



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

**Diseño de un bote potenciado por energía solar para uso en el Parque
Recreacional Jipiro de la ciudad de Loja**

TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTORA: Tandazo Jumbo, Jessica del Cisne

DIRECTOR: Jaramillo Pacheco, Jorge Luis, Ing.

LOJA – ECUADOR

2015

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Ingeniero.

Jorge Luis Jaramillo Pacheco

DOCENTE DE TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: “Diseño de un bote potenciado por energía solar para uso en el Parque Recreacional Jipiro de la ciudad de Loja” realizado por Tandazo Jumbo Jessica del Cisne; ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, septiembre de 2015

f).

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo Tandazo Jumbo Jessica del Cisne declaro ser autora del presente trabajo de titulación: Diseño de un bote potenciado por energía solar para uso en el Parque Recreacional Jipiro de la ciudad de Loja, de la Titulación Electrónica y Telecomunicaciones, siendo el Ing. Jorge Luis Jaramillo Pacheco director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f.....

Autora: Tandazo Jumbo Jessica del Cisne

Cédula: 1104869357

DEDICATORIA

A Dios, por estar siempre presente en mi vida, guiándome en momentos buenos y difíciles, colocando en mi camino las personas idóneas para salir adelante hasta esta etapa de mi vida.

A mi madre, por ser un ángel en mi vida, mi ejemplo de superación. Gracias a su infinita paciencia, cariño y amor que solo ella me sabe brindar, me ha permitido alcanzar esta meta propuesta en mi vida profesional.

A mi padre, por brindarme su apoyo incondicional, por sus consejos que han llegado a mí en el momento más oportuno, por su confianza y amor, sé que este logro tiene mucha importancia para ti, como lo significa para mí.

A mi hermano Diego, por su cariño y apoyo, porque hemos estado juntos en momentos realmente difíciles de nuestra vida y eso ha permitido que te quiera y te valore mucho más, y, sobretodo, porque siempre he tenido la gran dicha de contar con tu paciencia, confianza y lealtad.

A mis abuelitos, por todo el amor que me han brindado. Su confianza depositada en mí, no me han permitido desmayar hasta alcanzar mis sueños.

A Verónica, por ser mi mejor amiga y más que eso, por ser como una hermana para mí, siempre ha estado apoyándome en las buenas y en las malas. Deseo de todo corazón que nuestra amistad dure para siempre.

A toda mi familia, mis amigos, y todas aquellas personas importantes en mi vida, que siempre han estado dispuestas a apoyarme cuando lo he necesitado y con el mejor agrado posible.

Jessica

AGRADECIMIENTO

Quiero dar las gracias a mis padres Marlene y Galo, por ser mi apoyo incondicional y pilar fundamental para mi desarrollo personal y profesional. A mi hermano Diego, por constituirse en un ser valioso en mi vida. A mi familia por estar siempre en las buenas y en las malas, mi infinita gratitud. A mis amigos, por enseñarme que la vida es mejor afrontarla con felicidad.

Asimismo, quiero extender mi sincero y especial agradecimiento al Ing. Jorge Luis Jaramillo, director del presente trabajo de fin de titulación, por brindarme sus consejos, su tiempo, dedicación y paciencia para dirigir muy acertadamente este proyecto.

A los docentes de la Titulación de Electrónica y Telecomunicaciones, que han sabido impartirnos sus conocimientos para una íntegra formación profesional.

Jessica

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
RESUMEN EJECUTIVO.....	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO I	4
1. APROVECHAMIENTO DE FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA EN EL PARQUE RECREACIONAL JIPIRO DE LA CIUDAD DE LOJA: CARACTERIZACIÓN DEL PARQUE E IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR DE FUENTES APROVECHABLES DE ENERGÍA	4
1.1. Introducción.....	5
1.2. Metodología propuesta para atender el pedido del GADM de Loja.....	5
1.3. Caracterización del PRJ	7
1.3.1. Un poco de historia	7
1.3.2. Zonificación del PRJ	7
1.3.2.1. Las culturas europeas, asiáticas y africanas	9
1.3.2.2. Las culturas americanas	10
1.3.3. Sobre el complejo deportivo.....	10
1.3.4. Otras facilidades el PRJ.....	10
1.4. IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR DE LAS FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA APROVECHABLES EN EL TERRITORIO DEL PR JIPIRO	10
CAPÍTULO II	11
2. EVALUACIÓN DE LA POTENCIALIDAD DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR EN EL PARQUE RECREACIONAL JIPIRO.....	11
2.1. Introducción.....	12

2.2. Evaluación de la potencialidad de aprovechamiento de las fuentes renovables de energía	12
2.2.1. Potencialidades de aprovechamiento de energía solar	12
CAPÍTULO III	16
3. ESTADO DEL ARTE EN EL APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR PARA POTENCIAR EMBARCACIONES EN ESPACIOS PÚBLICO	16
3.1. Introducción.....	17
3.2. Revisión del estado del arte	17
3.2.1. Sobre el enfoque de la revisión del estado del arte	17
3.2.2. Generalidades de los barcos y botes solares	17
3.2.3. Algunas experiencias con barcos y botes solares	18
3.3. A manera de propuesta para el aprovechamiento de energía solar para potenciar botes en el PRJ.....	21
CAPÍTULO IV	22
4. DISEÑO DE UN BOTE POTENCIADO POR ENERGÍA SOLAR PARA USO EN EL PARQUE RECREACIONAL JIPIRO DE LA CIUDAD DE LOJA.....	22
4.1. Introducción.....	23
4.2. Diseño del bote solar para operar en el PRJ	23
4.2.1. Sobre los botes existentes en el PRJ.....	23
4.2.2. Sobre los requerimientos generales de diseño.....	23
4.2.3. Análisis de las opciones de diseño.....	24
4.2.4. Diseño estructural del bote solar	24
4.2.5. Diseño del sistema fotovoltaico	26
4.2.5.1. Sobre los módulos PV.....	26
4.2.5.2. Dimensionamiento de la carga a alimentar.....	27
4.2.5.3. Selección de la batería	29
4.2.5.4. Selección del controlador de carga	31
4.2.6. Diseño de la caja de conexión de equipos	32
4.3. Presupuesto de inversión	33
CONCLUSIONES	35

TRABAJOS FUTUROS	36
BIBLIOGRAFÍA	37
ANEXOS	39
ANEXO A	40
ANEXO B	42
ANEXO C	44

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1.1. Metodología de trabajo de la mesa conformada.	6
Fig. 1.2. Zonificación del PRJ.	8
Fig. 2.1. Metodología de trabajo para la identificación de las potencialidades del aprovechamiento de energía solar en el PR Jipiro.	12
Fig. 2.2. Mapa de zonificación del nivel de radiación solar en el PR Jipiro.	13
Fig. 2.3. Panorámica de la pista de bicicletas, clasificada como zona de alta radiación. ...	14
Fig. 2.4. Panorámica de los senderos a lo largo del río Zamora, área clasificada como zona de media radiación.	14
Fig. 2.5. Panorámica de los senderos al interior del parque, área clasificada como zona de baja radiación.	15
Fig. 2.6. Vista panorámica de un bote solar utilizable en la laguna del PRJ.	15
Fig. 3.1. Panorámica de un bote solar australiano.	18
Fig. 3.2. Panorámica de un bote solar utilizado en los Lagos Prespes.	19
Fig. 3.3. Panorámica de una lancha tipo HalconSolar.	19
Fig. 3.4. Panorámica de la lancha Solaris.	20
Fig. 3.5. Panorámica de Catamarán Solar.	20
Fig. 3.6. Propuesta de un bote solar para la laguna del PRJ.	21
Fig. 4.1. Vista panorámica de los botes que operan en el PRJ.	23
Fig. 4.2. Metodología propuesta para el diseño del bote solar.	24
Fig. 4.3. Modelo 3D de un bote existente en el PRJ, a escala real.	25
Fig. 4.4. Diseño de la cubierta para el bote solar.	25
Fig. 4.5. Arquitectura propuesta para el sistema fotovoltaico del bote solar.	26
Fig. 4.6. Ubicación del arreglo de módulos PV sobre la cubierta del bote solar.	27
Fig. 4.7. Esquema eléctrico general del bote solar.	31
Fig. 4.8. Vista frontal de la caja de conexión de equipos del bote solar.	32
Fig. 4.9. Distribución de los equipos al interior de la caja.	32
Fig. 4.10. Vista posterior del bote solar con módulos fotovoltaicos en la cubierta y caja de conexión de equipos.	33

Fig. 4.11. Vista de la caja conexión de equipos del bote solar..... 33

LISTA DE TABLAS

Tabla 3.1. Presupuesto para el diseño e implementación del bote solar en el PRJ.	21
Tabla 4.1. Opciones óptimas para ser utilizadas como módulos PV en el bote solar para el PRJ.....	26
Tabla 4.2. Parámetros técnicos de los módulos PV seleccionados para el bote solar.	27
Tabla 4.3. Características técnicas del arreglo de módulos PV seleccionados para el bote solar.....	27
Tabla 4.4. Voltaje, intensidad y potencia típica de los dispositivos seleccionados para el bote solar.....	28
Tabla 4.5. Requerimiento diario de energía de los dispositivos seleccionados para el bote solar.....	28
Tabla 4.6. Parámetros técnicos de la batería seleccionada para el bote solar.....	30
Tabla 4.7. Parámetros técnicos del controlador de carga seleccionado para el bote solar.	31
Tabla 4.8. Presupuesto de inversión en la implementación del bote solar.	34

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente trabajo se describe los resultados obtenidos en el diseño de una embarcación solar que aprovecha la energía solar disponible en la zona de la laguna del Parque Recreacional Jipiro, en la ciudad de Loja. Se parte de una caracterización del parque y se identifica las fuentes aprovechables de energía. Se analiza el estado del arte para definir los requerimientos mínimos de una iniciativa de diseño propio. Finalmente, se explica los resultados de las etapas de dimensionamiento, diseño y selección de equipos de un sistema fotovoltaico para la provisión de energía eléctrica a las aplicaciones conectadas al bote solar diseñado.

PALABRAS CLAVES: embarcaciones solares, energía, energía renovable, Parque Recreacional Jipiro.

ABSTRACT

In this paper, we describe the results of the design of a solar boat that uses solar energy in the lagoon area of Jipiro Recreational Park in the city of Loja. It begins with a characterization of the park and usable energy sources are identified. The state of the art is analyzed to define the minimum requirements for own initiative. Finally, we explain the results of the stages of sizing, design and equipment selection of a photovoltaic system to provide electricity to the applications connected to the solar boat designed.

KEYWORDS: solar boats, energy, renewable energy, Jipiro Recreational Park.

INTRODUCCIÓN

En el mes de septiembre del 2014, el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal (GADM) de Loja solicitó a la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), el apoyo técnico en una serie de iniciativas de desarrollo local.

En el grupo de actividades priorizadas se incluyó la conformación de una mesa de trabajo alrededor del aprovechamiento de energía de fuentes renovables en el Parque Recreacional Jipiro (PRJ), ubicado al centro norte de la ciudad.

En este documento se presentan los resultados obtenidos en el diseño de un bote potenciado por energía solar en el Parque Recreacional Jipiro (PRJ).

El presente trabajo consta de cuatro capítulos. En el primer capítulo se describe la caracterización del parque y la metodología propuesta para la identificación de las fuentes renovables de energía existentes en el territorio del PRJ que son potencialmente aprovechables.

En el segundo capítulo se presenta la evaluación de la potencialidad de aprovechamiento de la energía solar existente en el Parque Recreacional Jipiro.

En el tercer capítulo se presenta el estado del arte de algunas propuestas exitosas de embarcaciones potenciadas por energía solar en espacios públicos en diferentes partes del mundo.

En el cuarto capítulo se realiza el diseño de un bote potenciado por energía solar, para uso en la laguna del PRJ.

CAPÍTULO I

- 1. APROVECHAMIENTO DE FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA EN EL PARQUE RECREACIONAL JIPIRO DE LA CIUDAD DE LOJA: CARACTERIZACIÓN DEL PARQUE E IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR DE FUENTES APROVECHABLES DE ENERGÍA**

1.1. Introducción.

En el mes de septiembre de 2014, el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal (GADM) de Loja solicitó a la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), el apoyo técnico en una serie de iniciativas de desarrollo local. En el grupo de actividades priorizadas se incluyó la conformación de una mesa de trabajo alrededor del aprovechamiento de energía de fuentes renovables en el Parque Recreacional Jipiro (PRJ), ubicado al centro norte de la ciudad.

En este capítulo se presentan los primeros resultados obtenidos, en torno a la caracterización del parque y la identificación de fuentes renovables de energía existentes en el territorio, potencialmente aprovechables.

1.2. Metodología propuesta para atender el pedido del GADM de Loja.

Aceptado el pedido del GADM de Loja, en la UTPL se decidió conformar mesas de trabajo, integradas por delegados de la universidad y del GADM.

En relación al aprovechamiento de fuentes renovables de energía en el PRJ, se encargó a la Sección de Telecomunicaciones y Electrónica (STE) del Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica (DCCE) la coordinación de la mesa de trabajo, invitándose también a investigadores del Departamento de Arquitectura y Artes (DAA). En el GADM de Loja, la representación se asignó a la Dirección de Electrónica y Telecomunicaciones. Conformada la mesa de trabajo, se diseñó y aprobó una aproximación metodológica para responder a los requerimientos planteados (ver Fig. 1.1).

La etapa de caracterización del parque e identificación de fuentes renovables de energía, se propuso para actualizar la información disponible sobre el PRJ, y, en base a la observación directa en el territorio, identificar las fuentes renovables de energía potencialmente aprovechables para potenciar procesos actuales o por implementar en el parque.

Con la intención de optimizar los recursos disponibles, se decidió plantear una etapa de revisión bibliográfica del estado del arte en el aprovechamiento de energía de fuentes renovables en espacios públicos, que permita identificar las mejores prácticas en funcionamiento en espacios similares.

Culminadas las 2 primeras etapas, los resultados obtenidos serán socializados con los delegados del GADM, a fin de obtener una priorización desde la perspectiva municipal. Las propuestas priorizadas pasarán a una etapa de ingeniería de detalle, cuyo resultado será la elaboración de esquemas mecánicos, electrónicos, eléctricos, de obra civil, entre otros.

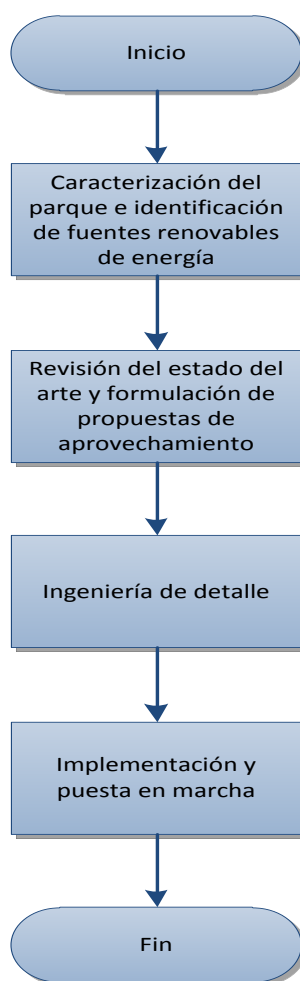


Fig. 1.1. Metodología de trabajo de la mesa conformada.
Fuente: Diseño de autores.

En función de la disponibilidad de recursos para financiar las obras requeridas, se aperturarán las etapas de implementación y gestión.

Para la ejecución de las etapas metodológicas propuestas, en UTPL se conformó un equipo de trabajo integrado por 10 estudiantes de la titulación de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones (IET), que aceptaron apoyar en la iniciativa como parte de su trabajo de fin de titulación. La subdivisión de este equipo de trabajo, permitirá profundizar en el análisis de las diversas formas de energía renovable existentes en el parque.

1.3. Caracterización del PRJ.

1.3.1. Un poco de historia.

El PRJ se ubica en el barrio del mismo nombre, al norte de la ciudad de Loja (Ecuador), y, posee una extensión de 10 Ha, donadas a la ciudad de Loja por el filántropo Daniel Álvarez Burneo.

En la década de los años sesenta del siglo pasado, el entonces Alcalde la ciudad, Dr. Vicente Burneo, abrió la posibilidad de que la propiedad se destine a la construcción de un espacio de recreación y entretenimiento.

En la década de los ochenta, se realizó la primera intervención planificada para la dotación de la infraestructura física necesaria, bajo el motivo de la interculturalidad. En esta etapa, la laguna existente fue conectada mediante un canal con la quebrada de Jipiro.

Oficialmente, el PRJ nació en 1988 durante la alcaldía del Dr. José Bolívar Castillo. Se desarrolló el concepto de parque temático, edificando infraestructura recreacional, educacional y/o administrativa que reproduzca la arquitectura representativa de algunos países y regiones. En el territorio del PRJ, a través de un recorrido lúdico que conjuga arquitectura y esparcimiento, la ciudadanía se acerca al conocimiento de los núcleos culturales más destacados en el mundo.

1.3.2. Zonificación del PRJ.

Existen 2 zonas claramente definidas, separadas por el río Zamora, y articuladas a través de un nodo comunicador en forma de un puente peatonal (ver Fig. 1.2). En estas zonas coexisten los monumentos temáticos (proyecto de las culturas), y, los espacios recreativos y de competencia deportiva. El flujo de visitantes en las zonas se dirige a través de senderos, con la respectiva señalética y equipados con mobiliario urbano.

El acceso al PRJ se realiza desde las 3 vías que circunvalan el territorio (Av. Salvador Bustamante Celi, Av. Velasco Ibarra y Pasaje "H").

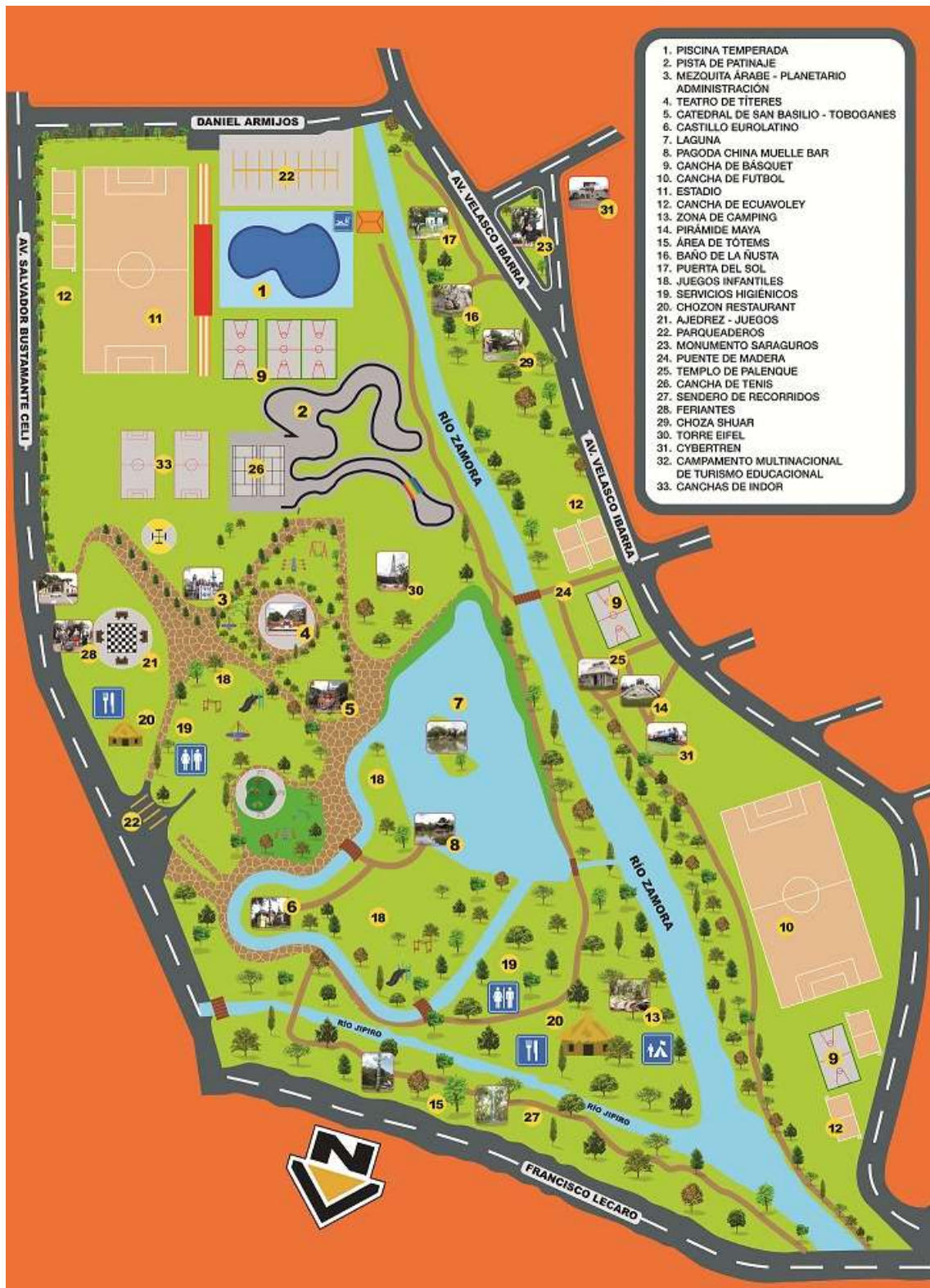


Fig. 1.2. Zonificación del PRJ.
 Fuente: Diseño de autores.

El proyecto de las culturas se desarrolla en dos sectores del PRJ, separados por el río Zamora. La parte oriental, con una mayor extensión de terreno, se refiere a las culturas de Europa, Asia y África, mientras que la occidental está dedicada a las culturas de América.

1.3.2.1. Las culturas europeas, asiáticas y africanas.

La Catedral de San Basilio, templo ortodoxo localizado en la Plaza Roja de la ciudad de Moscú, en la Federación de Rusia, es famosa por sus cúpulas en forma de cebolla. La reproducción existente en el PRJ, posee resbaladeras que descienden de las torres y las cúpulas, y, se destina para entretenimiento. Dentro del proyecto de las culturas se considera el monumento representativo del arte de los pueblos eslavos [1].

Junto a la laguna se sitúa la reproducción de una pagoda china, edificio de varios niveles, común en varios países asiáticos, construido con fines religiosos (especialmente en la fe budista). La réplica se conoce como muelle bar, y, en ella se ofrece comida típica y comida rápida. En el proyecto de las culturas se considera el monumento representativo del arte de los pueblos orientales [1].

En la reproducción de una mezquita árabe (dedicada al culto islámico), funcionan las oficinas administrativas del PRJ, y, un planetario y un telescopio. Se considera el monumento representativo de los pueblos de Asia media [1].

Hacia el centro del PRJ se ubica un escenario para representaciones artísticas y de teatro, que reproduce un templo indomaláico, propio de la cultura india, tailandesa, y, malaya [1].

A orillas del río Jipiro, se levante una réplica de un castillo eurolatino, como aquellos construidos en Europa, entre los siglos V y XV, en la época medieval. En esta edificación opera una videoteca, una biblioteca, y, una computecca [1].

Los chozones de estilo bantú, reflejan las características propias de los pueblos del Sahara africano, y, en el PRJ sirven para el expendio de comidas típicas de la región de Loja [1].

Una réplica de la torre Eiffel, símbolo de Paris (edificada para la Exposición Mundial de 1889) cobija un mesa de ping pong al aire libre.

1.3.2.2. Las culturas americanas.

La réplica del Templo de las Monjas de Yucatán, uno de los más bellos y mejor conservados de la cultura Maya, sirve como mirador de los sectores aledaños, y tiene un sistema de resbaladeras para el entretenimiento de los niños.

Además se destaca la presencia de réplicas del Inti-Punku (Tiahuanaco, Bolivia), de un kiosko maya, de la Pirámide de Kukulman, del monumento a la cultura saragura, una choza shuar, entre otros.

1.3.3. Sobre el complejo deportivo.

La infraestructura recreativa y de competencia deportiva existente en el PRJ, lo convierte en el complejo deportivo más importante de la ciudad.

En el territorio del PRJ existen 2 canchas de fútbol, 5 canchas de básquet, 8 canchas de ecuvolley, 3 canchas de tenis, 2 canchas de indorfútbol, 1 piscina temperada con cubierta telescópica móvil, 1 pista de bicicletas, y, 1 ciclo vía.

1.3.4. Otras facilidades el PRJ.

En el territorio del PRJ existen diversos espacios dedicados a la recreación: juegos infantiles, juego de ajedrez, réplica de una locomotora a vapor, laguna y recorrido acuático, área de camping, y, minizoológico.

Entre los servicios que ofrece el PRJ se cuentan 2 plazas de estacionamientos (una para el área recreativa y otro para la zona deportiva), baterías sanitarias, y, senderos.

1.4. Identificación preliminar de las fuentes renovables de energía aprovechables en el territorio del PR Jipiro.

La observación in situ del territorio del PRJ, y, la consideración del desarrollo prospectivo que la administración del GADM desea construir en el parque, permitió identificar al menos 3 fuentes renovables de energía: solar, humana, y, biomasa.

CAPÍTULO II

2. EVALUACIÓN DE LA POTENCIALIDAD DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR EN EL PARQUE RECREACIONAL JIPIRO

2.1. Introducción.

Establecida la metodología para el abordaje del problema, se describió el marco conceptual que rige la construcción y desarrollo del parque, y, se identificó las fuentes renovables de energía potencialmente aprovechables para potenciar los diferentes procesos propios del parque. En este capítulo se describe los resultados obtenidos en la etapa de evaluación de la potencialidad de aprovechamiento de las fuentes identificadas.

2.2. Evaluación de la potencialidad de aprovechamiento de las fuentes renovables de energía.

La visita in situ al PRJ, y, la consideración del desarrollo prospectivo que la administración del GADM desea dar al parque, permitió identificar al menos 3 fuentes renovables de energía en su territorio: solar, humana, y, biomasa.

2.2.1. Potencialidades de aprovechamiento de energía solar.

Para evaluar las potencialidades de aprovechamiento de energía solar en el PRJ, se decidió aplicar la metodología de trabajo mostrada en la Fig. 2.1.

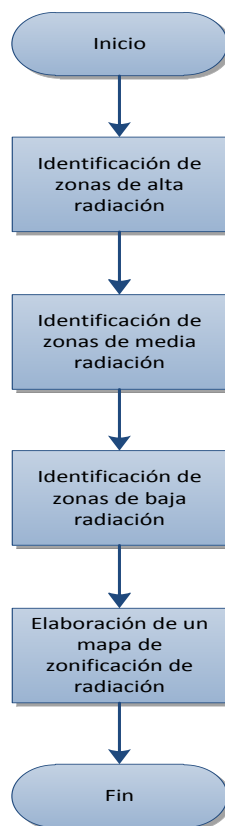


Fig. 2.1. Metodología de trabajo para la identificación de las potencialidades del aprovechamiento de energía solar en el PR Jipiro.

Fuente: Diseño de autores.

Debido a las limitaciones existentes en los plazos de ejecución del proyecto, se decidió realizar una zonificación preliminar de niveles de radiación (ver Fig. 2.2). La observación in situ se realizó durante 3 días consecutivos del mes de septiembre de 2014, entre las 9h00 y las 18h00.



Fig. 2.2. Mapa de zonificación del nivel de radiación solar en el PR Jipiro.
Fuente: Diseño de autores.

Se consideró como zonas de alta radiación, a aquellas en las que el Sol llega directamente a la superficie, sin ningún obstáculo. Las zonas de radiación media se relacionan con aquellas con obstáculos moderados, y, las de baja radiación con las zonas cubiertas por bosques (ver Fig. 2.3, 2.4, y 2.5).



Fig. 2.3. Panorámica de la pista de bicicletas, clasificada como zona de alta radiación.
Fuente: Fotografía de los autores.



Fig. 2.4. Panorámica de los senderos a lo largo del río Zamora, área clasificada como zona de media radiación.
Fuente: Fotografía de los autores.



Fig. 2.5. Panorámica de los senderos al interior del parque, área clasificada como zona de baja radiación.
Fuente: Fotografía de los autores.

La zonificación muestra que alrededor del 50% de la superficie del PRJ recibe alta radiación solar, lo que vuelve muy atractiva a la idea de aprovechar la energía solar. Bajo la premisa de implementar estaciones de aprovechamiento de energía solar, que por una parte capturen energía solar para potenciar las actividades propias del parque, y, que por otra sirvan como estaciones demostrativas y de capacitación; y, a través de una lluvia de ideas, el grupo de trabajo pudo identificar la potencialidad del aprovechamientos de energía solar en botes solares en el sector de la laguna (ver Fig. 2.6),

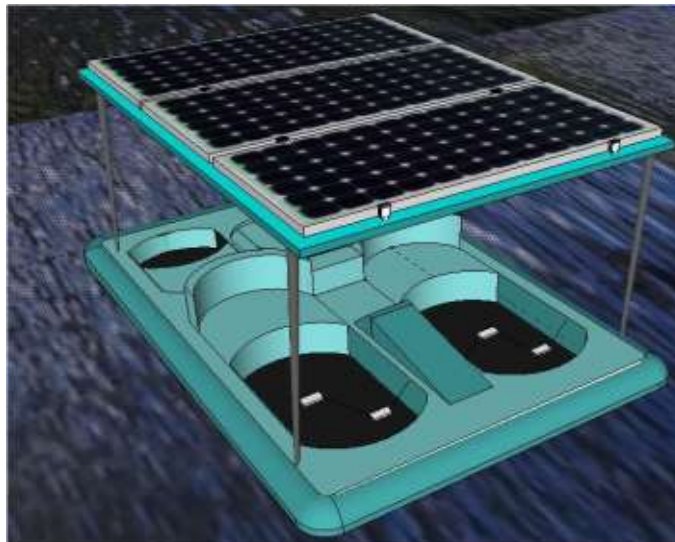


Fig. 2.6. Vista panorámica de un bote solar utilizable en la laguna del PRJ.
Fuente: Diseño de los autores

CAPÍTULO III

3. ESTADO DEL ARTE EN EL APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR PARA POTENCIAR EMBARCACIONES EN ESPACIOS PÚBLICOS

3.1. Introducción.

Establecida la metodología para el abordaje del problema, se describió el marco conceptual que rige la construcción y desarrollo del parque, y, se identificó las fuentes renovables de energía potencialmente aprovechables para potenciar los diferentes procesos propios del parque. En este documento se describe los resultados obtenidos en la etapa de evaluación del estado del arte en el aprovechamiento de energía solar para potenciar embarcaciones utilizadas en espacios públicos.

3.2. Revisión del estado del arte.

3.2.1. Sobre el enfoque de la revisión del estado del arte.

En la actualidad, existe un gran interés por el desarrollo de fuentes alternativas de energía, amigables con el ambiente, y renovables. En la naturaleza están presentes diversas fuentes renovables de energía, entre las que destaca por su potencial de aprovechamiento, la energía solar.

En el marco de este proyecto, especial atención merece el aprovechamiento de la energía solar para potenciar pequeñas embarcaciones empleadas en parques y espacios públicos, con fines turísticos o recreativos, sobre todo en espacios acuáticos de lagos y mares.

3.2.2. Generalidades de los barcos y botes solares.

Los barcos y botes solares constituyen una propuesta innovadora que apunta a reducir la contaminación del aire (por emisiones del motor de combustión interna) y del agua (por residuos de combustible y lubricantes), a la vez que se controla los niveles de ruido ambiental.

Los barcos y botes solares se han adecuados a actividades turísticas y recreativas, siendo especialmente útiles en reservas naturales [2].

El funcionamiento de los barcos y botes solares se basa en la solución de 3 problemas básicos: suministro de energía, accionamiento eléctrico, y, uso eficiente de energía.

El suministro de energía proviene de microplantas solares. En pequeñas embarcaciones, de entre 4 y 6 m de longitud, la potencia solar instalada varía entre 200 y 500 W. En naves de 60 a 120 pasajeros, se requiere habitualmente entre 3 y 10 KW [2]. Generalmente, los módulos fotovoltaicos se colocan en el techo de la embarcación, protegiendo a los pasajeros

del Sol. Si se necesita energía adicional, las baterías se cargan con la energía capturada en una planta de energía solar situada en el atraque de la embarcación.

El accionamiento eléctrico de la nave debe ser extremadamente eficiente y fiable. El accionamiento eléctrico incluye baterías típicas, cuyo peso oscila entre 300 y 600 kg. Por cuanto las embarcaciones se desplazan a baja velocidad, el requerimiento de carga es bajo, razón por la cual una potencia de accionamiento de 3 a 5 KW puede ser suficiente para un barco de 10m de longitud [2].

Para garantizar el uso eficiente de energía, los accionamientos eléctricos requeridos en las naves solares tienen una eficiencia entre el 80% y el 90% [2].

3.2.3. Algunas experiencias con barcos y botes solares.

En Australia, las naves eléctricas se emplean para explorar parajes navegables sin efecto contaminante [3]. Los barcos tienen un tamaño entre 5 y 12m, y, son capaces de transportar entre 5 y 45 personas (ver Fig. 3.1) [4].



Fig. 3.1. Panorámica de un bote solar australiano
Fuente: [2]

Entre Albania y Grecia, en los lagos Prespes, el proyecto de cooperación internacional Green Boat apoya la promoción del patrimonio cultural y natural de la zona, a través de viajes en botes solares (ver Fig. 3.2) [5].



Fig. 3.2. Panorámica de un bote solar utilizado en los Lagos Prespes
Fuente: [6]

En Cuba, lanchas solares tipo HalcónSolar se utilizan para enlazar por vía fluvial poblados de difícil acceso. Cada lancha cuenta con un motor eléctrico de 800 W, energizado por un banco de 4 baterías de 6V, y 220 Ah de capacidad cada una (ver Fig. 3.3) [7].



Fig. 3.3. Panorámica de una lancha tipo HalconSolar
Fuente: [7]

En Ecuador, la lancha Solaris (en honor a la estrella de mar Heliaster Solaris), es el piloto de un programa que prevé reemplazar el combustible fósil por la energía renovable, y desarrollar el ecoturismo (ver Fig. 3.4) [8]. La lancha tiene 8 módulos solares que capturan la energía para la operatividad de un pequeño motor, de todos los aparatos eléctricos y de los equipos de navegación. La lancha puede navegar hasta con 11 personas, a 7 nudos de velocidad [9].



Fig. 3.4. Panorámica de la lancha Solaris
Fuente: [8]

Otra iniciativa interesante desarrollada en nuestro país, con el objetivo de brindar una solución eficiente de transporte en las islas Galápagos y fomentar el cambio de la matriz energética, es que se ha desarrollado el primer prototipo de transportación marítima de pasajeros impulsado por motores eléctricos alimentados por energía solar, denominado Catamarán Solar. Este proyecto ha sido impulsado por el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER), con apoyo financiero de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) [10] [11].

Esta embarcación, tiene con una capacidad de 42 pasajeros; y, se prevé que realice 2800 viajes anuales (Ver Fig.3.5).



Fig. 3.5. Panorámica de Catamarán Solar
Fuente: [10]

3.3. A manera de propuesta para el aprovechamiento de energía solar para potenciar botes en el PRJ.

Establecido el estado del arte en el aprovechamiento de energía solar para potenciar botes en parques y espacios públicos, y, considerando la complejidad de construcción y operación, el equipo de trabajo identificó, a través de una lluvia de ideas, una potencial propuesta de implementación para el PRJ: modificar uno de los botes actualmente existentes en la laguna del PRJ, para aprovechar el potencial solar de la zona (ver Fig. 3.5). En la Tabla 3.1 se presenta un presupuesto de inversión para el diseño e implementación de la propuesta.

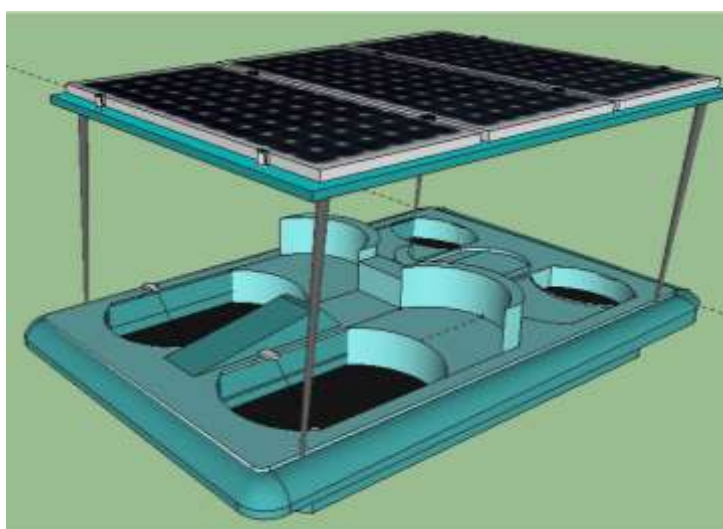


Fig. 3.6. Propuesta de un bote solar para la laguna del PRJ.
Fuente: Diseño de los autores

Tabla 3.1. Presupuesto para el diseño e implementación del bote solar en el PRJ.

Ítem	Cantidad	Descripción	VU	Total
1	3	Panel SUNSET PX1456	329,00	987
2	3	Batería 12V, 40Ah	137,33	412
3	1	Regulador	173,00	173
4	2	Luminarias LED dicroicas	7,50	15
5		Mano de obra	2000,00	2000
6		Materiales	500,00	500
7		Imprevistos	821,00	821
TOTAL				4908

Fuente: Diseño de los autores

CAPÍTULO IV

4. DISEÑO DE UN BOTE POTENCIADO POR ENERGÍA SOLAR PARA USO EN EL PARQUE RECREACIONAL JIPIRO DE LA CIUDAD DE LOJA

4.1. Introducción.

Establecida la potencialidad de aprovechamiento de energía solar en el Parque Recreacional Jipiro (PRJ), en la ciudad de Loja, se decidió profundizar en el análisis de diversas opciones de aplicación del recurso en espacios públicos similares.

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en la etapa de diseño de un bote potenciado por energía solar para ser utilizado en la laguna del PRJ.

4.2. Diseño del bote solar para operar en el PRJ.

4.2.1. Sobre los botes existentes en el PRJ.

A la fecha, en el PRJ operan 28 botes de fibra de vidrio diseñados para ser utilizados hasta por 3 personas simultáneamente. Los botes se impulsan mediante pedales (ver Fig. 4.1). Seis de los botes cuentan con una estructura de aluminio, que proporciona sombra a los usuarios en los días soleados.



Fig. 4.1. Vista panorámica de los botes que operan en el PRJ.

Fuente: Fotografía de los autores

4.2.2. Sobre los requerimientos generales de diseño.

Con el propósito de evaluar la viabilidad de construir un bote solar que corresponda a las condiciones de operación en el PRJ, en un trabajo anterior [12] se analizó las características más relevantes de los botes solares diseñados y construidos en diferentes partes del mundo.

Como resultado, el equipo de trabajo decidió proponer la construcción de un bote solar para 2 pasajeros, en el que los módulos fotovoltaicos sirvieran a la vez como protección contra el sol y la lluvia.

Para soportar el proceso de diseño se definió la metodología mostrada en la Fig. 4.2.

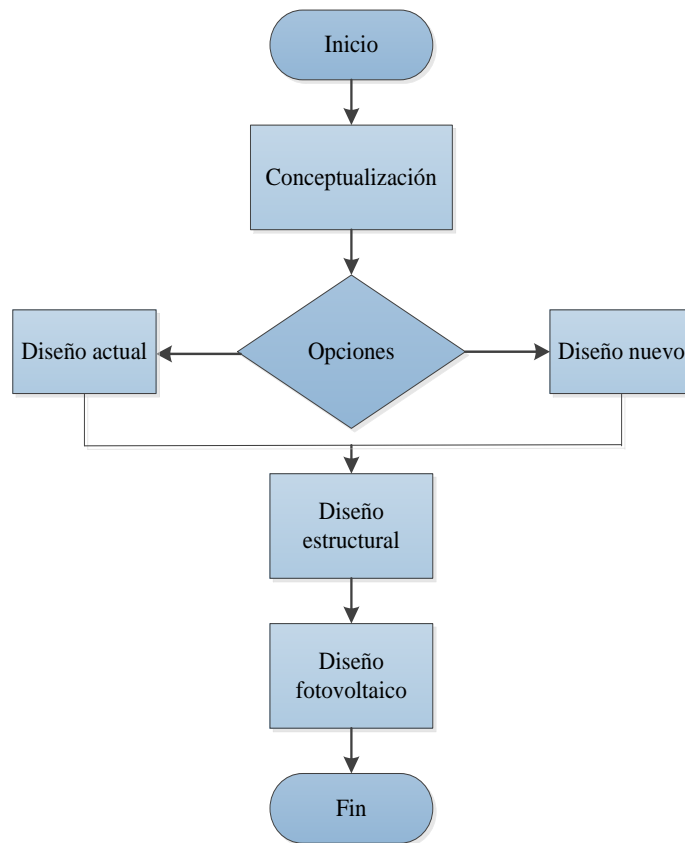


Fig. 4.2. Metodología propuesta para el diseño del bote solar.
Fuente: Diseño de autores

4.2.3. Análisis de las opciones de diseño.

El equipo de trabajo planteó 2 opciones de diseño: la construcción de un bote solar desde cero, y, la adecuación de un bote existente en el parque.

En función de los limitantes de tiempo y recursos financieros, se optó por adecuar un bote existente.

4.2.4. Diseño estructural del bote solar.

Seleccionada la opción de adecuación de botes existentes, ante la falta de información técnica sobre los botes que operan en el PRJ, se procedió a levantar la información de la geometría de una de las embarcaciones. Sobre la base de la información obtenida, se construyó un modelo 3D del bote, utilizando la aplicación Google SketchUp [13] (ver Fig. 4.3).

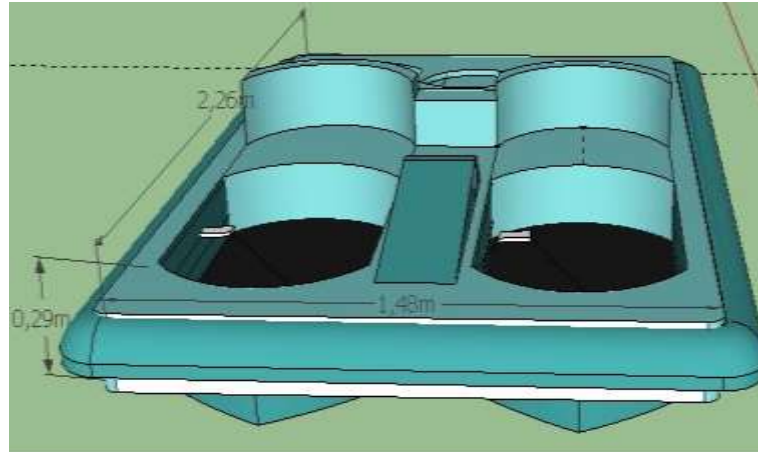


Fig. 4.3. Modelo 3D de un bote existente en el PRJ, a escala real.
Fuente: Diseño de los autores

Utilizando el modelo 3D construido, se evaluó distintos diseños de cubierta, tanto desde una visión estética como de seguridad para la navegación. La mayor superficie de exposición al Sol que fue posible obtener fue del orden de 3.44 m^2 (ver Fig. 4.4).

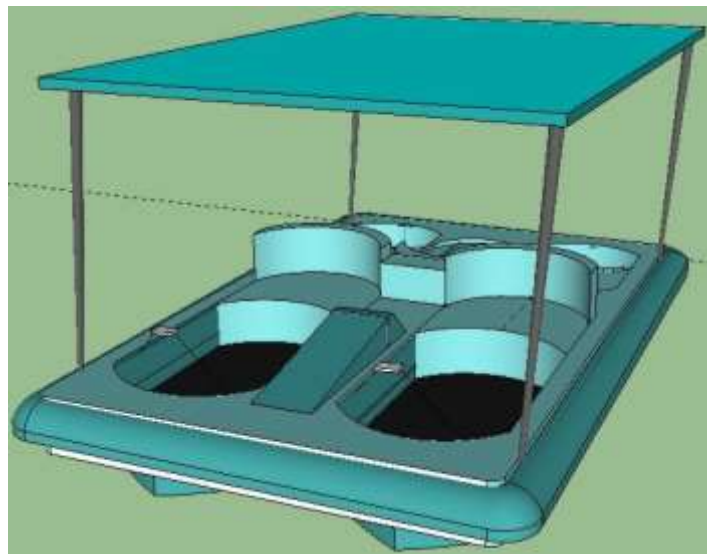


Fig. 4.4. Diseño de la cubierta para el bote solar.
Fuente: Diseño de los autores

Los módulos fotovoltaicos se ubicarán sobre la cubierta, y, los elementos adicionales del sistema se colocarán en una caja cerrada en la parte posterior de la embarcación.

Con la intención de no afectar la operatividad actual de los botes, el sistema fotovoltaico tendrá exclusivamente la capacidad de provisión de energía para iluminación nocturna y para alimentar dispositivos multimedia.

4.2.5. Diseño del sistema fotovoltaico.

La Fig. 4.5 muestra la arquitectura propuesta para el sistema fotovoltaico a diseñar. Los módulos solares capturan la energía solar, el regulador de carga gestiona la carga de las baterías; y, la interface DC proporciona las salidas para alimentar las aplicaciones.

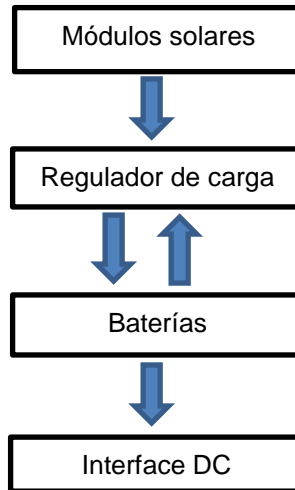


Fig. 4.5. Arquitectura propuesta para el sistema fotovoltaico del bote solar.
Fuente: Elaborada por los autores

4.2.5.1. Sobre los módulos PV.

Determinada la superficie útil de exposición al Sol, de entre los módulos PV existentes en el mercado [14], se preseleccionó arreglos óptimos, privilegiando área de exposición y peso (ver Tabla 4.1).

Tabla 4.1. Opciones óptimas para ser utilizadas como módulos PV en el bote solar para el PRJ.

Opciones	Arreglo en paralelo	$P_{m\acute{a}x}$ (W)	Voltaje (V)	Peso (kg)	Área cubierta (m^2)
SUNSET PX 1456	1x3	435	12	35.1	2.93
Zytech ZT 250S	1x2	500	24	42.0	3.38
GMA Solar GMA250P	1x2	500	24	40.0	3.28

Fuente: Diseño de autores

Considerando las recomendaciones de la bibliografía, referidas a peso [15], se decidió seleccionar los módulos SUNSET PX 1456, cuyas características técnicas se muestran en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2. Parámetros técnicos de los módulos PV seleccionados para el bote solar.

Modelo	SUNSET PX 1456
Potencia nominal	145 W
Voltaje nominal	18.22 V
Intensidad nominal	7.95 A
Dimensiones L x W x H	1480 x 660 x 35 mm
Peso	11.7 kg

Fuente: [16], [17].

Los módulos PV seleccionados, operarán en un voltaje de 12 V, configurados en un arreglo en paralelo de 1 x 3 (ver Fig. 4.6).

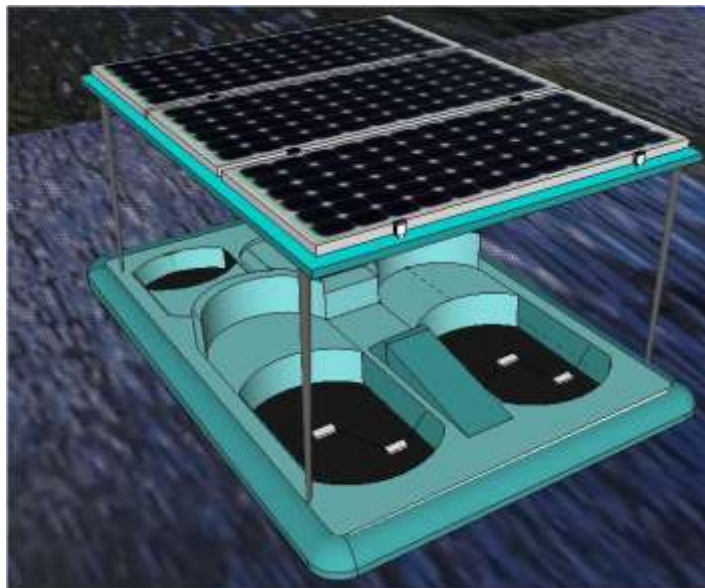


Fig. 4.6. Ubicación del arreglo de módulos PV sobre la cubierta del bote solar.

Fuente: Diseño de los autores

La Tabla 4.3 muestra las características técnicas del arreglo:

Tabla 4.3. Características técnicas del arreglo de los módulos PV seleccionados para el bote solar.

Potencia pico (P_{max})	435 W _p
Voltaje nominal (V_{MPP})	18,22 V
Corriente nominal (I_{MPP})	23,85 A
Peso	35,1 kg

Fuente: [16].

4.2.5.2. *Dimensionamiento de la carga a alimentar.*

Debido a las condiciones especiales del proyecto, se precedió a lo inverso de lo habitual: una vez establecida la disponibilidad de energía, se decidió que carga alimentar.

Como primera alternativa se consideró alimentar un motor eléctrico que permita operar el bote de forma híbrida. De acuerdo a las recomendaciones de la bibliografía [18], se buscó un motor de torque DC, pero los modelos existentes en el mercado sólo operan en 24 V [19], [20], lo que no es compatible con el arreglo seleccionado de módulos PV. Por esta razón se desistió del uso de un motor en el bote.

Con el objetivo de convertir al bote en un atractivo del PRJ, se resolvió entonces alimentar un conjunto de dispositivos electrónicos de bajo consumo o alimentar un sistema de iluminación con tecnología LED. La Tabla 4.4 muestra los valores típicos de intensidad, voltaje y potencia de los dispositivos finalmente seleccionados, mientras que la Tabla 4.5 describe los requerimientos diarios de energía de los dispositivos escogidos.

Tabla 4.4. Voltaje, intensidad y potencia típica de los dispositivos seleccionados para el bote solar.

Dispositivo	Intensidad típica (A)	Voltaje típico (V)	Consumo típico (W)
Lámparas LED dicroicas	0,125	12	1,5
Receptor multimedia con USB	4,330	12	52,0
Consumo total			53,5

Fuente: Elaboración de los autores

Tabla 4.5. Requerimiento diario de energía de los dispositivos seleccionados para el bote solar

Dispositivo	Unidades	Consumo (W)	Uso diario estimado (h)	Total energía requerida (Wh/día)
Lámparas LED dicroicas	2	1,5	2	6
Receptor multimedia con USB	1	52,0	6	312
Subtotal energía diaria requerida, Wh/día				318
Factor de reserva, 25%				79,5
Total energía diaria requerida, Wh/día				397,5

Fuente: Elaboración de los autores

Entonces, el consumo diario de energía (E_d) se calculó en 405,61 Wh/día, utilizando la ecuación (1), considerando que la eficiencia del regulador es del 98% [21].

$$E_d = \frac{P_d}{\eta_{reg}} \quad (1)$$

En dónde,

E_d , es el consumo diario de energía del bote solar, Wh/día

P_d , es el requerimiento diario de energía de los dispositivos a alimentar, Wh/día

η_{reg} , es la eficiencia del regulador, %

4.2.5.3. Selección de la batería.

Para dimensionar la batería a utilizar, se consideró la capacidad de almacenamiento, la profundidad de descarga, la autonomía, y la capacidad útil [22].

La capacidad de almacenamiento de la batería (C.alm.bat.) se calculó en 33,8 Ah/día, empleando la expresión (2).

$$C.alm.bat. = \frac{E_d}{V_s} \quad (2)$$

En dónde,

C. alm. bat, es la capacidad de almacenamiento de la batería, Ah/día.

E_d , es el consumo diario de energía del bote solar, Wh/día

V_s , es el voltaje de operación del sistema, V

La capacidad de la batería (Cn) se calculó en 46,47 Ah, utilizando la ecuación (3), considerando una profundidad de descarga de 0,8 (para la baterías de electrolito), una autonomía de la batería de 1 día, y, que la descarga excesiva de la batería limita el tiempo de duración de la misma [22], [23].

$$Cn = \frac{1,1 \times E_d \times A}{V \times PD_{m\acute{a}x}} \quad (3)$$

En dónde,

Cn, es la capacidad de la batería, Ah.

E_d , es el consumo diario de potencia del bote solar, Wh/día.

A, es la autonomía de la batería.

V, es voltaje de operación de la batería, V.

PD_{máx}, es la profundidad máxima de descarga de la batería, %

La capacidad útil de la batería (Cu) se calculó en 37,18 Ah empleando la expresión (4).

$$Cu = Cn \times PD_{máx} \quad (4)$$

En dónde,

Cu, es la capacidad útil de la batería, Ah.

Cn, es la capacidad de la batería, Ah.

PD_{máx}, es la profundidad máxima de descarga de la batería, %

Como conclusión se estableció que el consumo de energía en el bote solar alcanzaría los 405,61 Wh/día, entregados con un amperaje de 33,8 Ah, a través de una batería de 12V. La autonomía del bote será de 1 día. Con una profundidad máxima de descarga de 0,8, se requerirá de una batería de 46,47 Ah de capacidad, con una capacidad útil de 37,18 Ah, suficiente para cubrir los 33,8 Ah requeridos.

La selección final de la batería se realizó considerando que el bote estará expuesto a los elementos, por lo que la batería debería ser libre de mantenimiento, con un ciclo de descarga profundo; y, sobre todo de bajo peso. La selección final recayó en 2 baterías AGM de 12 V, de 18 Ah, dispuestas en un arreglo en paralelo de 36 Ah. La Tabla 4.6 muestra las características más importantes de la batería seleccionada.

Tabla 4.6. Parámetros técnicos de la batería seleccionada para el bote solar.

Modelo	RT12-180
Tipo de batería	-Estacionarias -Libre de mantenimiento -Ciclo profundo
Peso aproximado	5.0 kg
Dimensiones (mm)	181(L)x77(W)x167(H)
Voltaje nominal	12 VDC
Límite de máxima carga recomendado	5.4 A
Máxima corriente de descarga	180 A (5seg)

Fuente: [24].

4.2.5.4. Selección del controlador de carga.

El controlador de carga responde por regular y controlar la corriente que llega a la batería, evitando la sobrecarga.

El controlador de carga se elige de acuerdo a la potencia máxima del arreglo de módulos PV, que en este proyecto es de 435 W, a 12 V. Esto implica que el controlador deberá operar a corrientes superiores a 36,25 A.

De entre los controladores de carga existentes en el mercado, se seleccionó un equipo Phocos CX40 de 40 A, de 98% de eficiencia, cuyas características técnicas se muestran en la Tabla 4.7.

Tabla 4.7. Parámetros técnicos del controlador de carga seleccionado para el bote solar.

Modelo	CX 40
Voltaje nominal	12/24 V,
Corriente de carga nominal de la batería	40 A
Dimensiones (mm) (WxHxD)	92x93x38
Peso aproximado	179 g

Fuente: [21].

La Fig.4.7 muestra el esquema general de interconexión eléctrica de cada uno de los dispositivos seleccionados para el sistema fotovoltaico del bote.

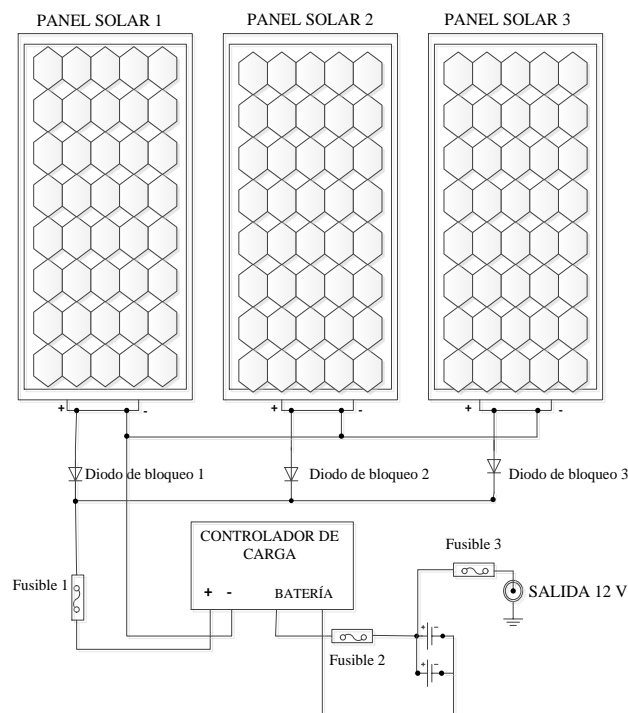


Fig. 4.7. Esquema eléctrico general del bote solar.

Fuente: Diseño de los autores.

4.2.6. Diseño de la caja de conexión de equipos.

Cada uno de los dispositivos seleccionados para el sistema fotovoltaico fue modelado en 3D. Estos modelos sirvieron de base para diseñar y construir virtualmente la caja de conexión de equipos (ver Fig. 4.8 y 4.9). La caja proporciona un espacio seguro para el emplazamiento de los equipos, a la vez que garantiza seguridad a los usuarios del bote, y, el IP requerido por los equipos para evitar daños por humedad.

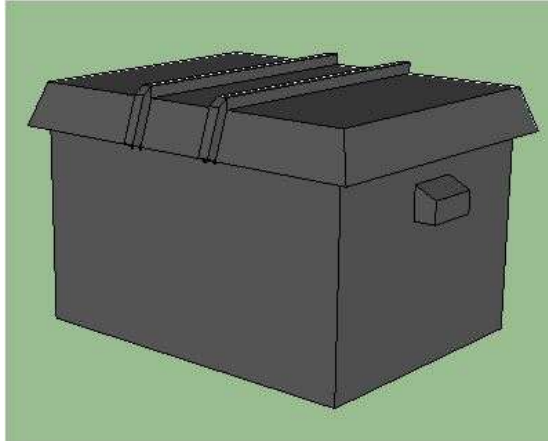


Fig. 4.8. Vista frontal de la caja de conexión de equipos del bote solar.

Fuente: Diseño de los autores

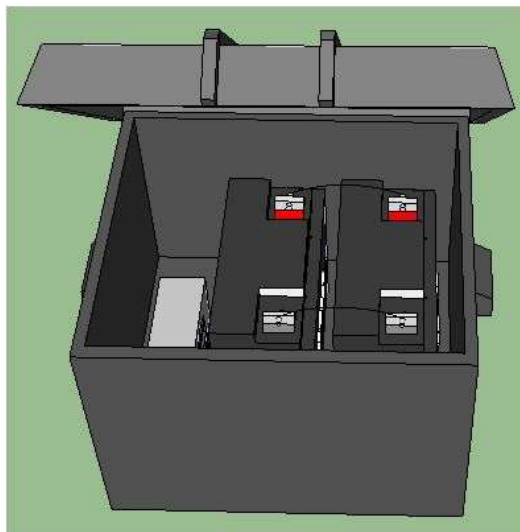


Fig. 4.9. Distribución de los equipos al interior de la caja.

Fuente: Diseño de los autores

La caja de conexión de equipos se dispondrá en la parte posterior del bote (ver Fig. 4.10 y 4.11), aprovechando el único espacio disponible en la estructura de fibra de vidrio.

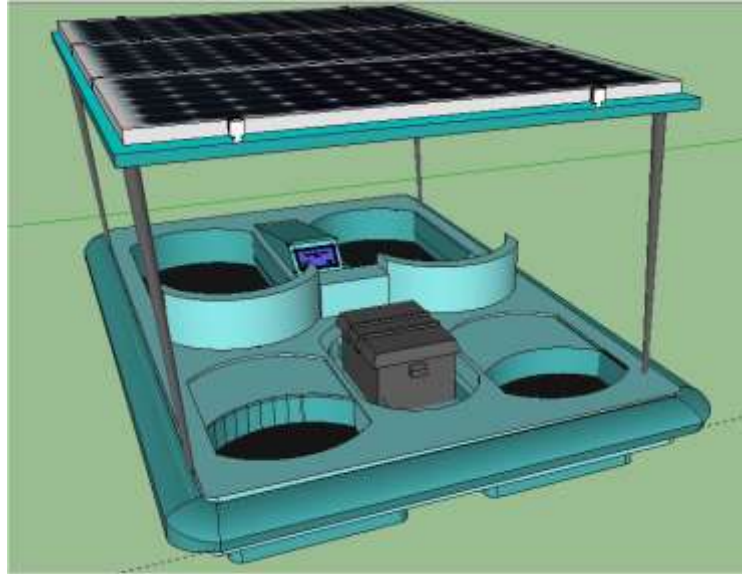


Fig. 4.10. Vista posterior del bote solar con módulos fotovoltaicos en la cubierta y caja de conexión de equipos.
Fuente: Diseño de los autores.

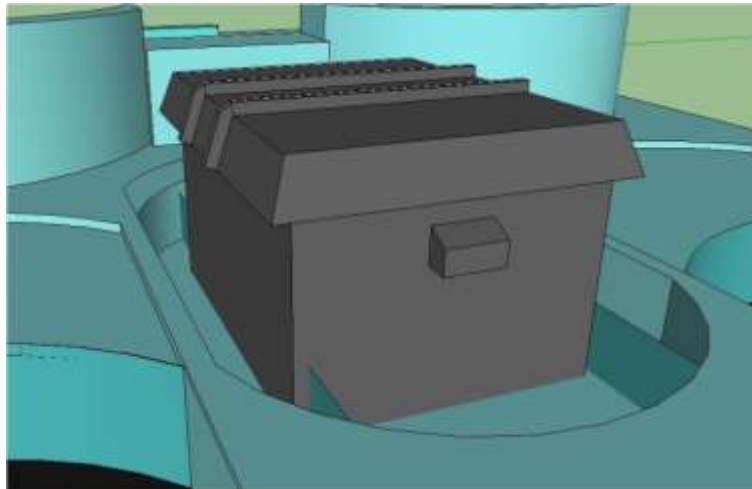


Fig. 4.11. Vista de la caja conexión de equipos del bote solar.
Fuente: Diseño de los autores

El peso final del sistema fotovoltaico se estimó en 45,28 kg.

4.3. Presupuesto de inversión.

La tabla 4.8 resume el presupuesto de inversión en el bote solar.

Tabla 4.8. Presupuesto de inversión en la implementación del bote solar.

Ítem	Cant.	VU	Total
Paneles SUNSET PX1456	3	329,00	987,00
Batería RITAR RT12180	2	53,00	106,00
Controlador de carga PHOCOS C 40	1	173,00	173,00
Receptor de DVD LCD de 15,5 cm (6,1")	1	400,00	400,00
Lámparas dicroicas	2	7,50	15,00
Materiales de construcción		500,00	500,00
Mano de obra	4681	2500,00	2500,00
Imprevistos		936	936,00
TOTAL			5617,00

Fuente: Elaboración de los autores

CONCLUSIONES

- Con una extensión de 10 Ha, el PRJ se constituye en uno de los principales centros de recreación de la ciudad de Loja.
- La identificación de las fuentes de energía en el PRJ constituye el punto de partida para el desarrollo de futuros trabajos; ya que permite fundamentar ideas que involucren el aprovechamiento de los diferentes tipos de energías identificados y plantear aplicaciones de uso.
- Por las características del PRJ, se han calificado como potencialmente utilizables al menos 3 fuentes renovables de energía en su territorio: solar, humana, y, biomasa.
- Al ser la energía solar uno de los tipos de energía más abundantes en el parque, resulta atractivo el hecho de su aprovechamiento en aplicaciones que promuevan la participación de las personas, a la vez que puedan conocer acerca del uso de energías renovables
- La bibliografía muestra la factibilidad de aprovechamiento de energía solar para impulsar botes en espacios acuáticos abiertos como lagos y mares, pero no contiene mayores referencias a espacios reducidos como la laguna del PRJ
- De acuerdo a lo expuesto en este trabajo, se demuestra que es factible la implementación de una embarcación potenciada por energía solar en la laguna del Parque Jipiro, y para ello se sugiere la adecuación del diseño de un bote existente actualmente en el parque.
- La iniciativa de construcción de un bote solar, obedece a la idea de fomentar el esparcimiento; a la vez, que se convierte al bote en un atractivo turístico del PRJ.

TRABAJOS FUTUROS

Para el desarrollo de futuros trabajos en cuanto al diseño de botes potenciados por energía solar para usarse en espacios pequeños como la laguna del PRJ, se recomienda trabajar en base al principal parámetro de diseño que se expuso en este trabajo, el peso; ya que a partir de este valor, se hará el dimensionamiento de la capacidad de almacenamiento de baterías y la autonomía de la embarcación solar.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Parque Recreacional Jipiro [Online]. Disponible en: <https://mail.google.com/mail/u/0/#inbox>. Consulta de noviembre de 2014
- [2] Solar Boats. [Online]. Disponible en: <http://www.solarmobil.net/download/SolarBoat-150dpi.pdf>
- [3] ECOBoats. [Online]. Disponible en: <http://www.ecoboats.com.au/index.php>
- [4] Solarboat Australia's leading electric boat specialist from 2001 to 2011. [Online]. Disponible en: <http://www.solarboat.com.au/>
- [5] Green Boat. [Online]. Disponible en: <http://www.green-boat.eu/index.php/en/about-the-project>
- [6] Green Boat Photo Gallery. [Online]. Disponible en: <http://www.green-boat.eu/index.php/en/gallery>
- [7] Lancha fotovoltaica HalcónSolar. [Online]. Disponible en: <http://www.cubasolar.cu/Biblioteca/energia/Energia20/HTML/articulo02.htm>
- [8] Plan de botes ecológicos en Galápagos se inició con el Solaris. [Online]. Disponible en: <http://www.eluniverso.com/noticias/2013/10/17/nota/1591886/plan-botes-ecologicos-se-inicio-solaris>
- [9] Lanzamiento del bote con energía solar “Solaris” en Galápagos. [Online]. Disponible en: <https://www.gov.uk/government/world-ocation-news/launch-of-solar-energy-boat-solaris-in-the-galapagos-islands.es-419>
- [10] El Catamarán como nuevo medio de transporte marítimo en Galápagos. [Online]. Disponible en: <http://www.energia.gob.ec/el-catamaran-como-nuevo-medio-de-transporte-maritimo-en-galapagos/>
- [11] Galápagos recibe al Catamarán el primer prototipo de transportación que funciona con energía solar. [Online]. Disponible en: <http://www.sectoresestrategicos.gob.ec/galapagos-recibe-al-catamaran-el-primer-prototipo-de-transportacion-que-funciona-con-energia-solar/>
- [12] Estado del arte en el aprovechamiento de energía solar para potenciar embarcaciones en espacios públicos. [Online]. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/258426142/Estado-del-arte-en-el-aprovechamiento-de-energia-solar-para-potenciar-embarcaciones-en-espacios-publicos>
- [13] SketchUp. [Online]. Disponible en: <http://www.sketchup.com/es/products/sketchup-pro>
- [14] Ingeniería Verde. Paneles Solares Fotovoltaicos. [Online]. Disponible en: <http://www.ingenieriaverde.org/paneles-solares/>

- [15] Diseño de una embarcación planeadora de 5,4 m de L.O.A. [Online]. Disponible en: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/13653/1/Proyecto%20final%20de%20carrera.pdf>
- [16] SUNSET PX Series. [Online]. Disponible en: http://www.sunset-solar.de/index.php?option=com_content&view=article&id=25&Itemid=75&lang=en
- [17] SUNSET PX Series. [Online]. Disponible en: <http://www.renova-energia.com/pdf/paneles/SUNSET%20PX1456%20145W%2012VDC%20.pdf>
- [18] Torque Equation of DC motor. [Online]. Disponible en: <http://electrical4u.com/torque-equation-of-dc-motor/>
- [19] Greensky Power Company Limited. [Online]. Disponible en: <http://gschiy.en.made-in-china.com/product/NvLJnMiOXHhT/China-GS-24V-72V-10W-400W-High-Torque-Electrical-DC-Gear-Motor.html>
- [20] Changzhou Smart Automation Motor Manufacturing Co., Ltd. [Online]. Disponible en: http://smartmotor.en.alibaba.com/product/758504262-213797842/O_D80mm_higher_torque_24_volt_electric_dc_motor_24v_300w_with_over_1_N_m_torque.html
- [21] Controlador de carga Phocos CX 40. [Online]. Disponible en http://www.renova-energia.com/productos_reguladores/phocos_cx40.html
- [22] Diseño y fabricación de un equipo portable para provisión de energía eléctrica basado en el aprovechamiento de energía solar, orientado a aplicaciones de camping. [Online]. Disponible en: http://dSPACE.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/7865/3/Utpl_Morales_Arciniega_Luis_1133364.pdf
- [23] Las baterías [Online]. Disponible en: http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home_main_frame/04_componen/02_acumulador/01_basico/4_acum_01.htm
- [24] Batería Ritar RT12180 12V18AH. [Online]. Disponible en: <http://www.renova-energia.com/pdf/baterias/Ficha%20Tecnica%20RT%2012180%2012Vdc%2018Ah.pdf>

ANEXOS

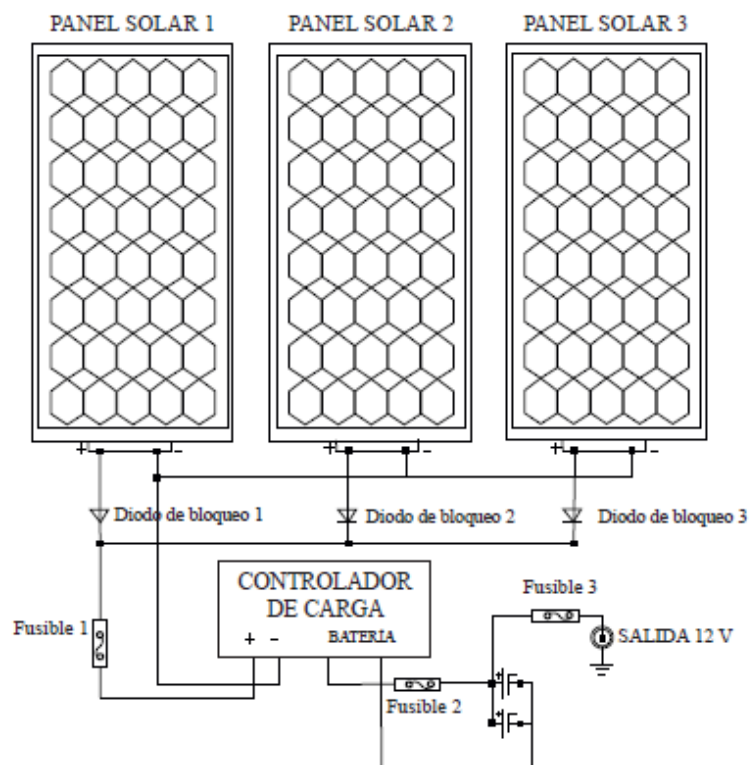
ANEXO A

**PLANOS DE DISEÑO DE LA CUBIERTA DEL BOTE SOLAR Y CAJA DE CONEXIÓN
DE EQUIPOS**

 <p>MODELO 3D DE UN BOTE EXISTENTE EN EL PUERTO ESCALA REAL</p>	 <p>DISEÑO DE CUBIERTA PARA EL BOTE SOLAR REAL</p>	 <p>UBICACIÓN DEL ARREGLO DE MÓDULO PV SOBRE LA CUBIERTA DEL BOTE SOLAR</p>
 <p>VISTA FRONTAL DE LA CAJA DE CONEXIÓN DE EQUIPOS</p>	 <p>DISTRIBUCIÓN DE LOS EQUIPOS AL INTERIOR DE LA CAJA</p>	 <p>VISTA POSTERIOR DEL BOTE SOLAR CON MÓDULOS FOTOVOLTAICOS EN LA CUBIERTA Y CAJA DE CONEXIÓN DE EQUIPOS</p>
 <p>VISTA DE LA CAJA DE CONEXIÓN DE EQUIPOS DEL BOTE SOLAR</p>	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA</p>  <p>TÍTULO DE INGENIERO EN ENERGÍA SOLAR PARA USO EN EL PARQUE ESCRECIACIONAL SERO DE LA CIUDAD DE LOJA</p> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA</p> <p>INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS</p> <p>CIUDAD DE LOJA, CANTÓN DE LOJA, PROVINCIA DE EL GUAYAS</p> <p>FECHA DE ENTREGA DEL TRABAJO: 2018 / 01 / 2018</p>	

ANEXO B

**ESQUEMA ELÉCTRICO GENERAL DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO A
IMPLEMENTARSE EN EL BOTE SOLAR**



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA



PROYECTO:

"DISEÑO DE UN BOTE POTENCIADO POR ENERGÍA SOLAR PARA USO EN EL PARQUE RECREACIONAL JIPIRO DE LA CIUDAD DE LOJA"

CONTIENE:

ESQUEMA ELÉCTRICO GENERAL DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO EN EL BOTE SOLAR

DISEÑO:

JESSICA TANDAZO
JUMBO

DIRECCIÓN DE
PROYECTO:

ING. JORGE LUIS
JARAMILLO

FECHA:

SEPTIEMBRE
/ 2015

ANEXO C

DISEÑO DE UN BOTE POTENCIADO POR ENERGÍA SOLAR PARA USO EN EL PARQUE RECREACIONAL JIPIRO DE LA CIUDAD DE LOJA

Diseño de un bote potenciado por energía solar para uso en el Parque Recreacional Jipiro de la ciudad de Loja

Jessica Tandazo #1, Jorge Luis Jaramillo #2

^{#1} Profesional en formación TET, Universidad Técnica Particular de Loja

^{#2} Docente investigador de la SEE del DCCE, Universidad Técnica Particular de Loja

Loja, Ecuador 2014

jtandazo@utpl.edu.ec, jorgeluis@utpl.edu.ec

Resumen --- En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en el diseño de un bote potenciado por energía solar para su uso en la laguna del Parque Recreacional Jipiro, en la ciudad de Loja.

Palabras clave -- botes solares, energía, energía renovable, energía solar, aprovechamiento de energía solar en espacios públicos.

I. INTRODUCCIÓN

En el mes de septiembre de 2014, el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal (GADM) de Loja solicitó a la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), el apoyo técnico en una serie de iniciativas de desarrollo local.

En el grupo de actividades priorizadas se incluyó la conformación de una mesa de trabajo alrededor del aprovechamiento de energía de fuentes renovables en el Parque Recreacional Jipiro (PRJ), ubicado al centro norte de la ciudad.

En este documento se presentan los resultados obtenidos en la etapa de evaluación del estado del arte en el desarrollo de embarcaciones potenciadas por energía solar en diferentes partes del mundo, y se presenta el dimensionamiento de un bote solar para ser utilizado en la laguna del PRJ.

II. METODOLOGÍA PROPUESTA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA, POTENCIALMENTE APROVECHABLES EN EL PRJ

En relación al aprovechamiento de fuentes renovables de energía en el PRJ, se encargó a la Sección de Telecomunicaciones y Electrónica (STE) del Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica (DCCE) la coordinación de la mesa de

trabajo, invitándose también a investigadores del Departamento de Arquitectura y Artes (DAA). En el GADM de Loja, la representación se asignó a la Dirección de Electrónica y Telecomunicaciones.

Conformada la mesa de trabajo, se diseñó y aprobó una aproximación metodológica para responder a los requerimientos planteados (ver Fig.1).

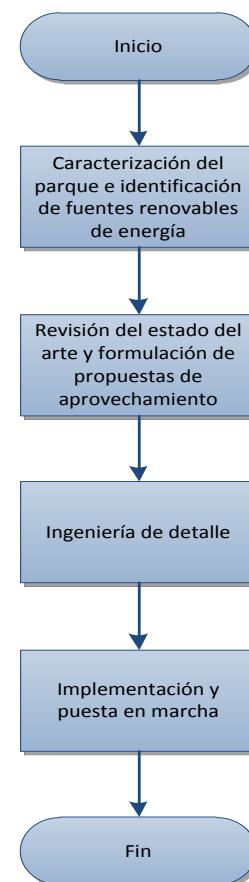


Fig. 1. Metodología de trabajo de la mesa conformada. Diseño de los autores.

La etapa de caracterización del parque e identificación de fuentes renovables de energía, se propuso para actualizar la información disponible sobre el PRJ, y, en base a la observación directa en el territorio, identificar las fuentes renovables de energía potencialmente aprovechables para potenciar procesos actuales o por implementar en el parque.

Con la intención de optimizar los recursos disponibles, se decidió plantear una etapa de revisión bibliográfica del estado del arte en el aprovechamiento de energía de fuentes renovables en espacios públicos, que permita identificar las mejores prácticas en funcionamiento en espacios similares.

Culminadas las 2 primeras etapas, los resultados obtenidos fueron socializados con los delegados del GADM, a fin de obtener una priorización desde la perspectiva municipal. Las propuestas priorizadas pasaron a una etapa de ingeniería de detalle, cuyo resultado fue la elaboración de esquemas mecánicos, electrónicos, eléctricos, de obra civil, entre otros.

En la mesa de trabajo, se decidió aperturar las etapas de implementación y gestión, en función de la disponibilidad de recursos para financiar las obras requeridas.

Para la ejecución de las etapas metodológicas propuestas, se conformó un equipo de trabajo integrado por 10 estudiantes de la titulación de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, que aceptaron apoyar en la iniciativa como parte de su trabajo de fin de titulación. La subdivisión de este equipo de trabajo, permitió profundizar en el análisis de las diversas formas de energía renovable existentes en el parque.

III. CARACTERIZACIÓN DEL PARQUE E IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR DE FUENTES APROVECHABLES DE ENERGÍA

A. *Un poco de historia*

El PRJ se ubica en el barrio del mismo nombre, al norte de la ciudad de Loja (Ecuador), y, posee una extensión de 10 Ha, donadas a la ciudad de Loja por el filántropo Daniel Álvarez Burneo.

En la década de los años sesenta del siglo pasado, el entonces Alcalde la ciudad, Dr. Vicente Burneo, abrió la posibilidad de que la propiedad se destine a la construcción de un espacio de recreación y entretenimiento.

En la década de los ochenta, se realizó la primera intervención planificada para la dotación de la infraestructura física necesaria, bajo el motivo de la interculturalidad. En esta etapa, la laguna existente

fue conectada mediante un canal con la quebrada de Jipiro.

Oficialmente, el PRJ nació en 1988 durante la alcaldía del Dr. José Bolívar Castillo. Se desarrolló el concepto de parque temático, edificando infraestructura recreacional, educacional y/o administrativa que reproduzca la arquitectura representativa de algunos países y regiones. En el territorio del PRJ, a través de un recorrido lúdico que conjuga arquitectura y esparcimiento, la ciudadanía se acerca al conocimiento de los núcleos culturales más destacados en el mundo.

B. *Zonificación del PRJ*

Existen 2 zonas claramente definidas, separadas por el río Zamora, y articuladas a través de un nodo comunicador en forma de un puente peatonal (ver Fig.2). En estas zonas coexisten los monumentos temáticos (proyecto de las culturas), y, los espacios recreativos y de competencia deportiva. El flujo de visitantes en las zonas se dirige a través de senderos, con la respectiva señalética y equipados con mobiliario urbano.

El acceso al PRJ se realiza desde las 3 vías que circunvalan el territorio (Av. Salvador Bustamante Celi, Av. Velasco Ibarra y Pasaje "H").

C. *Otras facilidades el PRJ*

En el territorio del PRJ existen diversos espacios dedicados a la recreación: juegos infantiles, juego de ajedrez, réplica de una locomotora a vapor, laguna y recorrido acuático, área de camping, y, minizoológico.

Entre los servicios que ofrece el PRJ se cuentan 2 plazas de estacionamientos (una para el área recreativa y otro para la zona deportiva), baterías sanitarias, y, senderos.

D. *Identificación preliminar de las fuentes renovables de energía aprovechables en el territorio del PR Jipiro*

La observación in situ del territorio del PRJ, y, la consideración del desarrollo prospectivo que la administración del GADM desea construir en el parque, permitió identificar al menos 3 fuentes renovables de energía: solar, humana, y, biomasa.

En este trabajo se describe el diseño de un bote solar a operar en el sector de la laguna del parque.

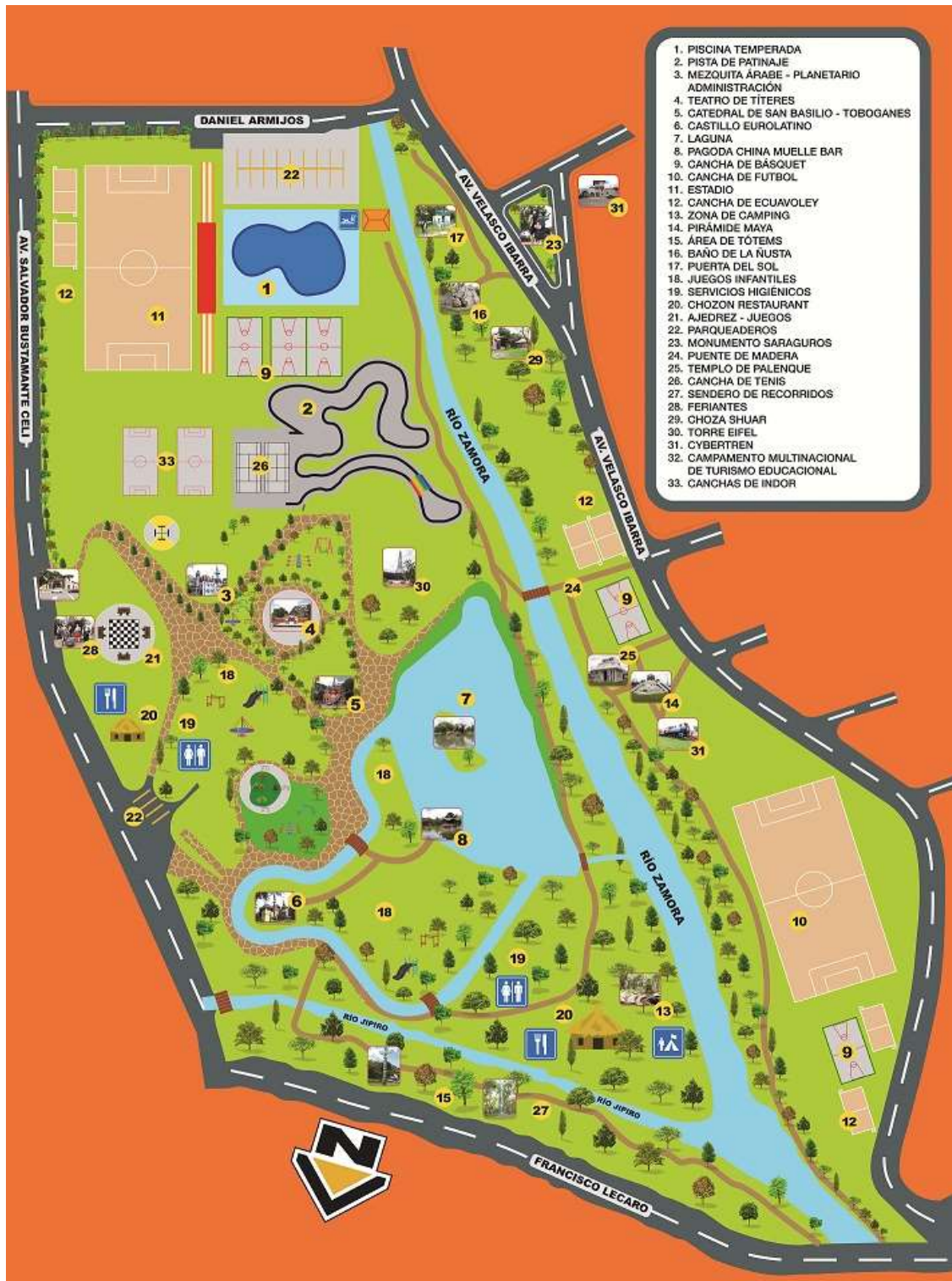


Fig. 2. Zonificación del PRJ. Diseño de autores.

IV. REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE DE INICIATIVAS DE BOTES SOLARES CONSTRUIDOS EN DIFERENTES PARTES DEL MUNDO

A. Sobre el enfoque de la revisión del estado del arte

En el marco de este proyecto, especial atención merece el aprovechamiento de la energía solar para potenciar pequeñas embarcaciones empleadas en parques y espacios públicos, con fines turísticos o recreativos, sobre todo en espacios acuáticos de lagos y mares.

B. Generalidades de los barcos y botes solares

Los barcos y botes solares constituyen una propuesta innovadora que apunta a reducir la contaminación del aire (por emisiones del motor de combustión interna) y del agua (por residuos de combustible y lubricantes), a la vez que se controla los niveles de ruido ambiental.

Los barcos y botes solares se han adecuados a actividades turísticas y recreativas, siendo especialmente útiles en reservas naturales [1].

El funcionamiento de los barcos y botes solares se basa en la solución de 3 problemas básicos: suministro de energía, accionamiento eléctrico, y, uso eficiente de energía.

El suministro de energía proviene de microplantas solares. En pequeñas embarcaciones, de entre 4 y 6 m de longitud, la potencia solar instalada varía entre 200 y 500 W. En naves de 60 a 120 pasajeros, se requiere habitualmente entre 3 y 10 KW [1]. Generalmente, los módulos fotovoltaicos se colocan en el techo de la embarcación, protegiendo a los pasajeros del Sol. Si se necesita energía adicional, las baterías se cargan con la energía capturada en una planta de energía solar situada en el atraque de la embarcación.

El accionamiento eléctrico de la nave debe ser extremadamente eficiente y fiable. El accionamiento eléctrico incluye baterías típicas, cuyo peso oscila entre 300 y 600 kg. Por cuanto las embarcaciones se desplazan a baja velocidad, el requerimiento de carga es bajo, razón por la cual una potencia de accionamiento de 3 a 5 KW puede ser suficiente para un barco de 10m de longitud [1].

Para garantizar el uso eficiente de energía, los accionamientos eléctricos requeridos en las naves

solares tienen una eficiencia entre el 80% y el 90% [1].

C. Algunas experiencias con barcos y botes solares

En Australia, las naves eléctricas se emplean para explorar parajes navegables sin efecto contaminante [2]. Los barcos tienen un tamaño entre 5 y 12m, y, son capaces de transportar entre 5 y 45 personas (ver Fig.3) [3].



Fig. 3. Panorámica de un bote solar australiano [1].

Entre Albania y Grecia, en los lagos Prespes, el proyecto de cooperación internacional Green Boat apoya la promoción del patrimonio cultural y natural de la zona, a través de viajes en botes solares (ver Fig.4) [4].



Fig. 4. Panorámica de un bote solar utilizado en los Lagos Prespes [5].

En Cuba, lanchas solares tipo HalcónSolar se utilizan para enlazar por vía fluvial poblados de difícil acceso. Cada lancha cuenta con un motor eléctrico de 800 W, energizado por un banco de 4 baterías de 6V, y 220 Ah de capacidad cada una (ver Fig.5) [6].



Fig. 5. Panorámica de una lancha tipo HalconSolar [6].

En Ecuador, la lancha Solaris (en honor a la estrella de mar Heliaster Solaris), es el piloto de un programa que prevé reemplazar el combustible fósil por la energía renovable, y desarrollar el ecoturismo (ver Fig.6) [7]. La lancha tiene 8 módulos solares que capturan la energía para la operatividad de un pequeño motor, de todos los aparatos eléctricos y de los equipos de navegación. La lancha puede navegar hasta con 11 personas, a 7 nudos de velocidad [8].



Fig. 6. Panorámica de la lancha Solaris [7].

V. A MANERA DE PROPUESTA PARA EL APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR PARA POTENCIAR BOTES EN EL PRJ

En este contexto, una vez establecidos los fundamentos conceptuales en el aprovechamiento de energía solar para potenciar botes en parques y espacios públicos, y, considerando la complejidad de construcción y operación, el equipo de trabajo identificó, a través de una lluvia de ideas, una potencial propuesta de implementación para el PRJ: modificar uno de los botes actualmente existentes en la laguna del PRJ, para aprovechar el potencial solar de la zona (ver Fig. 7).

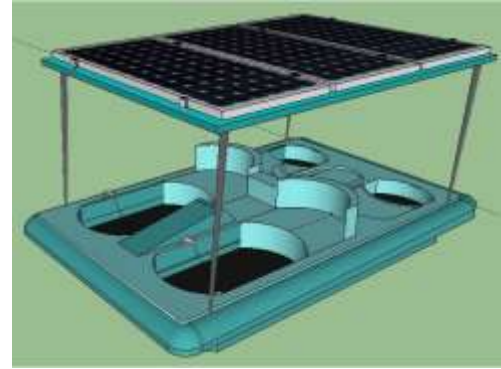


Fig. 7. Propuesta de un bote solar para la laguna del PRJ. Diseño de los autores.

VI. DISEÑO DEL BOTE SOLAR PARA OPERAR EN EL PRJ

A. Sobre los botes existentes en el PRJ

A la fecha, en el PRJ operan 28 botes de fibra de vidrio diseñados para ser utilizados hasta por 3 personas simultáneamente. Los botes se impulsan mediante pedales (ver Fig.8). Seis de los botes cuentan con una estructura de aluminio, que proporciona sombra a los usuarios en los días soleados.



Fig. 8. Vista panorámica de los botes que operan en el PRJ. Fotografía de los autores.

B. Sobre los requerimientos generales de diseño

Con el propósito de evaluar la viabilidad de construir un bote solar que corresponda a las condiciones de operación en el PRJ, primeramente, en la sección anterior se analizó las características más relevantes de los botes solares diseñados y construidos en diferentes partes del mundo.

Como resultado, el equipo de trabajo decidió proponer la construcción de un bote solar para 2 pasajeros, en el que los módulos fotovoltaicos sirvieran a la vez como protección contra el sol y la lluvia.

Para soportar el proceso de diseño se definió la metodología mostrada en la Fig.9.

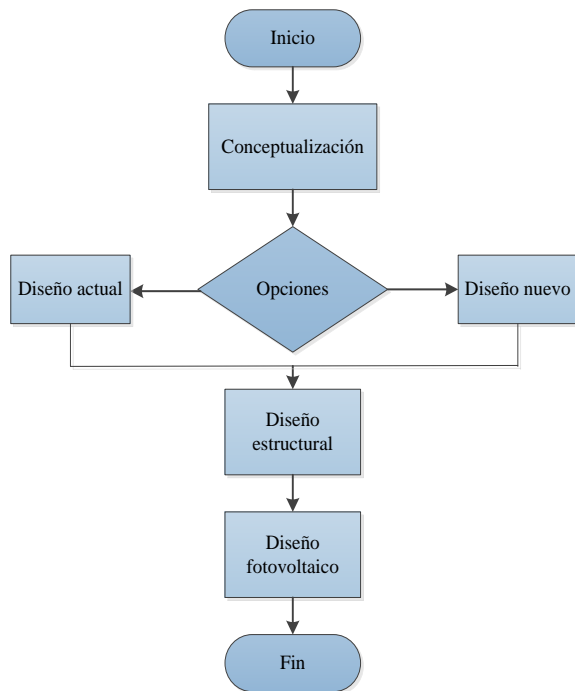


Fig. 9. Metodología propuesta para el diseño del bote solar. Elaboración de autores.

C. Análisis de las opciones de diseño

El equipo de trabajo planteó 2 opciones de diseño: la construcción de un bote solar desde cero, y, la adecuación de un bote existente en el parque.

En función de los limitantes de tiempo y recursos financieros, se optó por adecuar un bote existente.

D. Diseño estructural del bote solar

Seleccionada la opción de adecuación de botes existentes, ante la falta de información técnica sobre los botes que operan en el PRJ, se procedió a levantar la información de la geometría de una de las embarcaciones. Sobre la base de la información obtenida, se construyó un modelo 3D del bote, utilizando la aplicación Google SketchUp [9] (ver Fig.10).

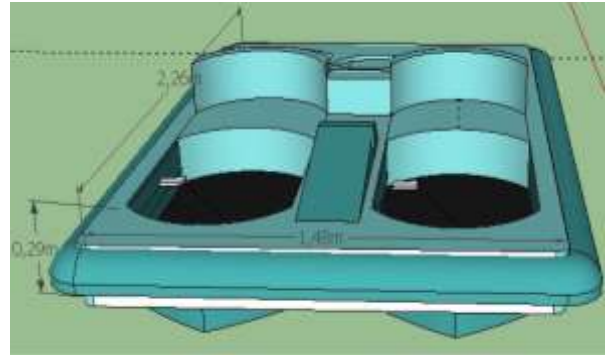


Fig. 10. Modelo 3D de un bote existente en el PRJ, a escala real. Diseño de los autores.

Utilizando el modelo 3D construido, se evaluó distintos diseños de cubierta, tanto desde una visión estética como de seguridad para la navegación. La mayor superficie de exposición al Sol que fue posible obtener fue del orden de 3.44 m² (ver Fig.11).

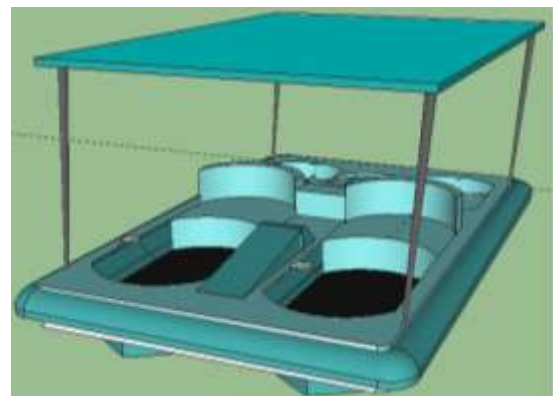


Fig. 11. Diseño de la cubierta para el bote solar. Diseño de los autores.

Los módulos fotovoltaicos se ubicarán sobre la cubierta, y, los elementos adicionales del sistema se colocarán en una caja cerrada en la parte posterior de la embarcación.

Con la intención de no afectar la operatividad actual de los botes, el sistema fotovoltaico tendrá exclusivamente la capacidad de provisión de energía para iluminación nocturna y para alimentar dispositivos multimedia.

E. Diseño del sistema fotovoltaico

La Fig. 12 muestra la arquitectura propuesta para el sistema fotovoltaico a diseñar. Los módulos solares capturan la energía solar, el regulador de carga gestiona la carga de las baterías; y, la interface DC proporciona las salidas para alimentar las aplicaciones.

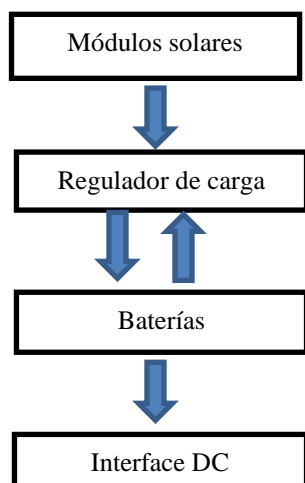


Fig. 12. Arquitectura propuesta para el sistema fotovoltaico del bote solar. Elaborada por los autores.

Sobre los módulos PV

Determinada la superficie útil de exposición al Sol, de entre los módulos PV existentes en el mercado [10], se preseleccionó arreglos óptimos, privilegiando área de exposición y peso (ver Tabla 1).

Tabla 1.

Opciones óptimas para ser utilizadas como módulos PV en el bote solar para el PRJ. Diseño de autores.

Opciones	Arreglo en paralelo	$P_{m\acute{a}x}$ (W)	Voltaje (V)	Peso (kg)	Área cubierta (m^2)
SUNSET PX 1456	1 x 3	435	12	35,1	2,93
Zytech ZT 250S	1 x 2	500	24	42,0	3,38
GMA Solar GMA250 P	1 x 2	500	24	40,0	3,28

Considerando las recomendaciones de la bibliografía, referidas a peso [11], se decidió seleccionar los módulos SUNSET PX 1456, cuyas características técnicas se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2.

Parámetros técnicos de los módulos PV seleccionados para el bote solar, [12], [13].

Modelo	SUNSET PX 1456
Potencia nominal	145 W
Voltaje nominal	18,22 V
Intensidad nominal	7,95 A
Dimensiones L x W x H	1480 x 660 x 35 mm
Peso	11,7 kg.

Los módulos PV seleccionados, operarán en un voltaje de 12 V, configurados en un arreglo en paralelo de 1 x 3 (ver Fig.13). La Tabla 3 muestra las características técnicas del arreglo.

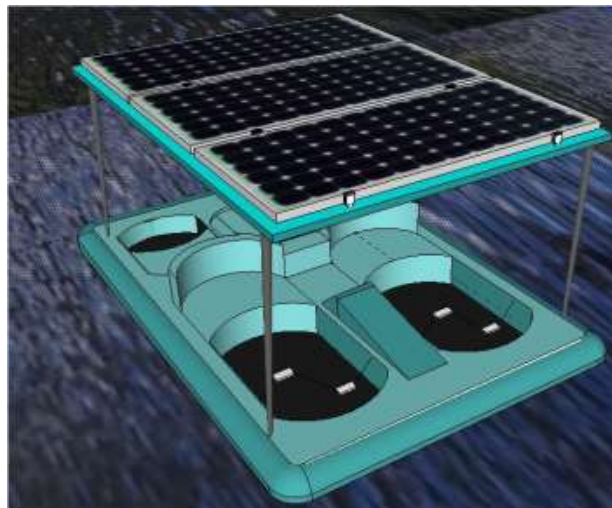


Fig. 13. Ubicación del arreglo de módulos PV sobre la cubierta del bote solar. Diseño de los autores.

Tabla 3.

Características técnicas del arreglo de módulos PV seleccionados para el bote solar [12].

Potencia pico (P_{max})	435 W_p
Voltaje nominal (V_{MPP})	18,22 V
Corriente nominal (I_{MPP})	23,85 A
Peso	35,1 kg

Dimensionamiento de la carga a alimentar

Debido a las condiciones especiales del proyecto, se procedió a lo inverso de lo habitual: una vez establecida la disponibilidad de energía, se decidió que carga alimentar.

Como primera alternativa se consideró alimentar un motor eléctrico que permita operar el bote de forma híbrida. De acuerdo a las recomendaciones de la bibliografía [14], se buscó un motor de torque DC, pero los modelos existentes en el mercado sólo operan en 24 V [15], [16], lo que no es compatible con el arreglo seleccionado de módulos PV. Por esta razón se desistió del uso de un motor en el bote.

Con el objetivo de convertir al bote en un atractivo del PRJ, se resolvió entonces alimentar un conjunto de dispositivos electrónicos de bajo consumo o alimentar un sistema de iluminación con tecnología LED. La Tabla 4 muestra los valores típicos de

intensidad, voltaje y potencia de los dispositivos finalmente seleccionados, mientras que la Tabla 5 describe los requerimientos diarios de energía de los dispositivos escogidos.

Tabla 4.

Voltaje, intensidad y potencia típica de los dispositivos seleccionados para el bote solar. Elaboración de los autores.

Dispositivo	Intensidad típica (A)	Voltaje típico (V)	Consumo típico (W)
Lámparas LED dicroicas	0,125	12	1,5
Receptor multimedia con USB	4,330	12	55,0
Consumo total, W			56,5

Tabla 5.

Requerimiento diario de energía de los dispositivos seleccionados para el bote solar. Elaboración de los autores.

Dispositivo	Unid.	Consumo (W)	Uso diario estimado (h)	Total energía requerida (Wh/día)
Lámparas LED dicroicas	2	1,5	2	6
Receptor multimedia con USB	1	52,0	6	312
Subtotal energía diaria requerida, Wh/día				318
Factor de reserva, 25%				79,5
Total energía diaria requerida, Wh/día				397,5

Entonces, el consumo diario de energía (E_d) se calculó en 405,61 Wh/día, utilizando la ecuación (1), considerando que la eficiencia del regulador es del 98% [10].

$$E_d = \frac{P_d}{\eta_{reg}} \quad (1)$$

En dónde,

E_d , es el consumo diario de energía del bote solar, Wh/día

P_d , es el requerimiento diario de energía de los dispositivos a alimentar, Wh/día

η_{reg} , es la eficiencia del regulador, %

Selección de la batería

Para dimensionar la batería a utilizar, se consideró la capacidad de almacenamiento, la profundidad de descarga, la autonomía, y la capacidad útil [11].

La capacidad de almacenamiento de la batería (C.alm.bat.) se calculó en 33,8 Ah/día, empleando la expresión (2).

$$C. \text{ alm. bat.} = \frac{E_d}{V_s} \quad (2)$$

En dónde,

C.alm.bat, es la capacidad de almacenamiento de la batería, Ah/día.

E_d , es el consumo diario de energía del bote solar, Wh/día

V_s , es el voltaje de operación del sistema, V

[11], [12].

La capacidad de la batería (C_n) se calculó en 46,47 Ah, utilizando la ecuación (3), considerando una profundidad de descarga de 0,8 (para la baterías de electrolito), una autonomía de la batería de 1 día, y, que la descarga excesiva de la batería limita el tiempo de duración de la misma

$$C_n = \frac{1,1 \times E_d \times A}{V \times PD_{m\acute{a}x}} \quad (3)$$

En dónde,

C_n , es la capacidad de la batería, Ah.

E_d es el consumo diario de potencia del bote solar, Wh/día.

A , es la autonomía de la batería.

V , es voltaje de operación de la batería, V.

$PD_{m\acute{a}x}$, es la profundidad máxima de descarga de la batería, %

La capacidad útil de la batería (C_u) se calculó en 37,18 Ah empleando la expresión (4).

$$C_u = C_n \times PD_{m\acute{a}x} \quad (4)$$

En dónde,

C_u , es la capacidad útil de la batería, Ah.

C_n , es la capacidad de la batería, Ah.

$PD_{m\acute{a}x}$, es la profundidad máxima de descarga de la batería, %

Como conclusión se estableció que el consumo de energía en el bote solar alcanzaría los 405,61 Wh/día, entregados con un amperaje de 33,8 Ah, a través de una batería de 12V. La autonomía del bote será de 1 día. Con una profundidad máxima de descarga de 0,8, se requerirá de una batería de 46,47 Ah de capacidad, con una capacidad útil de 37,18 Ah, suficiente para cubrir los 33,8 Ah requeridos.

La selección final de la batería se realizó considerando que el bote estará expuesto a los elementos, por lo que la batería debería ser libre de mantenimiento, con un ciclo de descarga profundo; y, sobre todo de bajo peso. La selección final recayó en 2 baterías AGM de 12 V, de 18 Ah, dispuestas en un arreglo en paralelo de 36 Ah. La Tabla 6 muestra las características más importantes de la batería seleccionada.

Tabla 6.

Parámetros técnicos de la batería seleccionada para el bote solar [13].

Modelo	RT12-180
Tipo de batería	-Estacionarias -Libre de mantenimiento -Ciclo profundo
Peso aproximado	5.0 kg
Dimensiones (mm)	181(L) × 77(W) × 167(H)
Voltaje nominal	12 VDC
Límite de máxima carga recomendado	5.4 A
Máxima corriente de descarga	180 A (5seg)

Selección del controlador de carga

El controlador de carga responde por regular y controlar la corriente que llega a la batería, evitando la sobrecarga.

El controlador de carga se elige de acuerdo a la potencia máxima del arreglo de módulos PV, que en este proyecto es de 435 W, a 12 V. Esto implica que el controlador deberá operar a

corrientes superiores a 36,25 A.

De entre los controladores de carga existentes en el mercado, se seleccionó un equipo Phocos CX40 de 40 A, de 98% de eficiencia, cuyas características técnicas se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7.

Parámetros técnicos del controlador de carga seleccionado para el bote solar [10].

Modelo	CX 40
Voltaje nominal	12/24 V
Corriente de carga nominal de la batería	40 A
Dimensiones (mm) (W x H x D)	92 x 93 x 38
Peso aproximado	179 g

La Fig.14 muestra el esquema general de interconexión eléctrica de cada uno de los dispositivos seleccionados para el sistema fotovoltaico del bote.

F. Diseño de la caja de conexión de equipos

Cada uno de los dispositivos seleccionados para el sistema fotovoltaico fue modelado en 3D. Estos modelos sirvieron de base para diseñar y construir virtualmente la caja de conexión de equipos (ver Fig. 15 y 16). La caja proporciona un espacio seguro para el emplazamiento de los equipos, a la vez que garantiza seguridad a los usuarios del bote, y, el IP requerido por los equipos para evitar daños por humedad.

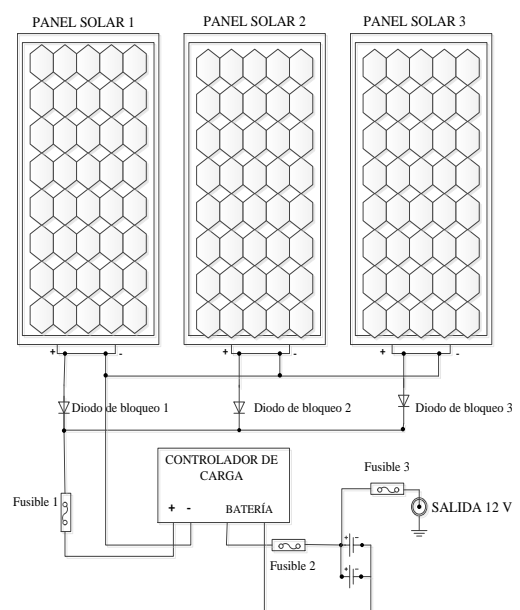


Fig. 14. Esquema eléctrico general del bote solar. Diseño de los autores.

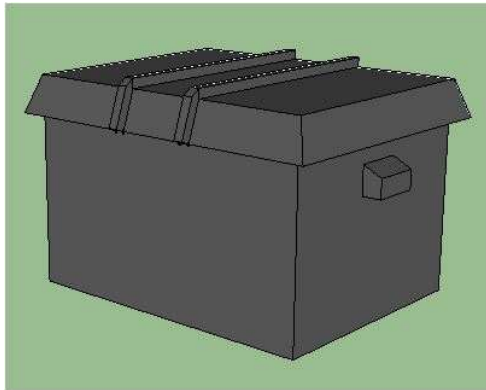


Fig. 15. Vista frontal de la caja de conexión de equipos del bote solar. Diseño de los autores.

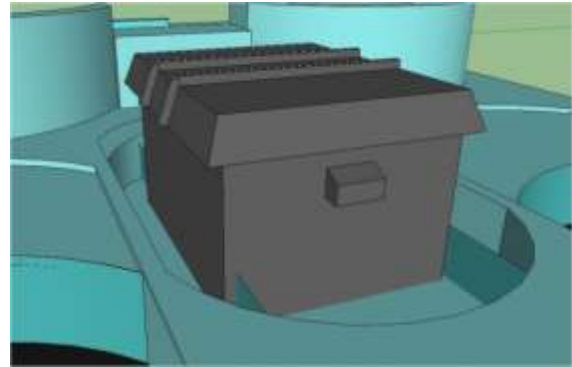


Fig. 18. Vista de la caja conexión de equipos del bote solar. Diseño de los autores.

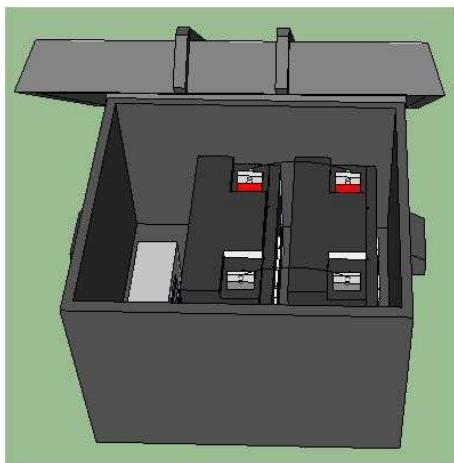


Fig. 16. Distribución de los equipos al interior de la caja. Diseño de los autores.

La caja de conexión de equipos se dispondrá en la parte posterior del bote (ver Fig. 17 y 18), aprovechando el único espacio disponible en la estructura de fibra de vidrio.

El peso final del sistema fotovoltaico se estimó en 45,279 kg.

VII. PRESUPUESTO DE INVERSIÓN

La Tabla 8 resume el presupuesto de inversión en el bote solar.

Tabla 8.

Presupuesto de inversión en la implementación del bote solar.
Elaboración de los autores.

Ítem	Cant.	VU	Total
Paneles SUNSET PX1456	3	329,00	987,00
Batería RITAR RT12180	2	53,00	106,00
Controlador de carga PHOCOS CX 40	1	173,00	173,00
Receptor de DVD LCD de 15,5 cm (6,1")	1	400,00	400,00
Lámparas dicroicas	2	7,50	15,00
Materiales de construcción		500,00	500,00
Mano de obra	4681	2500,00	2500,00
Imprevistos		936,00	936,00
TOTAL			5617,00

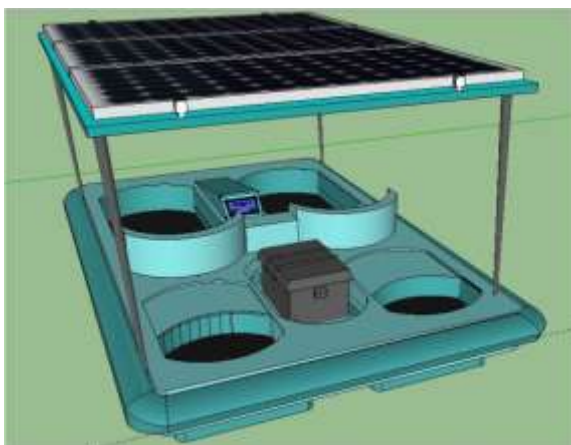


Fig. 17. Vista posterior del bote solar con módulos fotovoltaicos en la cubierta y caja de conexión de equipos. Diseño de los autores.

VIII. CONCLUSIONES

- Con una extensión de 10 Ha, el PRJ se constituye en uno de los principales centros de recreación de la ciudad de Loja.
- Por las características del PRJ, se han calificado como potencialmente utilizables al menos 3 fuentes renovables de energía en su territorio: solar, humana, y, biomasa.
- Los resultados muestran la factibilidad de implementar de una embarcación potenciada por energía solar en la laguna del Parque Jipiro.

IX. REFERENCIAS

- [1] Solar Boats. [Online]. Disponible en: <http://www.solarmobil.net/download/SolarBoat-150dpi.pdf>
- [2] ECOBoats. [Online]. Disponible en: <http://www.ecoboats.com.au/index.php>
- [3] Solarboat Australia's leading electric boat specialist from 2001 to 2011. [Online]. Disponible en: <http://www.solarboat.com.au/>
- [4] Green Boat. [Online]. Disponible en: <http://www.green-boat.eu/index.php/en/about-the-project>
- [5] Green Boat Photo Gallery. [Online]. Disponible en: <http://www.green-boat.eu/index.php/en/gallery>
- [6] Lancha fotovoltaica HalcónSolar. [Online]. Disponible en: <http://www.cubasolar.cu/Biblioteca/energia/Energia20/HTML/articulo02.htm>
- [7] Plan de botes ecológicos en Galápagos se inició con el Solaris. [Online]. Disponible en: <http://www.eluniverso.com/noticias/2013/10/17/nota/1591886/plan-botes-ecologicos-se-inicio-solaris>
- [8] Lanzamiento del bote con energía solar “Solaris” en Galápagos. [Online]. Disponible en: <https://www.gov.uk/government/world-ocation-news/launch-of-solar-energy-boat-solaris-in-the-galapagos-islands.es-419>
- [9] SketchUp. [Online]. Disponible en: <http://www.sketchup.com/es/products/sketchup-pro>
- [10] Ingeniería Verde. Paneles Solares Fotovoltaicos. [Online]. Disponible en: <http://www.ingenieriaverde.org/paneles-solares/>
- [11] Diseño de una embarcación planeadora de 5,4 m de L.O.A. [Online]. Disponible en: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/13653/1/Proyecto%20final%20de%20carrera.pdf>
- [12] SUNSET PX Series. [Online]. Disponible en: http://www.sunset-solar.de/index.php?option=com_content&view=article&id=25&Itemid=75&lang=en
- [13] SUNSET PX Series. [Online]. Disponible en: <http://www.renova-energia.com/pdf/paneles/SUNSET%20PX1456%20145W%2012VDC%20.pdf>
- [14] Torque Equation of DC motor. [Online]. Disponible en: <http://electrical4u.com/torque-equation-of-dc-motor/>
- [15] Greensky Power Company Limited. [Online]. Disponible en: <http://gschi.en.made-in-china.com/product/NvLJnMiOXHhT/China-GS-24V-72V-10W-400W-High-Torque-Electrical-DC-Gear-Motor.html>
- [16] Changzhou Smart Automation Motor Manufacturing Co., Ltd. [Online]. Disponible en: http://smartmotor.en.alibaba.com/product/758504262-213797842/O_D80mm_higher_torque_24_volt_electric_dc_motor_24v_300w_with_over_1_N_m_torque.html
- [17] Controlador de carga Phocos CX 40. [Online]. Disponible en: http://www.renova-energia.com/productos_reguladores/phocos_cx40.html
- [18] Diseño y fabricación de un equipo portable para provisión de energía eléctrica basado en el aprovechamiento de energía solar, orientado a aplicaciones de camping. [Online]. Disponible en: http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/7865/3/Utpl_Morales_Arciniega_Luis_1133364.pdf
- [19] Las baterías [Online]. Disponible en: http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home_main_frame/04_componen/02_acumulador/01_basico/4_acum_01.htm
- [20] Batería Ritar RT12180 12V18AH. [Online]. Disponible en: <http://www.renova-energia.com/pdf/baterias/Ficha%20Tecnica%20RT%2012180%2012Vdc%2018Ah.pdf>

