

**Escuela Superior Politécnica del Litoral**

**Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar**

Análisis de factibilidad técnico-económico de soluciones, para la extensión de la vida útil de los motores fuera de borda, utilizados en las embarcaciones interislas de Galápagos

INGE-2328

**Proyecto Integrador**

Previo a la obtención del Título de:

**Ingeniero Naval**

Presentado por:

Miguel Andrés Menéndez Prado

Guayaquil - Ecuador

Año: 2024

## **Dedicatoria**

---

El presente proyecto lo dedico a mis padres, Miguel y Piedad, quienes, con su amor y dedicación, procuran siempre ser mi roca, haciéndome sentir la persona más especial de este mundo. Gracias por todo papi y mami.

## Agradecimientos

---

Mis más sinceros agradecimientos a todos mis compañeros, amigos y colegas que procuraron siempre ser mi apoyo, cuando más lo necesitaba. Agradezco a mi tutor, el Doctor Rubén Paredes, por haber impactado de forma muy positiva durante mi etapa como estudiante universitario, dispuesto siempre a ayudar a quien lo necesite.

Por último, un agradecimiento muy especial a Rudiger, porque a pesar de las circunstancias, su cariño y amor fueron mi pilar en los momentos más duros.

## Declaración Expresa

---

Yo, Miguel Andrés Menéndez Prado Steeven, acuerdo y reconozco que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor. La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al autor que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 27 de enero del 2024.

---

**Miguel Menéndez Prado**

## **Evaluadores**

---

**Tadea M. Quintuña, Mgtr**

Profesor de Materia

---

**Rubén J. Paredes, PhD**

Tutor de proyecto

## **Resumen**

El uso de motores fuera de borda, como sistema de propulsión para lanchas medianas, representa un desafío importante debido a los costos continuos de mantenimiento y reparación que conlleva para los armadores. El transporte interislas en el archipiélago de Galápagos es una actividad crucial para la economía local, donde tanto habitantes locales como turistas usan a diario embarcaciones de alta velocidad impulsadas por motores fuera de borda. En el marco de este proyecto, se identificaron las potenciales causas de los problemas asociados con los motores fuera de borda, a partir de entrevistas a los armadores, recomendaciones de mantenimiento de los fabricantes de motores, y personal de mantenimiento en la ciudad de Guayaquil. Se propusieron recomendaciones técnicas para alargar la vida útil de los motores fuera de borda, y de estas se preparó una nueva tabla de mantenimiento para los motores, adaptada a las condiciones de operación local de las interislas en Galápagos. Las alternativas propuestas permitirán a propietarios y operadores mejorar el rendimiento de las máquinas, y se estima una extensión en su vida útil de al menos seis meses, además de un ahorro anual de hasta un 4.2% en costos operativos.

**Palabras Clave:** Transporte interislas, motores fuera de borda, sistema de propulsión, mantenimiento.

## **Abstract**

The use of outboard motors as propulsion systems for medium-sized boats poses a significant challenge due to the ongoing maintenance and repair costs it entails for boat owners. Inter-island transportation in the Galapagos archipelago is a crucial activity for the local economy, where both residents and tourists use high-speed boats powered by outboard motors daily. As part of this project, potential causes of problems associated with outboard motors were identified through interviews with boat owners, maintenance recommendations from motor manufacturers, and maintenance personnel in the city of Guayaquil. Technical recommendations were proposed to extend the lifespan of outboard motors, and a new maintenance schedule table for the motors was prepared, tailored to the local operating conditions of inter-island transportation in the Galapagos. The proposed alternatives will allow owners and operators to improve machine performance, with an estimated extension of their lifespan by at least six months, as well as an annual cost saving of up to 4.2% in terms of operation and maintenance.

**Keywords:** interisland transportation, outboard motors, propulsion system, alternatives.

## Índice General

<b>Resumen.....</b>	<b>I</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>II</b>
<b>Abreviaturas.....</b>	<b>V</b>
<b>Índice de figuras.....</b>	<b>VI</b>
<b>Índice de tablas.....</b>	<b>VIII</b>
<b>Capítulo 1.....</b>	<b>1</b>
<b>1. Introducción.....</b>	<b>2</b>
1.1. Descripción del Problema .....	4
1.2. Justificación del Problema .....	5
1.3. Objetivos .....	6
1.3.1. Objetivo general.....	6
1.3.2. Objetivos específicos .....	6
1.4. Marco teórico .....	6
1.4.1. Transporte interislas en Galápagos: movilidad y flota autorizada.....	6
1.4.2. Sistema propulsor usado en las lanchas interislas en Galápagos.....	7
1.4.3. Motores fuera de borda: características y configuración .....	9
1.4.4. Daños más comunes en motores fuera de borda de 4 tiempos .....	10
1.4.5. Sistema de enfriamiento de un MFB: bomba de agua e impeler .....	12
1.4.6. Sistema de lubricación de un MFB .....	13
<b>Capítulo 2.....</b>	<b>15</b>
<b>2. METODOLOGÍA .....</b>	<b>16</b>
2.1. Fase I: Revisión de fuentes secundarias.....	18
2.1.1 Selección adecuada de un MFB: potencia, pata de transmisión y hélices .....	18
2.1.2 Instalación de un MFB .....	21

2.1.3	Mantenimiento de un MFB .....	22
2.2.	Fase II: Recolección de datos en fuentes primarias (levantamiento en Guayaquil)..	23
2.3.	Fase III: Recolección de datos en fuentes primarias (levantamiento en Santa Cruz)	23
2.4.	Fase IV: Interpretación conjunta de información recopilada .....	25
	<b>Capítulo 3 .....</b>	<b>27</b>
	<b>3. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....</b>	<b>28</b>
3.1	Verificación de horas de operación recomendadas de acuerdo con el fabricante .....	28
3.2	Verificación de RPM´s promedio en operación .....	29
3.3	Verificación de octanaje mínimo en combustible .....	30
3.4	Verificación de prácticas de mantenimiento por horas de operación.....	30
3.5	Planteamiento de alternativas, para la extensión de la vida útil de los motores fuera de borda en las interislas.....	32
3.6	Análisis económico para la aplicación de nuevas alternativas.....	46
	<b>Capítulo 4.....</b>	<b>48</b>
	<b>4. Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>49</b>
4.1	Conclusiones .....	49
4.2	Recomendaciones.....	50
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>72</b>
	<b>APÉNDICES.....</b>	<b>75</b>
	<b>APÉNDICE A.....</b>	<b>75</b>
	<b>APÉNDICE B .....</b>	<b>87</b>

## **Abreviaturas**

ASTM	American Society for Testing and Materials
NACE	National Association of Corrosion Engineer
HWL	High Water Level
LWL	Low Water Level
SPTMF	Subsecretaria de Puertos, Transporte Marítimo y Fluvial
FIMCM	Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar
MFB	Motor Fuera de Borda
OMI	Organización Marítima Internacional

## Índice de figuras

<b>Figura 1.1</b>	Datos estadísticos de tiempos de vida útil de motores fuera de borda Suzuki, por locación y tipo de operación .....	2
<b>Figura 1.2</b>	Lanchas interislas típicas durante una maniobra de atraque en el muelle de Santa Cruz.....	4
<b>Figura 1.3</b>	Arreglo triple de motores en una lancha interislas típica .....	8
<b>Figura 1.4</b>	Proceso artesanal de abastecimiento de combustible a lanchas interislas .....	8
<b>Figura 1.5</b>	Configuración típica de un MFB.....	9
<b>Figura 1.6</b>	Configuración del sistema de enfriamiento de un MFB.....	12
<b>Figura 1.7</b>	Aceite para MFB de 4 tiempos antes y después del uso .....	14
<b>Figura 2.1</b>	Diagrama del Modelo exploratorio secuencial (MES).....	17
<b>Figura 2.2</b>	Diagrama del modelo paralelo convergente (MPC).....	17
<b>Figura 2.3</b>	Criterio de selección, para medida de pata de transmisión .....	19
<b>Figura 2.4</b>	Curva Típica Kt, Kq, para hélices de la serie Gwan .....	20
<b>Figura 2.5</b>	Arreglo triple de MFB en lancha rápida.....	22
<b>Figura 2.6</b>	Visita al taller de MFB en el parque artesanal en Santa Cruz, octubre 2023 .....	24
<b>Figura 3.1</b>	Horas de operación mensual recomendadas por fabricantes Yamaha y Suzuki versus la operación en Galápagos .....	28
<b>Figura 3.2</b>	RPM's promedio de operación de los MFB en las interislas, versus los establecidos por fabricantes según el modelo .....	29
<b>Figura 3.3</b>	Prácticas de mantenimiento por horas de operación, de acuerdo con los fabricantes de motores y la situación en Galápagos .....	31
<b>Figura 0.1</b>	Diagrama de un sistema de lubricación típico en un MFB de 4 tiempos .....	75
<b>Figura 0.2</b>	Resultados de operación de una lancha con arreglo dual de MFB .....	76
<b>Figura 0.3</b>	Resultados de operación de una lancha con arreglo dual de MFB .....	76
<b>Figura 0.4</b>	Tabla de mantenimiento típica para MFB .....	77
<b>Figura 0.5</b>	Talleres Kurata, ubicados en el suburbio de la ciudad de Guayaquil.....	78
<b>Figura 0.6</b>	.....	79
<b>Figura 0.7</b>	MFB de marca Yamaha exhibidos en las instalaciones de Almacén Juan Eljuri 80	
<b>Figura 0.8</b>	Modelo de encuesta dirigida a los armadores en Santa Cruz .....	81
<b>Figura 0.9</b>	Pase de abordad a Baltra, previo a la visita .....	82
<b>Figura 0.10</b>	Lanchas de cabotaje en el muelle de Puerto Ayora, luego de un día de operación .....	82

<b>Figura 0.11</b> Entrevista a José Luis Guzmán, armador de la embarcación Sigilosa durante la maniobra de abastecimiento de combustible .....	83
<b>Figura 0.12</b> Visita al centro de reparación en Santa Cruz, junto con la Ing. Daniela Morocho .....	84

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.1</b> Fallas comunes en MFB .....	11
<b>Tabla 2.1</b> Medidas de patas estándar para modelos Suzuki.....	19
<b>Tabla 3.1</b> Alternativas propuestas en base a la falta de conocimiento técnico de los armadores, al momento de seleccionar unidades de acuerdo con la potencia requerida, tamaño de pata y hélice adecuada .....	33
<b>Tabla 3.2</b> Alternativas propuestas en base a la operación continua de los MFB en las interislas en Galápagos. Se plantean estas en base a las prácticas reportadas por los armadores .....	36
<b>Tabla 3.3</b> Tabla de mantenimiento propuesta para los MFB usados en las interislas de Galapagos, considerando factores de operación local .....	45
<b>Tabla 3.4</b> Desglose de costos operativos, incluyendo mantenimiento y reparación de MFB, aplicado al caso de Sigiloza .....	47
<b>Tabla 0.1</b> Datos recolectados en Santa Cruz.....	84
<b>Tabla 0.2</b> Datos recolectados en Santa Cruz.....	86
<b>Tabla 0.3</b> Desglose de costos operativos estimados, incluyendo mantenimiento y reparación de motores fuera de borda, aplicado al caso de Sigiloza si aplicara las recomendaciones planteadas en este estudio. ....	87

# Capítulo 1

# 1. INTRODUCCIÓN

El archipiélago de Galápagos, declarado Patrimonio de la Humanidad, enfrenta desafíos cruciales en la sostenibilidad del transporte marítimo interislas, vital para la conectividad de las comunidades locales. En particular, estas lanchas de cabotaje utilizan motores fueraborda, principalmente de la marca Suzuki. Sin embargo, la vida útil limitada de estos motores ha emergido como una problemática, afectando la economía local [1].

**Figura 1.1**

*Datos estadísticos de tiempos de vida útil de motores fuera de borda Suzuki, por locación y tipo de operación*

*Fuente: Suzuki Marine, 2023 [2]*



Recientemente, Suzuki Marine reportó las horas de operación promedio de sus unidades en distintas partes del mundo, que sirve como referencia a futuros usuarios que lleven un servicio y mantenimiento adecuado [2]. En la Figura 1.1 se muestra un resumen de dicho reporte y destacan principalmente:

- El mercado en Tailandia con 3000 horas en promedio de vida útil, el cual utiliza los motores para el transporte marítimo principalmente, lo cual incluye carga y pasajeros, tanto vía fluvial como marina [3].
- El mercado en Guatemala con un promedio de 6000 horas de vida para motores destinados a pesca recreativa.

Esto implica que, independientemente del modelo y potencia de las unidades (al menos en el caso de Suzuki) la vida útil de los motores está directamente ligada con el tipo de operación, locación geográfica y, por tanto, estados de mar.

El transporte marítimo que conecta las islas habitadas de Galápagos se emplea tanto por turistas como por residentes permanentes. Sin embargo, los propietarios de las embarcaciones de este sistema (controlados por la Subsecretaria de Puertos, Transporte Marítimo y Fluvial SPTMF) reportan elevados gastos operativos, por lo que las inversiones destinadas a mejorar el servicio y el diseño de las embarcaciones son limitadas [1]. El mayor rubro de los gastos operativos está relacionados a las recurrentes fallas mecánicas, especialmente en la transmisión del motor fueraborda.

Estos problemas son ocasionados por cambios inapropiados en el aceite de transmisión, desequilibrio en el eje debido a una instalación incorrecta o la presencia de una hélice inadecuada[4]. A esto se suma la falta de conocimientos técnicos navales en la selección, mantenimiento y reparación de los motores empleados en la propulsión. Un caso particular es la instalación de potencia sobredimensionada en el caso de ciertas embarcaciones interislas, lo cual conlleva a un aumento innecesario en el consumo de combustible y, por consiguiente, a mayores costos operativos, dado que las RPMs operativas están muy por debajo de las de diseño[1].

## 1.1. Descripción del Problema

Los motores fuera de borda utilizados en las interislas en el archipiélago de Galápagos, pueden representar hasta un 40% del costo total de su construcción [1]. Debido a las condiciones de operación en las islas, los motores tienen en promedio una vida útil de 2 años o 3000 horas[5]. Este tiempo de vida puede extenderse hasta un año más, si el motor es sometido a una reparación completa denominada 7/8, y si cada año la pata de transmisión es cambiada debido a desgastes o daño total. Los costos por reparación pueden variar entre \$4000 y \$15000 por motor [5], dependiendo de la gravedad del problema, lo cual implica gastos operativos adicionales para el armador.

Según cifras oficiales, en 2022 cerca de 311,000 utilizaron la vía marítima para movilizarse entre las islas habitadas de Galapagos, completando más de 15,000 viajes [6]empleando embarcaciones rápidas, las cuales utilizan de dos a cuatro motores fuera de borda de 4 tiempos a gasolina[7], ver Figura 1.2.

### Figura 1.2

*Lanchas interislas típicas durante una maniobra de atraque en el muelle de Santa Cruz.*

*Nota: Fuente Propia*



Los dueños de las lanchas reportan que existen constantes problemas con el sistema de propulsión. En un lapso de 6 meses, los motores suelen presentar fallas en el sistema de transmisión, deficiencias en el consumo de combustible, y de acuerdo con las condiciones de mar en las que operan, se producen altas aceleraciones verticales [1], disminuyendo el nivel del confort de los pasajeros. Adicionalmente, es muy probable que el sistema de embarque y desembarque de carga y pasajeros no haya experimentado cambios en los últimos 20 años. [7] Evidencia de esto, es el bajo desarrollo en mejoras a este sistema de transporte.

Como resultado, los armadores de las interislas se ven obligados en la búsqueda de soluciones prácticas para reducir sus gastos operativos y a futuro, esperan mejorar el diseño de sus embarcaciones e implementar procesos operativos más eficientes. Esto se basa en la retroalimentación de los desafíos actuales que enfrentan.

## **1.2. Justificación del Problema**

Debido al aumento de la población (3.3% anual) y número de visitantes (321%) en las dos últimas décadas en el archipiélago [8], y dado que los viajes entre islas en avioneta representan elevados costos, los armadores locales apuestan por el transporte vía marítima, y buscan soluciones prácticas a la problemática que enfrentan actualmente concerniente a sus motores.

La importancia de este proyecto radica en diagnosticar las causas del daño recurrente de los motores fuera de borda de las interislas, con el fin de proponer alternativas viables para los armadores locales. La correcta implementación de estas alternativas aspira incrementar la vida útil de las unidades y representar ahorros en mantenimiento y reparación.

### **1.3. Objetivos**

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

Evaluar soluciones al problema de los motores fuera de borda utilizados en el transporte interislas de Galápagos, contrastando información de fuentes primarias y secundarias, y considerando las condiciones de operación locales para el aumento de su vida útil.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Identificar la problemática de los motores fuera de borda mediante el levantamiento de información directa del sector económico afectado.
- Identificar las recomendaciones de operación y funcionamiento de los motores fuera de borda según los diferentes fabricantes mediante levantamiento de fuentes primarias.
- Comparar las condiciones de operación y mantenimiento de motores fuera de borda recolectados en Santa Cruz con las propuestas por los fabricantes para identificar discrepancias.
- Proponer soluciones viables de mantenimiento y prevención a corto y medio plazo, para alargar la vida útil de los motores fueraborda de las interistas.

### **1.4. Marco teórico**

#### **1.4.1. Transporte interislas en Galápagos: movilidad y flota autorizada**

En el archipiélago de Galápagos, tres son las islas con mayor densidad poblacional: Santa Cruz, San Cristóbal e Isabela y la movilidad entre estas es posible gracias a 2 medios, por mar y tierra. Sin embargo, la opción marítima es la más atractiva debido a su costo de 30 USD [9], mientras los viajes en avioneta por tramo rondan entre \$140 y \$150 [10].

El tiempo estimado de viaje en estas lanchas, a un rango de velocidades promedio entre 20 y 30 nudos [7], es de dos horas. La velocidad en operación varía de acuerdo con los estados de mar, donde es posible identificar dos estaciones seca y lluviosa. Regularmente en la

temporada seca entre marzo y agosto, se registran los mayores estados de mar con olas de hasta 1.6 m de altura significativa [11]. En este escenario, el viaje interislas se realiza a la menor velocidad posible, lo cual puede extender el viaje entre 30 y 60 minutos.

De las 89 embarcaciones registradas hasta 2019 en la base de datos de la SPTMF [7], 26 embarcaciones estaban registradas para actividades de cabotaje entre islas. De la flota total, se descarta la aplicabilidad de este estudio a embarcaciones destinadas a prácticas recreativas, debido a las diferencias en la operación. Por tanto, la población de estudio para este proyecto queda definida con 26 lanchas interislas.

#### **1.4.2. Sistema propulsor usado en las lanchas interislas en Galápagos**

Por lo general, el sistema propulsor de estas embarcaciones comprende arreglos de 2 o 3 motores fuera de borda (MFB) de entre 200 a 350 HP, los cuales típicamente cuentan con las siguientes características:

- Las marcas registradas por los armadores comprenden tres: Suzuki, Yamaha y Mercury, siendo los modelos DF200 y DF250 de la marca Suzuki, son los más comunes.
- Los arreglos de motores pueden variar, y es muy común encontrar arreglos con motores de distintas marcas, modelos, y potencias. Ver Figura 1.3.
- Los motores instalados en el espejo de las embarcaciones son controlados por un panel de control, ubicado en el puente de mando.
- El combustible utilizado en las interislas es gasolina extra sin subsidios, por tanto, los precios por galón varían frecuentemente (usualmente entre \$3 y \$4). El octanaje de este combustible según Petroecuador es de 85 octanos, y en las islas se distribuye de forma artesanal. Ver Figura 1.4.

- En general los armadores pasan por alto la aplicación de bases técnicas para la correcta selección de los motores, así como para su montaje y abastecimiento de combustible.

**Figura 1.3**

*Arreglo triple de motores en una lancha interislas típica*

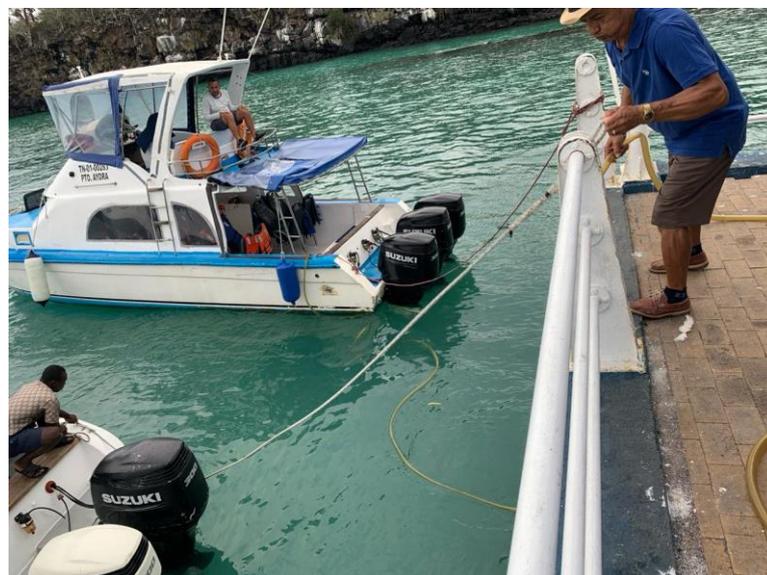
*Fuente: Vázquez, 2019 [1]*



**Figura 1.4**

*Proceso artesanal de abastecimiento de combustible a lanchas interislas*

*Nota: Fuente propia*



### 1.4.3. Motores fuera de borda: características y configuración

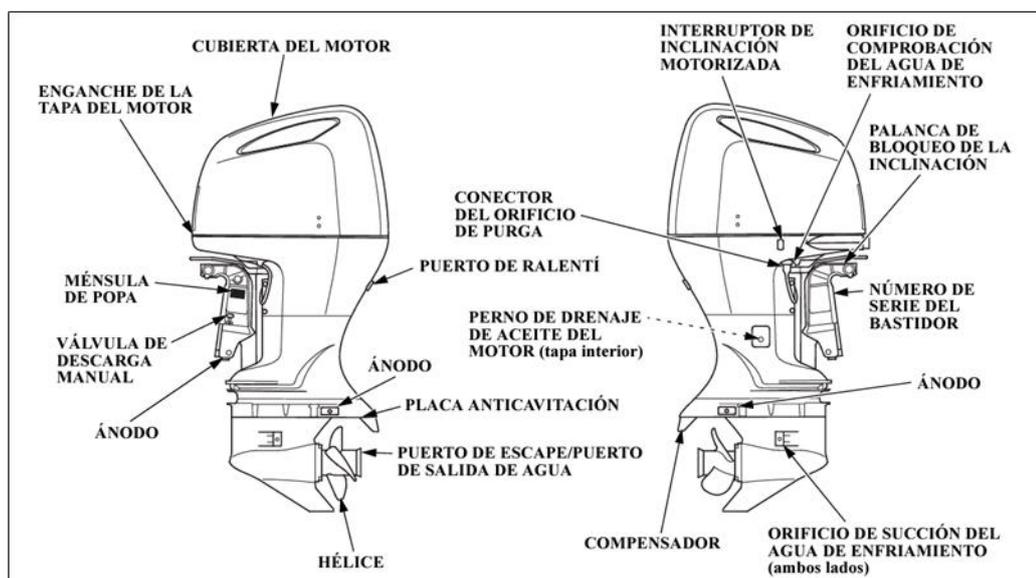
Un motor fuera de borda (MFB) es un conjunto de propulsión utilizado en embarcaciones, que comprende una unidad completa que incluye motor, transmisión y hélice; la Figura 1.5 muestra una configuración típica de un MFB y sus principales partes. Este sistema está diseñado para ser instalado en la parte exterior de la embarcación y proporcionar la potencia necesaria para impulsarla y permitir su navegación[12]. Por lo tanto, es crucial que el motor esté en óptimas condiciones para su correcto funcionamiento.

La amplia aceptación de los motores fuera de borda se debe a su versatilidad y capacidad de maniobra, lo que los hace adecuados para una variedad de embarcaciones. Una de sus principales ventajas es la facilidad con la que se pueden desmontar para su almacenamiento o mantenimiento, en contraste con los motores internos, que son más difíciles de acceder y manipular dentro del barco [4].

**Figura 1.5**

*Configuración típica de un MFB*

*Fuente: Tohatsu, 2016 [13]*



#### **1.4.4. Daños más comunes en motores fuera de borda de 4 tiempos**

Dentro de las dificultades más comunes en motores fuera de borda, de acuerdo con expertos en operación y los fabricantes Suzuki y Yamaha, se tienen las siguientes:

- Bujías sucias, las cuales no producen la chispa necesaria para que la mezcla completa se quemé, por lo tanto, el motor pierde potencia, tiembla y es difícil de arrancar en frío [14].
- Bujías humedecidas con aceite producen el mismo efecto que el punto anterior, e incluso puede hacer que el motor no arranque. Puede ser un indicador de una falla grave, como deficiencias en los anillos de compresión o grietas en las paredes del cilindro [14].
- Gasolina inadecuada: esto significa que la gasolina no es la más adecuada en cuanto a octanaje para el funcionamiento eficiente del motor, lo que resulta en un calentamiento excesivo, pérdida de potencia y exceso de humo en los gases de escape. En relación con este último punto, se debe intentar suministrar el combustible más apropiado para el motor. Las especificaciones del motor generalmente recomiendan un cierto número de octanaje en la gasolina para un funcionamiento adecuado y eficiente (91 octanos es el mínimo para los modelos de Suzuki y Yamaha) [15], [16].
- Pata de transmisión defectuosa, la cual comprende la unidad inferior del MFB y contiene: la caja de cambios y reducción, el eje de la hélice, y la hélice como tal [17]. Dentro de las causas más comunes, por la cual esta pieza llega a fallar, tenemos: golpes con objetos sumergidos o flotante y encallamiento.

La tabla 1.1 muestra algunas otras averías de los motores fuera de borda.

**Tabla 1.1***Fallas comunes en MFB [18]*

<i>Falla</i>	<i>Causa más común</i>	<i>Consecuencia</i>
<b>Carburador sucio o en mal estado.</b>	Falta de mantenimiento preventivo.	Causa principalmente exceso de vibración en la unidad, el motor se puede “ahogar”, entre otras.
<b>Sistemas de enfriamiento obstruidos.</b>	Principalmente corrosión debido a la falta de purga y limpieza de las unidades con agua dulce, luego de operar en mar abierto.  Además de la corrosión, se puede dar por objetos externos, capaces de bloquear las entradas del sistema de enfriamiento, ubicado en la parte baja de la pata de transmisión del motor.	Puede causar sobrecalentamiento del motor, y esto puede notarse si no existe un flujo constate en la salida del sistema de refrigeración, que generalmente está en la parte posterior del motor, en la parte superior de la pata.  Esto puede dañar las paredes del cilindro del motor fuera de borda, los anillos del pistón, la bomba de agua y más.
<b>Vibración excesiva y sonidos inusuales</b>	Puede ser causado por una hélice defectuosa (golpeada, rota, doblada) o un eje desalineado.	Pérdida de potencia, sobrecalentamiento y a largo plazo, daño total de la unidad.
<b>Perdida de Potencia</b>	Esto puede ser causado por bobinas defectuosas (verificar si hay goteo de aceite u otro tipo de fluido), cables de bujías defectuosos (rotos, astillados, divididos) o un distribuidor defectuoso (tapa rota, puntos de contacto desgastados), así como partes eléctricas menores (platinos, condensador, etc.).	Fuerza a la embarcación a disminuir su velocidad, haciéndola ineficiente.
<b>Arrancador eléctrico defectuoso</b>	Puede deberse a puntos de contacto eléctricos sucios, sueltos, sulfatados u oxidados, así como a una batería que tiene menos potencia de la necesaria o que tiene una carga débil. No se debe descartar la posibilidad de que el motor de arranque tenga carbones de encendido desgastados o que los dientes del volante estén rotos.	Limita en gran medida el desempeño de las unidades, haciéndolas ineficientes en un inicio, y luego daño total.

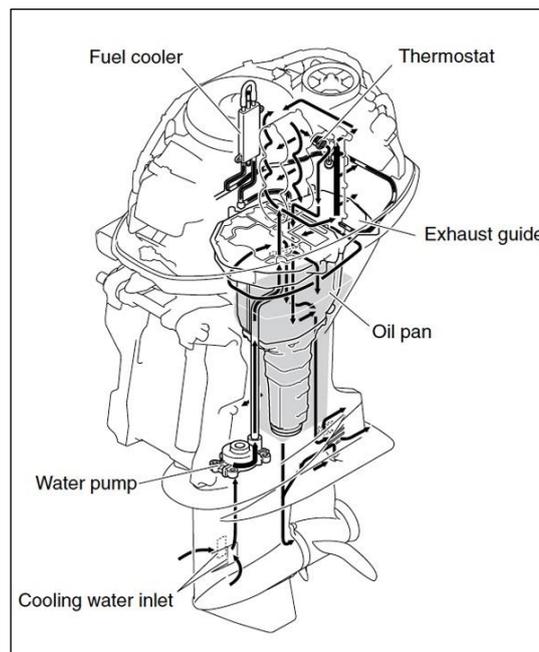
#### 1.4.5. Sistema de enfriamiento de un MFB: bomba de agua e impeler

El sistema de enfriamiento de un motor fuera de borda es una aplicación técnica y compacta, que opera mediante la inducción de agua a través de la unidad inferior, mediante un impulsor de bomba de agua [19]. Posteriormente, esta agua es forzada hacia arriba para circular por todo el cabezal de potencia antes de salir a través del sistema de expulsión, ver Figura 1.6. Existen varios aspectos relacionados con el sistema de enfriamiento del motor fuera de borda que requieren mantenimiento periódico o atención específica en determinados momentos.

#### Figura 1.6

*Configuración del sistema de enfriamiento de un MFB*

*Fuente: Yamaha,2023 [20]*



Por lo general, los problemas en el sistema de enfriamiento del motor fuera de borda surgen debido a la falta de mantenimiento básico, como el cambio anual del impulsor (impeler) y el enjuague regular con agua dulce en motores utilizados en agua salada para evitar la corrosión y la formación de incrustaciones [15], [16]. Estos problemas suelen derivar de dos

fuentes principales: el fallo del impulsor o la obstrucción parcial de los conductos de agua debido a depósitos de sal y calcio.

Como mínimo, se recomienda reemplazar el impulsor de acuerdo con el manual, por ejemplo, cada 200 horas [15]. Con el tiempo, las paletas se vuelven rígidas y funcionan menos efectivamente, lo que puede provocar el sobrecalentamiento del motor. Si se extiende su uso más allá de lo recomendado, pueden aparecer grietas en las raíces de las paletas y existe el riesgo de que estas se rompan dentro del sistema de enfriamiento [19].

#### **1.4.6. Sistema de lubricación de un MFB**

Los motores de cuatro tiempos reciben lubricación mediante un sistema de aceite a presión [15]. Una bomba de aceite, impulsada por el árbol de levas, extrae el aceite almacenado en el cárter y lo presuriza a una presión máxima regulada por una válvula de descarga, posteriormente lo dirige a través de distintos conductos que distribuyen el aceite a los cojinetes del cigüeñal, los cojinetes del árbol de levas y los brazos de balancín (ver Figura 0.1 en Apéndice A). Luego, debido a la gravedad, el aceite vuelve al cárter a través de canales específicos. Asimismo, un filtro de aceite integrado en el circuito se encarga de filtrar el aceite, manteniendo su limpieza y eficacia en la lubricación de los componentes del motor [16].

El aceite destinado a motores de cuatro tiempos requiere una formulación específica con aditivos diseñados para minimizar el desgaste del motor, prevenir la acumulación de depósitos y mantener la limpieza de este durante períodos prolongados de funcionamiento. Entre los aditivos más comunes se encuentran los detergentes, dispersantes, modificadores de fricción y agentes anti-desgaste, los cuales trabajan en conjunto para evitar la formación de lodo y barnices en el motor, reducir la fricción entre las piezas móviles y mejorar las propiedades de flujo del aceite [21].

Mantenerse al día con los cambios de aceite programados es crucial para mantener el rendimiento óptimo de un motor fueraborda de cuatro tiempos que trabaja arduamente. Se debe revisar el programa de mantenimiento en el manual del propietario [15]. La mayoría de los motores fueraborda de cuatro tiempos requieren un cambio de aceite anualmente o después de cada 100 horas de operación (ver Figura 1.7) [16]. Es recomendable cambiar el aceite del motor al preparar el barco para su almacenamiento a largo plazo o fuera de temporada, incluso si el uso estacional no se acerca a las 100 horas. En el caso de las interislas de Galapagos, estas solo se mantienen inoperativas una vez al año al subir a dique. Durante la operación, el aceite del motor acumula subproductos ácidos de la combustión que pueden ser perjudiciales para los componentes internos del motor si se dejan en el motor durante el almacenamiento[22].

### **Figura 1.7**

*Aceite para MFB de 4 tiempos antes y después del uso*

*Fuente: [19]*



## **Capítulo 2**

## 2. METODOLOGÍA

Para alcanzar los objetivos del proyecto se ejecutaron las siguientes actividades, siguiendo un modelo de estudio mixto [23]:

- Revisión de fuentes secundarias: manuales de los fabricantes de MFB comúnmente utilizados en las lanchas interislas, y estudios en general sobre el desarrollo y mantenimiento de estos.
- Recolección de información en fuentes primaria: entrevistas con distribuidores autorizados de MFB, de igual forma en talleres especializados en su reparación y mantenimiento en la ciudad de Guayaquil.
- Recolección de información en fuentes primarias: Entrevistas y encuestas dirigidas a los armadores y personal encargado de reparación y mantenimiento de MFB en Santa Cruz, Galápagos.
- Procesamiento de datos: comparación de la operación control y mantenimiento de los motores en Santa Cruz con los criterios recomendados por fabricantes y expertos.

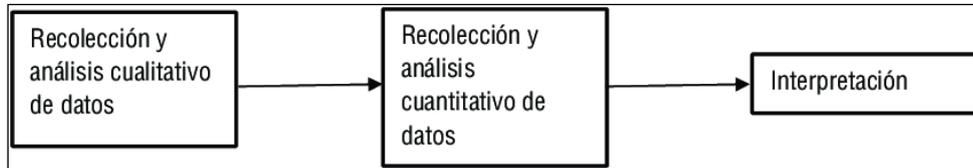
Estas fases se desarrollaron en dos etapas:

En la primera se aplica un modelo exploratorio secuencial (MES), el cual, en su variante derivativa, implica la recolección y análisis secuenciales de datos cuantitativos basados en los resultados obtenidos cualitativamente [24], ver Figura 2.1. Aplicado este método a los lineamientos del presente proyecto, se pueden conectar las tres primeras fases dado que, se parte de la recopilación de fuentes secundarias para luego recolectar e interpretar los datos en las fases II y III, los cuales provienen de fuentes primarias.

### Figura 2.1

Diagrama del Modelo exploratorio secuencial (MES)

Fuente: [24]

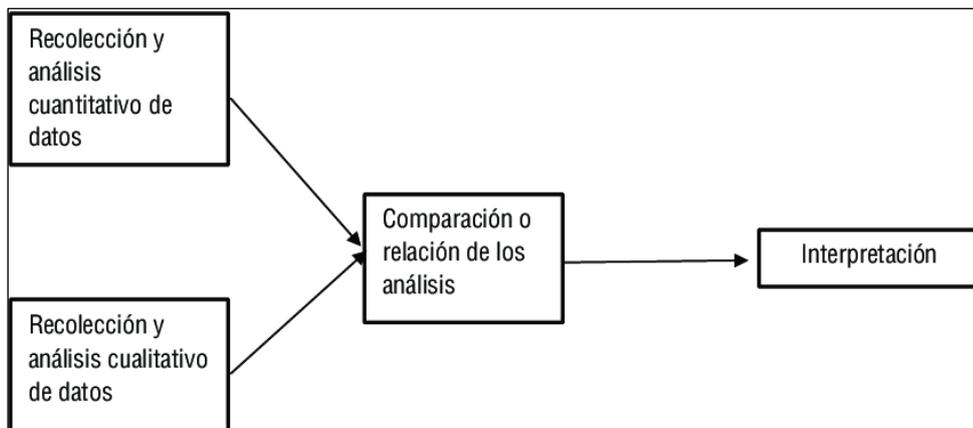


Para la segunda etapa, se aplica de igual forma un diseño de estudio mixto, conocido como modelo paralelo convergente (MPC), el cual implica el uso simultáneo de enfoques cuantitativos y cualitativos para abordar una misma pregunta de investigación [25], ver Figura 2.2. Este método es aplicado a la fase IV de esta metodología, en la cual se combinan los resultados proporcionados por tanto fuentes primarias, como secundarias, para presentar el producto final.

### Figura 2.2

Diagrama del modelo paralelo convergente (MPC)

Fuente: Hanson, 2005 [24]



Se justifica el modelo presentado, en base a los requerimientos necesarios para alcanzar los objetivos específicos planteados en el capítulo 1, en los cuales la problemática de los MFB de las interislas debe ser diagnosticada, para finalmente proponer alternativas adecuadas.

## **2.1. Fase I: Revisión de fuentes secundarias**

Considerando los datos presentados en el marco teórico, capítulo 1, como parte de esta fase, se describe a continuación información complementaria.

### **2.1.1 Selección adecuada de un MFB: potencia, pata de transmisión y hélices**

Como se mencionó anteriormente, la falta de análisis técnico al momento de seleccionar el MFB adecuado para una embarcación, es un factor común entre los armadores de las interislas en Galapagos. Principalmente al momento de seleccionar la potencia de un MFB, múltiples factores deben ser tomados en consideración:

- Estudio de la resistencia total de la embarcación a ser propulsada, dado que, las pruebas realizadas en barcos de tamaño real y modelos a escala indicaron que la energía necesaria para mover un barco a través del agua estaba directamente ligada a la resistencia que el casco experimenta al desplazarse en el fluido [26]. Si la potencia seleccionada no es la adecuada, y en el caso de tratarse de un sobredimensionamiento, puede causar gran inestabilidad en la embarcación [27].
- Selección adecuada de la pata de transmisión, en base a la longitud requerida: La longitud del eje se mide desde la parte inferior del soporte de montaje, donde descansa en el espejo de popa hasta la parte superior de la placa de cavitación [28], ver Figura 2.3. Por tanto, es correcto afirmar que el criterio de selección es la altura del espejo del bote; en el caso de los modelos Suzuki, las medidas estandarizadas se presentan en la Tabla 2.1.

**Tabla 2.1**

*Medidas de patas estándar para modelos Suzuki*

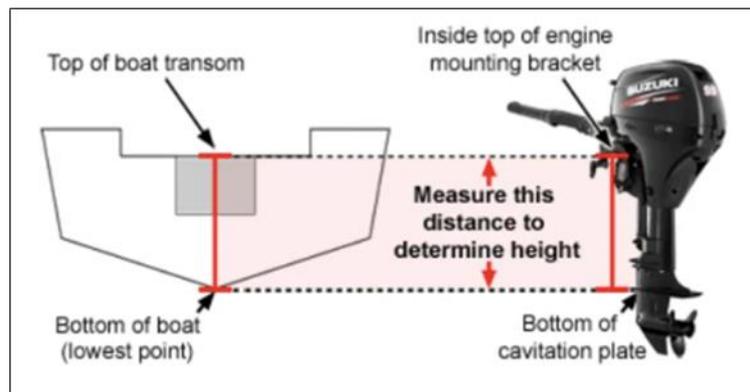
*Fuente: Suzuki Marine, 2023 [28]*

<i>Medida de altura</i>	<i>Longitud de pata recomendada</i>
14" - 17.25"	15" Shaft (corto)
17.25" - 19.5"	Varía de acuerdo con la aplicación
19.5" - 22.5"	20" Shaft (largo)
22.5" - 27"	25" Shaft (extralargo)

**Figura 2.3**

*Criterio de selección, para medida de pata de transmisión*

*Fuente: Suzuki Marine, 2023 [28]*



- Selección adecuada de la hélice, dado que, un propulsor eficiente es uno de los componentes esenciales del sistema de propulsión en lanchas rápidas, que funcionan con MFB, ya que resulta en características adecuadas de rendimiento del propulsor en aguas abiertas (coeficiente de empuje (KT), coeficiente de par (KQ) y eficiencia en aguas abiertas ( $h_0$ )) [29], [30]; las series Gawn presentan una mejor aplicabilidad, comparadas con las Wageningen [31] (ver Figura 2.4). Entonces resulta adecuado pensar que, el potencial de mejorar el desempeño de las hélices marinas para

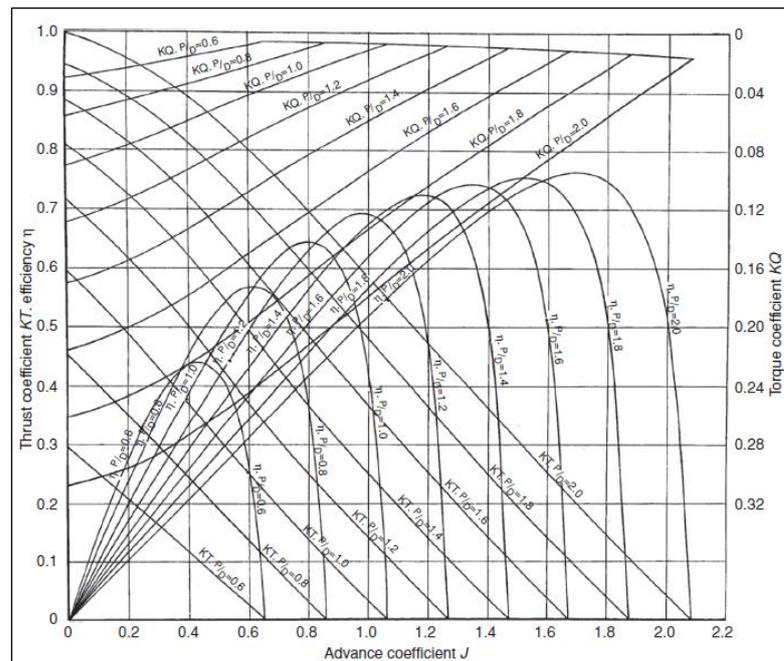
barcos de alta velocidad podría generar un incremento notable en la rentabilidad para los fabricantes de motores marinos, al desarrollar hélices más eficientes [32].

Con respecto a este punto, si las palas de la hélice tienen demasiado paso, el motor operará por debajo del rango normal a plena aceleración. Esto puede provocar daños en el motor debido a la pérdida de potencia. Si las palas de la hélice tienen muy poco paso, el motor operará por encima de su rango normal y puede ocurrir daño por sobrepasar la velocidad recomendada. Por tanto, pasar por alto estas recomendaciones podría tener un impacto directo en la aceleración del bote, la velocidad máxima, el consumo de combustible, e incluso la vida útil del motor [27].

### Figura 2.4

*Curva Típica  $K_t$ ,  $K_q$ , para hélices de la serie Gwan*

*Fuente: Molland, 2017 [31]*



### **2.1.2 Instalación de un MFB**

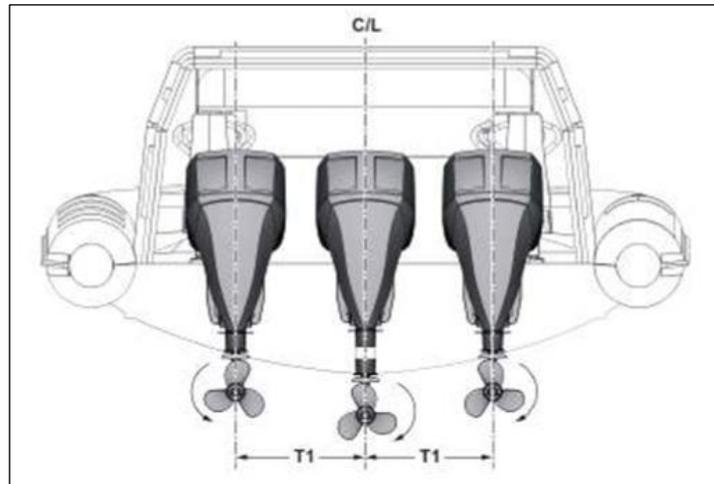
La correcta instalación de un MFB, en arreglos de 2 y 3 motores (ver Figura 2.5), juega un papel fundamental en el correcto desempeño de la embarcación. Si el motor está demasiado elevado, puede provocar ventilación al tomar una curva, lo que resulta en una pérdida de tracción de la hélice en el agua y un aumento de las revoluciones del motor [33]. Este problema también puede ocurrir al navegar en línea recta, causando un efecto similar al tener algas en la hélice. Cuando el motor se encuentra elevado en exceso, se reduce el área de agua que llega a la hélice, lo que disminuye su capacidad de propulsión. Este fenómeno es especialmente crítico a velocidades más bajas, ya que esencialmente se reduce el diámetro efectivo de la hélice [33].

En el artículo de una revista de navegación en 2019, se presentó la comparación de dos arreglos de motores fuera de borda, de la marca Yamaha: dual y triple en dos lanchas con características similares a las de las interislas, en términos de formas y tipo de construcción. Las Figura 0.2. y Figura 0.3 en el Apéndice A, muestran los resultados de estas pruebas. En esta evaluación, los motores triples de 300 HP (modelo F300 V-6s, 1.17:1 reducción) lograron planear a 18 mph, mientras que los motores gemelos de 425 HP (425 XTO Offshore V-8 2.037:1 reducción) necesitaron alcanzar las 25 mph para mantenerse en el planeo [34]. Nuevamente, el área adicional de las tres hélices y el menor peso de los motores triples de 300 HP explican la menor velocidad de planeo. Sin embargo, los motores triples mostraron una eficiencia de combustible un 10 por ciento inferior (0.88 mpg) en comparación con los motores gemelos de 425 HP (0.98 mpg) a esa velocidad [34]. En base a la experiencia, es muy poco probable que los armadores de las interislas en Galápagos, conozcan de este tipo de aplicabilidad de los MFB en arreglos variados, de acuerdo con los requerimientos operativos. Por tanto, el montaje adecuado de los motores puede igual no estar siendo considerado.

## Figura 2.5

Arreglo triple de MFB en lancha rápida

Fuente: OXE Manual 1.0 [27]



### 2.1.3 Mantenimiento de un MFB

Los motores fuera de borda requieren cuidado y mantenimiento regular para garantizar su fiabilidad y contribuir a una experiencia de navegación segura y placentera. Al igual que cualquier dispositivo mecánico, estos motores pueden enfrentar una variedad de problemas con el tiempo. Algunos de los problemas comunes incluyen dificultades para arrancar, pérdida de potencia, ruidos anormales, sobrecalentamiento, emisión de humo, problemas de combustible, entre otros [14]. La experiencia de cualquiera de estos problemas puede representar un inconveniente significativo, por lo que es crucial abordarlos de manera oportuna para evitar daños adicionales.

Los fabricantes Suzuki y Yamaha recomiendan en sus manuales, llevar una tabla de control de mantenimiento, a fin de llevar un registro ordenado de las prácticas realizadas a los MFB. Explican que ciertas actividades, como el cambio de aceite, no necesitan la intervención de mano de obra calificada [16], y más bien inducen a los compradores a familiarizarse mejor

con sus unidades. Un modelo típico de tabla de mantenimiento se presenta en la Figura 0.4, del Apéndice A.

## **2.2. Fase II: Recolección de datos en fuentes primarias (levantamiento en Guayaquil)**

Una vez completado el levantamiento de información de la fase 1, se procedió con la recopilación de información en fuentes primarias, en este caso: casa comercial distribuidora de MFB de la marca Yamaha, Almacén Juan Eljuri, y un centro de reparación y mantenimiento de MFB con mano de obra japonesa calificada, Talleres Kurata (ver evidencias, Figura 0.5, Figura 0.6 y Figura 0.7 en Apéndice A). En este último, fui recibido por el técnico Julio Romero, el cual supo explicar que, los motores tratados en el taller comprendían por lo general MFB utilizados para operar en el golfo del Río Guayas, generalmente para pesca, por tanto, las condiciones operativas no serían similares a las de los MFB usados en las interislas de Galápagos.

A pesar de esto, el señor Romero tuvo toda la predisposición en aclarar dudas respecto al funcionamiento, mantenimiento y reparación de los MFB de forma general. Cabe destacar que de esta experiencia se pudo corroborar de forma práctica, toda la información levantada en la fase I de este proyecto, así como identificar prácticas no adecuadas de mantenimiento preventivo, lo cual sirvió como punto de partida en la elaboración de la encuesta descrita en la siguiente fase.

## **2.3. Fase III: Recolección de datos en fuentes primarias (levantamiento en Santa Cruz)**

Una vez completadas las dos primeras fases, se procedió con la selección de la isla en la cual se harían las encuestas, siendo Santa Cruz, el punto de partida de las rutas establecidas [9]. Debido que la “población” a encuestar comprendían los 26 armadores registrados con lanchas interislas en el archipiélago [7], no fue posible establecer un número de muestra, debido a la población limitada. Además, el viaje estuvo programado para el mes de octubre,

considerado época baja en términos de afluencia de turistas [6] por tanto no se esperaba encuestar a los 26 armadores.

En base a la información recopilada hasta este punto, se diseñó un modelo de encuesta, enfocado en recopilar datos significativos sobre la operación diaria de los MFB, técnicas de mantenimiento preventivo y correctivo con sus costos, problemas más recurrentes y con cuanta frecuencia (ver modelo de encuesta en Figura 0.8 del Apéndice A) así como apreciaciones personales de los armadores, respecto al origen de la problemática, y sus posibles alternativas.

### **Figura 2.6**

*Visita al taller de MFB en el parque artesanal en Santa Cruz, octubre 2023*



La visita a Santa Cruz se realizó entre los días 6 y 11 de octubre del 2023, y se logró entrevistar a 8 de los 10 armadores operando durante esos días, lo cual representa poco más de la tercera parte del total de registrados por la SPTMF. En el Apéndice A, las Figura 0.9, Figura 0.10, Figura 0.11y Figura 0.12son evidencia del viaje y las entrevistas realizadas. Durante la visita también se pudo visitar el taller encargado de mantenimiento y reparación de MFB, ver Figura 2.6.

#### **2.4. Fase IV: Interpretación conjunta de información recopilada**

Los datos recolectados mediante la encuesta, a los armadores de las interislas en Santa Cruz, se presentan en las Tabla 0.1 y Tabla 0.2 en el Apéndice A. Además de los armadores, se pudo tener una entrevista directa con el encargado del único taller de reparación y mantenimiento de MFB, el señor Dionisio Cortez, ubicado en el parque artesanal de la isla, y de lo cual, destacan los siguientes datos:

- La inversión por adquisición de motor oscila entre \$25K y \$36K, dependiendo de la marca. Las marcas más comunes son Suzuki, con modelos de 200 a 300 HP (Suzuki DF250 a 5000 RPM). Algunos propietarios prefieren los modelos de Yamaha por considerar que es una marca superior en cuanto a rendimiento, pero los distribuidores de MFB en el continente no son tan fáciles de manejar.
- La vida útil regular es de hasta 2 años o 3K-4K horas de operación, siendo los daños más comunes: rotura del cigüeñal, grietas en las paredes del cilindro, daños en la unidad inferior y placas de motor defectuosas. Esto implica una inversión de \$10K - \$15K y el motor funciona correctamente durante un año más.
- Después de 3 años de operación total (incluido el año adicional añadido con la inversión de \$10-15K), los motores ya no son útiles y, en algunos casos, los propietarios los conservan como fuente de repuestos.
- Por lo general, después del primer año de operación, la pata del eje (unidad inferior) se daña. Los signos de este tipo de daño son: pérdida de aceite de la caja de cambios, ruidos de molienda, motor bloqueado, pérdida de aceite del eje de la hélice y hélice doblada o dañada.

- Todos los propietarios entrevistados confirman que no se realizó ninguna revisión técnica para seleccionar y montar los motores. Específicamente, no se tuvieron en cuenta conceptos navales para seleccionar: la longitud del eje, las hélices o el montaje correcto (la mayoría de las interislas utilizan matrices de 3 motores, algunos de ellos con diferentes potencias y características). Básicamente, no tienen estudios técnicos y apoyo para la selección de características tan importantes.

- Todos los propietarios de embarcaciones están en el centro de riesgo, por lo que un programa de financiamiento sería beneficioso para ellos.

- La mayoría compra marcas de Suzuki en Comandato porque les ofrecen un crédito de 24 meses, a veces terminan de pagar el motor y es hora de comprar uno nuevo. Gastan alrededor de \$80K en 3 motores, con un pago inicial de al menos \$15K.

En el siguiente capítulo se mostrarán los resultados comparativos de la información levantada en Santa Cruz, con las recomendaciones técnicas especificadas en la fase I.

## **Capítulo 3**

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

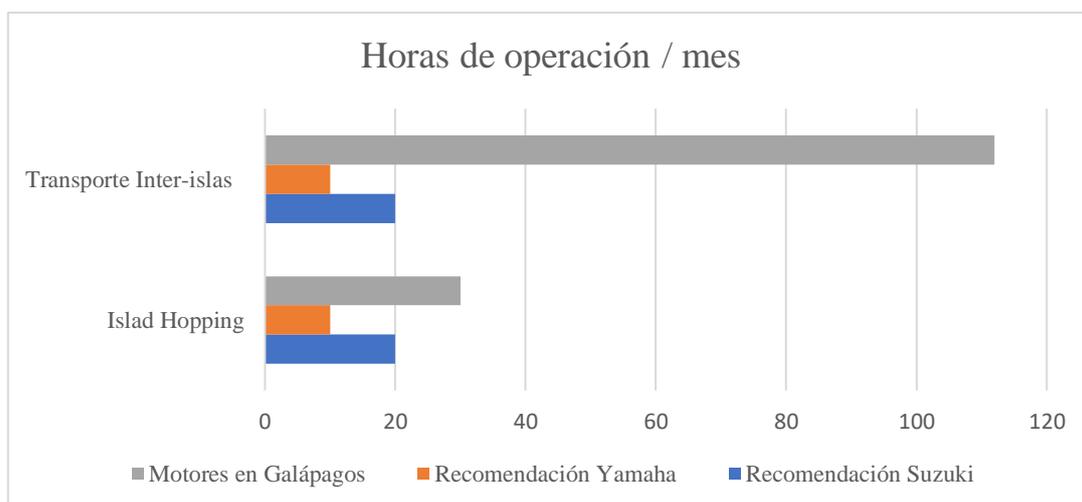
De acuerdo con los datos recopilados de la encuesta en Santa Cruz, las recomendaciones de los fabricantes para la prevención y mantenimiento, así como la revisión bibliográfica sobre las condiciones operativas adecuadas, el mantenimiento y la reparación. Los resultados incluyen soluciones viables para aumentar la vida útil de las unidades.

#### 3.1 Verificación de horas de operación recomendadas de acuerdo con el fabricante

La Figura 3.1 muestra una comparación de la cantidad de horas en operación tanto para el transporte entre islas, como para las actividades de "Island Hopping", con las recomendadas por los fabricantes Suzuki y Yamaha por mes. Se observa que, en este caso particular de interés, el transporte entre islas, la cantidad de horas es al menos 5.6 veces superior a la recomendada por los fabricantes.

**Figura 3.1**

*Horas de operación mensual recomendadas por fabricantes Yamaha y Suzuki versus la operación en Galápagos*



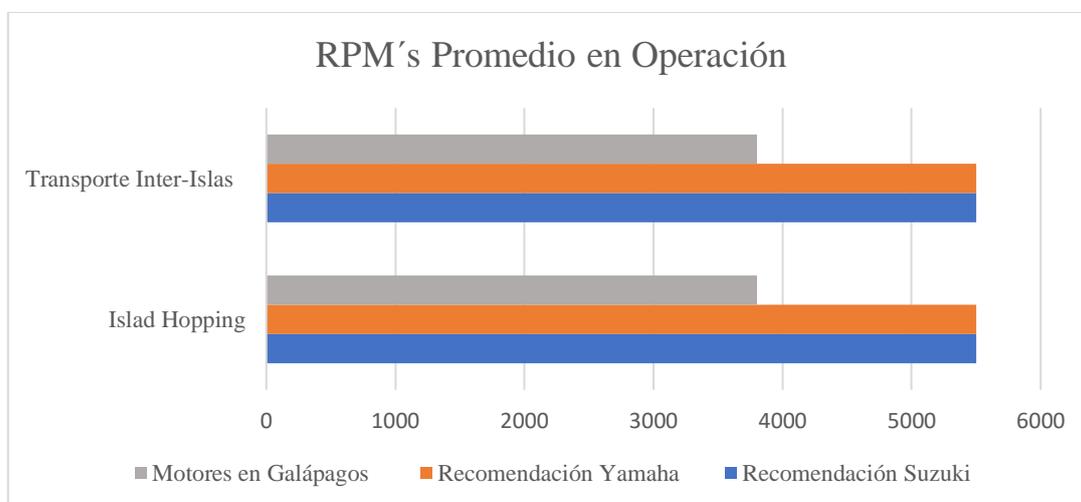
### 3.2 Verificación de RPM's promedio en operación

La Figura 3.2 muestra el rango de RPM's promedio al cual operan los motores fuera de borda en las interislas, comparado con las especificaciones técnicas de acuerdo con el modelo, de ambos fabricantes, Yamaha y Suzuki.

No hay evidencia ni estudio en motores fuera de borda que indique que operar a RPM's más bajas reduce la vida útil de la unidad; por el contrario, según los propietarios de las interislas, operar a RPM's más bajas les permite reducir el consumo de combustible en al menos un 30%, y como ya se mencionó previamente, las revoluciones típicamente dependen del estado de mar en el que se opera.

**Figura 3.2**

*RPM's promedio de operación de los MFB en las interislas, versus los establecidos por fabricantes según el modelo*



### **3.3 Verificación de octanaje mínimo en combustible**

Los valores mínimos de octanaje requeridos para ambas marcas, Suzuki y Yamaha son de 90 y 91 octanos respectivamente, en comparación con la gasolina Extra distribuida en el archipiélago, la cual, según Petroecuador contiene 85 octanos.

De acuerdo con los manuales de ambas marcas, el combustible de baja calidad se quema rápidamente y con frecuencia genera residuos sucios. Esto puede representar un riesgo para el motor, causando posiblemente daños a componentes cruciales como los filtros de combustible y los inyectores de la bomba. El combustible de baja calidad también puede obstaculizar el rendimiento óptimo del motor y aumentar el consumo de combustible de la unidad.

Los resultados hasta ahora mostrados comprenden las condiciones bajo las cuales operan los motores fuera de borda de las interislas en Galápagos. Por otro lado, los resultados que se presentan a continuación representan el tiempo destinado a prácticas de mantenimiento, medidas en horas de operación de las unidades.

### **3.4 Verificación de prácticas de mantenimiento por horas de operación**

La Figura 3.3 muestra las diferencias en el programa de mantenimiento; destaca la diferencia significativa, especialmente en el reemplazo del impeler, una parte crítica de la bomba de agua en el sistema de enfriamiento de la unidad. El resultado es el sobrecalentamiento del motor, lo que puede dañar las paredes del cilindro, los anillos del pistón, la bomba de agua y más.

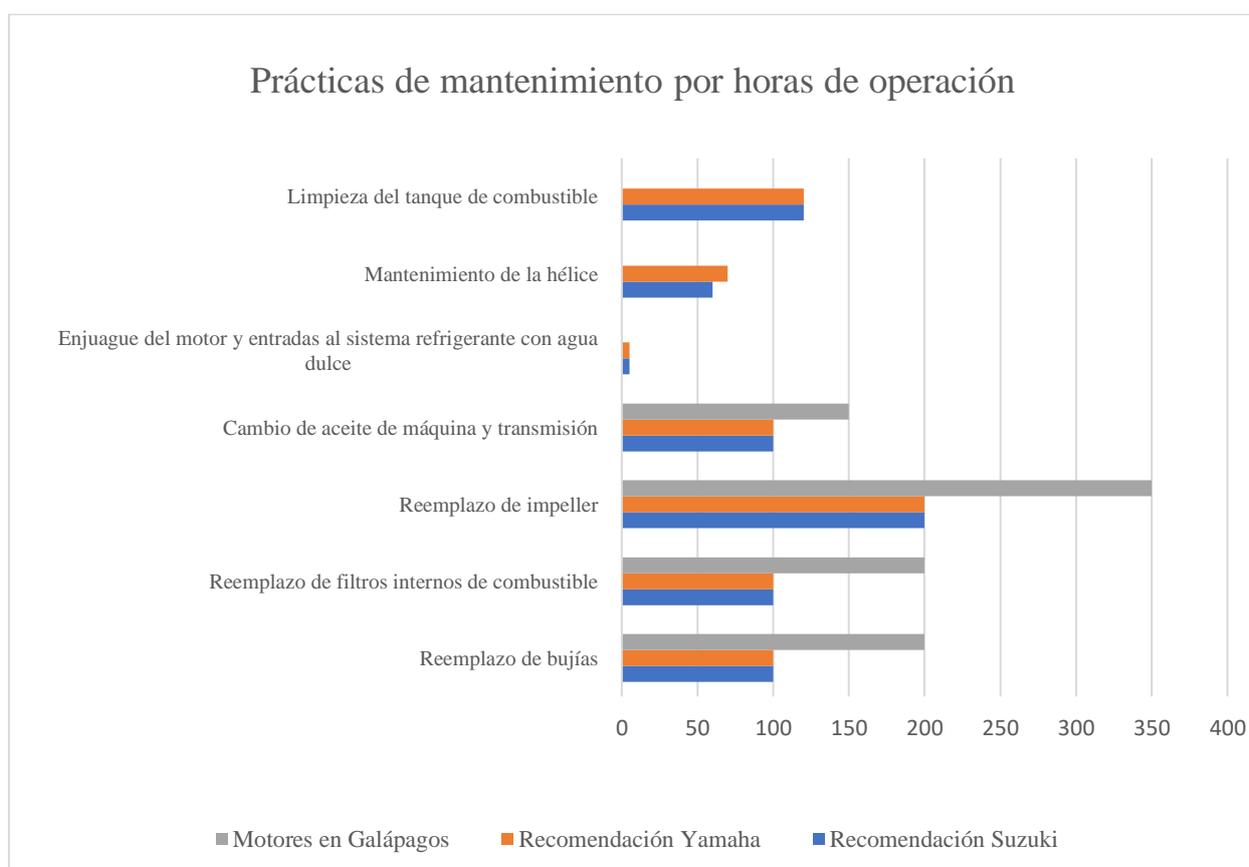
No obstante, la causa principal a menudo radica en descuidar el mantenimiento de la bomba de agua. Si no se reemplaza según el programa recomendado por el fabricante, las paletas de la bomba pueden desgastarse o romperse. En cualquiera de estos casos, la bomba puede fallar al suministrar eficientemente agua de enfriamiento al motor. Además, fragmentos

de la paleta dañada pueden quedar atrapados en los conductos de enfriamiento, causando obstrucciones. En cualquiera de estas situaciones, el motor corre el riesgo de sobrecalentarse.

Es importante señalar que, según los datos recopilados, los propietarios dedican en promedio 50 horas más para reemplazar el aceite del motor y la transmisión en comparación con las recomendaciones de Suzuki y Yamaha. Esto puede provocar que el motor no se desplace correctamente, y la principal causa de falla en la transmisión es la falta de fluido o aceite, por lo que es imperativo mantener esos niveles llenos y cambiarlos según lo indicado.

### Figura 3.3

*Prácticas de mantenimiento por horas de operación, de acuerdo con los fabricantes de motores y la situación en Galápagos*



Además, en la Figura 3.3 también se observa que los propietarios de las lanchas interislas en Galápagos, esperan el doble de tiempo para verificar y reemplazar las bujías de los motores

en comparación con las recomendaciones de Suzuki y Yamaha. Esto puede hacer que el motor pierda potencia, vibre o sea difícil de encender cuando está frío, como se mencionó anteriormente. Si se encuentra humedad de aceite al revisar las bujías, puede ser un indicador de una falla grave, como deficiencias en los anillos de compresión o grietas en las paredes del cilindro [14].

Se observa en la figura 3.53 que, para las tres primeras prácticas, relativamente simples, ninguno de los propietarios entrevistados tenía conocimiento al respecto.

La corrosión plantea una preocupación significativa que debe abordarse de inmediato. Por lo general, el primer signo se manifiesta como burbujas o ampollas leves en la pintura del motor fuera de borda. El principal catalizador de la corrosión es el agua salada; por lo tanto, es crucial enjuagar y purgar a fondo el motor con agua dulce y limpia después de cada salida en agua salada. Otra medida preventiva implica la aplicación de un inhibidor de corrosión, formando un recubrimiento protector para salvaguardar la superficie contra la corrosión.

La identificación de una hélice doblada o dañada sirve como indicador de que la unidad inferior puede haber sufrido daños. Problemas con la hélice suelen derivarse de colisiones con obstáculos submarinos, incidentes de encallamiento o impactos con troncos flotantes y otros objetos [32].

La limpieza del tanque de combustible es imperativa para garantizar la buena calidad del combustible, lo cual está directamente relacionado con el rendimiento de las unidades.

### **3.5 Planteamiento de alternativas, para la extensión de la vida útil de los motores fuera de borda en las interislas**

Como parte de los resultados, se proponen algunas alternativas para extender la vida útil de los motores fuera de borda utilizados en el transporte interislas en Galápagos, basadas

en las comparaciones realizadas anteriormente y en las recomendaciones de algunos autores y expertos en el mantenimiento de unidades fuera de borda.

Las primeras tres recomendaciones, mostradas en la Tabla 3.1, se basan en el hecho que, no se emplean conceptos de ingeniería naval para seleccionar la potencia correcta que debe instalarse en las interislas; además, no hay evidencia de estudios para seleccionar la longitud del eje de manera adecuada o las hélices.

**Tabla 3.1**

*Alternativas propuestas en base a la falta de conocimiento técnico de los armadores, al momento de seleccionar unidades de acuerdo con la potencia requerida, tamaño de pata y hélice adecuada*

<i>Alternativa</i>	<i>Revisión bibliográfica</i>	<i>Referencia</i>
<p><b>Con todos los datos y modelos computacionales de la embarcación, es imperativo determinar la potencia correcta a instalar, basándose en el análisis de resistencia del casco y teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>LÍMITES DEL FABRICANTE:</b> Se logra un rendimiento óptimo de la embarcación al elegir la potencia máxima recomendada por el fabricante de la embarcación. Esto no solo ahorra dinero a largo plazo, sino que también garantiza que la embarcación funcione a máxima eficiencia.</li> <li></li> <li><b>USO DE LA EMBARCACIÓN:</b> El propósito previsto de la embarcación y cómo se utiliza son consideraciones cruciales al seleccionar la potencia adecuada del motor.</li> </ol>	<p>La selección del tipo y tamaño correcto del motor depende del modelo de la embarcación, sus especificaciones, limitaciones del fabricante, el propósito del uso para navegar y pescar, las condiciones y ubicación del agua, así como factores como el consumo de combustible, normativas gubernamentales y otros. (Alberni Power &amp; Marine, 2022)</p>	<p>Alberni Power &amp; Marine (2022). Five points to consider while selecting the outboard size for a vessel, 23 Mar. Available at: <a href="https://www.albernipowermarine.com/blog/5-points-to-consider-while-selecting-the-outboard-size-for-a-vessel">https://www.albernipowermarine.com/blog/5-points-to-consider-while-selecting-the-outboard-size-for-a-vessel</a></p>

---

**4. Otros aspectos importantes a tener en cuenta al seleccionar la potencia son: la relación potencia-peso, la eficiencia del combustible y la capacidad de carga.**

**Una vez seleccionados los motores fuera de borda con la potencia adecuada, es imperativo realizar un estudio para la selección de las hélices correctas, con el fin de garantizar un alto rendimiento y un menor consumo de combustible de las unidades. Este estudio debe seguir los siguientes pasos:**

- 1. Seleccionar el tipo de hélice adecuado depende del uso previsto de la embarcación. Además, toma en cuenta el número de personas que se espera que estén a bordo, las condiciones del agua (poca profundidad, presencia de rocas u otros obstáculos submarinos) y si la embarcación cumplirá múltiples propósitos.**
- 2. Para finalizar el proceso de selección, es esencial realizar una prueba en el agua. A través de esta prueba, identificarás la combinación óptima de la altura de montaje del motor, el estilo de la hélice y la inclinación de la hélice según tus necesidades específicas.**
- 3. Para optimizar el rendimiento de la embarcación, ajusta la altura de montaje del motor a través de un proceso de prueba y error. Comienza con la placa de anti-ventilación del motor alineada con la parte inferior de la embarcación, elevándola gradualmente un agujero a la vez hasta alcanzar el rendimiento máximo. Si el rendimiento disminuye, vuelve a bajar el motor. Considera factores de la hélice como el estilo, el diámetro y la inclinación durante los ajustes, y es posible que se necesite experimentar con diferentes**

La elección de la hélice puede afectar la velocidad máxima de la embarcación en hasta 5 a 10 millas por hora. También tiene un efecto directo en la aceleración, el viraje, la potencia de arrastre y la economía de combustible. En algunos barcos, es posible que se necesite cambiar las hélices para diferentes actividades, como navegar a alta velocidad, esquí acuático o transportar cargas pesadas. Utilizar la hélice incorrecta en cualquiera de estas aplicaciones no solo afectará el rendimiento, sino que también podría causar daños al motor (Evinrude Johnson, 2020).

Se tiene la inclinación correcta de la hélice cuando el motor funciona en el punto medio del rango de RPM de funcionamiento a toda velocidad, con la carga normal y esperada en la embarcación. Este suele ser el punto de máxima potencia. Elegir la inclinación correcta de la hélice para una embarcación y aplicación específica garantizará una larga vida útil del motor, junto con la mejor economía de combustible y rendimiento general (Evinrude Johnson, 2020).

La disminución en el número de palas aumentó la eficiencia de la hélice en casi un 6%. La eficiencia máxima del 70.8% se obtuvo para una hélice con

Evinrude Johnson. 2020. Propeller Selection Guide. Second edition

Gatte. E (2019). Modeling Performance Improvement of high speed boats running on an outboard engine. [Master dissertation, Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology].

---

**hélices para lograr el rendimiento general máximo.**

tres palas. Se concluyó que una hélice con tres palas es adecuada como sistema de propulsión fueraborda para una embarcación de alta velocidad (Gatette, 2019).

**Otro factor importante que los propietarios de embarcaciones interislas no están considerando al seleccionar las unidades fueraborda adecuadas para sus embarcaciones es la longitud del eje. Al elegir una longitud de eje, el punto de partida es la posición de la hélice, específicamente la altura de la placa de cavitación. Esta información guía la selección de la longitud de eje adecuada o, en el caso de la construcción o modificación de la embarcación, ayuda a determinar la altura de la tabla de sujeción de la popa. Comienza revisando a fondo las instrucciones y recomendaciones del fabricante, ya que diferentes tipos y modelos de embarcaciones pueden tener requisitos específicos para ejes cortos o largos. Mide la altura precisa de la popa de la embarcación para determinar la longitud de eje adecuada. Considera la profundidad del agua y los posibles obstáculos en el área principal de navegación.**

La longitud del eje anunciada por el fabricante del motor es la distancia vertical entre el interior de la abrazadera y la placa de cavitación. Muchos motores pequeños, de 10HP o menos, tienen ejes de alrededor de 17.5 pulgadas (45 cm). Los motores usados en la propulsión de veleros a menudo tienen ejes inusualmente largos para su tamaño. Motores muy grandes, de 250 HP o más, pueden tener ejes de 30 pulgadas de longitud. (SVB, 2020) La mayoría de las embarcaciones de planeo funcionarán mejor con la placa de cavitación al ras con la parte inferior de la embarcación o un poco por encima: 1/2 pulgada es común. Las embarcaciones más lentas, como los barcos de trabajo o cascos de desplazamiento, necesitan que la hélice esté más baja no solo para obtener un mejor "agarre" en el agua, sino también para evitar la aireación cuando la embarcación se balancea (caballito de mar).

SVB (2020) The right shaft length for your outboard motor. Available at: <https://www.svb24.com/en/guide/the-right-shaft-length-for-your-outboard-motor.html>

---

Las últimas seis recomendaciones planteadas en la tabla 3.2, se basan en el mantenimiento preventivo adecuado de las unidades. Algunas de estas alternativas pueden ser realizadas por los amadores sin la necesidad de un técnico experto en motores fuera de borda.

**Tabla 3.2**

*Alternativas propuestas en base a la operación continua de los MFB en las interislas en Galápagos. Se plantean estas en base a las prácticas reportadas por los armadores*

<i>Alternativa</i>	<i>Revisión bibliográfica</i>	<i>Referencia</i>
<p><b>Para mantener las hélices de los motores fueraborda en buen estado, aquí se tienen algunas recomendaciones de mantenimiento preventivo:</b></p> <p><b>Inspeccionar y Lubricar el Eje de la Hélice:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Consultar los manuales del motor para conocer la frecuencia recomendada de mantenimiento del propulsor y del eje de la hélice.</b></li> <li>• <b>Verificar, limpiar y engrasar regularmente el eje de la hélice, especialmente si la embarcación se mantiene frecuentemente en el agua, como el caso de las interislas.</b></li> <li>• <b>Para inspeccionar el eje de la hélice, retirar el propulsor para facilitar el acceso. Buscar desechos, como hilos de pesca, y examinar el sello. Si se evidencia desgaste, consultar a un profesional certificado antes de volver a utilizar la embarcación. • Si el eje de la hélice y el sello están en buen estado, se vuelve aplicar grasa para la lubricación durante la reinstalación.</b></li> </ul> <p><b>Prevenir la Corrosión de las Hélices:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Enjuagar la embarcación y las hélices a fondo después de cualquier exposición al agua. En el caso de los fuerabordas en Santa Cruz, los propietarios deben aplicar esta práctica diariamente.</b></li> <li>• <b>Usar un detergente suave para eliminar la acumulación de aceite, sal y grasa. Proteger aún más las hélices con un</b></li> </ul>	<p>Las características de rendimiento de una hélice marina se ven afectadas por diferentes factores. En la búsqueda de mejorar el rendimiento de la hélice en aguas abiertas, varios investigadores han emprendido estudios de diferentes parámetros, como parámetros geométricos y el campo de flujo alrededor de la hélice.</p> <p>Los parámetros geométricos de diseño que influyen en el rendimiento de la hélice incluyen el diámetro, la inclinación, la relación de inclinación a diámetro, la velocidad de rotación, el número de palas, el ángulo de sesgo, la relación de área de la pala, la forma de la pala y el grosor de la pala (Gatete, 2019).</p> <p>Verifica que las palas de la</p>	<p>Gatte. E (2019). Modeling Performance Improvement of high speed boats running on an outboard engine. [Master dissertation, Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology].</p>

---

**lubricante repelente al agua como el CR6-56.**

**Verificar el Desgaste de las Hélices:**

**• Las hélices de las embarcaciones sufren una fuerza significativa en el agua, lo que conduce al desgaste con el tiempo. Inspeccionar regularmente las hélices en busca de abrasiones, mellas, cortes y grietas finas después de cada uso.**

**• Abordar los signos menores de desgaste utilizando una lima para eliminar las áreas afectadas.**

**Abordar los Daños Mayores en las Hélices:** • **Inspeccionar a fondo las aspas de la hélice antes de cada uso de la embarcación. Si se observan daños importantes como abolladuras, grietas o abolladuras, evita usar la hélice.**

**• Retirar la hélice dañada y envíala para su reparación o reemplazarla. Las hélices de acero inoxidable pueden restaurarse si no están gravemente dañadas, mientras que las hélices de aluminio suelen reemplazarse.**

hélice no estén desgastadas, dañadas, torcidas o corroídas.

A veces es posible enderezar una pala doblada. Trabaja en un banco de trabajo. Ajusta la pala utilizando un mazo. Verifica que los bordes de la pala no estén demasiado deteriorados. Si lo están, límalos para lograr un grosor uniforme. Reemplaza la hélice si una o más de las palas están desgastadas, dañadas o agrietadas. Las palas dañadas causan vibraciones excesivas y destructivas. (Pallas, 2019)

---

**Los propietarios de las interislas en Santa Cruz deben integrar en su plan de mantenimiento el enjuague diario de todos los agujeros de entrada (partes del sistema de refrigeración) con agua dulce después de las operaciones para evitar la corrosión en las partes internas de las unidades. Suzuki y Yamaha recomiendan hacerlo con el motor en posición vertical y proporcionan los siguientes pasos utilizando un dispositivo de enjuague adecuado:**

Durante el curso del uso normal, la bomba de agua puede aspirar barro, arena y sedimentos, que luego fluyen a través del motor. También puede ocurrir crecimiento marino detrás de las pantallas de entrada, interrumpiendo el flujo de agua hacia el motor. Con el tiempo, los desechos pueden acumularse en los pasajes de enfriamiento del fueraborda. Esta acumulación

- 
1. **Asegurarse de que el motor no esté en funcionamiento.**
  2. **Colocar el dispositivo de enjuague de manera que las copas de goma en el accesorio cubran los agujeros de entrada de agua.**
  3. **Conectar una manguera de jardín al dispositivo de enjuague y activar el flujo de agua para asegurar una cantidad suficiente, permitiendo que el agua en exceso fluya alrededor de las copas de goma en el accesorio.**
  4. **Colocar la manija de control remoto en la posición de NEUTRO, retirar la hélice, arrancar el motor y dejarlo funcionar en ralentí.**
  5. **Si es necesario, ajustar el flujo de agua para asegurar que todavía haya una cantidad suficiente de agua en exceso fluyendo alrededor de las copas de goma.**
  6. **Dejar circular el agua durante unos minutos.**
  7. **Detener el motor y, posteriormente, apagar el agua.**
  8. **Retirar el dispositivo de enjuague y limpiar la superficie del motor.**

puede dañar la hélice de goma de la bomba de agua y la carcasa de plástico. Con el tiempo, la acumulación también puede restringir la cantidad de agua disponible para el motor, lo que resulta en un enfriamiento deficiente y daño al motor. Incluso puede promover la corrosión en el sistema de escape debido a las temperaturas elevadas del motor, junto con los efectos del uso de combustibles mezclados con etanol (Yamaha, 2019).

Después de operar en agua turbia, salobre o salada, se debe enjuagar los pasajes de agua y la superficie del motor con agua limpia y fresca. Si no se enjuagan los pasajes de agua, la sal puede corroer el motor y acortar su vida útil. (Suzuki, 2020)

El motor fuera de borda debe ser enjuagado después de cada uso en agua salada o sucia. El enjuague con agua dulce

---

limpia eliminará la mayoría de los contaminantes (arena, sedimentos, barro, etc.) y los expulsará de los pasajes en el sistema de enfriamiento. Quizás aún más importante, el enjuague elimina la acumulación de sal, que puede provocar un enfriamiento deficiente y la corrosión del bloque del motor y la sección media. (Yamaha, 2019)

---

**La mayoría de los sitios web de mantenimiento de embarcaciones en Estados Unidos y Canadá recomiendan limpiar el tanque de combustible al menos una vez al año, pero dado que las operaciones entre islas son diarias y considerando el hecho de que el combustible utilizado se distribuye de manera muy tradicional y bajo condiciones que pueden afectar su calidad, se recomienda llevar a cabo esta actividad de limpieza al menos tres veces al año y puede ser realizada por los propios propietarios.**

Realizar limpiezas periódicas beneficiará el desempeño del motor, ya sea fuera de borda o dentro de borda, al prevenir posibles problemas mecánicos ocasionados por la acumulación de residuos en el sistema de combustible. Es importante recordar llevar a cabo esta tarea al menos una vez al año para obtener resultados óptimos. La mayoría de los combustibles utilizados en embarcaciones, como la gasolina, son principalmente mezclas de hidrocarburos, compuestos orgánicos que pueden crear un ambiente propicio para el crecimiento de bacterias y

---

hongos. Cuando hay una cantidad considerable de estos microorganismos en el tanque de combustible, tienden a acumularse en el fondo formando depósitos gelatinosos conocidos como lodo. Este lodo puede obstruir fácilmente las líneas de combustible y los filtros, afectando el suministro de combustible del motor y causando una pérdida de potencia. En situaciones extremas, la acumulación de residuos en el sistema de combustible puede provocar daños permanentes en la bomba de inyección e inyectores, lo que resulta en el apagado del motor. (National Boating Safety School, 2021)

---

**En general, los propietarios de las embarcaciones interislas reemplazan las bujías cada 200 horas de funcionamiento, pero Yamaha y Suzuki en su tabla de mantenimiento recomiendan reemplazarlas cada 100 horas de funcionamiento, y revisar su estado cada 50 horas.**

Las bujías son una parte esencial del sistema eléctrico. Encienden la mezcla de combustible/aire. Por lo tanto, es importante revisarlas regularmente. La apariencia de una bujía te dice sobre la condición del motor y su estado de ajuste. Depósitos significativos, un electrodo

---

**Se inicia obteniendo la marca y tipo de bujía del fabricante, luego se procede de la siguiente manera:**

**Permita que el motor se enfríe, luego retire la cubierta.**

**Asegurarse de que el área alrededor de la bujía esté completamente limpia antes de quitarla.**

**Utilizar un pincel y gasolina para limpiarla, y luego limpiar con un trapo seco.**

**Desconectar los cables de las bujías tirando del tapón del aislante y dándole un ligero giro, evitando tirar directamente del cable. Desenroscar la bujía utilizando un socket de 16 o 21 mm, asegurándose de que el eje permanezca alineado.**

**Si hay un desgaste severo en el electrodo o depósitos de carbono excesivos, es necesario reemplazar la(s) bujía(s). Normalmente, se recomienda reemplazar las bujías cada 100 horas. Sin embargo, una limpieza cada 50 horas puede ser suficiente o prolongar la vida útil de la bujía y, por lo tanto, del motor.**

deformado o desgastado, un aislador astillado o roto, todos estos son indicadores que te brindan información valiosa sobre tu motor: sincronización y condición de los anillos. (Pallas, 2019)

---

**Para el adecuado funcionamiento de los motores fuera de borda, el sistema de refrigeración debe estar en condiciones óptimas, lo que incluye la revisión regular y el reemplazo de la bomba de agua e impeler respectivamente. Los**

El reemplazo regular del impeler es esencial para mantener la temperatura del motor dentro de límites seguros y prevenir posibles daños. Similar a los frenos o

---

---

**fabricantes recomiendan verificar el agua y la hélice cada 200 horas y reemplazar la hélice dentro de las 300 horas de funcionamiento. En el caso de los motores fuera de borda de las Islas Interiores en Santa Cruz, dado que el trabajo operativo es al menos cinco veces más que el promedio descrito por los fabricantes, la verificación debería realizarse cada 100 horas y el reemplazo de la hélice dentro de las 175 horas de funcionamiento.**

neumáticos en un automóvil, el impeler sufre desgaste con el tiempo y requiere un reemplazo periódico. Descuidar el mantenimiento del impulsor puede resultar en varios problemas, que van desde aumentos de temperatura menores, detectables mediante una vigilancia cuidadosa del indicador, hasta fallas importantes como sobrecalentamiento del motor, emisión de vapor, bloqueo del motor o falla completa. Ignorar estas preocupaciones relacionadas con el impulsor puede llevar a reparaciones o reemplazos costosos. (Charette, 2023)

Se debe revisar la bomba de agua cada 200 horas o anualmente para asegurarse de que el sistema de enfriamiento esté funcionando bien. Este trabajo implica quitar la pata inferior para exponer la bomba de agua, que se encuentra encima de la caja de cambios en la pata. (Pallas, 2019)

---

---

**It is recommended to check engine and gear oil levels and status every 50 hours of operation, and besides the 150 hours to replace it, inter island owner should not wait more than 100 hours of operation to so, since the local operational conditions demand high intervals of continuous work.**

**Se recomienda revisar los niveles y estado del aceite del motor y la transmisión cada 50 horas de funcionamiento.**

**Debido a que las condiciones operativas locales demandan intervalos largos de trabajo continuo, los armadores deberían realizar el cambio de aceite cada 100 horas y no esperar las 150 horas, que reportaron durante la encuesta.**

A diferencia de los motores de dos tiempos, los motores de cuatro tiempos requieren un mantenimiento específico, ya que sus diferentes componentes están lubricados por un sistema de aceite a presión. A pesar de los avances en lubricantes en los últimos años, el aceite se degrada con el tiempo y el uso del motor, acumulando impurezas metálicas y residuos de combustión que le dan un tono negruzco. En un motor de cuatro tiempos, cambiar el aceite es una tarea fundamental, además de verificar regularmente su nivel con la varilla de medición. Este trabajo puede ser realizado por cualquier persona sin necesidad de conocimientos mecánicos especiales ni herramientas especializadas. (Pallas, 2019)

---

Con las alternativas presentadas en las tablas 3.1 y 3.2, fue posible rediseñar una tabla de mantenimiento programado, adaptada a las condiciones operativas de los motores fuera de borda utilizados en el transporte interislas (ver tabla 3.3). Esta tabla se diseñó tomando como

base la propuesta por Suzuki para los modelos DF 200, 225 y 250, ya que estos son los modelos más comunes en Santa Cruz.

Las principales modificaciones a la tabla original del fabricante surgen en cuanto al tiempo de operación promedio, considerando las condiciones locales en Santa Cruz, que demandan un mayor esfuerzo de trabajo para las unidades. Además, se incluyen intervalos para la limpieza de los tanques de combustible y el enjuague de los orificios de entrada del sistema de enfriamiento.

**Tabla 3.3**

*Tabla de mantenimiento propuesta para los MFB usados en las interislas de Galapagos, considerando factores de operación local*

Componente para chequear o reemplazar	Todos los días o 5 hrs.	Primeras 20 hrs. O 5 días	Cada 50 hrs. O 3 semanas	Cada 100 hrs. O 6 semanas	Cada 175 hrs. O 12 semanas	Cada 250 hrs. O 17 semanas	Cada 1000 hrs. O 1 año
Limpieza de tanque de combustible						X	
Chequeo de hélices			X				
Limpieza con agua dulce (sistema de enfriamiento)	X						
Chequeo de bujías			X				
Cambio de bujías				X			
Chequeo de estado y nivel de aceite (máquina y transmisión)		X	X				
Cambio de aceite (máquina y transmisión)		X		X			
Chequeo de ánodos internos y externos			X				
Chequeo de baterías		X		X			
Cambio de filtro de aceite		X			X		
Chequeo de filtro de combustible interno			X				
Cambio de filtros de combustible externos	X						
Cambio de filtro de combustible interno				X			
Cambio de filtros de bombas de combustible, de alta y baja presión							X
Chequeo de bomba de agua e impeler				X			
Cambio de impeler de bomba de agua					X		
Chequeo del termostato			X				

### **3.6 Análisis económico para la aplicación de nuevas alternativas**

Los armadores en Santa Cruz afirman que, por lo general, cuando compran motores fuera de borda, las casas comerciales les ayudan con programas de financiamiento que deben cubrirse en su totalidad en un plazo de dos años. Con el fin de cumplir con este objetivo, informan que necesitan ahorrar 100 dólares al día por motor, a partir de las ganancias generadas.

Con esta información y los datos reportados en el capítulo anterior sobre la inversión en mantenimiento y reparación de los motores fuera de borda, se describe la viabilidad económica del proyecto de la siguiente manera: Comenzando con el caso particular de Sigiloza, una embarcación inter islas que durante una recopilación de información en 2019 informó tener 2 motores fuera de borda de la marca Suzuki (modelo DF225) y durante la recopilación de información para este proyecto en octubre de 2023 informó tener motores nuevos, pero en este caso, se instalaron 3 unidades en la embarcación (misma marca pero modelo diferente DF300 AP). Esto es el doble de la potencia instalada en 2019 para la misma embarcación.

La Tabla 3.4 muestra los gastos operativos informados regularmente por los propietarios de embarcaciones, y se aplica al caso de Sigiloza y sus tres motores relativamente nuevos considerando un período total de operación de tres años.

Aplicando las alternativas propuestas en este capítulo, se espera ahorrar el gasto generado por el cambio de pata de transmisión, pero se estima un incremento por concepto de aceite de máquina y transmisión, así como repuestos por mantenimiento. Los nuevos rubros se presentan en la Tabla 0.3 del Apéndice A.

Entonces, las diferencias en los tres años de operación de los motores, en términos de costos operativos generales, se reducen en un 4.2%, y se espera aumentar la vida útil de las unidades en al menos seis meses de operación. Hay 26 embarcaciones interislas registradas en

el Archipiélago de Galápagos, todas con características similares, por lo que una estimación general de los ahorros por año para toda la flota sería de \$257,400.

**Tabla 3.4**

*Desglose de costos operativos, incluyendo mantenimiento y reparación de MFB, aplicado al caso de Sigiloza*

	<b>Precio por motor</b>	<b>Precio total</b>	<b>Intervalo de tiempo</b>	<b>A los 3 años de operación total</b>
<b>Consumo de combustible</b>		\$14,000	Por mes	\$504,000
<b>Mantenimiento del casco</b>		\$2,000	Cada 6 meses	\$12,000
<b>Limpieza del casco</b>		\$160	Por mes	\$5,760
<b>Sueldo del capitán</b>		\$1,400	Por mes	\$50,400
<b>Sueldo del marinero</b>		\$1,000	Por mes	\$36,000
<b>Aceite de máquina</b>		\$500	Por mes	\$18,000
<b>Aceite de transmisión</b>		\$60	Por mes	\$2,160
<b>Cambio de bujías, impeller y filtros</b>	\$150	\$450	Cada 2 meses	\$8,100
<b>Cambio de pata de transmisión</b>	\$4,000	\$12,000	Por año	\$36,000
<b>Reparación 7/8</b>	\$10,000	\$30,000	Cada dos años	\$30,000
<b>Total</b>				<b>\$702,420</b>

Es importante tener en cuenta que estas estimaciones no consideran el diseño y construcción de nuevas embarcaciones interislas, que deberían contemplar las tres primeras alternativas propuestas en términos de selección adecuada de motores según la potencia a instalar, longitud correcta del eje y hélices adecuadas. Por lo tanto, se espera que los beneficios sean aún mayores en estos escenarios.

## Capítulo 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- Realizando una encuesta dirigida a propietarios de embarcaciones inter islas en Santa Cruz, Galápagos, fue posible recopilar información sobre las condiciones locales de operación de las embarcaciones, las prácticas de mantenimiento y reparación de los motores fuera de borda, los costos respectivos que esto demanda y la apreciación personal de los propietarios de las embarcaciones con respecto a los daños prematuros, especialmente en las unidades inferiores que muestran principalmente pérdidas de aceite de engranajes, ruidos de molienda, motor bloqueado, pérdida de aceite del eje de la hélice y hélice doblada o dañada.

- Con toda la revisión de la literatura centrada en el mantenimiento preventivo y la selección adecuada de las unidades según parámetros técnicos, se pudo comparar con las condiciones de operación en Santa Cruz. Los resultados muestran que, los motores fuera de borda de las interislas trabajan 5 veces el rango promedio esperado por los fabricantes y algunos procedimientos críticos de mantenimiento, como el reemplazo de impeler, filtros de combustible internos y bujías, se realizan en el doble del tiempo recomendado. Mientras que otras prácticas, como el enjuague periódico con agua dulce o la limpieza de los tanques de combustible, ni siquiera se consideran.

- Con el objetivo de extender la vida útil de los motores fuera de borda de las interislas, se propusieron nueve alternativas. Las primeras tres alternativas se centran en la importancia significativa de la implementación de conocimientos técnicos de ingeniería naval para garantizar la selección correcta de los motores basada en la potencia a instalar, y la selección adecuada de la longitud del eje y la hélice. Las otras seis se centran en prácticas de mantenimiento preventivo, y todas estas se resumen en

una tabla de mantenimiento programado, adaptada a las condiciones locales en Galápagos.

- Se espera que la implementación de estas alternativas prolongue la vida útil de los motores fuera de borda en al menos 6 meses para las unidades que ya están en operación y genere un ahorro de al menos el 4.2% en los costos operativos.

#### **4.2 Recomendaciones**

- Para cuantificar mejor la magnitud del problema, se recomienda recopilar información sobre las formas de las embarcaciones interislas, con el fin de generar un estudio adecuado de la resistencia y, posteriormente, de la potencia requerida. En el mismo contexto, se sugiere realizar estudios para la selección correcta de hélices y ejes.
- Es importante crear conciencia sobre la importancia de implementar técnicas adecuadas para extender no solo la vida útil de los motores fuera de borda, sino también de las embarcaciones en general. En este aspecto, las autoridades locales y los propietarios de embarcaciones desempeñan un papel estratégico.
- Se recomienda generalizar de manera más precisa el impacto de la implementación de las alternativas propuestas, de la mano de acciones de las autoridades competentes, mejorando las condiciones de suministro y distribución de combustible en Galápagos, lo cual afecta directamente su calidad y, por ende, el rendimiento de las máquinas que lo utilizan.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] E. Katiuska and V. Cevallos, “ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.”
- [2] C. Henn, “Suzuki Marine ,” Suzuki durability, the proof is in the hours.
- [3] N. Pomlaktong and S. Ongkittikul, “International Infrastructure Development in East Asia-Towards Balanced Regional Development and Integration,” IDE-JETRO, 2008.
- [4] M. Torralvo, “Programa de Mantenimiento para motores fuera de borda Yamaha cuatro tiempos de propósito comercial,” Tesis de Grado , Universidad Tecnológica de Bolívar , Cartagena , 2011.
- [5] M. Menéndez, “Entrevista a representante de los armadores en Santa Cruz: Jorge Sotomayor ,” Guayaquil, Oct. 04, 2023.
- [6] “La Dirección del Parque Nacional Galápagos presenta el informe anual.” [Online]. Available: [www.galapagos.gob.ec](http://www.galapagos.gob.ec)
- [7] “Catastro de Naves SPTMF ,” Guayaquil, 2021.
- [8] H. Apolo, H. Apolo, D. Arcentales-Bastidas, and K. Escobar-Segovia, “Santa Cruz, Galapagos Electricity sector towards a zero fossil fuel island,” in *Proceedings of the 17th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: “Industry, Innovation, and Infrastructure for Sustainable Cities and Communities,”* Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, 2019. doi: 10.18687/LACCEI2019.1.1.170.
- [9] “Parque Nacional Galápagos ,” Transporte entre islas pobladas .
- [10] “Emetebe, Galapagos Airlines ,” Reservations.
- [11] R. Genesis Desiderio Arriaga, “Análisis del confort de los pasajeros en un catamarán de servicio turístico de 28 m de eslora de diseño nacional,” Guayaquil.
- [12] “Guía general para el mantenimiento de motores fuera de borda para la pesca artesanal OSPESCA.”
- [13] “MANUAL DEL PROPIETARIO BFT 250A MANUAL DEL PROPI ETARIO Manual original,” 2016.
- [14] “CAPITULO SEXTO MOTORES FUERA DE BORDA.”

- [15] "DF200\_225\_250-1".
- [16] "F200C FL200C F225B FL225B F225C F250A."
- [17] Precision Marine, "5 Signs of Outboard Lower Unit Damage," Precision Marine . Accessed: Mar. 07, 2024. [Online]. Available: <https://suzukioutboardmarine.com/5-signs-of-outboard-lower-unit-damage/#:~:text=Rocks%2C%20reefs%2C%20and%20other%20underwater,t o%20the%20water%20pump%20housing.&text=Running%20your%20boat%2 0aground%20can%20also%20damage%20the%20lower%20unit>
- [18] D. Pionce-Acosta and A. Mieles-García, "Impacto ambiental de los desechos hospitalarios del cantón Jipijapa," *593 Digital Publisher CEIT*, vol. 8, no. 5, pp. 434–448, Sep. 2023, doi: 10.33386/593dp.2023.5.1990.
- [19] T. Bartlett, "T H E A D L A R D C O L E S B O O K O F DIESEL ENGINES FOURTH EDITION ADLARD COLES NAUTICAL LONDON."
- [20] Yamaha Maintenance, "FRESHWATER FLUSHING ADDS YEARS TO THE LIFE OF AN OUTBOARD," Yamaha. Accessed: Mar. 07, 2024. [Online]. Available: <https://yamahaoutboards.com/blog/maintenance/freshwater-flushing-adds-years-to-the-life-of-an-outboard>
- [21] Armor Lubricants, "Outboard Motor Oil: Everything You Need to Know," Armor Blog. Accessed: Mar. 07, 2024. [Online]. Available: <https://armorlubricants.com/blog/outboard-motor-oil/>
- [22] Quicksilver, "10 Tips for Changing Engine Oil in a Four-Stroke Outboard," Quicksilver Blog . Accessed: Mar. 07, 2024. [Online]. Available: <https://www.quicksilver-products.com/en/blog/10-tips-for-changing-engine-oil-in-a-four-stroke-outboard>
- [23] A. Tashakkori and C. Teddlie, *Mixed methodology: Combining qualitative and quantitative approaches.*, 1st ed., vol. 46. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, Inc, 1998.
- [24] W. E. Hanson, V. L. Plano Clark, K. S. Petska, J. W. Creswell, and J. D. Creswell, "Mixed methods research designs in counseling psychology," *Journal of Counseling Psychology*, vol. 52, no. 2. pp. 224–235, Apr. 2005. doi: 10.1037/0022-0167.52.2.224.
- [25] J. Creswell and V. Plano Clark, *Designing and Conducting Mixed Methods Research*, 2nd ed. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, Inc, 2011.

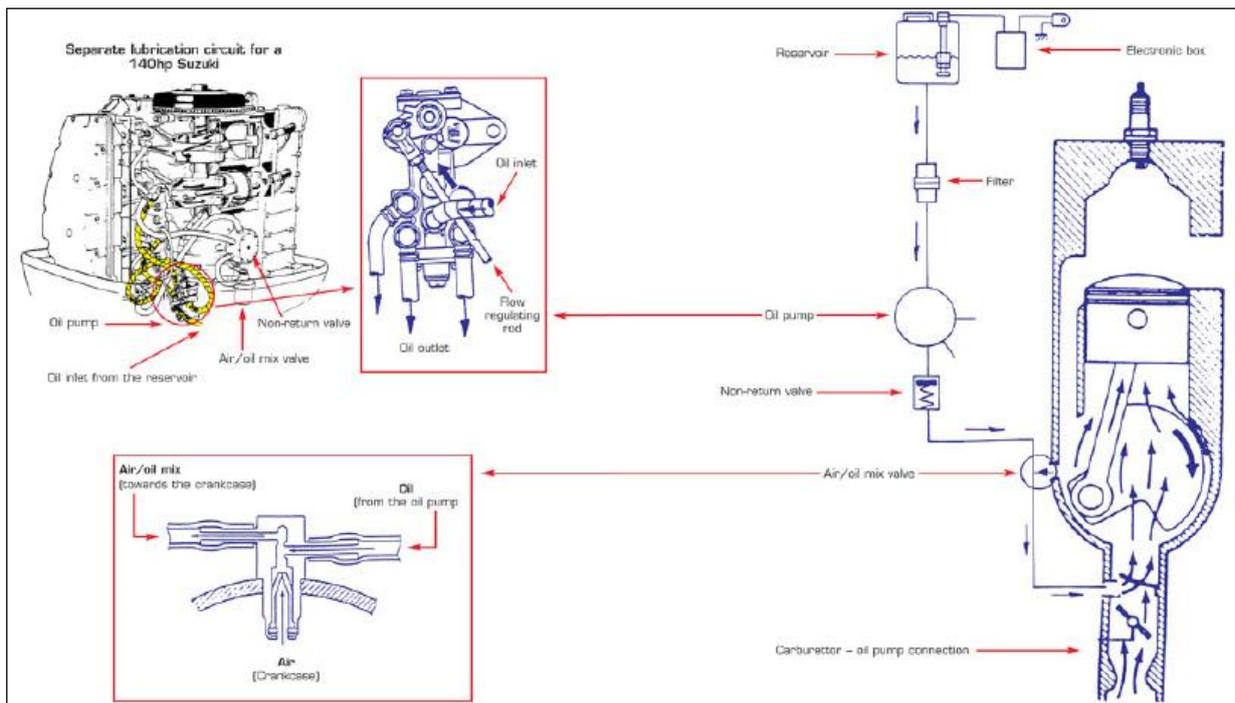
- [26] United States Naval Academy, "COURSE OBJECTIVES CHAPTER 7 7. RESISTANCE AND POWERING OF SHIPS." Accessed: Mar. 07, 2024. [Online]. Available: [chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcgclclefindmkaj/https://www.usna.edu/NAOE/\\_files/documents/Courses/EN400/02.07%20Chapter%207.pdf](chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcgclclefindmkaj/https://www.usna.edu/NAOE/_files/documents/Courses/EN400/02.07%20Chapter%207.pdf)
- [27] "OXE 150/200 HP INSTALLATION MANUAL INSTALLATION MANUAL 1.0."
- [28] C. Henn, "All about shaft lengths and mounting methods," Suzuki Marine. Accessed: Mar. 07, 2024. [Online]. Available: <https://blog.suzukimarine.co.za/all-about-shaft-lengths-and-mounting-methods>
- [29] J. Carlton, "Marine Propellers and Propulsion," 2007.
- [30] F. Vesting, Chalmers tekniska högskola, and Chalmers tekniska högskola. Department of Shipping and Marine Technology., *Marine propeller optimisation : strategy and algorithm development*. 2015.
- [31] A. F. Molland, S. R. Turnock, and D. A. Hudson, "Propulsor Design Data," in *Ship Resistance and Propulsion*, Cambridge University Press, 2017, pp. 395–450. doi: 10.1017/9781316494196.018.
- [32] E. Gatete, "Modeling Performance Improvement of High Speed Boats Running on an Outboard Engine," 2019.
- [33] M. Crowley, "Engines," 1997.
- [34] J. Hendricks, "Twin Outboards Versus Triple Outboards," Boating Magazine . Accessed: Mar. 07, 2024. [Online]. Available: <https://www.boatingmag.com/twin-outboards-versus-triple-outboards/>

# APÉNDICES

## APÉNDICE A

**Figura 0.1**

*Diagrama de un sistema de lubricación típico en un MFB de 4 tiempos*



**Figura 0.2**

*Resultados de operación de una lancha con arreglo dual de MFB*

*Fuente: Suzuki Marine, [34]*

<b>TWIN 425 HP YAMAHA 425 XTO OUTBOARDS</b>									
<b>DRIVE/PROP:</b> Outboard/Yamaha XTO OS 16 <sup>7</sup> / <sub>8</sub> " x 17" 3-blade stainless steel <b>GEAR RATIO:</b> 2.037:1									
<b>FUEL LOAD:</b> 368 gal. <b>CREW WEIGHT:</b> 400 lb.									
SPEED			EFFICIENCY				OPERATION		
rpm	knots	mph	gph	naut. mpg	stat. mpg	n. mi. range	s. mi. range	angle	sound level
1000	5.30	6.10	3.90	1.36	1.56	475	546	0	70
1500	7.13	8.20	5.50	1.30	1.49	452	521	0	70
2000	8.26	9.50	8.50	0.97	1.12	339	390	1	74
2500	8.69	10.00	13.00	0.67	0.77	233	269	3	78
3000	9.47	10.90	17.40	0.54	0.63	190	219	4	84
<b>3500</b>	<b>21.29</b>	<b>24.50</b>	<b>25.10</b>	<b>0.85</b>	<b>0.98</b>	<b>296</b>	<b>341</b>	<b>4</b>	<b>85</b>
4000	27.63	31.80	33.30	0.83	0.95	290	333	4	88
4500	32.50	37.40	43.30	0.75	0.86	262	302	3	90
5000	36.76	42.30	57.60	0.64	0.73	223	256	3	93
5500	40.67	46.80	50.00	0.59	0.68	207	238	3	97
5900	41.36	47.60	72.60	0.57	0.66	199	229	2	98
<b>MOST ECONOMICAL CRUISING SPEED</b>									

**Figura 0.3**

*Resultados de operación de una lancha con arreglo dual de MFB*

*Fuente: Suzuki Marine, [34]*

<b>TRIPLE 300 HP YAMAHA F300 OUTBOARDS</b>									
<b>DRIVE/PROP:</b> Outboard/Yamaha Saltwater Series II 15 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> " x 18" 3-blade stainless steel <b>GEAR RATIO:</b> 1.75:1									
<b>FUEL LOAD:</b> 368 gal. <b>CREW WEIGHT:</b> 400 lb.									
SPEED			EFFICIENCY				OPERATION		
rpm	knots	mph	gph	naut. mpg	stat. mpg	n. mi. range	s. mi. range	angle	sound level
1000	5.30	6.10	3.90	1.36	1.56	475	546	0	63
1500	7.30	8.40	6.40	1.14	1.31	398	458	0	68
2000	8.52	9.80	10.20	0.83	0.96	292	336	1	72
2500	9.47	10.90	15.80	0.60	0.69	209	241	4	76
3000	15.47	17.80	20.30	0.76	0.88	266	306	4	78
<b>3500</b>	<b>22.94</b>	<b>26.40</b>	<b>27.00</b>	<b>0.85</b>	<b>0.98</b>	<b>297</b>	<b>341</b>	<b>4</b>	<b>81</b>
4000	29.55	34.00	36.10	0.82	0.94	286	329	3	83
4500	34.32	39.50	48.00	0.72	0.82	250	287	3	87
5000	38.76	44.60	58.20	0.67	0.77	233	268	3	89
5500	43.01	49.50	50.00	0.57	0.65	199	229	2	92
5900	44.32	51.00	78.00	0.57	0.65	198	228	2	94
<b>MOST ECONOMICAL CRUISING SPEED</b>									

**Figura 0.4**

*Tabla de mantenimiento típica para MFB*

*Fuente: Suzuki, 2 [15]*

Interval Item to be serviced	Initial 20 hrs. or 1 month	Every 100 hrs. or every 12 months	Every 200 hrs. or every 12 months	Every 300 hrs. or every 36 months
Spark plug		I		
Breather & Fuel line	I	I		
Engine oil	R	R		
Gear oil	R	R		
Lubrication	I	I		
Anodes (external)	I	I		
* Anodes (internal cylinder block/cylinder head)		I		
Bonding wire	I	I		
Battery	I	I		
* Engine oil filter	R		R	
Low pressure fuel filter	I	I		
	Replace every 400 hours or every 2 years.			
* Low pressure fuel pump filter	Replace every 1000 hours.			
* High pressure fuel filter	Replace every 1000 hours.			
* Idle speed	I		I	
* Valve clearance (lash)				I
* Water pump			I	
* Water pump impeller			I	R
* Propeller nut & pin	I	I		
* Bolts & Nuts	T	T		
* Thermostat		I		

I: Inspect and clean, adjust, lubricate, or replace, if necessary T: Tighten R: Replace

**Figura 0.5**

*Talleres Kurata, ubicados en el suburbio de la ciudad de Guayaquil*

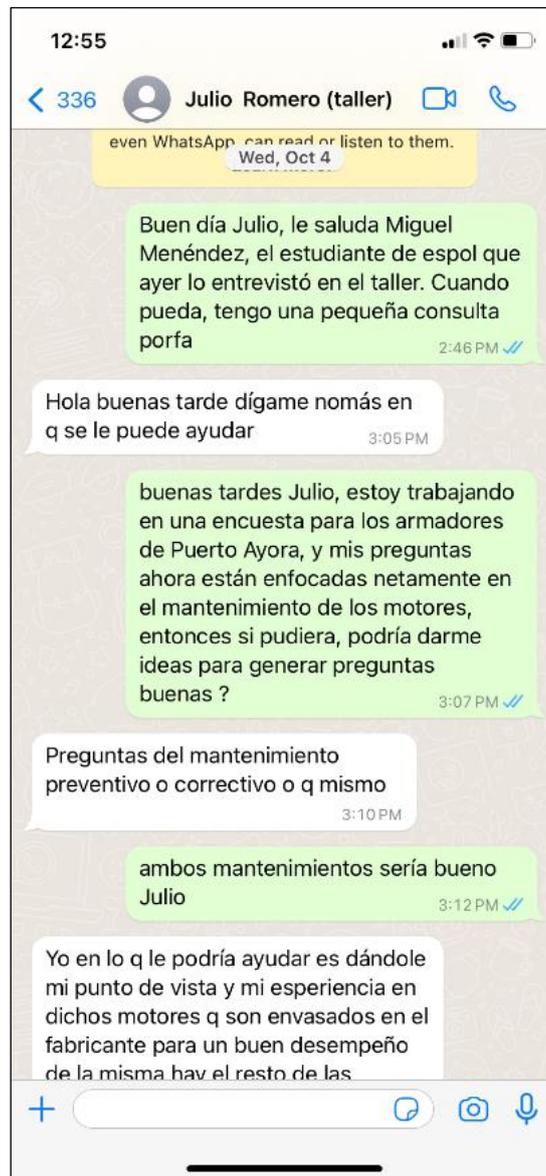
*Nota: imagen tomada de google maps*



## Figura 0.6

Chat personal con el señor Julio Romero, Técnico especializado en MFB en Talleres Kurata

Nota: de fuente propia, móvil del contacto:0969996609



**Figura 0.7**

*MFB de marca Yamaha exhibidos en las instalaciones de Almacén Juan Eljuri*

*Nota: tomada de fuente propia durante la visita en octubre del 2023*



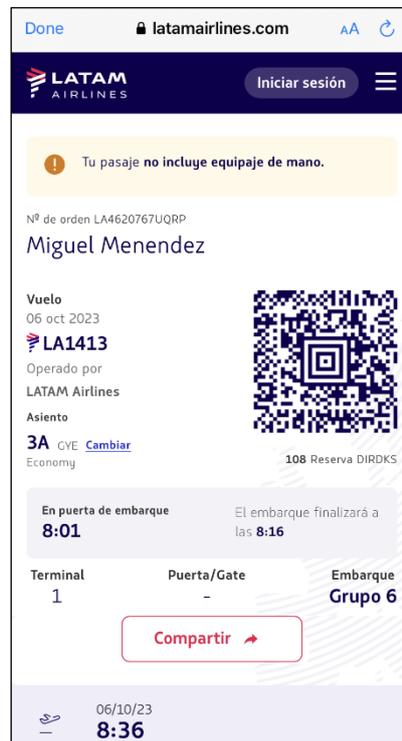
**Figura 0.8**

*Modelo de encuesta dirigida a los armadores en Santa Cruz*

<p style="text-align: center;"><b>Encuesta a los armadores de Puerto Ayora</b></p> <p>Preguntar sobre características principales de las embarcaciones, tipos de motores que usas (2 o 4 tiempos). Número de pasajeros promedio que transportan.</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. ¿Cuál es el número promedio de personas que transporta por cada ruta de navegación?</li><li>2. ¿Qué marca y qué tipo de motores utiliza su embarcación (2 o 4 tiempos)?</li><li>3. ¿Cuántos motores y de cuánta potencia utiliza para la propulsión de su embarcación?</li><li>4. ¿Los motores funcionan a Diésel o Gasolina?</li><li>5. ¿El sistema de almacenamiento de combustible cuenta con filtros y cada cuanto tiempo chequea su estado?</li><li>6. ¿De dónde proviene el combustible utilizado y sabe si es de buena calidad?</li><li>7. ¿Cuál es el número de horas de operación diaria de estos motores?</li><li>8. ¿Cuál es el rango promedio de revoluciones a los que opera durante un viaje de isla a isla y qué velocidad se alcanza con este rango?</li><li>9. ¿Cuál es el consumo promedio de combustible en un día normal de operación?</li><li>10. ¿Qué tipo de aceite utiliza para la máquina y el sistema de transmisión del motor, y cada cuánto tiempo revisa los niveles en los reservorios?</li><li>11. ¿Cada cuánto tiempo realiza un mantenimiento preventivo al motor y qué costo tiene?</li><li>12. ¿Al momento de solicitar un mantenimiento para sus motores, qué consideraciones generales hace el técnico? (lubricación del tren de engranajes en la caja de transmisión, mantenimiento del cabezote y sus partes, obstrucción del sistema de enfriamiento, alineamiento de ejes y estado de las hélices, revisión limpieza y calibración del carburador y bujías, entre otros)</li><li>13. En general, ¿Cada cuánto tiempo sus motores presentan problemas o daños, y de qué tipo son?</li><li>14. ¿Al momento de presentarse daños en los motores, qué factores toma en consideración para darles de baja?</li><li>15. ¿Cuánto le cuesta en promedio, arreglar su motor, y cuánto tiempo más de vida se le agrega?</li></ol> <p>Contrastar las respuestas sobre la operación y mantenimiento de estos motores de acuerdo a las recomendaciones hechas por los fabricantes y técnicos especializados.</p>
--

**Figura 0.9**

*Pase de abordad a Baltra, previo a la visita*



**Figura 0.10**

*Lanchas de cabotaje en el muelle de Puerto Ayora, luego de un día de operación*



**Figura 0.11**

*Entrevista a José Luis Guzmán, armador de la embarcación Sigilosa durante la maniobra de abastecimiento de combustible*



**Figura 0.12**

*Visita al centro de reparación en Santa Cruz, junto con la Ing. Daniela Morocho*



**Tabla 0.1**

*Datos recolectados en Santa Cruz*

<b>LANCHA</b> (eslora, capacidad y Armador)	<b>WOLF (L:</b> <b>14m; 33 pax +</b> <b>2 crew)</b> <b>Juan</b> <b>Maridueña</b>	<b>SIGILOZA (L:</b> <b>12m; 33 pax +</b> <b>2 crew)</b> <b>José Luis</b> <b>Guzmán</b>	<b>DESTINY I</b> (L: 14M; 36 pax + 2 crew) <b>Andrea</b> <b>Constante</b>	<b>ARRECIFE</b> (L: 14m; 33 pax + 2 crew) <b>Carlos</b> <b>Zambrano</b>
<b>Potencia y</b>	3 de 250 HP	3 de 300 HP	3 de 250 HP	3 de 300 HP
<b>modelo del</b>	1 de 300 HP	Suzuki DF	Suzuki DF	Suzuki DF
<b>MFB</b>	Suzuki DF model	model	model	model
<b>Operatividad</b>	4 – 5 horas diarias a 4000 RPMs	4 – 4.5 horas diarias a 4100 RPMs	4 – 4.5 horas diarias a 4100 RPMs	4 – 4.5 horas diarias a 4100 RPMs

	Velocidad: 23 - 26 nudos	Velocidad: 21 - 26 nudos	Velocidad: 21 - 26 nudos	Velocidad: 21 - 26 nudos
<b>Mantenimiento</b>	Cambio de Aceite de máquina: cada 40 días.	Cambio de Aceite de máquina: cada 45 días.	Cambio de Aceite de máquina: cada 40 días.	Cambio de Aceite de máquina: cada 40 días.
	Cambio de aceite de transmisión cada 6 – 8 días.	Cambio de aceite de transmisión cada 6 – 8 días.	Cambio de aceite de transmisión cada 6 – 8 días.	Cambio de aceite de transmisión cada 8 – 10 días.
		Cambio de impeler, sines y limpieza de inyectores: cada 3 meses.		Cambio de impeler y bujías: cada 4.5 meses o 500 horas.
<b>Costos</b>	Mantenimiento ¾: \$7,000 aprox	Mantenimiento ¾: \$7,000 aprox		Mantenimiento ¾: \$7,000 aprox
	Reparación 7/8: \$10,000 - \$15,000 aprox	Reparación 7/8: \$10,000 - \$15,000 aprox		Reparación 7/8: \$10,000 - \$15,000 aprox

**Tabla 0.2***Datos recolectados en Santa Cruz*

<b>LANCHA</b> (eslora, capacidad y Armador)	<b>ANDY (L:</b> <b>11m; 24 pax +</b> <b>2 crew)</b> <b>Richard</b> <b>Intriago</b>	<b>GLADEL (L:</b> <b>11.15 m; 33</b> <b>pax + 2 crew)</b> <b>Guido Cedeño</b>	<b>FRAGATA (L:</b> <b>10 M; 22 pax +</b> <b>2 crew)</b> <b>Gustabo</b> <b>Jaramillo</b>	<b>UNDERTAKE</b> <b>1 (L: 11.45 m;</b> <b>24 pax + 2</b> <b>crew)</b> <b>Manuel Guillén</b>
<b>Potencia y</b>	3 de 300 HP	4 de 300 HP	3 de 250 HP	3 de 200 HP
<b>modelo del</b>	Suzuki DF	Suzuki DF	Suzuki DF	Yamaha
<b>MFB</b>	model	model	model	F200BETX
<b>Operatividad</b>	4 – 5 horas diarias a 3800 - 4000 RPMs Velocidad: 21 - 25 nudos	4 – 5 horas diarias a 4100 RPMs Velocidad: 21 - 25 nudos	4 horas diarias a 4000 RPMs Velocidad: 20 - 24 nudos	4 – 5 horas diarias a 4500 RPMs Velocidad: 22 - 26 nudos
<b>Mantenimiento</b>	Cambio de Aceite de máquina: cada 42 días. Cambio de impeller y bujías: cada 200 horas. Reparación cada 500horas. Bajada de máquina cada 1500 horas.	Cambio de Aceite de máquina: cada 38 días. Cambio de aceite de transmisión cada 10 días. Cambio de impeller y bujías, cada 200 horas. Reparación cada 500 horas.	Cambio de Aceite de máquina: cada 45 días. Cambio de aceite de transmisión cada 6 – 8 días. Cambio de impeller y bujías cada 200 horas.	Cambio de Aceite de máquina: cada 40 días. Cambio de aceite de transmisión cada 6 – 8 días. Cambio de impeller y bujías: cada 200 horas.
<b>Costos</b>	Mantenimiento ¾: \$7,000 aprox	Mantenimiento ¾: \$7,000 aprox	Mantenimiento ¾: \$7,000 aprox	Mantenimiento ¾: \$7,000 aprox

Reparación 7/8:	Reparación 7/8:	Reparación 7/8:	Reparación 7/8:
\$10,000 -	\$10,000 -	\$10,000 -	\$10,000 -
\$15,000 aprox	\$15,000 aprox	\$15,000 aprox	\$15,000 aprox

## APÉNDICE B

**Tabla 0.3**

*Desglose de costos operativos estimados, incluyendo mantenimiento y reparación de motores fuera de borda, aplicado al caso de Sigiloza si aplicara las recomendaciones planteadas en este estudio.*

	<b>Precio por motor</b>	<b>Precio total</b>	<b>Intervalo de tiempo</b>	<b>A los 3 años de operación total</b>
Consumo de combustible		\$14,000	Por mes	\$504,000
Mantenimiento del casco		\$2,000	Cada 6 meses	\$12,000
Limpieza del casco		\$160	Por mes	\$5,760
Sueldo del capitán		\$1,400	Por mes	\$50,400
Sueldo del marinero		\$1,000	Por mes	\$36,000
Aceite de máquina		\$580	Por mes	\$20,880
Aceite de transmisión		\$80	Por mes	\$2,880
Cambio de bujías, impeler y filtros	\$150	\$450	Cada 1.5 meses	\$10,800
Reparación 7/8	\$10,000	\$30,000	Cada dos años	\$30,000
<b>Total</b>				<b>\$672,720</b>