$

En donde:

- $n_{FV}$  Número de paneles
- $C_d$  Consumo diario
- $F_s$  Factor de seguridad
- $HSP$  Hora solar pico
- $W_p$  Potencia del panel

Al reemplazar los valores por las variables, se obtiene:

$$n_{FV} = \frac{1053 * 1.3}{4.5502 * 300} \quad (54)$$

$$n_{FV} = 1 \text{ Panel} \quad (55)$$

#### 4.3.15 Modelado en vínculo eléctrico – mecánico para velocidad ideal

Según lo estudiado el vínculo entre las partes eléctricas y mecánicas es el sistema de propulsión, en base a lo calculado el peso juega un papel importante en la definición de la potencia de un motor o motores, sin embargo considerando variables como la resistencia del casco o en este caso los flotadores, se tiene que para alcanzar un modelo ideal se inicia por el cálculo de la resistencia, de tal forma que:

$$P = c * v^3 \quad (56)$$

En donde:

- $P$  Potencia en Watts
- $c$  Constante de resistencia de los flotadores
- $v$  la velocidad en  $m/s$

En el apartado del sistema de propulsión se puede considerar a la unión entre el eje del motor y la hélice como un sistema de transmisión, finalmente la potencia de la hélice de los motores dependerá de la velocidad angular y el par o torque del motor, siendo así:

$$P = \omega * T \quad (57)$$

En donde:

- $P$  Potencia en Watts
- $\omega$  Velocidad angular  $rad/s$
- $T$  Par o torque Nm

En cuanto a factores de eficiencia la velocidad angular y el torque generado son variables que dependerán del voltaje y corriente obtenidos del funcionamiento del motor.

$$\eta_{motor} = (\omega * T)/(U * I) \quad (58)$$

En donde:

- $U$  Voltaje
- $I$  Corriente
- $\omega$  Velocidad angular  $rad/s$
- $T$  Par o torque Nm

Para la relación de velocidad respecto a una constante de resistencia y factores de voltaje y potencia respecto de un tiempo de navegación se obtiene que:

$$v = \sqrt[3]{E} * \sqrt[3]{1/t} * 1/\sqrt[3]{c} \quad (59)$$

En donde:

- $v$  Velocidad  $m/s$
- $E$  Energía Wh
- $t$  Tiempo de navegación
- $c$  Constante de resistencia de los flotadores

La energía a consumir juega un factor importante ya que dependiendo de su aumento o disminución, la ecuación permite proyectar una velocidad media consiguiendo la estabilidad entre la velocidad y la distancia de navegación.

$$t = D/v \quad (60)$$

$$P = E/t \quad (61)$$

En donde:

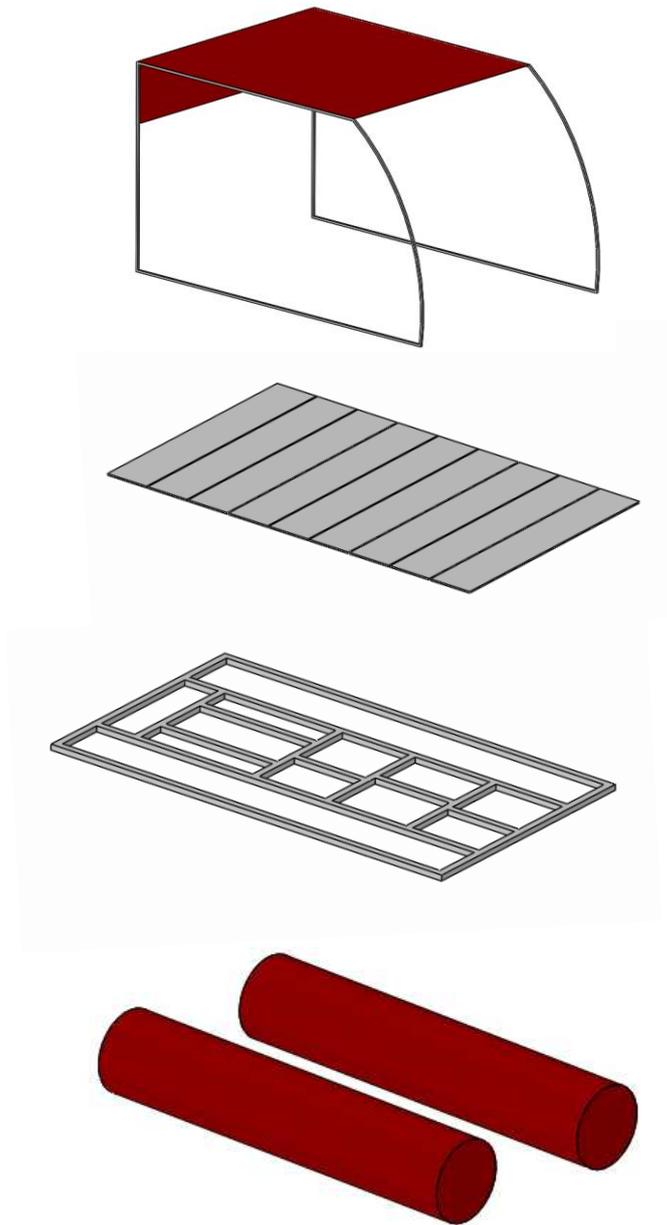
- $v$  Velocidad  $m/s$
- $E$  Energía Wh
- $D$  Distancia de recorrido
- $t$  tiempo de navegación

La eculización entre la parte mecánica y eléctrica es importante para definir un punto de eficiencia al momento de utilizar las velocidades del sistema de propulsión, de modo que se obtenga un mayor tiempo de movimiento por las aguas

## CAPITULO 5

### 5. CONSTRUCCIÓN Y ENSAYO DE LAS PARTES ELECTRICA Y MECÁNICA DE BOTE IMPULSADO POR ENERGÍA FOTOVOLTAICA

#### 5.1 Modelo 3D Apartado mecánico



*Fig. 41 Despiece de parte mecánica de bote (Autor)*

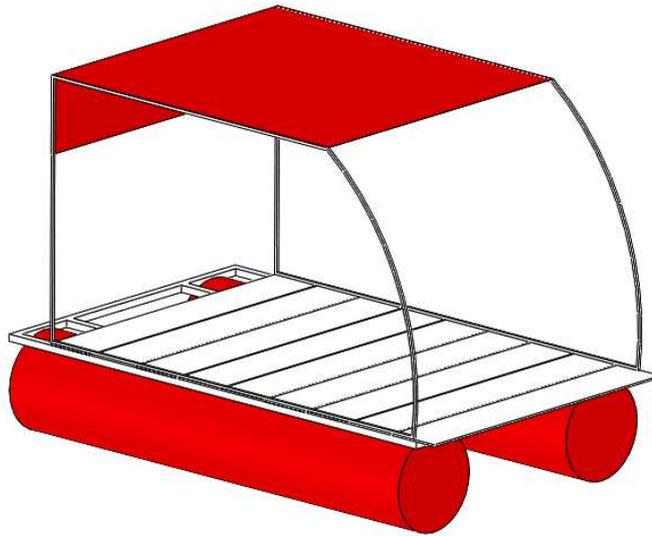
Tomando en cuenta los cálculos realizados con el material disponible para la construcción, se realiza el modelo en 3D de las partes las cuales luego pueden ser ensambladas para evaluar al modelo antes del proceso de construcción.

Al tener un modelo en 3D es mucho más sencillo de evaluar las características descritas en anteriores capítulos, porque en el mercado existe el software que permite obtener los datos precisos para el dimensionamiento de la parte eléctrica, en base a masa, flotabilidad y la dinámica de los flotadores en el agua.

Tabla 7. Lista de materiales para el armado del modelo

Descripción	Cantidad	UMB
ALFOMBRA P/PISO GRIS AHUMADO AT/LISO	4	M
AMARRA PARA CABLE BLNO FHS-5X400 1.5	1	UN
BATERIA DE GEL 12V 50AH	2	UN
BLISTER BISAGRA REMACHADA 1.1/2" 1.0MM	1	UN
BLISTER BISAGRA REMACHADA 2" 1.0MM	1	UN
CABLE ACERO GALVANIZADO 6X7 FC3MM 305M	25	M
CARPA 1.15X2X1.78 ARMADA	1	UN
CEMENTO DE CONTACTO AFRICANO 1L 1/4	1	UN
CHINCHETAS PLATEADA 100PZS MF0510C	2	UN
CINTA AISLANTE 19X10 15MM N CX60	1	UN
CINTA PARA DUCTO GRIS ADHEPLAST	1	UN
CONTROLADOR CARGA MPPT 50A	1	UN
CUERDA TRENZADA 12MM X 15M 50FT 100%	1	UN
DISOLVENTE PARA PINTURAS ADHEPLAST 1/2	1	UN
DISOLVENTE PARA PINTURAS ADHEPLAST GAL	1	UN
ESMALTE PROFESIONAL BLANCO GALON HIDRO	1	GAL
ESMALTE PROFESIONAL VINO TINTO 20 GAL HD	1	GAL
GRAPA INSTALACION ELECTRICA 17X21MM	1	UN
GRILLETE GALVANIZADO CABLE 1/4"	30	UN
MANGUERA PARA GAS PLOMA 8MM	18	M
MOTOR NEWPORT VESSELS NV-36	3	UN
PANEL SOLAR 300W MONO	1	UN
PICAPORTE 2.5"C/ TORNILLO CENT R11640	1	UN
PIE DE AMIGO 5X6"	12	PAR
PIE DE AMIGO CAFE 5X6X0.8MM 35G	4	PAR
PIE DE AMIGO CAFE 6X8X0.8MM 45G	2	PAR
PLANCHA PLYWOOD 12MM	2	UN
PLANCHA PLYWOOD 9MM	1	UN
SILLA BLANCA 7X46X81 PP638	2	UN
TELA CAMBREL ROJO 1.6MX150M/R 75GSM	3	M
TENSOR CABLE Y CADENA 3/16"/3121K 250	13	UN
TENSOR CABLE Y CADENA ACERO INOX 1/8"	3	UN
TERMINAL H TYPE H12-15A	1	UN
TORNILLO EMBUTIDO P/AGLOM NEGRO 1..X10	50	UN
TORNILLO EMBUTIDO P/AGLOM NEGRO 1..X6	350	UN
TORNILLO EMBUTIDO P/AGLOM NEGRO 1..X8	100	UN
TORNILLO EMBUTIDO P/AGLOM NEGRO 1-5/8	150	UN
TORNILLO EMBUTIDO P/AGLOM NEGRO 4..X10	150	UN

Fuente: Autor



*Fig. 42 Bote armado 3D (Autor)*

## **5.2 Adaptación de motores**

Según lo revisado en anteriores capítulos la selección de los motores se realiza principalmente por la potencia necesaria para que el bote pueda abandonar su estado de reposo, posteriormente el cambio de velocidades permite tener una mejor eficiencia en el consumo de energía, considerando que en partes el trayecto no puede ser necesaria la potencia máxima.



*Fig. 43 Propulsión Newport Vessels de 3 motores con cambio de velocidad (Autor)*

La propulsión compuesta por 3 motores se encuentra soportado por una estructura manteniendo a cada motor en línea, la misma que se suelda a un eje, donde se adapta la prensa que sujetará toda la pieza, finalmente se utilizan 2 bridas para soportar la caída de los motores en el agua, de modo que estas permiten la calibración de la altura, todo esto acompañado de un cable 10AWG (American Wire Gauge), para la conexión al regulador MPPT.

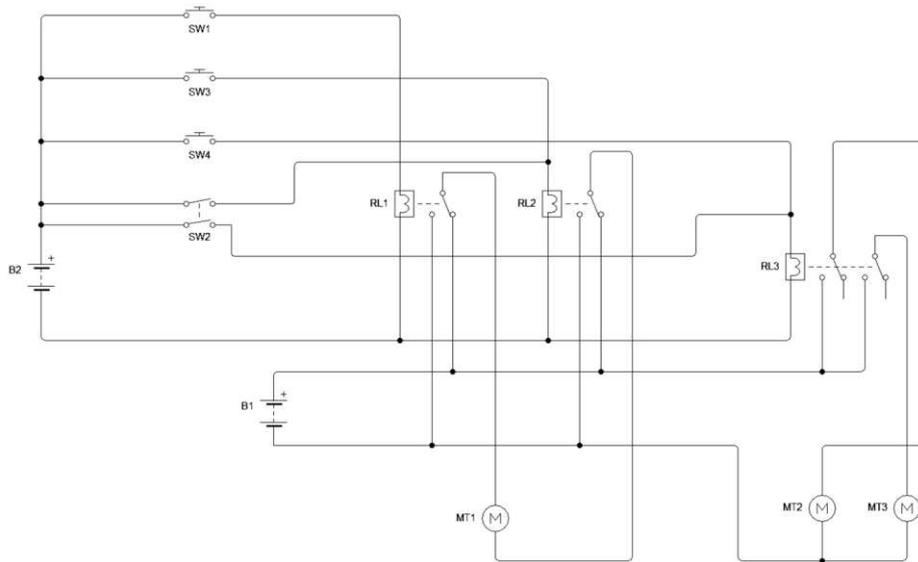


Fig. 44 Circuito de control de relés para velocidades (Autor)

Bajo la carcasa del manubrio se encuentra la adaptación para controlar los motores con una fuente de alimentación de 24VDC, de modo que al girar el control, el encendido de los motores sea alternado, producto del posicionamiento del selector.

### 5.3 Topología de funcionamiento

La consideración principal de la topología es mantener la carga de la batería por arriba del 35% de su capacidad, con la finalidad de no disminuir la vida útil de los acumuladores, evitando de esta forma el mantenimiento o cambio de las mismas.

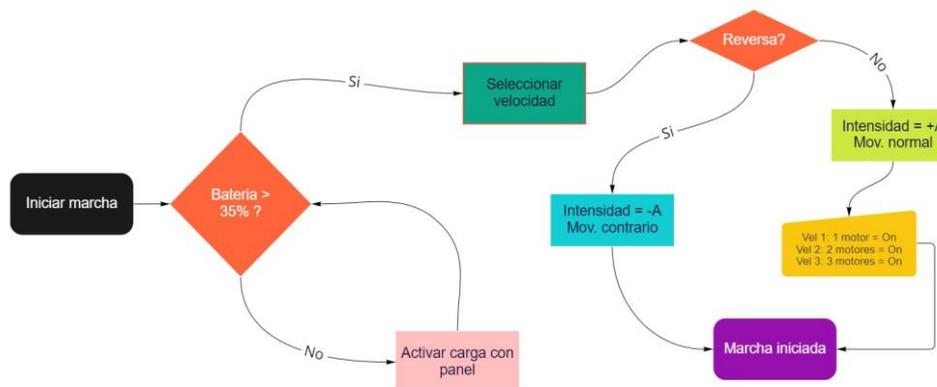


Fig. 45 Topología de EPS (Autor)

## 5.4 Pruebas y levantamiento de datos

### 5.4.1 Delimitación del recorrido de prueba

El recorrido trazado en la laguna del parque “El Paraíso” tiene una distancia de 221 m, adicional la zona será aprovechada para evaluar diferentes aspectos funcionales del modelo.



Fig. 46 Trazado de recorrido (Google Earth)

### 5.4.2 Prueba de flotabilidad

El principal riesgo del desarrollo de un bote es que este no flote y se hunda con todos sus componentes, sin embargo si contrastamos los datos de flotabilidad calculados mediante el principio de Arquímedes, se puede apreciar en la Fig. 47, que los flotadores cumplen su función de forma sobre dimensionada, ya que el agua no llega a superar los 10 cm de la superficie de los mismos.



Fig. 47 Modelo sumergido (Autor)

### 5.4.3 Prueba de arranque

Para sacar a un cuerpo de la inercia se puede requerir una gran cantidad de energía, por lo cual la masa del bote y tripulación puede ser una limitante en este aspecto.

Por otra parte los expertos en el campo náutico sugieren que para aprovechar la potencia de empuje generada, se debe sumergir completamente a los motores fuera de borda, esta calibración se realizó según la Fig.48



Fig. 48 Propulsión sumergida (Autor)

El arranque se realizó en la velocidad 3-D, se pudo evidenciar que un motor no es capaz de romper el estado de reposo del modelo, razón por la cual se utilizó la potencia máxima.

Para la prueba de velocidad se toma en consideración la delimitación del recorrido de prueba, se realizará la evaluación de cada velocidad una vez el modelo no se encuentre en el estado de reposo, esto con la finalidad de evaluar el comportamiento de la primera y segunda velocidad. Se cronometrará el tiempo que ocupa el bote para llegar al checkpoint de fin de la prueba. Con estas consideraciones tenemos que:

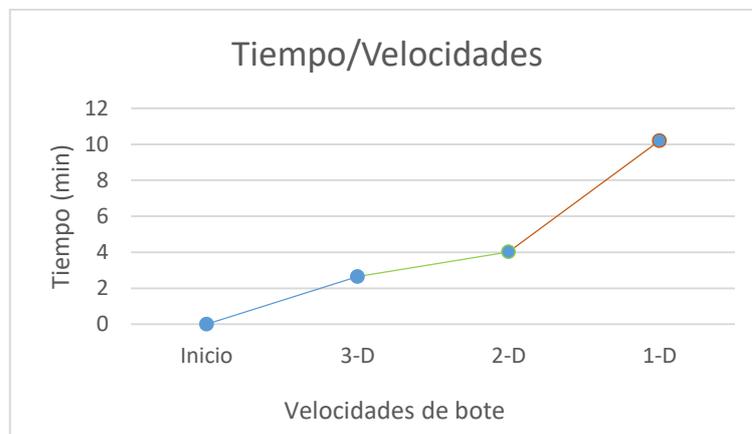


Fig. 49 Gráfica de incremento de velocidad (Autor)

Para la definición de la velocidad promedio del bote en cada prueba se utiliza la ecuación que define la velocidad:

$$V = d/t \tag{62}$$

En donde:

- $V$  Velocidad  $km/h$
- $d$  Distancia
- $t$  Tiempo de navegación

Con la ecuación 62 se construye los datos de velocidad que se evidencian en la tabla 8.

Tabla 8. Velocidades Calculadas

Selector	Motores	Velocidad
Punto muerto	0	0 km/h
1-D	1	1.3 km/h
2-D	2	3.3 km/h
3-D	3	5 km/h

Fuente: Autor

#### 5.4.4 Prueba de frenado

La prueba de frenado permite definir un aspecto de seguridad, ya que el bote en caso de posible impacto, disminuirá o evitara los efectos producidos por este, garantizando el bienestar de la tripulación y las partes móviles del modelo.

Para esta prueba se toma en consideración el tiempo de frenado con impulso y sin impulso, es decir sin utilizar la velocidad de reversa y encendiendo la misma, al tener la mayor velocidad en la tercera marcha, se realiza el ensayo con esta.

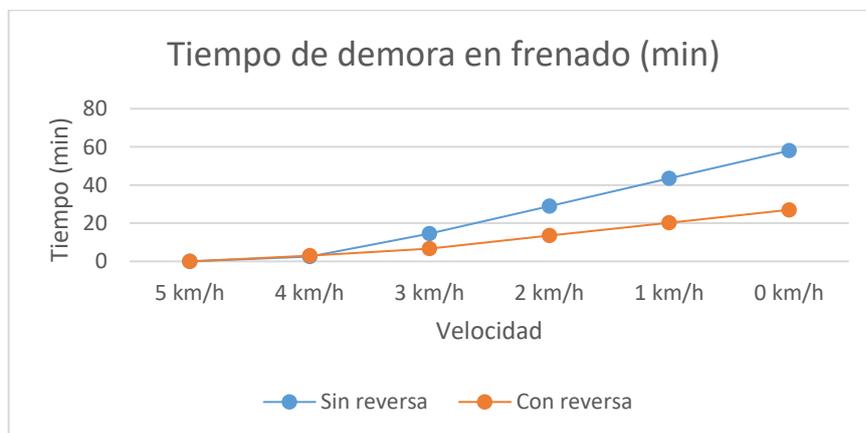


Fig. 50 Gráfica de frenado (Autor)

#### **5.4.5 Prueba de estabilidad**

La estabilidad es importante para lo cual garantizar el centro de gravedad y el grado de giro del bote es importante para evitar hundimiento o un giro demasiado lento al momento de maniobrar. En la Fig. 51 se puede apreciar que existe una elevación de la “proa” del bote al encontrarse dos personas en la parte de la “popa”, esto es explicable considerando que los motores también se encuentran en esta posición.



*Fig. 51 Gráfica de estabilidad en navegación (Autor)*

Pese a estas observaciones el modelo ofrece un paseo confortable, sin existencia de vibraciones, fallas en el manejo o inestabilidad al momento del uso sobre el agua.

#### **5.5 Análisis de factibilidad.**

##### **5.5.1 Análisis mediante encuestas en campo**



*Fig. 52 Explicación de funcionamiento a ciudadanía (Autor)*

Las pruebas en el parque “El Paraíso” permitieron aprovechar la afluencia de personas para realizar encuestas con la finalidad de tener una idea de la opinión de las personas sobre el modelo que pudieron observar en funcionamiento mientras visitaban el parque.

La encuesta constaba de 4 preguntas, las mismas que fueron respondidas por una muestra de 40 personas, obteniendo los siguientes valores:

¿Le parece interesante la implementación de electricidad para un bote?

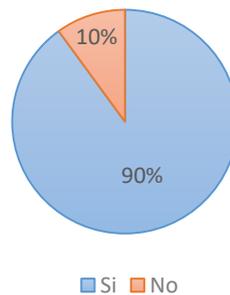


Fig. 53 Pregunta 1 Encuesta (Autor)

¿Le gustaría experimentar el uso de este tipo de botes?

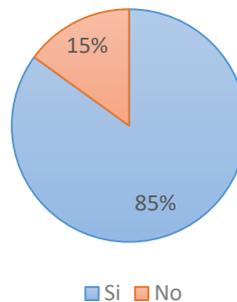


Fig. 54 Pregunta 2 Encuesta (Autor)

¿Aportaría con algún valor monetario por el uso de este tipo de botes?

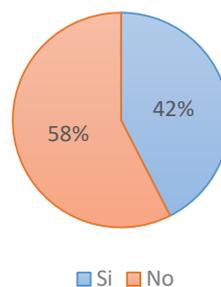


Fig. 55 Pregunta 3 Encuesta (Autor)

¿Se debería implementar esta distracción en parques?

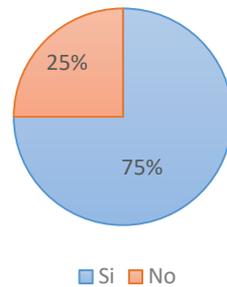


Fig. 56 Pregunta 3 Encuesta (Autor)

La encuesta permite contrastar el interés que las personas tienen sobre la implementación de este tipo de botes, principalmente porque se puede disfrutar de un modelo seguro, sin la necesidad de realizar esfuerzo físico, permitiendo el libre esparcimiento de los tripulantes.

#### 5.5.2 Análisis de factibilidad de costos.

El costo total de la lista de materiales detallado en la tabla. 8 es de \$1563.4219 dólares americanos, a esto se le debe considerar el transporte del modelo, que por su tamaño es ideal la contratación del servicio de plataformas.

Para contrastar el costo de construcción se buscó algunos posibles modelos que puedan ser adquiridos en línea, encontrando modelos hasta en \$10000 dólares americanos, por lo que la inversión de este modelo representa tan solo el 15% del valor de un bote que se encuentra en el mercado.



Fig. 57 Prueba de bote (Autor)

## CONCLUSIONES

A partir del análisis precedente, es posible evidenciar la aplicación de energías renovables en un medio de transporte acuático debe ser correctamente dimensionado con la finalidad de obtener resultados óptimos, principalmente en el factor de eficiencia energética del circuito instalado, a su vez acompañado de un diseño mecánico que permita disminuir el factor de resistencia de avance evidenciado en el modelo construido.

Por otra parte un bote propulsado por energías renovables resulta ser novedoso según la experiencia obtenida en la etapa de pruebas en campo, lo cual es importante tomando en cuenta el sector turístico y recreativo que inicialmente se consideró para la implementación, esto permite abrir un abanico de posibilidades de uso.

Aspectos de seguridad deben ser cuidadosamente controlados, con la finalidad de evitar el riesgo de caída, posible ahogamiento de la tripulación y desconocimiento en el uso, por lo cual la implementación de chalecos salvavidas, señalización y una persona guía pueden marcar la diferencia al momento de operar los componentes del bote.

La autonomía es el factor predominante a considerar en este tipo de modelos y aunque no hace falta mencionarlo: “es difícil encontrar un tomacorrientes cerca del agua de una laguna”, de modo que la etapa de generación juega un rol muy importante para el funcionamiento del bote, pudiendo tener polifuncionalidad al utilizar el panel solar como entechado para la tripulación.

En cuanto al modelo mecánico, se puede plantear el mejoramiento del mismo, principalmente en controlar la densidad del material a utilizar y el diseño del casco o flotadores a utilizar en el bote, el correcto dimensionamiento puede influir positivamente a la eficiencia de los componentes eléctricos.

El levantamiento de las características climáticas del lugar de implementación o pruebas es un factor importante a evaluar porque el desconocimiento del sitio puede influir en el cálculo ideal de los componentes. Aspectos como la alta posibilidad de lluvias, neblina y días con poca luz solar, puede hacer que un proyecto no sea factible.

Finalmente si el mercado nacional es evaluado, posiblemente se encuentre botes propulsados manualmente, donde en algunos casos sobrepasa la inversión realizada para el modelo fotovoltaico de este trabajo, por lo tanto se considera pertinente que un análisis de costos profundo podría identificar los componentes del bote pudiendo realizar implementaciones a bajo coste.

## RECOMENDACIONES

La implementación de controles digitales de potencia puede facilitar la operación, de modo que la trayectoria del bote se puede controlar de forma mucho más precisa y segura, eliminando posibles complicaciones mecánicas que pueden dar los motores fuera de borda.

El uso de paneles solares flexibles puede facilitar la obtención de un diseño que guarde armonía con los componentes del bote a construir, considerando que un panel rígido en la gran mayoría de casos se utiliza como entechado.

El uso de baterías de ciclo profundo puede evitar gastos en reemplazo de baterías por la capacidad que estas poseen para resistir una cantidad considerable de descargas y cargas.

No se debe olvidar que el peso de los componentes influye directamente en el dimensionamiento y funcionamiento de la propulsión, por lo cual es importante no recargar a la estructura de componentes que no aporten al funcionamiento del bote.

En algunos lagos y lagunas se puede encontrar materiales que pueden enredarse mientras las aspas de los motores se encuentran en movimiento, la falta de evaluación puede concluir en el daño de la propulsión del bote, en este caso el diseño mecánico es importante para determinar la posición de motores y algunos casos el uso de protectores para aspas.

El mantenimiento del panel solar es importante para obtener la mayor cantidad de energía durante un día de funcionamiento, el polvo es el principal problema considerando que el panel se encuentra en una posición horizontal.

Para la obtención de datos del comportamiento solar, el uso de software con históricos puede ser combinado con lecturas tomadas sobre la zona de pruebas, de modo que se puedan contrastar las lecturas y tener información que es importante para el diseño del sistema.

El uso de simuladores permite evaluar diferentes cualidades de los modelos diseñados, ya sea mecánica o eléctricamente hablando, lo que permite adelantar una visión del comportamiento y funcionamiento de las diferentes partes del bote.

El diseño de un modelo de este tipo no debe olvidar considerar el aspecto inclusivo, por ejemplo un bote de propulsión manual difícilmente puede ser operado por una persona de la 3era edad o una persona discapacitada, mientras que si se edifica una plataforma que considere factores de control y confort, de forma que se obtiene armonía entre el medio ambiente y la sociedad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adonái Zapata Gordon, J. A. (2012). *ELEKTRA, Lancha Solar a Escala Real*. Pereira.
- Alfonso Aranda Usón, I. Z. (2009). *Energía solar térmica (Serie Energías renovables)*. Zaragoza: Prensas de la Universidad de Zaragoza.
- AutoSolar. (15 de julio de 2021). *¿Qué es un panel solar?* Obtenido de <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/que-es-un-panel-solar>
- Bonilla, R. Z. (2021). Multi-attribute assessment of a river electromobility concept in the Amazon region. *ELSEVIER*, 139-152.
- Castells, X. E. (2012). *Biomasa y Bionergía: Energía, Agua, Medioambiente, territorialidad y Sostenibilidad*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Gordon, A. Z. (2012). *Lancha Solar escala real*. Pereira.
- Gorter, T. (2015). Design considerations of a solar racing boat: propeller design parameters as a result of PV system power. *ELSEVIER*, 1901-1906 .
- INER. (2013). *Embarcaciones solares, una evolución al transporte marino en las islas Galápagos*. Quito.
- Javier María Méndez Muñiz, R. C. (2007). *Energía solar fotovoltaica*. Madrid: FC Editorial.
- maderaslarola. (18 de marzo de 2021). *Características relevantes de la madera de eucalipto*. Obtenido de <https://www.maderaslarola.com/uncategorized/caracteristicas-relevantes-de-la-madera-de-eucalipto/>
- Makhsoos, A. (2018). Design, simulation and experimental evaluation of energy system for. *ELSEVIER*, 363-371.
- Nasirudin, A. (2017). Solar Powered Boat Design Optimization. *ScienceDirect*, 260 – 267.
- Pierre, G. (2010). *Architecture Du Voilier Tome1-2*. Paris.
- Postiglione, C. S. (2012). *Propulsion System for an All Electric Passenger Boat employign Permanent Magnet Synchronous Motors and Modern Power Electronics*. Santa Catarina.
- Roldán Viloria, J. (2013). *Energías renovables. Lo que hay que saber*. Madrid: Editorial Paraninfo.
- Salas, M. (2013). *ENERGÍA SOLAR PARA PROPULSIÓN DE*. Perú.
- Shukla, A. (2015). Modeling and Simulation of Solar PV Module on MATLAB/Simulink. *International Journal of Innovative Research in Science Engineering and Technology*, 18516-18527.
- Solargis. (2022). *Documentation*. Obtenido de <https://solargis.com/docs/getting-started/why-solargis>

- Spagnolo, G. S. (2012). Solar-Electric Boat. *Journal of Transportation Technologies*, 144-149.
- Style, O. (2012). *Energía Solar Autónoma: Planificación, dimensionado e instalación de un sistema fotovoltaico autónomo*. Itaca: ITACA Appropriate Technology.
- Swe, W. (2019). Design Optimization and Energy Management of Photovoltaic powered Electric Boat. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 2250-3153.
- Systemes, D. (2016). *INTRODUCCIÓN A SOLIDWORKS*. EEUU.
- T. Hazuku, T. T. (2013). New Type of Plug-In Electric Boat RAICHO-S. *IEEE*, 135-8533.
- Velázquez Martí, B. (2021). *Reguladores DC-DC Fotovoltaicos*. Valencia: Universitat Politècnica de València.
- Vessels, N. (2022). *Owners manual*.

## ANEXOS

### ANEXO. 1 Datos Solares Parque "El Paraíso"

## Contenidos

1	Resumen .....	1
2	Información del proyecto .....	2
3	Solar y meteo: Estadísticas mensuales .....	4
4	Solar y meteo: Estadísticas diarias .....	8
5	Acrónimos y glosario .....	11
6	Metadatos .....	13
7	Descargo de responsabilidad e información legal .....	14

## 1 Resumen

Tabla 1.1: Promedio anual

<b>Irradiación global horizontal</b>	GHI	4.933 kWh/m <sup>2</sup> por día
<b>Irradiación directa normal</b>	DNI	3.661 kWh/m <sup>2</sup> por día
<b>Irradiación difusa horizontal</b>	DIF	2.427 kWh/m <sup>2</sup> por día
<b>Temperatura del aire</b>	TEMP	15.0 °C

## 2 Información del proyecto

<b>Nombre del proyecto</b>	Azuay
<b>Dirección</b>	Pasaje del Paraíso, Azuay, Ecuador
<b>Coordenadas geográficas</b>	-02.910247°,-078.987288° (-02°54'37", -078°59'14")
<b>Zona horaria</b>	UTC-05, America/Guayaquil [ECT]
<b>Elevación</b>	2489 m
<b>Cobertura del terreno</b>	Hierba
<b>Densidad de población</b>	5200 hab./km <sup>2</sup>
<b>Azimuth del terreno</b>	plano
<b>Pendiente del terreno</b>	0°
<b>Localización en el mapa</b>	<a href="https://apps.solargis.com/prospect/map?c=-2.910247,-78.987288,10&amp;s=-2.910247,-78.987288">https://apps.solargis.com/prospect/map?c=-2.910247,-78.987288,10&amp;s=-2.910247,-78.987288</a>

Figura 2.1: Localización del proyecto



Figura 2.2: Vista de mapa en detalle

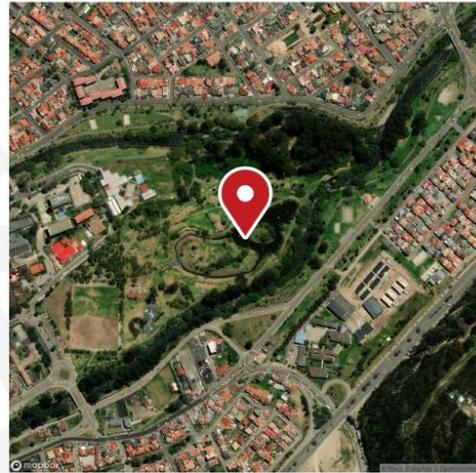


Figura 2.3: Horizonte y trayectoria solar en el sitio

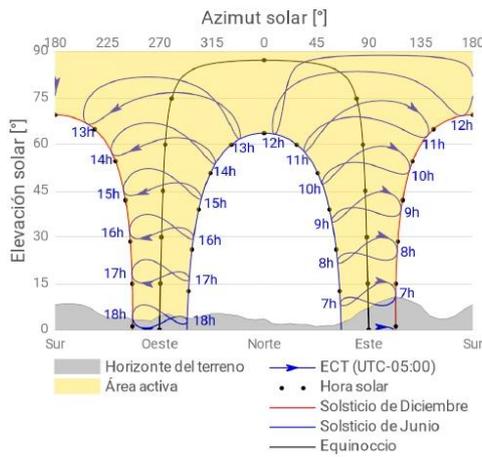
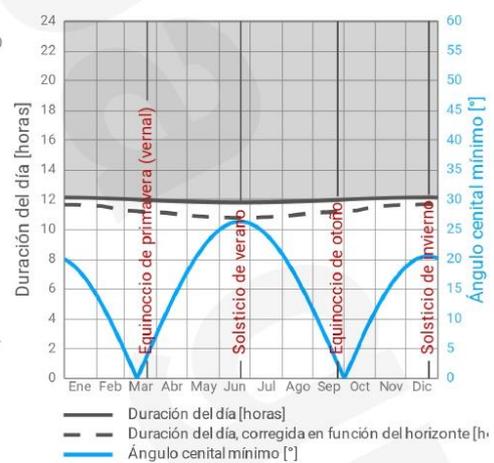


Figura 2.4: Duración del día y ángulo cenital solar



### 3 Solar y meteo: Estadísticas mensuales

El parámetro meteorológico local más importante que determina la producción eléctrica es la radiación solar, la cual alimenta la instalación fotovoltaica. La producción eléctrica también está influenciada por la temperatura del aire. Otros parámetros meteorológicos también afectan al rendimiento, disponibilidad y envejecimiento de la instalación.

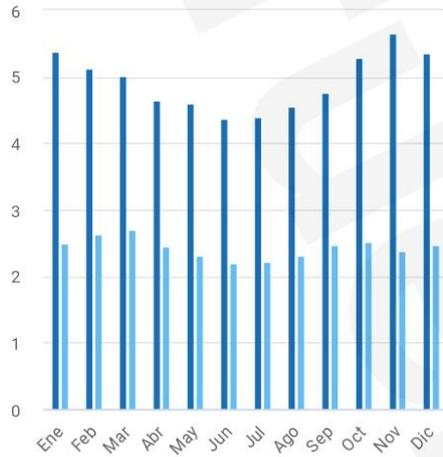
**Tabla 3.1:** Radiación solar y parámetros meteorológicos

Mes	GHI kWh/m <sup>2</sup> por día	DNI kWh/m <sup>2</sup> por día	DIF kWh/m <sup>2</sup> por día	D2G	GTI opta kWh/m <sup>2</sup> por día	TEMP °C	WS m/s	CDD Grados día	HDD Grados día
Ene	5.391	4.136	2.493	0.462	5.297	15.2	1.9	0	112
Feb	5.139	3.438	2.642	0.514	5.091	15.3	1.9	1	94
Mar	5.005	3.189	2.691	0.538	5.005	15.3	1.9	1	119
Abr	4.656	3.205	2.451	0.527	4.702	15.4	2.1	1	102
May	4.607	3.592	2.302	0.500	4.695	15.3	2.4	0	116
Jun	4.364	3.574	2.199	0.504	4.467	14.6	2.9	0	124
Jul	4.404	3.574	2.217	0.503	4.499	14.2	3.2	0	144
Ago	4.551	3.387	2.318	0.509	4.613	14.5	3.2	0	139
Sep	4.765	3.330	2.466	0.517	4.784	15.0	2.8	0	114
Oct	5.297	3.815	2.515	0.475	5.263	15.2	2.0	1	105
Nov	5.658	4.496	2.382	0.421	5.570	15.2	1.7	0	110
Dic	5.370	4.171	2.464	0.459	5.264	15.2	1.8	1	97
<b>Anual</b>	<b>4.933</b>	<b>3.661</b>	<b>2.427</b>	<b>0.492</b>	<b>4.937</b>	<b>15.0</b>	<b>2.3</b>	<b>58</b>	<b>1176</b>

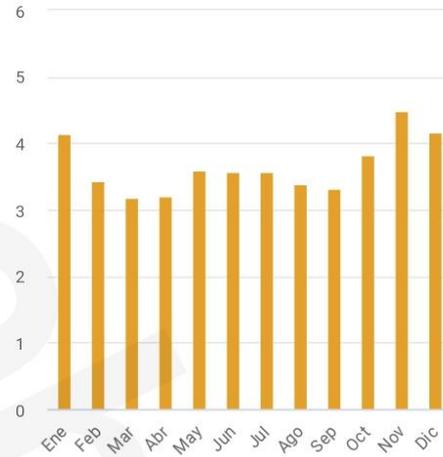
**Tabla 3.2:** Otros parámetros meteorológicos

Mes	ALB	RH %	PWAT kg/m <sup>2</sup>	PREC mm
Ene	0.15	85	15	56
Feb	0.15	85	16	72
Mar	0.15	86	16	97
Abr	0.15	86	16	105
May	0.16	86	15	66
Jun	0.16	88	14	51
Jul	0.16	88	13	39
Ago	0.16	85	12	32
Sep	0.16	82	13	44
Oct	0.15	84	15	81
Nov	0.15	84	15	71
Dic	0.15	85	15	65
<b>Anual</b>	<b>0.15</b>	<b>85</b>	<b>15</b>	<b>779</b>

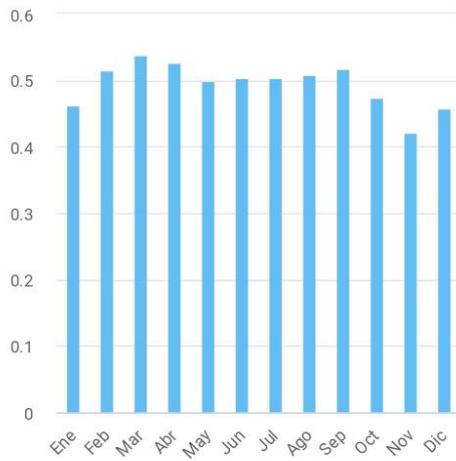
**Figura 3.1:** Irradiación + irradiación difusa horizontal



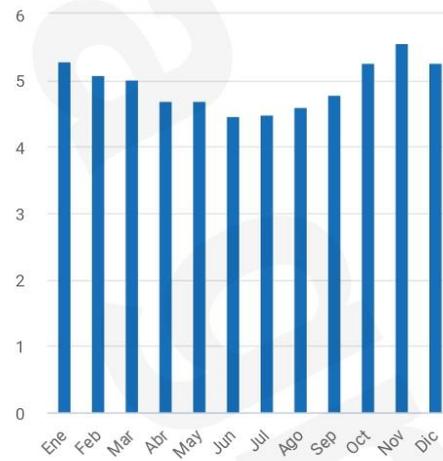
**Figura 3.2:** Irradiación directa normal



**Figura 3.3:** Ratio entre irradiación difusa y global



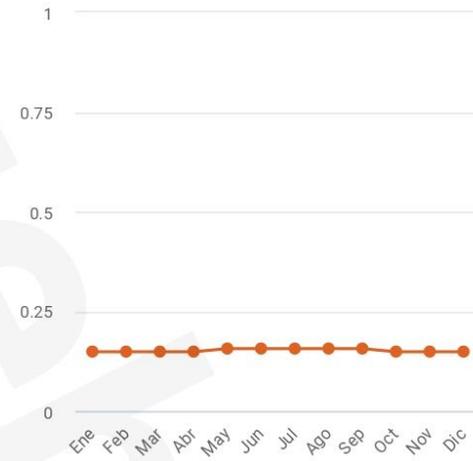
**Figura 3.4:** Irradiación global inclinada para el ángulo óptimo



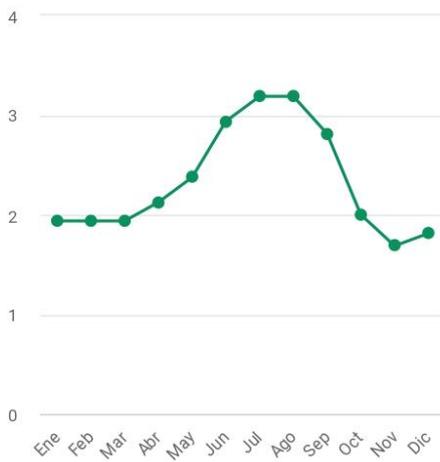
**Figura 3.5: Temperatura del aire**



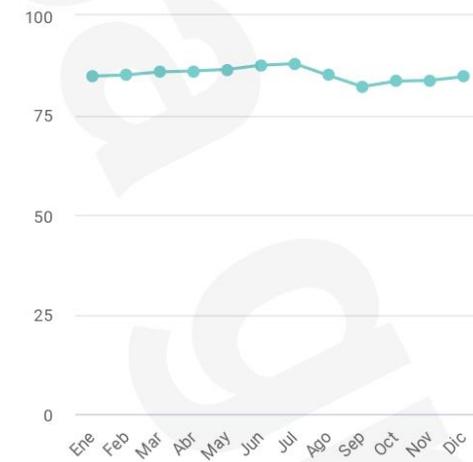
**Figura 3.6: Albedo de superficie**



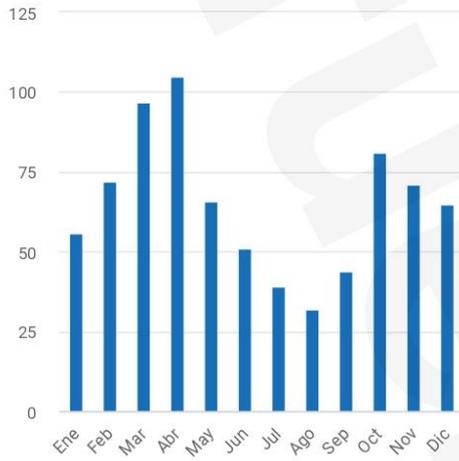
**Figura 3.7: Velocidad del viento**



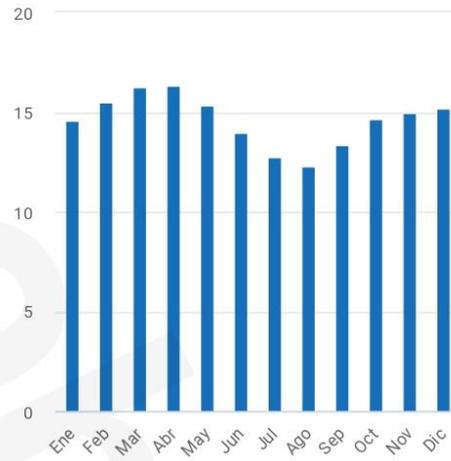
**Figura 3.8: Humedad relativa**



**Figura 3.9:** Precipitación (lluvia)



**Figura 3.10:** Agua precipitable



**Figura 3.11:** Días de nieve



**Figura 3.12:** Grados día de refrigeración

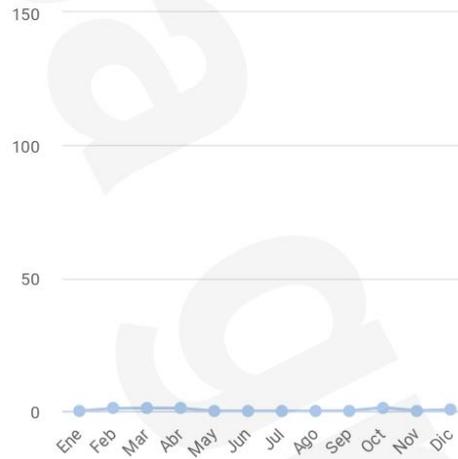


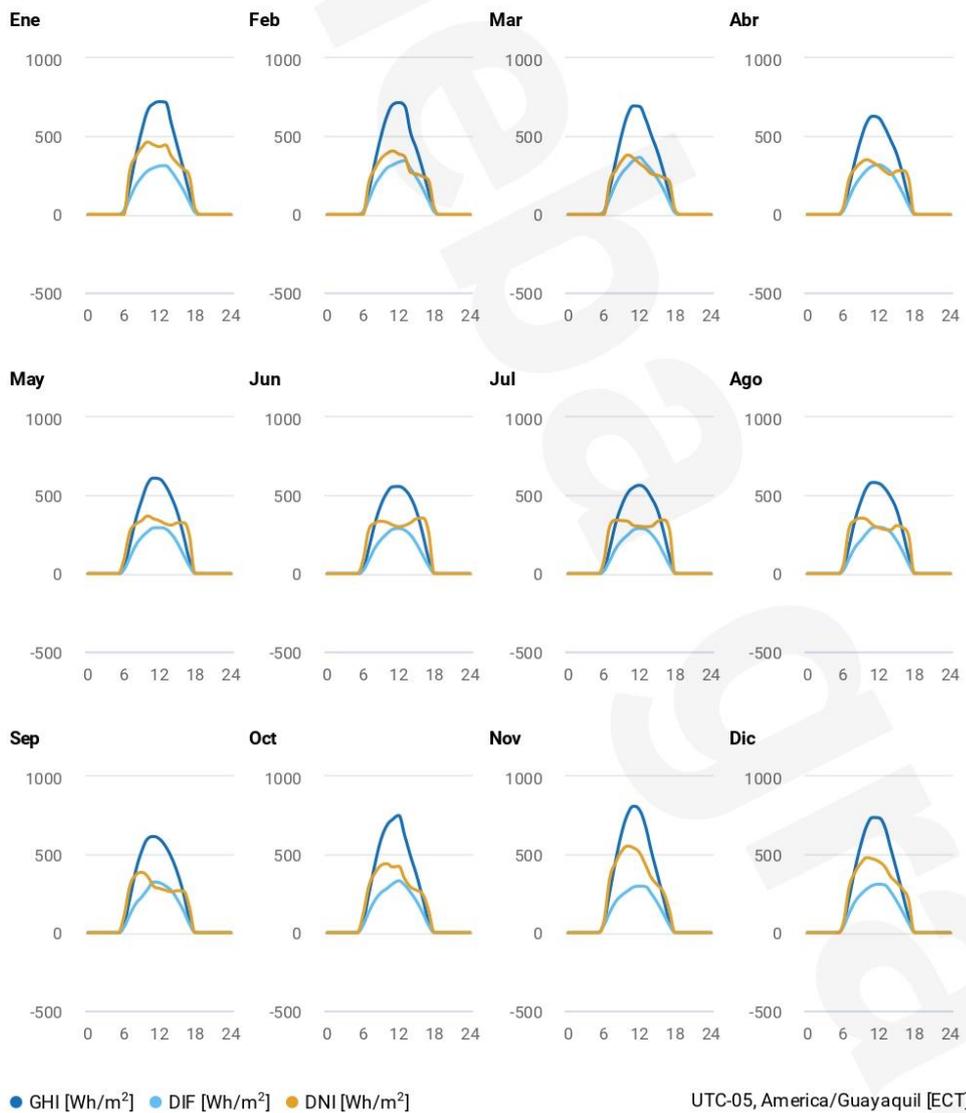
Figura 3.13: Grados día de calefacción



## 4 Solar y meteo: Estadísticas diarias

Los perfiles de radiación solar de abajo se calculan como un promedio de todas las horas para cada mes. Los perfiles dan una indicación de los patrones de GHI por día, de forma separada para cada mes. Estos patrones dependen de la geografía, astronomía y clima locales del sitio.

Figura 4.1: GHI, DNI, DIF - promedios diarios



**Tabla 4.1:** Irradiación global horizontal - promedios horarios [Wh/m<sup>2</sup>]

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5-6	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	2	1
6-7	20	15	17	28	34	27	23	25	47	70	61	44
7-8	183	154	165	174	181	166	161	175	215	252	262	217
8-9	370	335	342	342	344	321	322	341	394	439	464	407
9-10	533	497	510	483	469	438	435	462	520	594	639	565
10-11	664	628	639	589	574	516	515	552	600	686	758	686
11-12	709	703	695	629	611	556	552	583	615	726	809	737
12-13	722	716	691	618	605	557	565	578	599	750	786	735
13-14	719	696	614	557	564	538	544	546	554	622	683	679
14-15	581	522	505	476	489	487	485	489	482	488	519	541
15-16	438	416	403	389	391	396	408	408	385	367	374	400
16-17	294	290	277	259	250	259	275	272	256	225	222	250
17-18	143	148	134	107	93	99	116	116	94	75	77	105
18-19	17	20	13	3	2	3	4	4	3	2	2	4
19-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20-21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21-22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22-23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23-24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Suma</b>	<b>5391</b>	<b>5139</b>	<b>5005</b>	<b>4656</b>	<b>4607</b>	<b>4364</b>	<b>4404</b>	<b>4551</b>	<b>4765</b>	<b>5297</b>	<b>5658</b>	<b>5370</b>

**Tabla 4.2:** Irradiación directa normal - promedios horarios [Wh/m<sup>2</sup>]

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5-6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6-7	-	-	-	42	86	84	80	48	98	114	69	54
7-8	278	209	213	226	265	283	303	286	296	302	348	287
8-9	369	293	281	292	316	323	341	340	368	381	448	385
9-10	426	355	343	331	339	335	339	355	386	430	522	445
10-11	463	390	381	351	368	328	335	346	360	441	554	480
11-12	446	407	361	334	351	311	307	311	298	420	543	472
12-13	434	387	327	309	338	301	303	294	283	425	512	456
13-14	445	369	298	277	319	308	300	282	272	345	435	424
14-15	374	269	260	256	311	326	303	280	262	292	351	359
15-16	328	260	252	278	325	352	333	307	269	271	306	320
16-17	291	243	236	281	326	356	343	294	267	247	260	279
17-18	247	218	211	231	249	269	286	244	170	146	147	209
18-19	36	38	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20-21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21-22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22-23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23-24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Suma</b>	<b>4136</b>	<b>3438</b>	<b>3189</b>	<b>3205</b>	<b>3592</b>	<b>3574</b>	<b>3574</b>	<b>3387</b>	<b>3330</b>	<b>3815</b>	<b>4496</b>	<b>4171</b>

## 5 Acrónimos y glosario

Tabla 5.1: Acrónimos y glosario

Acrónimo	Nombre completo	Unidad	Aclaración
GHI	Irradiación global horizontal	kWh/m <sup>2</sup> por día	Valor promedio de la suma anual, mensual o diaria de la irradiación global horizontal
DNI	Irradiación directa normal	kWh/m <sup>2</sup> por día	Valor promedio de la suma anual, mensual o diaria de la irradiación directa normal
DIF	Irradiación difusa horizontal	kWh/m <sup>2</sup> por día	Valor promedio de la suma anual, mensual o diaria de la irradiación difusa horizontal
D2G	Ratio entre irradiación difusa y global		Ratio entre la irradiación difusa horizontal e irradiación global horizontal (DIF/GHI)
GTI opta	Irradiación global inclinada para el ángulo óptimo	kWh/m <sup>2</sup> por día	Valor promedio de la suma anual, mensual o diaria de la irradiación global inclinada para módulos fotovoltaicos instalados en estructura fija para el ángulo óptimo
OPTA	Inclinación óptima de los módulos fotovoltaicos	°	Inclinación óptima de módulos fotovoltaicos instalados en estructura fija orientada hacia el ecuador geográfico, calculada para maximizar la GTI recibida
GHI season	Estacionalidad de la irradiación global horizontal		Ratio entre el máximo y el mínimo valor promedio mensual de irradiación global horizontal (GHI_month_max/GHI_month_min)
DNI season	Estacionalidad de la irradiación directa normal		Ratio entre el máximo y el mínimo valor promedio mensual de irradiación directa normal (DNI_month_max/DNI_month_min)
ALB	Albedo de superficie		Fracción de la irradiancia solar que es reflejada por la superficie. Relación entre el flujo radiativo que asciende de la superficie y el descendente que incide sobre dicha superficie (GHI)
GTI theoretical	Irradiación global inclinada (teórica)	kWh/m <sup>2</sup> por día	Valor promedio de la suma anual, mensual o diaria de la irradiación global inclinada sin considerar sombras del terreno
TEMP	Temperatura del aire	°C	Valores anuales, mensuales y diarios promedio de la temperatura del aire a 2 metros sobre el suelo
WS	Velocidad del viento	m/s	Valores anuales, mensuales y diarios promedio de la velocidad del viento a 10 metros sobre el suelo
RH	Humedad relativa	%	Valores anuales y mensuales promedio de humedad relativa a 2 m sobre el suelo

Acrónimo	Nombre completo	Unidad	Aclaración
PWAT	Agua precipitable	kg/m <sup>2</sup>	Agua precipitable es la profundidad que alcanzaría el vapor de agua contenido en una columna atmosférica si toda esa agua se precipitase en forma de lluvia. Es un indicador de la cantidad de humedad presente sobre la superficie del suelo
PREC	Precipitación (Lluvia)	mm	Promedios de las sumas anual y mensual de precipitación
SNOWD	Días de nieve	días	Los días de nieve se calculan como días con una profundidad (acumulación) de nieve igual o mayor a 5 mm
CDD	Grados día de refrigeración	Grados día	Cuantifica la demanda de energía necesaria para refrigerar un edificio. Los "grados día de refrigeración" son una medida de cuánto (en grados), y por cuánto tiempo (en días), la temperatura del aire exterior fue más alta que una temperatura media diaria específica de referencia (18°C). Los valores anuales y mensuales se agregan a partir de los valores diarios
HDD	Grados día de calefacción	Grados día	Cuantifica la demanda de energía necesaria para calefactar un edificio. Los "grados día de calefacción" son una medida de cuánto (en grados), y por cuánto tiempo (en días), la temperatura del aire exterior fue más baja que una temperatura media diaria específica de referencia (18°C). Los valores anuales y mensuales se agregan a partir de los valores diarios

## 6 Metadatos

Este informe está basado en bases de datos solares y meteorológicas desarrolladas y operadas por Solargis. Los parámetros de datos presentados en este informe están computados por modelos y algoritmos de Solargis. Los datos usados como entrada a los modelos vienen de diferentes fuentes. Las características de los datos están explicadas abajo.

Intervalo de tiempo: estadísticas mensuales y anuales a largo plazo  
 Las estimaciones asumen que un año tiene 365 días  
 Versión 1.2 de la base de datos Solargis Prospect

Parámetro	Fuente de entradas de datos (Organización)	Representación temporal	Método Solargis	Última actualización
ELE	SRTM v4.1 (CGIAR CSI),Viewfinder Panoramas (Jonathan de Ferranti BA),GEBCO_2014 Grid (GEBCO)		Data merging, cleaning, processing	2019-02-01
PVOUT_csi	GHI, DNI, TEMP, OPTA, ALBEDO, ELE (Solargis)	1999 - 2021	PV simulation model	2022-01-25
GHI	Solargis solar model (Solargis)	1999 - 2021	Solar model	2022-01-25
DNI	Solargis solar model (Solargis)	1999 - 2021	Solar model	2022-01-25
DIF	GHI DNI (Solargis)	1999 - 2021	Solar model	2022-01-25
D2G	GHI, DNI (Solargis)	1999 - 2021	Solar model	2022-01-25
GTI_opta	GHI DNI ALB HORIZON (Solargis)	1999 - 2021	Solar model	2022-01-25
OPTA	GHI, DNI, ALBEDO (Solargis)	1999 - 2021	PV simulation model	2022-01-22
GHI_season	GHI (Solargis)	1999 - 2021	Data processing	2022-01-25
DNI_season	DNI (Solargis)	1999 - 2021	Data processing	2022-01-25
ALB	Modis MCD43GF (NASA and LP DAAC),ERA5 (ECMWF)	2006 - 2015	Data merging, cleaning, processing	2019-03-01
TEMP	ERA5 (ECMWF)	1994 - 2021	Data processing	2022-01-20
WS	ERA (ECMWF)	1994 - 2021	Data processing	2022-01-20
RH	ERA (ECMWF)	1994 - 2021	Data processing	2022-01-20
PWAT	ERA (ECMWF)	1994 - 2021	Data processing	2022-01-20
PREC	GPCC database (DWD)	1891 - 2018	Data processing	2018-06-01
CDD	TEMP (Solargis)	1994 - 2021	Data processing	2022-01-25
HDD	TEMP (Solargis)	1994 - 2021	Data processing	2022-01-20
POPUL	GPW v4, UN WPP-Adjusted Population Density, v4.11, year 2020 (CIESIN)		Data processing	2022-02-09
LANDC	C3S global land cover (LC) maps at 300m, v2.1.1 (ESA CCI)		Post-processing	2022-02-09
SLO	ELE (Solargis)		Data processing	2019-02-01
AZI	ELE (Solargis)		Data processing	2019-02-01

### Documentación

Incertidumbre de datos <https://solargis.com/docs/accuracy-and-comparisons/combined-uncertainty/>  
 Metodología <https://solargis.com/docs/methodology/solar-radiation-modeling/>  
 Simulación de producción fotovoltaica <https://solargis.com/docs/methodology/pv-energy-modeling/>

## 7 Descargo de responsabilidad e información legal

Considerando la incertidumbre de los datos y los cálculos, Solargis s.r.o. no garantiza la exactitud de las estimaciones. Se ha hecho lo máximo posible para la evaluación de los parámetros meteorológicos y la evaluación preliminar de la producción eléctrica fotovoltaica basada en los mejores datos, software y conocimiento disponibles. Solargis s.r.o. no es responsable de ningún daño directo, incidental, consecuente, indirecto o punitivo relacionado o que se alegue como relacionado del uso del informe proporcionado.

Este informe muestra la estimación de la producción eléctrica solar de una instalación fotovoltaica en su fase inicial, así como durante toda su vida útil. Las estimaciones tienen la exactitud suficiente para una evaluación preliminar de proyectos fotovoltaicos. Para la planificación y financiación de grandes proyectos, es necesaria más información: 1. Distribución estadística e incertidumbre de la radiación solar 2. Especificaciones detalladas de la instalación fotovoltaica 3. Variabilidad interanual e incertidumbre P90 de la producción fotovoltaica 4. Producción de energía durante la vida útil considerando la degradación de los componentes de la instalación fotovoltaica.

Puede encontrarse más información sobre la evaluación completa de la producción fotovoltaica en:

<https://solargis.com/products/pv-yield-assessment-study/overview/>

El copyright de este informe es de © 2022 Solargis s.r.o., todos los derechos reservados.

Solargis® es una marca comercial de Solargis s.r.o.

Vea el texto completo de los TÉRMINOS GENERALES DEL CONTRATO PARA SERVICIOS DE PAGO en:

<https://solargis.com/legal/general-contractual-terms/>

### Validación de autenticidad

Este informe PDF está firmado electrónicamente por Solargis s.r.o..

### Proveedor de servicios

Solargis s.r.o., Bottova 2A, 811 09 Bratislava, Eslovaquia

ID de registro: 45 354 766

Número IVA: SK2022962766

Teléfono: +421 2 4319 1708

Correo electrónico: [contact@solargis.com](mailto:contact@solargis.com)

URL: [solargis.com](https://solargis.com)

## ANEXO. 2 Permiso de pruebas EMAC EP



**cuenca**  
ALCALDÍA

**emac**

Oficio Nro. 0772-EMAC EP-GGE-2022

Cuenca, 18 de julio de 2022

**Asunto:** Solicita permiso para realizar pruebas en el parque el paraíso por tema de trabajo de titulación.

Señor  
Pablo Daniel Guamán León  
Solicitante  
**CIUDADANO**  
En su Despacho.

De mi consideración:

Luego de expresarle un cordial saludo, hago referencia a su oficio s/n, mediante el cual solicita permiso para realizar pruebas de funcionamiento de un bote impulsado por energía fotovoltaica en el lago del parque El Paraíso, tengo a bien enviar para su conocimiento y fines pertinentes, el informe enviado a esta gerencia mediante Memorando No.0711-EMAC EP-DTE-DAV-2022, suscrito por el Arq. Nelson Días, a fin de dar cumplimiento al mismo, previo al permiso solicitado por usted.

Con sentimientos de consideración y estima, suscribo.

Atentamente,



FUENTE ALTERNATIVA DE ENERGÍA  
JUAN FERNANDO  
MANZANO VELEZ

**emac**  
GERENCIA

Abg. Juan Fernando Manzano Velez  
**GERENTE GENERAL, SUBROGANTE**

Referencias:  
- 0711-EMAC EP-DTE-DAV-2022

Anexos:  
- Color0889.pdf  
- 0711-EMAC EP-DTE-DAV-2022.pdf

Copia:  
Arquitecto Paisajista  
Nelson Filipe Dias Vidal  
Jefe de Áreas Verdes  
EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE ASEO

NUT: EMAC EP-2022-5122

PCC



EMPRESA MUNICIPAL  
DE ASEO DE CUENCA,  
EMAC EP

Av. 3 de Noviembre y Juan Pablo I  
Telf: (07)2840-045  
Call center: 139  
Cuenca-Ecuador  
[www.emac.gob.ec](http://www.emac.gob.ec)

@emac\_ep  
 EMAC EP  
 @emac\_ep\_cuenca



**cuenca**  
ALCALDÍA

**emac**

**Memorando Nro. 0711-EMAC EP-DTE-DAV-2022**

**Cuenca, 15 de julio de 2022**

**PARA:** Abg. Juan Fernando Manzano Velez  
**Gerente General, Subrogante**

**ASUNTO:** Solicita permiso para realizar pruebas en el parque el paraíso por tema de trabajo de titulación.

Por medio del presente, en referencia al Oficio del Sr. Pablo Daniel Guamán León, estudiante egresado de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Católica de Cuenca, mediante el cual solicitan permiso para realizar pruebas de funcionamiento de un bote impulsado por energía fotovoltaica en el lago del Parque El Paraíso, me permito indicar que es procedente autorizar la solicitud, siendo factible hacer el uso necesario de los espacios mencionados siempre y cuando se enmarquen en los objetivos de la realización de la tesis mencionada y se envíe un cronograma de trabajo indicando los días que se harán dichas pruebas.

Sin otro particular suscribo de Usted

Atentamente,



**NELSON  
FILIPE DIAS**

Arq. Paisajista. Nelson Filipe Dias Vidal  
**JEFE DE ÁREAS VERDES**

Referencias:  
- 1856-EMAC EP-DAF-2022

Anexos:  
- Color0889.pdf

NUT: EMAC EP-2022-5122

OVM



EMPRESA MUNICIPAL  
DE ASEO DE CUENCA  
EMAC EP

Av. 3 de Noviembre y Juan Pablo I  
Telf: (07)2840-045  
Call center: 139  
Cuenca-Ecuador  
[www.emac.gob.ec](http://www.emac.gob.ec)

@emac\_ep  
 EMAC EP  
 emac\_ep\_cuenca

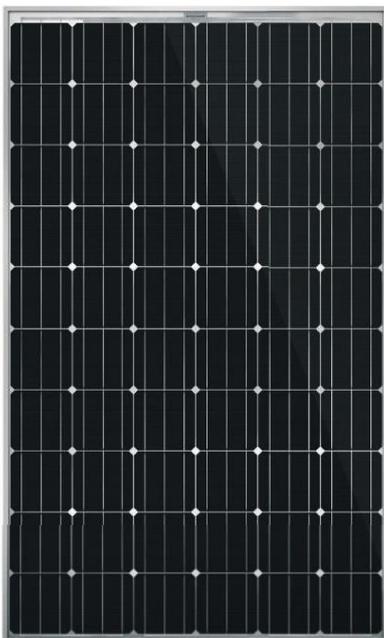
ANEXO. 3 Datasheet Panel Solar

**P19**

290 - 300W



QUALITY SIGNED AND SEALED



**60 CELLS**

**25 YEAR PRODUCT GUARANTEE  
OPTIONAL AVAILABLE**

**UP TO 18.3% EFFICIENCY**



**PID FREE**  
PID tested with excellent results  
under the harshest conditions



**CRAFTED WITH PASSION**



**12 YEARS PRODUCT GUARANTEE  
UPGRADEABLE TO 25 YEARS AS A  
PREMIUM OPTION**



**CONSTANTLY HIGH CELL QUALITY**  
through strict quality examinations  
by highresolution electroluminescence  
and infraredmeasurements

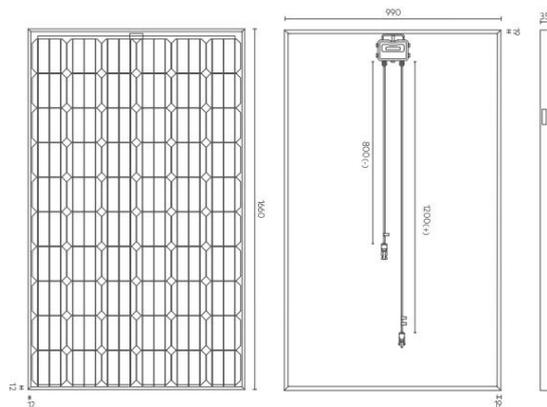


**25 YEARS LINEAR PERFORMANCE  
WARRANTY**

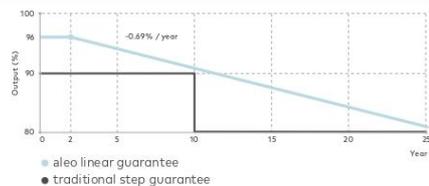
## aleo solar Modul P19

ELECTRICAL DATA (STC)		P19J290	P19J295	P19J300	BASIC MODULE DATA	
Rated power	$P_{MPP}$ [W]	290	295	300	Length x width x height	[mm] 1660 x 990 x 35
Rated voltage	$V_{MPP}$ [V]	31.9	32.1	32.4	Weight	[kg] 19
Rated current	$I_{MPP}$ [A]	9.17	9.25	9.34	Number of cells	60
Open-circuit voltage	$V_{OC}$ [V]	39.2	39.4	39.6	Cell size	[mm] 156.75 x 156.75
Short-circuit current	$I_{SC}$ [A]	9.68	9.77	9.85	Cell material	Monocrystalline Si, PERC
Efficiency	$\eta$ [%]	17.6	18.0	18.3	Number of bus bars	3 / 5
Electrical values measured under standard test conditions (STC): 1000 W/m <sup>2</sup> ; 25°C; AM 1.5						
ELECTRICAL DATA (NMOT)		P19J290	P19J295	P19J300	BASIC MODULE DATA	
Power	$P_{MPP}$ [W]	216	220	224	Front sheet	Solar glass (TSG)
Voltage	$V_{MPP}$ [V]	29.6	29.8	30.0	Back sheet	Polymer sheet, white
Current	$I_{MPP}$ [A]	7.31	7.38	7.45	Frame material	Al alloy, black
Open-circuit voltage	$V_{OC}$ [V]	36.6	36.8	37.0	<b>CERTIFICATIONS AND WARRANTY</b>	
Short-circuit current	$I_{SC}$ [A]	7.80	7.87	7.94	Product Guarantee	12 years, optional 25 years
Efficiency	$\eta$ [%]	16.4	16.7	17.0	Power Guarantee	25 years – Linear
Electrical values measured under nominal module operating temperature: 800 W/m <sup>2</sup> ; 20°C; AM 1.5; wind 1 m/s; Module temperature NMOT: 44.5°C						
ELECTRICAL DATA (LOW IRRADIANCE)		P19J290	P19J295	P19J300	Fire Resistance	Class C
Power	$P_{MPP}$ [W]	57	58	59	Protection Against Electric Shock	II
Electrical values measured under: 200 W/m <sup>2</sup> ; 25°C; AM 1,5						
TEMPERATURE COEFFICIENTS		Certifications		IEC 61215, IEC 61730		
Temperature coefficient $I_{SC}$	$\alpha (I_{SC})$ [%/K]	IEC 62716 – Ammonia Resistance		IEC 61701 – Salt mist Resistance		
Temperature coefficient $V_{OC}$	$\beta (V_{OC})$ [%/K]	IEC 61701 – Salt mist Resistance		IEC 62804 – PID Resistance		
Temperature coefficient $P_{MPP}$	$\gamma (P_{MPP})$ [%/K]	MCS 010; MCS 005				
BASIC DATA JUNCTION BOX		<b>LOADS</b>				
Length x width x height	[mm]	148 x 123 x 27		Max. module pressure load (Testload)	[Pa]	5400 <sup>1</sup>
IP class		IP67		Max. module pressure load (Designload) <sup>2</sup>	[Pa]	3600 <sup>1</sup>
Cable length	[mm]	1200 (+), 800 (-)		Max. module suction load (Testload)	[Pa]	2400 <sup>1</sup>
Connectors		PV-JM601		Max. module suction load (Designload) <sup>2</sup>	[Pa]	1600 <sup>1</sup>
Bypass diodes		3		Max. system voltage	[V <sub>DC</sub> ]	1000
<b>CLASSIFICATION</b>		Reverse current load		$I_g$ [A]	20	
Classification range (positive classification)	[W]	0/+4.99		Mechanical load acc. to IEC/EN 61215:2016		

### DIMENSIONS [mm]



### PERFORMANCE GUARANTEE



PLEASE CONTACT YOUR AUTHORISED ALEO DEALER

**ALEO SOLAR GMBH**  
 Marius-Eriksen-Straße 1  
 17 291 PRENZLAU  
 GERMANY

**CONTACT**  
 +49 3984-8328-0  
 info@aleo-solar.de  
 www.aleo-solar.com

©aleo solar GmbH 07/2018

**aleo**

Detailed information about our warranties is available on our website! Subject to change without notice | Errors and omissions excepted | EN | P19 290-300W

## ANEXO. 4 Datasheet Baterías de Gel



### Baterías Gel y AGM

Energía Sin Límites

www.victronenergy.com



AGM battery  
12V 90Ah

#### 1. La tecnología VRLA

VRLA son las siglas de Valve Regulated Lead Acid, lo que significa que la batería es hermética. Habrá escape de gas en las válvulas de seguridad únicamente en caso de sobrecarga o de algún fallo de los componentes. Las baterías VRLA no requieren ningún tipo de mantenimiento.

#### 2. Las baterías AGM estancas (VRLA)

AGM son las siglas de Absorbent Glass Mat. En estas baterías, el electrolito se absorbe por capilaridad en una estera en fibra de vidrio situada entre las placas. Tal como se explica en nuestro libro "Energía Sin Límites", las baterías AGM resultan más adecuadas para suministrar corrientes elevadas durante periodos cortos que las baterías de Gel.

#### 3. Las baterías de Gel estancas (VRLA)

En este tipo de baterías, el electrolito se inmoviliza en forma de gel. Las baterías de Gel tienen por lo general una mayor duración de vida y una mejor capacidad de ciclos que las baterías AGM.

#### 4. Auto descarga escasa

Gracias a la utilización de rejillas de plomo-calcio y materiales de gran pureza, las baterías VRLA Victron se pueden almacenar durante largo tiempo sin necesidad de recarga. El índice de auto descarga es inferior a un 2% al mes, a 20°C. La auto descarga se duplica por cada 10°C de aumento de temperatura. Con un ambiente fresco, las baterías VRLA de Victron se pueden almacenar durante un año sin tener que recargar.

#### 5. Extraordinaria recuperación tras descarga profunda

Las baterías Victron VRLA tienen una extraordinaria capacidad de recuperación incluso tras una descarga profunda o prolongada. Sin embargo, se debe recalcar que las descargas profundas o prolongadas frecuentes tienen una influencia muy negativa en la duración de vida de las baterías de plomo/ácido, y las baterías de Victron no son la excepción.

#### 6. Características de descarga de las baterías

Las capacidades nominales de las baterías de Victron se indican para una descarga de 20 horas, es decir para una corriente de descarga de 0,05C (Gel / long life: 10 horas).

La capacidad real disminuye en descargas más rápidas con intensidades elevadas (ver tabla 1).

La reducción de capacidad aún será más rápida con aparatos de potencia constante como por ejemplo los inversores.

Duración de descarga	Voltage Final V	AGM 'Deep Cycle' %	Gel 'Deep Cycle' %	Gel 'Long Life' %
20 horas	10,8	100	100	112
10 horas	10,8	92	87	100
5 horas	10,8	85	80	94
3 horas	10,8	78	73	79
1 hora	9,6	65	61	63
30 minutos	9,6	55	51	45
15 minutos	9,6	42	38	29
10 minutos	9,6	38	34	21
5 minutos	9,6	27	24	
5 segundos		8 C	7 C	

Tabla 1: Capacidad real en función de la capacidad de descarga.

(la última línea indica la corriente de descarga máxima autorizada durante 5 segundos).

Nuestras baterías AGM Deep Cycle (ciclo profundo) ofrecen excelentes resultados a alta intensidad y por ello se recomiendan para aplicaciones como el arranque de motores. Debido a su diseño, las baterías de gel tienen una capacidad real menor a alta intensidad. En cambio, las baterías de gel tienen mejor duración de vida en modo flotación y ciclos.

#### 7. Efectos de la temperatura en la duración de vida

Las temperaturas elevadas tienen una influencia muy negativa en la duración de vida. La tabla 2 presenta la duración de vida previsible de las baterías de Victron en función de la temperatura.

Temperatura media de funcionamiento	AGM Deep Cycle	Gel Deep Cycle	Gel Long Life
	años	años	años
20°C / 68°F	7 - 10	12	20
30°C / 86°F	4	6	10
40°C / 104°F	2	3	5

Tabla 2: Duración de vida

### 8. Efectos de la temperatura en la capacidad

El siguiente gráfico muestra que la capacidad disminuye en gran medida a baja temperatura.

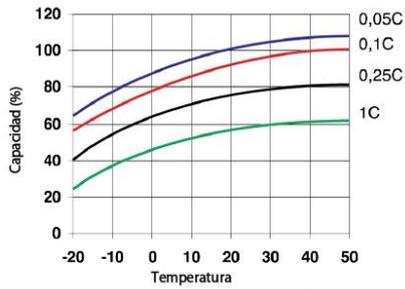


Fig. 1: Efectos de la temperatura en la capacidad

### 9. Duración de vida en ciclos de las baterías de Victron

Las baterías se gastan debido a las cargas y descargas. El número de ciclos depende de la profundidad de descarga, tal como muestra la figura 2.

■ AGM Deep Cycle ■ Gel Deep Cycle ■ Gel Long Life

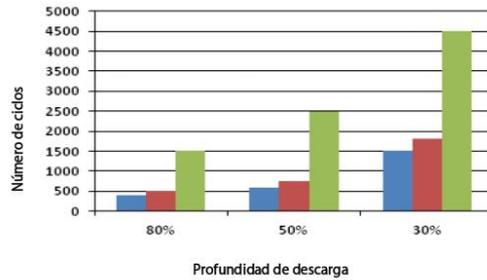


Fig. 2: Duración de vida en ciclos

### 10. Carga de la batería en modo de ciclos: La característica de carga en 3 etapas

El método de carga más corriente para las baterías VRLA utilizadas en ciclos es la característica de carga en tres etapas, según la cual una fase de corriente constante (fase "Bulk") va seguida por dos fases con voltaje constante ("Absorción" y "Flotación"). Ver fig. 3.

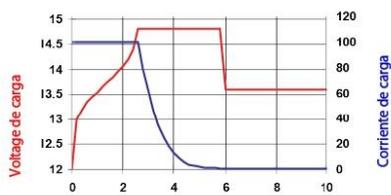


Fig. 3: Régimen de carga en tres etapas

Durante la fase de absorción, el voltaje de carga se mantiene a un nivel relativamente elevado para acabar de cargar la batería en un tiempo razonable. La tercera y última fase es la de mantenimiento (Flotación): el voltaje se reduce a un nivel justamente suficiente para compensar la autodescarga.

**Inconvenientes de la carga tradicional en tres etapas:**

- **Riesgo de gaseo**  
Durante la fase de carga inicial, la corriente se mantiene a un nivel constante y a menudo elevado, incluso por encima del voltaje de gaseo (14,34V para una batería de 12V). Ello puede provocar una presión de gas excesiva en la batería. Puede escaparse gas por las válvulas de seguridad, lo que reduce la duración de vida y presenta un peligro.
- **Duración de carga fija**  
El voltaje de absorción aplicado a continuación durante un tiempo fijo no tiene en cuenta el estado de carga inicial de la batería. Una fase de absorción demasiado larga tras una descarga poco profunda sobrecargará la batería, reduciendo una vez más su duración de vida, especialmente debido a la oxidación acelerada de las placas positivas.
- **Nuestros estudios han revelado que la duración de vida de una batería se puede aumentar reduciendo más la tensión de flotación cuando no se utiliza la batería.**

**11. Carga de la batería: mejor duración de vida mediante la carga adaptable en 4 etapas de Victron**

Victron Energy ha creado la carga adaptable en 4 etapas. Esta tecnología innovadora es resultado de muchos años de investigación y ensayos.

**El método de carga adaptable de Victron elimina los 3 principales inconvenientes de la carga tradicional en 3 etapas:**

- **Función BatterySafe**  
Para evitar el gaseo excesivo, Victron ha inventado la función BatterySafe. La función BatterySafe reduce el aumento del voltaje de carga cuando se alcanza el voltaje de gaseo. Los estudios revelan que dicho procedimiento mantiene el gaseo interno a unos niveles sin peligro.
- **Duración de absorción variable**  
El cargador Victron calcula la duración óptima de la fase de absorción en función de la duración de la fase de carga inicial (Bulk). Si la fase Bulk fue corta significa que la batería estaba poco descargada y la duración de absorción se reducirá automáticamente. Una fase de carga inicial más larga dará una duración de absorción también más larga.
- **Función de almacenamiento**  
Una vez finalizada la fase de absorción, en principio, la batería está totalmente cargada y el voltaje se reduce hasta un nivel de mantenimiento (Flotación). A continuación, si no se utiliza la batería durante 24 horas, el voltaje se reduce aún más y el cargador de batería pasa al modo de "almacenamiento". Este voltaje de "almacenamiento" reduce al mínimo la oxidación de las placas positivas. Posteriormente, el voltaje aumentará en modo absorción una vez por semana para compensar la autodescarga (función Battery Refresh).

**12. Carga en modo flotación: carga de mantenimiento con voltaje constante**

Si una batería se descarga profundamente con poca frecuencia, es posible una curva de carga en dos etapas. Durante la primera fase, la batería se carga con una corriente constante pero limitada (fase "Bulk"). Una vez alcanzado un voltaje predeterminado, la batería se mantiene a este voltaje (fase de mantenimiento o "Flotación"). Este método de carga se utiliza en las baterías de arranque a bordo de vehículos y para los sistemas de alimentación sin cortes (onduladores).

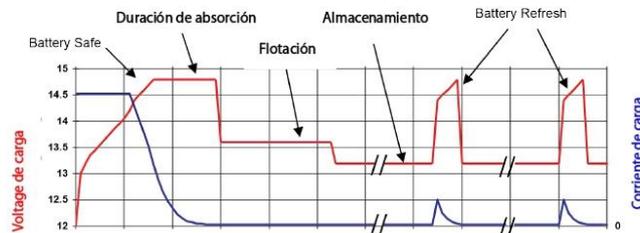


Fig. 4: Carga adaptable en 4 etapas de Victron

**13. Voltajes de carga óptimos de las baterías VRLA Victron**

La siguiente tabla presenta los voltajes de carga recomendados para una batería de 12V:

**14. Efectos de la temperatura en el voltaje de carga**

El voltaje de carga se debe reducir a medida que la temperatura aumenta. La compensación de temperatura es necesaria cuando la temperatura de la batería puede ser inferior a 10°C / 50°F o superior a 30°C / 85°F durante un periodo de tiempo prolongado. La compensación de temperatura recomendada para las baterías Victron VRLA es de  $-4 \text{ mV/elemento}$  (-24 mV/°C para una batería de 12V). El punto medio de compensación de temperatura es de 25°C / 70°F.

**15. Corriente de carga**

Preferentemente, la corriente de carga no debe superar 0,2 C (20 A para una batería de 100 Ah). La temperatura de una batería aumentará más de 10°C si la corriente de carga es superior a 0,2 C. Así pues, la compensación de temperatura resulta indispensable para corrientes de carga superiores a 0,2 C.

	Utilización en Flotación (V)	Ciclos Normal (V)	Ciclos Recarga rápida (V)
<b>Victron AGM "Deep Cycle"</b>			
Absorción		14,2 - 14,6	14,6 - 14,9
Flotación	13,5 - 13,8	13,5 - 13,8	13,5 - 13,8
Almacenamiento	13,2 - 13,5	13,2 - 13,5	13,2 - 13,5
<b>Victron Gel "Deep Cycle"</b>			
Absorción		14,1 - 14,4	
Flotación	13,5 - 13,8	13,5 - 13,8	
Almacenamiento	13,2 - 13,5	13,2 - 13,5	
<b>Victron Gel "Long Life"</b>			
Absorción		14,0 - 14,2	
Flotación	13,5 - 13,8	13,5 - 13,8	
Almacenamiento	13,2 - 13,5	13,2 - 13,5	

Tabelle 3: Voltajes de carga recomendados

12 Volt Deep Cycle AGM							Especificaciones generales	
Referencia	Ah	V	Lxanxal mm	Peso kg	CCA @0°F	RES CAP @80°F	Tecnología: flat plate AGM Bornes: cobre, M8	
BAT406225084	240	6	320 x 176 x 247	31	700	270	Capacidad nominal: descarga en 20h a 25°C Dur. de vida en flotación: 7-10 años a 20 °C Dur. de vida en ciclos: 400 ciclos en descarga 80% 600 ciclos en descarga 50% 1500 ciclos en descarga 30%	
BAT212070084	8	12	151 x 65 x 101	2,5				
BAT212120086	14	12	151 x 98 x 101	4,4				
BAT212200084	22	12	181 x 77 x 167	5,8				
BAT412350084	38	12	197 x 165 x 170	12,5				
BAT412550084	60	12	229 x 138 x 227	20	280	80		
BAT412600084	66	12	258 x 166 x 235	24	300	90		
BAT412800084	90	12	350 x 167 x 183	27	400	130		
BAT412101084	110	12	330 x 171 x 220	32	500	170		
BAT412121084	130	12	410 x 176 x 227	38	550	200		
BAT412151084	165	12	485 x 172 x 240	47	600	220		
BAT412201084	220	12	522 x 238 x 240	65	650	250		
BAT412124081	240	12	522 x 240 x 224	67	650	250		

12 Volt Deep Cycle GEL							Especificaciones generales	
Referencia	Ah	V	Lxanxal mm	Peso kg	CCA @0°F	RES CAP @80°F	Tecnología: flat plate GEL Bornes: cobre, M8	
BAT412550104	60	12	229 x 138 x 227	20	250	70	Capacidad nominal: 20 hr discharge at 25 °C Dur. de vida en flotación: 12 years at 20 °C Dur. de vida en ciclos: 500 ciclos en descarga 80% 750 ciclos en descarga 50% 1800 ciclos en descarga 30%	
BAT412600100	66	12	258 x 166 x 235	24	270	80		
BAT412800104	90	12	350 x 167 x 183	26	360	120		
BAT412101104	110	12	330 x 171 x 220	33	450	150		
BAT412121104	130	12	410 x 176 x 227	38	500	180		
BAT412151104	165	12	485 x 172 x 240	48	550	200		
BAT412201104	220	12	522 x 238 x 240	66	600	220		
BAT412126101	265	12	520 x 268 x 223	75	650	250		

Otras capacidades y tipos de bornes: por engargo

ANEXO. 5 Datasheet Bidon 55Gal (Referencia)



Carantía PG  
PG  
Ideal para siempre

Soluciones para construcción

**TANQUE USO INDUSTRIAL PE**  
Fabricado en polietileno (PE) 100% virgen, ideal para almacenamiento de agua.  
**PLASTIGAMA**

Construction worker in a yellow hard hat reviewing blueprints on a construction site.



## VENTAJAS

**Tanque industrial de Polietileno de Alta Densidad (PEAD)**  
Por ser de un material plástico, no se corroe, ni se oxida.

**Paredes 100% lisas sin porosidades.**

No reproduce gérmenes o virus dentro del tanque. Evita la proliferación de organismos como algas y lama, gracias a las propiedades del material y su color, que impide el paso de la luz.

**Livianos, Prácticos y Herméticos.**

Son fáciles de ser transportados por una persona debido a su bajo peso y tamaño.

Su estructura protege el contenido de impurezas y contaminación externa.

En la superficie superior del tanque se ubican 2 tapas roscadas para facilitar la manipulación de su contenido.

**Resistencia al impacto.**

Tiene la capacidad de resistir una caída de altura máxima de 2 metros, sobre pavimento rígido, bajo estas condiciones no sufrirá fisuras.

**Variedad de usos.**

Ideal para almacenar agua para uso agrícola o industrial. Puede ser utilizado con productos químicos, previa consulta a nuestro Departamento Técnico. Solución ideal para ser utilizado en comunidades para resolver problemas de abastecimiento de agua.

Se puede utilizar para almacenar los siguientes productos: De acuerdo a la norma ISO/TR 10358:1993

- Agua potable
- Agua cruda o natural
- Jugos Cítricos
- Pulpa de fruta
- Mermelada
- Cerveza
- Aceites animales y vegetales.
- Glucosa
- Almidón
- Vinagre
- Otros productos químicos o alimenticios

Para almacenar productos con densidades mayores al agua se deben tener consideraciones especiales. Consultar con el Departamento Técnico de Plastigama.

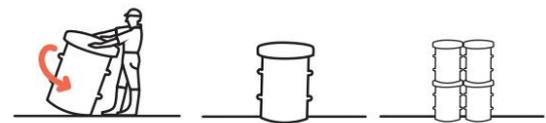
## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS



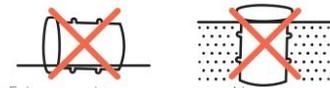
Capacidad	H	Diámetro exterior De	Espesor mínimo de pared	Tapa pequeña Tp	Tapa grande Tg	Código
Galones	mm	mm	mm	Pulg	Pulg	
55	940	560	2,25	3/4	2	925495

## RECOMENDACIONES GENERALES

Durante el transporte y almacenamiento en las bodegas.



Para su traslado vacío inclínelo y gírelo. Ubicar sobre una superficie lisa, uniforme y continua. Apile solo hasta dos tanques vacíos.



Evite que el tanque lleno descanse su peso en posición horizontal (acostado)

No usar enterrado.

**IMPORTANTE**

La base de los tanques deberá apoyarse obligatoriamente sobre una superficie plana, horizontal, dura, uniforme, indeformable y limpia.

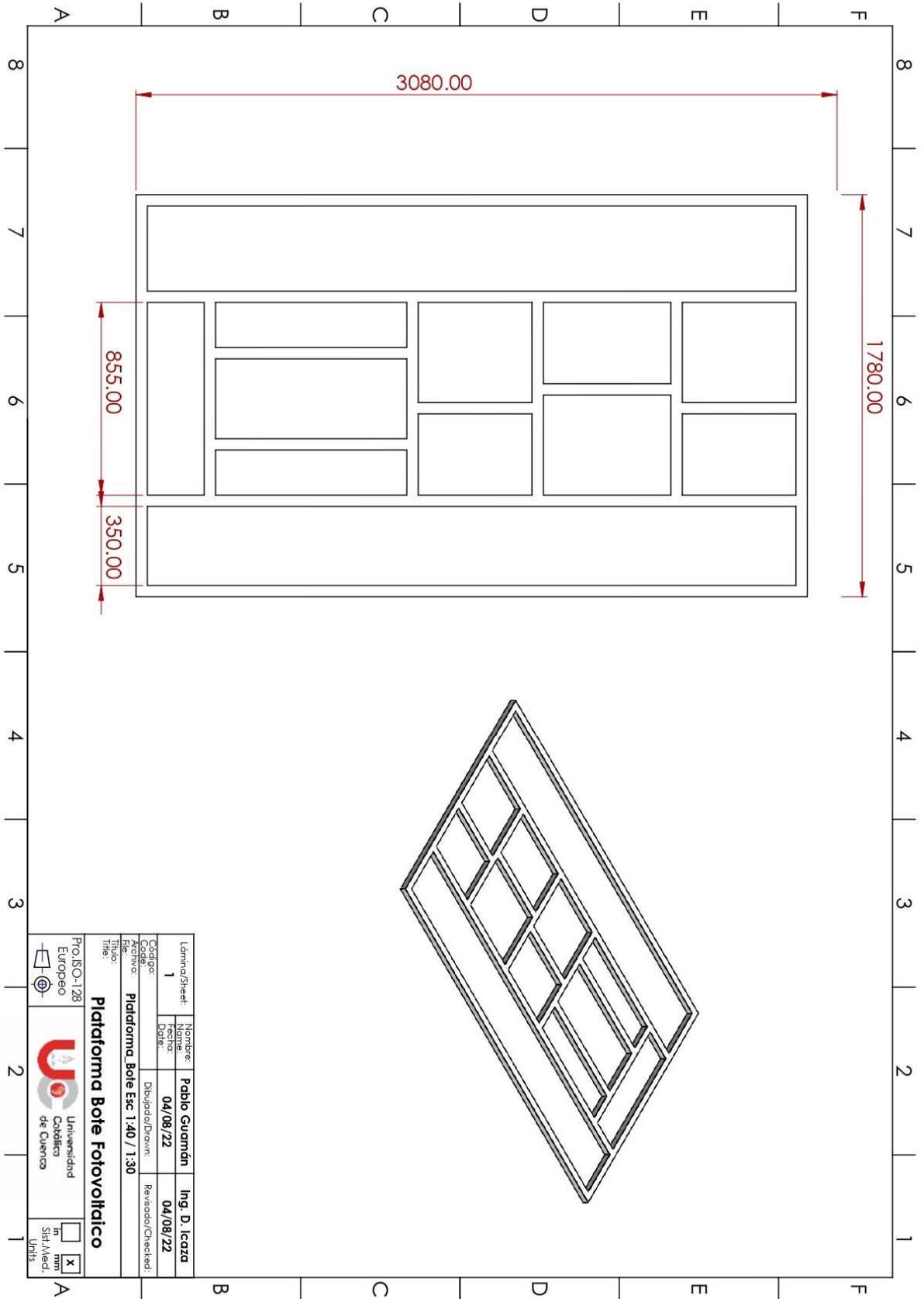
Rev.: 2018 - 06 - 29

**MEXICHEM ECUADOR S.A.**

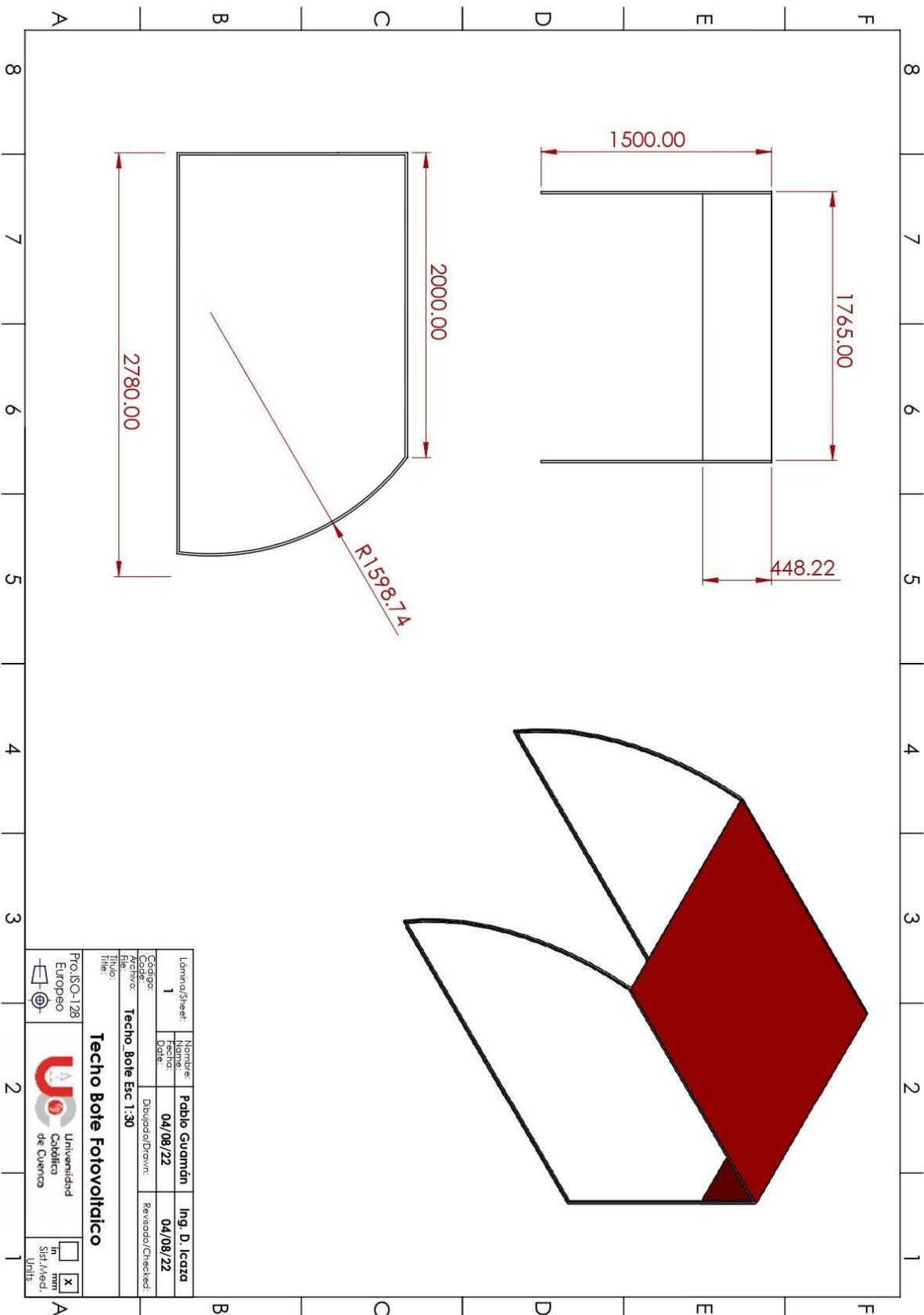
Durán: Km. 4.5 Vía Durán - Tambo PBX: 3716900  
Quito: Av. Siena N 2-14 y Miguel Ángel,  
Sector La Primavera-Cumbayá Telf.: 3934420  
[www.plastigama.com](http://www.plastigama.com)



## ANEXO. 6 Planos de modelo



Lamina/Sheet:	Nombre:	Fecha:	Revisado/Checked:
1	Pablo Guzmán	04/08/22	04/08/22
Código:	Fecha:	Dibujado/Drawn:	Revisado/Checked:
Tipo: Plataforma_Bote Esc. 1:40 / 1:30			
Title:			
<b>Plataforma Bote Fotovoltaico</b>			
Pro:ISO-128	 Universidad Católica de Cuenca		<input type="checkbox"/> In Sist./Med. Units
 Europeo			<input checked="" type="checkbox"/> mm

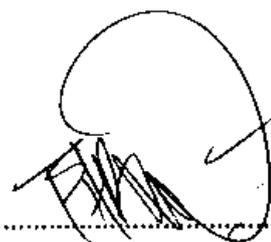


Lamina/Sheet:		Nombre:		Ing. D. Icaza	
1		Pablo Guamán		04/08/22	
Fecha:		Date:		04/08/22	
Codigo:		Dibujado/Drawn:		Revisado/Checked:	
Techo_Bote Esc 1:30					
Title:					
<b>Techo Bote Fotovoltaico</b>					
Proj./ISO-128		Universidat		<input checked="" type="checkbox"/> mm	
Europeo		Caldico		<input type="checkbox"/> Sist. Med.	
de Cuenca				Units:	

## AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Pablo Daniel Guamán León portador de la cédula de ciudadanía N. ° 0104845813. En calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “Construcción de un bote impulsado por energía fotovoltaica” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 30 de agosto de 2022

F: 

Pablo Daniel Guamán León  
0104845813