

Plan de Mantenimiento Preventivo para los Botes de Transporte de Pasajeros de la Empresa

“La Represa S.A.S”

Juan Felipe Ardila Rincón

Trabajo de Grado para Optar al Título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director:

Carlos Borrás Pinilla

Doctor en Ingeniería Mecánica

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Mecánica

Especialización en Gerencia de Mantenimiento

Bucaramanga

2025

Agradecimientos

Agradezco a Dios por otorgarme el don de la vida y la salud, a mi madre por el apoyo incondicional que con su ayuda y esfuerzo pude acceder a realizar esta especialidad, a mi familia y amigos que de una u otra manera aportaron para el logro de este nivel académico y a los docentes, administrativos y auxiliares por toda su gestión en esta enriquecedora y gratificante experiencia para mi vida profesional y personal.

Contenido

	Pág.
Introducción	10
1. Estrategia de Mantenimiento.....	12
1.1 Mantenimiento Preventivo	13
1.2 Mantenimiento Correctivo	14
1.3 Mantenimiento Autónomo	14
1.4 Equilibrio de las Metodologías	15
2. Objetivos	17
2.1 Objetivo General	17
2.2 Objetivos Específicos	17
3. Análisis de Equipos de la Empresa La Represa S.A.S.....	18
3.1 Actualidad de la Empresa.....	18
3.2 Descripción de Maquinaria y Equipo.....	19
3.3 Análisis FODA para el Plan de Mantenimiento Preventivo en La Represa S.A.S	23
4. Normatividad Colombiana	24
4.1 Ley 1242 de 2008: Código Nacional de Navegación y Actividades Portuarias Fluviales.....	25
4.2 Ley 99 de 1993: Política Ambiental.....	25
4.3 Decreto 1079 de 2015: Decreto Único Reglamentario del Sector Transporte	25
4.4 Lineamientos de la Dirección General Marítima (DIMAR)	26
5. Proyección Turística en el Embalse Topocoro.....	26

MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA BOTE DE TRANSPORTE	4
6. Análisis de Criticidad de Equipos	28
6.1 Matriz de Criticidad	31
6.2 Nivel del Riesgo y Equipo Crítico	32
6.3 Equipo de Alta Criticidad y Riesgo A.....	33
7. Análisis de Resultados	39
8. Programa Maestro de Mantenimiento Preventivo.....	40
8.1 Actividades de Mantenimiento Motor Fuera de Borda Yamaha FT50C	40
8.1.2 Revisión y Cambio de Aceite	42
8.1.3 Sistema de Enfriamiento	43
8.1.4 Mantenimiento del Sistema de Combustibles.....	44
8.1.5 Inspección y Mantenimiento de Bujías:.....	45
8.1.6 Sistema de Propulsión (Hélice y Transmisión).....	46
8.1.7 Sistema de escape	49
8.2 Tanque de combustible.....	50
8.3 Batería de 12V.....	51
8.4 Sistema de Dirección (Timón)	52
8.5 Mantenimiento Preventivo para el Casco del Bote	53
8.6 Mantenimiento Preventivo Caja de Control Remoto	56
9. Programa Pre Operacional.....	59
10. Conclusiones	61
11. Recomendaciones.....	63
Bibliografía.....	64

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. <i>Composición del Mantenimiento con el Enfoque Preventivo</i>	11
Figura 2. <i>Criterios de Mejora del Mantenimiento Preventivo</i>	12
Figura 3. <i>Punto de Equilibrio</i>	15
Figura 4. <i>Mapa Organizacional</i>	18
Figura 5. <i>Matriz FODA</i>	23
Figura 6. <i>Hidroeléctrica Sogamoso y Actividad Fluvial de La Represa S.A.S</i>	26
Figura 7. <i>Matriz de Riesgos</i>	32
Figura 8. <i>Características Motor Yamaha</i>	33
Figura 9. <i>Características Casco Fibra de Vidrio</i>	34
Figura 10. <i>Características Batería 12V</i>	35
Figura 11. <i>Características Caja Control Remoto</i>	36
Figura 12. <i>Características Tanque Combustible</i>	37
Figura 13. <i>Características Timón</i>	38
Figura 14. <i>Cronograma Actividades Preventivas</i>	53

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Ventajas y Desventajas Mantenimiento Preventivo</i>	13
Tabla 2. <i>Descripción de Componentes</i>	19
Tabla 3. <i>Descripción Criterios de Evaluación</i>	28
Tabla 4. <i>Evaluación de Criticidad</i>	29
Tabla 5. <i>Evaluación Frecuencia por Consecuencia</i>	31
Tabla 6. <i>Relación Riesgo-Productividad-Costo</i>	32

Glosario

Embalse: Cuerpo de agua retenido artificialmente mediante una estructura, como una represa, con el fin de almacenar y regular el flujo hídrico para distintos usos, tales como generación de energía, abastecimiento de agua potable, riego agrícola o control de inundaciones.

Estrategia: Conjunto de acciones planificadas y coordinadas que se implementan con el propósito de alcanzar un objetivo específico, optimizando recursos y minimizando riesgos para obtener los mejores resultados posibles.

Mantenimiento: Proceso sistemático que engloba actividades de inspección, reparación y prevención, con el fin de garantizar el óptimo funcionamiento, seguridad y durabilidad de equipos, infraestructuras o sistemas en distintos ámbitos.

Mascarilla: Elemento de protección diseñado para cubrir la nariz y la boca, utilizado para prevenir la inhalación de sustancias nocivas, la propagación de enfermedades o como parte de equipamientos en distintas áreas.

Metodología: Conjunto estructurado de procedimientos y técnicas que se aplican para desarrollar un estudio, resolver un problema o ejecutar una tarea de manera eficiente y fundamentada.

Topocoro: Nombre propio que hace referencia a una región específica en Santander, Colombia, caracterizada por su embalse artificial, el cual es un punto clave para el turismo, la pesca y el desarrollo sostenible de la zona.

Resumen

Título: Plan de Mantenimiento Preventivo para los Botes de Transporte de Pasajeros de la Empresa “La Represa S.A.S”*

Autor: Juan Felipe Ardila Rincón**

Palabras Clave: Estrategia, Falla, Mantenimiento.

Descripción

El desarrollo de la empresa La Represa S.A.S. y su ética laboral por brindar un servicio seguro y confiable en su actividad económica que es el turismo fluvial en el embalse Topocoro ubicado en Santander, Colombia. Busca las mejores estrategias de mantenimiento para tener sus principales activos que son los botes en óptimas condiciones que permitan garantizar la calidad de su servicio, confianza y una imagen positiva para sus partes interesadas. Por otra parte, el requerimiento de la ley colombiana para el desarrollo de la actividad obliga a la empresa La Represa S.A.S implementar estrategias de mantenimiento y que esta sea normalizada ante los entes de control gubernamentales para no incurrir en sanciones legales. Por último, la gestión del mantenimiento juega un papel importante para cumplir con los requisitos expuestos anteriormente y a su vez obtener el mayor rendimiento costo-beneficio para la empresa acorde a sus ingresos y es donde se enfoca este análisis. Todos los equipos están sometidos a un desgaste debido al uso lo cual genera fallas en la operación, en la actualidad debido al aumento de usuarios y con un pronóstico que sigue esta tendencia, el desgaste hace que sea un factor relevante en la empresa La Represa S.A.S. Actualmente, la respuesta a esta problemática se realiza con un enfoque correctivo, generando incertidumbre, fallas inesperadas y altos costos. Es necesario reconsiderar su estrategia actual de mantenimiento y migrar a una estrategia preventiva que haga una sinergia con el enfoque correctivo hará que la empresa La Represa S.A.S pueda atacar de manera acorde y eficiente estos desafíos contribuyendo a la mejora continua, reducción de costos, eficiencia en las actividades, confiabilidad en sus equipos, calidad y seguridad en su servicio lo cual se verá reflejado en mayores ingresos y competitividad.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Carlos Borrás Pinilla, Doctor Ingeniería Mecánica

Abstract

Title: Preventive Maintenance Plan for the Passenger Transport Boats of the Company "La Represa SAS"

Author: Juan Felipe Ardila Rincón **

Keywords: Strategy, Failure, Maintenance.

Description

The development of the company La Represa SAS and its work ethic to provide a safe and reliable service in its economic activity which is river tourism in the Topocoro reservoir located in Santander, Colombia, seeks the best maintenance strategies to have its main assets which are the boats in optimal conditions that allow to guarantee the quality of its service, confidence and a positive image for its stakeholders. On the other hand, the requirement of Colombian law for the development of the activity obliges the company La Represa SAS to implement maintenance strategies and that this be standardized before the government control entities in order not to incur legal sanctions. Finally, maintenance management plays an important role in complying with the requirements set out above and in turn obtaining the highest cost-benefit performance for the company according to its income and this is where this analysis focuses. All equipment is subject to wear and tear due to use, which generates failures in the operation, currently due to the increase in users and with a forecast that follows this trend, wear and tear makes it a relevant factor in the company La Represa SAS. Currently, the response to this problem is carried out with a corrective approach, generating uncertainty, expected failures and high costs. It is necessary to reconsider its current maintenance strategy and move to a preventive strategy that makes a synergy with the corrective approach will allow the company La Represa SAS to attack these challenges accordingly and efficiently, contributing to continuous improvement, cost reduction, efficiency in activities, reliability in its equipment, quality and safety in its service, which will be reflected in higher income and competitiveness.

* Degree work

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering. Director: Carlos Borrás Pinilla
Doctor in Mechanical Engineering

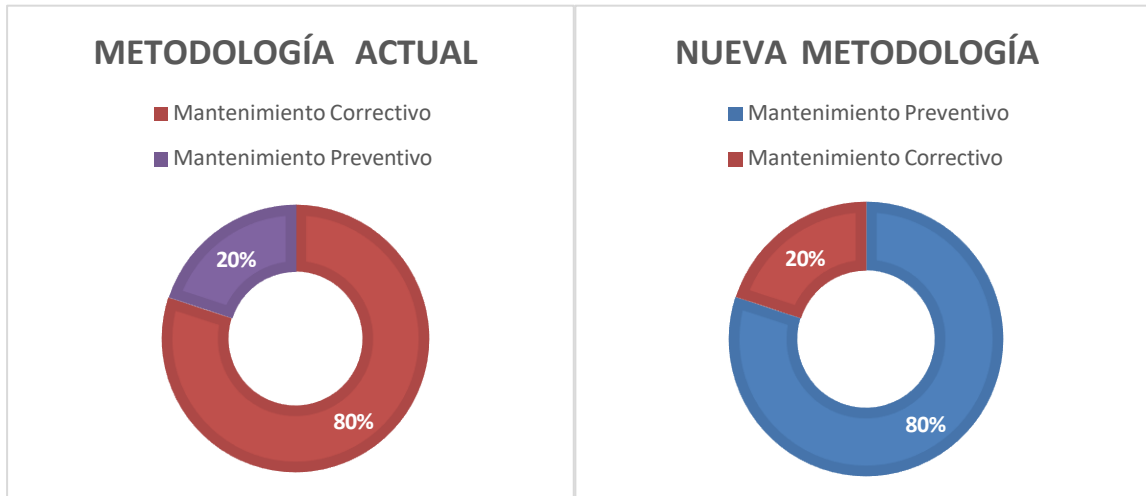
Introducción

Actualmente la empresa LA REPRESA S.A.S se basa principalmente en un enfoque de mantenimiento correctivo, lo que implica intervenciones reactivas ante fallas, generando tiempos de inactividad inesperados, altos costos de reparación y una reducción en la vida útil de sus equipos. Este modelo predominante de mantenimiento, aunque en un principio presentó algunas ventajas para la empresa LA REPRESA S.A.S en términos de menores costos iniciales y simplicidad en la gestión ya que las intervenciones, reparaciones y reemplazos de los equipos se realizan solo después de que ocurre la falla. Sin embargo, depender del enfoque actual de mantenimiento correctivo genera una problemática para la empresa LA REPRESA S.A.S en cuanto a costos ya que las reparaciones después de una falla usualmente son más costosas debido a que los daños ocasionados son más graves comparado con una intervención temprana del problema, no hacer revisiones periódicas aumenta los riesgos de accidentalidad, poniendo en peligro la seguridad no solo del operario sino también la de los usuarios generando posibles sanciones legales, por último la calidad y productividad con este enfoque se ven directamente afectadas ya que el deterioro de los equipos reduce la operatividad y la calidad del servicio lo que se ve reflejado en pérdida de clientes y pérdida de dinero, esto permite que se abra una ventana de oportunidad para migrar a un enfoque de mantenimiento preventivo.

Una transición exitosa hacia el mantenimiento preventivo requiere de un plan de acción el cual contiene un diagnóstico, el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo, la implementación de un software de gestión, capacitación del personal técnico, control y evaluación continua. Para lo cual la empresa LA REPRESA S.A.S tomo la decisión de realizar de la migración en tres fases inicial, planeación y ejecución. Para esto nos centraremos en la etapa inicial que incluye el diagnóstico y el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo.

Figura 1

Composición del Mantenimiento con el Enfoque Preventivo



El objetivo de esta primera fase permitirá guiar de la manera más óptima el desarrollo de todas las actividades necesarias para una intervención del activo, el cual pueda ser utilizado de apalancamiento para mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los botes de transporte utilizados en su actividad principal del servicio prestado y siendo este uno de sus activos más importantes, este proyecto pretende ser la guía y el inicio para poder establecer un hito en la obtención de información, medición e implementar la cultura del mantenimiento preventivo a todos sus colaboradores para poder actuar de manera eficaz ante futuras averías.

De esta manera se contribuirá al desarrollo empresarial de la REPRESA S.A.S en su actividad económica, normatividad, una mejor visión ante sus partes interesadas y mayor competitividad en el sector, esta metodología definida permite el apoyo a la gerencia la cual se puede implementar eficazmente y que a su vez funcione como una herramienta transversal en el mantenimiento ayudando a apalancar los procesos y permita obtener la retroalimentación para la mejora continua, viéndose beneficiada desde los siguientes criterios:

Figura 2

Criterios de mejora con el Mantenimiento Preventivo.



1. Estrategia de Mantenimiento

El mantenimiento nace de la necesidad del hombre para conservar la funcionalidad de sus herramientas, después evoluciona a la preservación de sus equipos y dispositivos utilizados en el proceso productivo, en el cual las empresas se centraban netamente en la reparación de la máquina-herramienta cuando esta fallaba y simplemente se encargaban de mantener funcionando sus equipos el mayor tiempo posible. Evolucionando a más metodologías de mantenimiento como preventivo, predictivo, basado en condición y TPM, existen gran cantidad de definiciones para el mantenimiento pero que no se distancian una de la otra en cuanto a su objetivo como lo define la Norma Española UNE-EN 13306.2018 “Es la combinación de todas las acciones técnicas como inspección, monitorización, pruebas, diagnóstico, pronóstico, reparación, rehabilitación, etc.

Administrativas y de gestión de la vida útil de un equipo, orientadas a cuidar o a devolverlo a un estado en el que pueda realizar la función para la que fue diseñado”. Para este caso se tomarán dos categorías mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo las cuales son las más idóneas para la empresa La Represa S.A.S.

1.1 Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo es un método programado que como su nombre lo indica previene la aparición de fallas y sus actividades principales se basan en el aseo, la lubricación, el reemplazo programado de piezas y los arreglos necesarios en el equipo. Se puede definir el mantenimiento preventivo entonces como la supervisión constante y planificada que incluyen tareas regulares y programadas de forma anticipada cuya ejecución es indispensable en instalaciones, maquinas o equipos con el objeto de minimizar las emergencias y asegurar un mayor tiempo de operación continuo (Medrano 2017). La Norma ISO 14224 define mantenimiento preventivo como “mantenimiento llevado a cabo para mitigar la degradación y reducir la probabilidad de falla”.

Tabla 1

Detalle de las Ventajas y Desventajas del Mantenimiento Preventivo.

Ventajas	Desventajas
Mayor seguridad al conocer el estado físico y las condiciones de operación, previniendo accidentes.	Mano de obra no cualificada puede presentar una mala intervención a los equipos y no tomar las decisiones adecuadas puede ser desfavorable.
Reducción del tiempo muerto de los equipos y del personal de otras áreas, ejecutando las actividades en recesos o cuando no este afectada la producción.	Mayor gasto en repuestos e inventario por el cambio innecesario de piezas
Longevidad en el ciclo de vida del equipo debido a la reposición de sus piezas manteniéndolo en óptimas condiciones.	Realizar actividades de manera inapropiada van a repercutir en mal desempeño de los equipos
Menor costo de reparación al prever fallas que provocarían daños más significativos en otras piezas simultáneamente lo que reduce el tiempo de inhabilidad y horas hombre.	
Menor costo de inventario evitando el costo de	

almacenamiento al tener un pedido programado y preciso de los repuestos.

Uniformidad en la carga de trabajo, menor tiempo extra y menor tiempo muerto de los técnicos operativos, programación y planificación integral.

Mayor control de la calidad en los procesos reduciendo las pérdidas por desperdicios.

Nota. tomado del libro *Mantenimiento Técnicas y Aplicaciones Industriales (p. 69)*, por Medrano, 2017.

1.2 Mantenimiento Correctivo

En el mantenimiento correctivo su característica principal es reparar cuando se presenta la falla a diferencia del preventivo que busca prevenir la falla, el cual también incluye un conjunto de actividades dirigidas a corregir los daños que se van presentando por su uso y que usualmente suceden de manera imprevista (García 20023).

1.3 Mantenimiento Autónomo

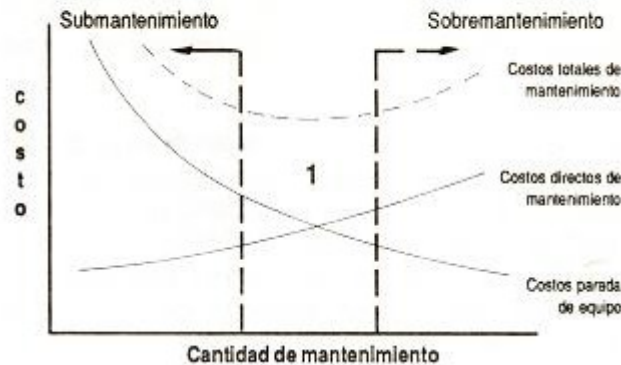
Este pilar perteneciente a la metodología del mantenimiento productivo total surge como una estrategia que encaja perfectamente en la gestión del mantenimiento ya que busca empoderar a los colaboradores de su equipo y lugar de trabajo, con el objetivo de que los operarios sean a su vez mantenedores aunque se requiere de capacitación al personal es una buena estrategia ya que otorga al operario mayor conocimiento de su equipo y habilidades para ejecutar actividades básicas de mantenimiento optimizando la gestión del mantenimiento en conjunto con las otras metodologías, ya que el operador es quien interactúa y tiene más afinidad con el equipo para la detectar cualquier defecto y poder intervenir de manera oportuna, podemos definir mantenimiento autónomo como aquellas actividades de nivel básico realizadas por el operario como limpieza, inspección y lubricación que permita sostener en su estado ideal el equipo (Castañeda 2019).

1.4 Equilibrio de las Metodologías

El mantenimiento preventivo como hemos venido haciendo referencia es fundamental en la gestión de activos, dado que permite reducir costos asociados a fallas imprevistas y asegurar la continuidad operativa de los equipos. Sin embargo, para lograr una gestión óptima de recursos se requiere identificar un equilibrio entre los costos de las metodologías preventiva y correctiva.

Figura 3

Punto de equilibrio entre el mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo



Nota. Tomado del libro *Manual de Mantenimiento*, (p. 74), por Botero,1991.

Para obtener el nivel óptimo de mantenimiento es donde los costos sean iguales como lo muestra la figura 1. Esto quiere decir el punto donde la suma de los costos de mantenimiento preventivo y los costos derivados de fallas o paradas críticas es mínima. Este equilibrio, representado gráficamente por la intersección de las curvas de costos, permite optimizar los recursos y evitar tanto el submantenimiento, que genera fallas frecuentes y altos costos por reparaciones, como el sobre mantenimiento, que implica un gasto excesivo sin beneficios.

El análisis debe considerar la vida útil de los equipos, si están cerca del final de su ciclo, un mantenimiento correctivo puede ser más viable; en cambio, si se encuentran en una etapa intermedia, el mantenimiento preventivo es más adecuado. Este enfoque permite mantener los costos totales bajos, asegurando una operación económica y sostenible. Además, es fundamental calcular cuidadosamente las tarifas de mantenimiento, ya que estas influyen directamente en la gestión eficiente de los costos y en la sostenibilidad operativa.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Establecer un plan de mantenimiento preventivo para los botes de casco rígido con motor fuera de borda para transporte de personal dirigido a favorecer la eficiencia del equipo y asegurar su confiabilidad.

2.2 Objetivos Específicos

Definir los sistemas y componentes de los botes de transporte de la empresa LA REPRESA S.AS, por medio de manuales de propietario para su caracterización y mantenimiento efectivo.

Establecer un análisis de criticidad para los componentes de los botes de transporte basado en el modelo de la matriz de frecuencia por consecuencia para clasificar su nivel de impacto en la funcionalidad del equipo.

Desarrollar un programa maestro de mantenimiento a los sistemas de mayor riesgo arrojados en la matriz de criticidad, para apoyar a la gerencia de la empresa LA REPRESA S.AS con el objeto de incrementar la disponibilidad y confiabilidad de sus activos

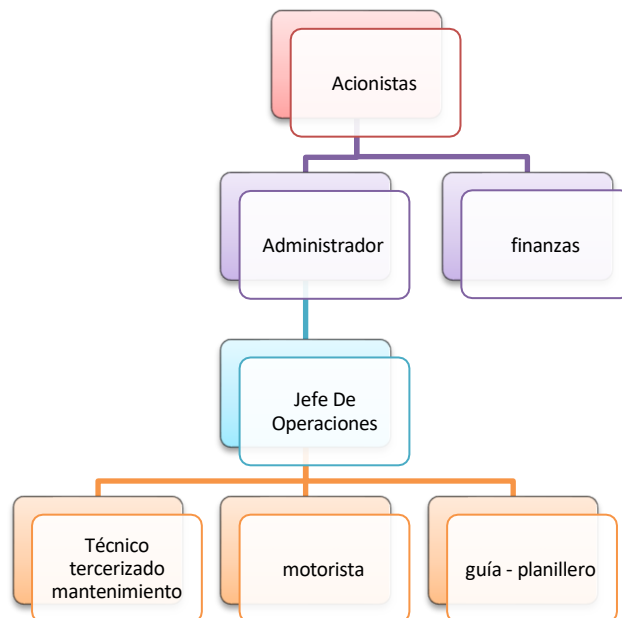
3. Análisis de Equipos de la Empresa La Represa S.A.S

3.1 Actualidad de la Empresa

La empresa La Represa S.A.S, es una PYME ligada al sector del turismo en el área de influencia del embalse Topocoro creada por una familia perteneciente a la región la cual ha estado vinculada desde el inicio de la realización de la Hidroeléctrica del Rio Sogamoso, su actividad principal que es el turismo fluvial brindando experiencias de paisajismo y recreación durante el recorrido por el embalse, su personal vinculado es netamente familiar en roles como guía, planillero, motorista, ayudante, jefe de operaciones, administrador y accionistas como se representa en el siguiente mapa organizacional.

Figura 4

Mapa Organizacional La Represa S.A.S



Actualmente destaca su ética laboral por lo cual siempre está en constante búsqueda de mejorar la prestación de sus servicios y alinearse a los parámetros establecidos en el embalse por las autoridades públicas de control, inversión y desarrollo para permanecer vigente y competitiva en su sector laboral.

3.2 Descripción de Maquinaria y Equipo

La Represa S.A.S para cumplir con sus actividades de transporte de pasajeros cuenta con sus principales equipos que son sus embarcaciones, para ello la información incluida en un plan de mantenimiento es fundamental para la adecuada gestión de los activos de una empresa, ya que estos representan su principal fuente de ingresos, como en el caso de La Represa S.A.S. Por esta razón, uno de los primeros pasos en el desarrollo del plan de mantenimiento consiste en recopilar los datos esenciales de la compañía, dado que esta no disponía de todos los requisitos informativos técnicos relacionados con los equipos.

Actualmente, para realizar esta función La Represa S.A.S dispone de cinco botes, para este caso se tomará de referencia un bote ya que cada uno cumple con los mismos estándares, equipos y máquinas. Los diferentes componentes y sus características que pertenecen a cada bote están descritos en la siguiente tabla.

Tabla 2

Descripción de los Elementos de los Botes de Transporte de La Represa S.A.S

Equipo	Cantidad	Componente	Característica	Total
Maquinaria y complementos	1	Motor fuera de borda	Yamaha ft50c, gasolina, 4 tiempos	5
	1	Caja de Control Remoto	Palanca que acciona	5

		cambios, acelerador e interruptores eléctricos	
1	Tanque Combustible	Portátil, 24 litros, polietileno y manguera de conexión	5
1	Batería	12 voltios	5
1	Casco	Material en fibra de vidrio	5
1	Cubierta	Material en carpa sintética	5
12	Asientos	Material en pasta	60
1	Timón		5
2	Luces Frontales	Farolas con luz amarilla	10
1	Sirena	Luz roja de	5

emergencia				
	1	Kit Herramienta Básica	Llaves mixtas, alicate, destornillador pala y estrella, cinta aislante, mechera, navaja.	5
Seguridad	16	Chalecos	Recubrimiento en tela y broches en pasta	80
	2	Anillo Salvavidas		10
	1	Pistola de bengala		5
	1	Silbato		5
	1	linterna		5
	1	Botiquín primeros auxilios	Gasa, alcohol, esparadrapo, guantes, curitas, agua destilada.	5

	1	Extintor	5
Comunicaciones	1	Radio Walkie Talkie	6
	1	Binoculares	5
	1	Laser	5

Llevar el manejo adecuado de los inventarios es fundamental para una buena gestión del mantenimiento lo cual permite planificar, controlar y tomar decisiones estratégicas. Más allá de tener el registro de los activos, una buena estructura en el inventario actúa como el punto de partida para garantizar la continuidad operativa, optimizar costos y maximizar el uso de los recursos disponibles. Otra de las claves importantes es proporcionar información actualizada sobre la ubicación, estado y disponibilidad de cada elemento de tal manera que se pueda actuar de manera efectiva y disminuir riesgos en especial en los componentes críticos donde su respaldo y solución debe ser inmediata para continuar con la operación.

Por otro lado, realizar la gestión del inventario minimiza el desperdicio, da cumplimiento a la normatividad y a la sostenibilidad ambiental lo cual se ajusta con los objetivos de un desarrollo sostenible en el embalse Topocoro. Así que debe considerarse esencial para alcanzar la excelencia operativa y garantizar la disponibilidad de los recursos.

3.3 Análisis FODA para el Plan de Mantenimiento Preventivo en La Represa S.A.S

En este apartado se dará una visión global de la empresa La Represa S.A.S frente a la implementación de un plan de mantenimiento preventivo con respecto a su situación actual, como hemos venido hablando la metodología de mantenimiento preventivo hace parte del enfoque estratégico de la gestión de activos y equipos buscando anticipar fallos con actividades planificadas antes de que se presenten fallas críticas. Con la herramienta FODA se hará un análisis crítico que proporcione una visión integral para evaluar no solo la viabilidad si no también futuras mejoras de la implementación de esta metodología como esta representado en la siguiente matriz.

Figura 5

Matriz FODA



El impacto significativo en la mejora operativa y estratégica que tiene implementar una metodología de mantenimiento preventivo en la empresa La Represa S.A.S como se evidencia en el análisis de la anterior matriz permite concluir que, existen algunos desafíos iniciales como la capacitación del personal, pero en contraste las ventajas superan ampliamente estas dificultades. Beneficios como la prolongación de vida útil de los equipos y reducción de costos hacen permisible la implementación de esta metodología, además un plan de mantenimiento bien estructurado contribuirá a cumplir los requisitos legales vigentes de operación fortaleciendo la posición competitiva de la empresa La Represa S.A.S en el sector fluvial.

Es evidente que este plan no solo asegura la confiabilidad y disponibilidad de los equipos para la continuidad operativa, sino que también refuerza la imagen corporativa como una empresa comprometida con la seguridad. Por ello se recomienda implementar un programa de mantenimiento que incluya inspecciones periódicas, capacitación y control del estado de los equipos con un enfoque proactivo con el cual se puedan anticipar y prevenir fallas.

La Represa S.A.S tiene una gran oportunidad para su desarrollo y seguir liderando la industria del turismo fluvial al adoptar prácticas innovadoras y sostenibles que garanticen un servicio confiable y seguro para sus usuarios, alineándose con los estándares de calidad y respeto por el entorno.

4. Normatividad Colombiana

Cumplir con la normatividad colombiana es un pilar para la seguridad y el desarrollo fluvial, la navegación fluvial en Colombia representa un sector estratégico para la conectividad y el desarrollo económico de las regiones. Sin embargo, este tipo de transporte enfrenta desafíos únicos relacionados con la seguridad, la sostenibilidad y el cumplimiento normativo. Cumplir con las leyes y regulaciones establecidas no solo es una obligación legal, sino también un compromiso ético para garantizar la protección de los usuarios, las comunidades y el medio ambiente. A continuación, se referencian algunos estatutos que son obligatorios para la operación.

4.1 Ley 1242 de 2008: Código Nacional de Navegación y Actividades Portuarias Fluviales

La Ley 1242 de 2008 regula el transporte fluvial en el país, estableciendo directrices para la operación segura y eficiente de embarcaciones. Esta ley tiene como objetivo promover el desarrollo integral del transporte por ríos y lagos, incluyendo la implementación de estándares de seguridad para proteger a los usuarios. Según esta normativa, las empresas operadoras deben garantizar que sus embarcaciones cumplan con los requisitos técnicos y de mantenimiento establecidos por la Dirección General Marítima (Dimar). El incumplimiento de estas disposiciones puede resultar en sanciones administrativas y la suspensión de operaciones.

4.2 Ley 99 de 1993: Política Ambiental

conocida como la Ley General Ambiental, establece principios fundamentales para la gestión ambiental en Colombia. Esta normativa incluye la protección de los ecosistemas acuáticos y regula actividades que puedan generar impactos negativos en el medio ambiente. En el ámbito fluvial, esta ley exige que las empresas adopten medidas para prevenir la contaminación de ríos y lagos, incluyendo la correcta disposición de los residuos generados durante la operación de las embarcaciones.

4.3 Decreto 1079 de 2015: Decreto Único Reglamentario del Sector Transporte

El Decreto 1079 de 2015 unifica las normativas relacionadas con el transporte en Colombia, consolidando disposiciones específicas para el transporte fluvial. Este decreto establece los lineamientos técnicos para la operación de embarcaciones, como el uso obligatorio de equipos de salvamento, la realización de inspecciones periódicas y la implementación de planos de contingencia. Además, este decreto enfatiza la necesidad de supervisar y documentar el estado de las embarcaciones.

4.4 Lineamientos de la Dirección General Marítima (DIMAR)

Las resoluciones emitidas por la Dimar complementan el marco legal fluvial al establecer normas técnicas específicas para la operación y seguridad de embarcaciones. Estas resoluciones abarcan aspectos como la inspección preoperacional, el mantenimiento de los motores fuera de borda y el cumplimiento de estándares de seguridad para los pasajeros. Un ejemplo de ello es la exigencia de contar con equipos de salvamento y botiquines de primeros auxilios, requisitos que deben verificarse periódicamente a través de programas de mantenimiento. Estas medidas no solo cumplen con las resoluciones de Dimar, sino que también refuerzan la confianza de los usuarios en la seguridad del transporte fluvial.

5. Proyección Turística en el Embalse Topocoro

LA REPRESA S.A.S. está ligada al sector turístico y en el mercado del transporte fluvial y marítimo cabe enmarcar, resaltar y exponer algunos datos sobre la zona geográfica, el turismo sostenible y la inversión destinada a este proyecto turístico.

Figura 6

Represa hidroeléctrica Sogamoso y Actividad Fluvial de la Empresa REPRESA S.A.S.



La presa de 190 m de altura otorga un embalse de 4800 Mm³ los cuales se contienen en un área de 6934 hectáreas, este embalse es uno de los más extensos de Colombia donde se destacan su belleza paisajística, vías de primer nivel que conectan a ciudades importantes como Bucaramanga y Barrancabermeja lo cual brinda una ubicación estratégica en el territorio Santandereano abriendo una ventana de aprovechamiento turístico por parte de comunidades, instituciones y demás organismos presentes en el área de influencia (POE embalse Topocoro 2015).

Se debe tener presente la importancia del entorno y el impacto que se causa con dichas actividades, por eso es de gran importancia para la REPRESA S.A.S prestar un servicio sostenible con el medio ambiente. Comunidad, emprendimientos, empresas y sector público apuntan hacia un mismo objetivo el cual es proteger el área de influencia que también es una fuente importante para la generación de energía. El sector turístico debe ser un enlace clave para la conservación ambiental en un trabajo mancomunado con la empresa ISAGEN la cual formulando el POE del embalse Topocoro y teniendo como factor principal dichas actividades turísticas brinda la posibilidad de adoptar los primeros lineamientos y programas que ayuden a cumplir este objetivo para el sector (El Espectador, BIBO 2023).

El embalse Topocoro es una pieza fundamental en la estrategia de la gobernación de Santander para generar empleo, fortalecer la actividad comercial y fomentar las actividades turísticas y deportivas. Con el proyecto de establecer un centro turístico con proyección internacional para la práctica de actividades acuáticas no solo aportará el 10% de la energía nacional, sino que será un importante pilar en la economía de la región con una inversión final por encima de los \$60.200 millones de pesos la cual impacta al sector turístico y a toda la economía del departamento (Vanguardia 2024).

6. Análisis de Criticidad de Equipos

Como se mencionó en el numeral 3.2 los botes de la empresa La Represa S.A.S cuentan todos con las mismas características, equipos y disponen de un motor fuera de borda. De esta manera tomaremos de referencia un solo bote, indicando todas las fallas y componentes en las de un solo bote, para esto debemos valorar las fallas y su frecuencia para poder determinar la criticidad de los equipos.

Tabla 3

Determinación de los criterios de evaluación

CRITERIOS	PARÁMETRO	VALORACIÓN
Frecuencia de Falla	Mayor a 5 fallas	5
	Entre 2 y 3 fallas	3
	Menor o igual a 1 falla	1
Impacto Operacional	Detención del bote	5
	Puede operar, pero requiere de intervención	3
	No afecta la operación	1
Impacto HSEQ	Provoca afectaciones a las personas o el ambiente	5
	Incide menormente en las personas	3

	o el ambiente	
	No afecta a las personas o al medio ambiente	1
Costo de Mantenimiento	Mayor o igual a 2'000.000 de pesos	5
	Mayor a 1'000.000 de pesos	3
	Menor o Igual a 1'000.000 de pesos	1
Flexibilidad Operacional	No se puede tener disponibilidad del equipo	5
	Se soluciona, pero retrasa la operación	3
	Se puede solucionar de inmediato	1

Tabla 4*Evaluación de la criticidad*

CRITERIO	EQUIPO	IMPACTO	TOTAL
Frecuencia de Falla	Motores, componentes y	Entre 2 y 3 fallas	3
Impacto Operacional		Detención del bote	5

HSEQ	complementos	Provoca afectaciones a las personas o al medio ambiente	5
Costo Mantenimiento		Menor o Igual a 1'000.000 de pesos	1
Flexibilidad		Se soluciona, pero retrasa la Operación	3
Frecuencia de Falla		Menor a 1 falla	1
Impacto Operacional		Puede operar, pero requiere intervención	3
HSEQ	Comunicación y equipo náutico	No afecta a las personas o al medio ambiente	1
Costo Mantenimiento		Menor o Igual a 1'000.000 de pesos	1
Flexibilidad		Se puede solucionar de inmediato	1

6.1 Matriz de Criticidad

Esta valoración hace parte crucial de la gestión del mantenimiento para poder definir las estrategias idóneas que se van a emplear en la intervención del equipo, el siguiente paso es realizar la matriz de evaluación de riesgos con base en impacto y probabilidad por medio de la siguiente fórmula.

$$\text{Criticidad Total (CT)} = \text{Frecuencia de Fallas} \times \text{Consecuencia}$$

$$\text{Consecuencia} = (\text{Impacto Operacional} \times \text{Flexibilidad}) + \text{Costo de Mantenimiento} + \text{Impacto HSEQ}$$

Tabla 5

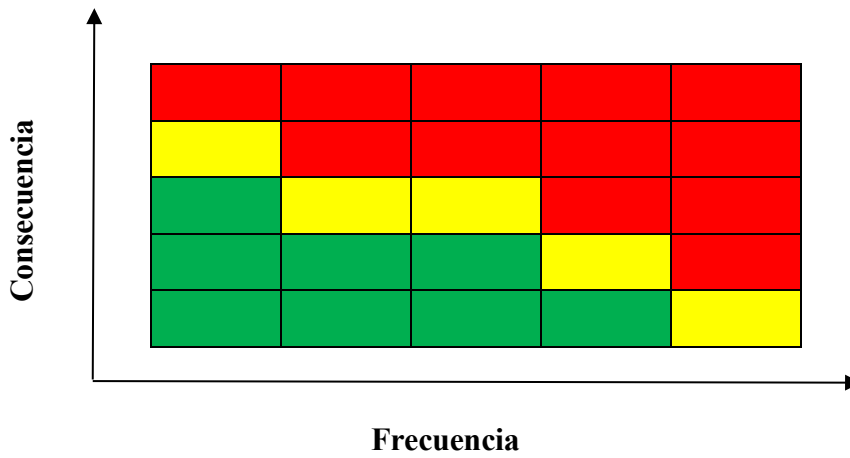
Evaluación frecuencia por consecuencia

EQUIPO	FRECUENCIA	IMPACTO	CT
Motores, componentes y complementos	3	14	42
Comunicación y equipo náutico	1	6	6

Se puede evidenciar que los equipos de mayor criticidad son los que corresponden a los motores, componentes y complementos de la embarcación estos representan el centro operativo sin perder de vista los demás equipos que pueden influir directamente en la experiencia del usuario o la continuidad del servicio, con este análisis se aclara el panorama para optar por el mantenimiento preventivo a estos equipos críticos y los demás pueden estar alineados a un mantenimiento correctivo así se conseguirá un equilibrio y garantizando una operación eficiente, segura y sostenible.

Figura 7

Representación Grafica de la Matriz de Evaluación de Riesgos



Equipo de Baja Criticidad	Equipo de Media Criticidad	Equipo de Alta Criticidad
---------------------------	----------------------------	---------------------------

6.2 Nivel del Riesgo y Equipo Crítico

Ahora clasificar los equipos nos indica cuales son los que deben tener prioridad por su grado de importancia en el plan de mantenimiento preventivo, con la finalidad de definir los costos asociados, su nivel de riesgo en la operación y las actividades que se van a realizar a dichos equipos. A continuación, se categorizan los riesgos como se muestra en la tabla 5.

Tabla 6

Relación del Riesgo entre Productividad y Costos

Categoría A	Máxima disponibilidad de equipos y alta criticidad
Categoría B	Reducción de costos de mantenimiento sin daños y equipos importantes
Categoría C	Costos mínimos de mantenimiento y equipos

Nota. Tomado del libro *Mantenimiento Técnicas y Aplicaciones Industriales* (p. 36), por Medrano, 2017.

6.3 Equipo de Alta Criticidad y Riesgo A

○ Motor Fuera de Borda Yamaha ft50c

El motor fuera de borda es el encargado del movimiento del bote y que constituye el activo mas valioso e importante de la embarcación, La (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA RAE) define a un motor fuera de borda como un sistema de propulsión el cual se fija en la parte trasera de una embarcación, cuenta con una caja de velocidades combinada con combustión para transmitir energía a la hélice la cual se encarga de impulsar dicha embarcación.

Figura 8

Ficha Técnica Motor Yamaha FT50C

Especificaciones técnicas

Tipo de motor	4 Tiempos, 4 cilindros en línea SOHC
Cilindrada	935 c.c.
Diámetro por carrera	63 x 75 mm
Potencia de salida	50 HP @ 5500 rpm
Rango máx.	5000 - 6000 rpm
Régimen mín.	900 - 1000 rpm
Bujía	DPR6EA-9
Relación de compresión	9.3:1
Sistema de combustible	4 Carburadores
Encendido	CDI
Sistema de arranque	Eléctrico
Sistema de mandos	Manuales
Sistema de inclinación	Manual asistido
Sistema de lubricación	Por cárter húmedo
Cantidad aceite motor	▲ 2.2 L
Peso seco	117 - 121 Kg
Pintura	Pintura multicapa anticorrosiva patentada YAMAHA
Ánodos de sacrificio	Instalados desde fábrica



Nota. Tomado de *Ficha FT50CEHDL-FT50CEHDX*, por Eduardoño, 2024.

- **Casco Rígido en Fibra de Vidrio**

El casco de la embarcación se categoriza en un nivel A ya que es la estructura principal del bote diseñado para brindar soporte, flotación y resistencia. Este equipo es vital para la operación segura y proteger la integridad de las personas a bordo.

Figura 9

Especificaciones Casco

Características

Eslora: 7 metros

Manga: 2 metros

Calado: 0,8 metros

Puntal: 1,5 metros

Capacidad Peso: 2 toneladas

Capacidad Personas: 12

Material: Fibra de Vidrio



○ **Batería 12V**

La batería es un componente esencial en un motor fuera de borda y en la operación general del bote, ya que proporciona la energía necesaria para funciones vitales como el arranque del motor, el sistema de encendido y el funcionamiento de accesorios eléctricos. Además, asegura la operatividad de sistemas auxiliares cruciales, como luces de navegación.

Figura 10

Ficha Técnica Batería 12V

Especificaciones

Modelo	Libre Mantenimiento
Arranque en frío	470
Caja	42
Capacidad de Reserva	80
Capacidad Nominal	60
Voltaje	12 V
Terminos Garantía	1 año
Posición Borne	Positivo Izquierdo
País de Origen	Colombia
Material	Plomo Acido
Largo	24.2 cm



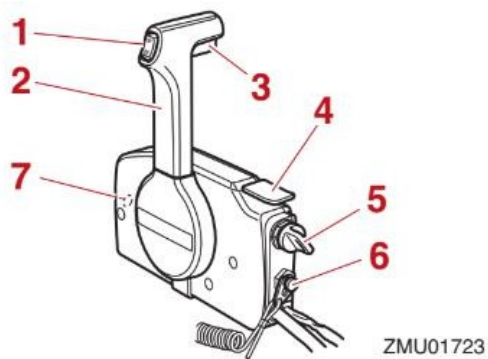
Nota. Tomado de www.homecenter.com.co

○ **Caja de Control Remoto**

La caja de control remoto es fundamental tanto para el motor fuera de borda como para la embarcación. Facilita un manejo preciso y eficiente del motor, lo que mejora la maniobrabilidad de la embarcación y permite realizar cambios de marcha suaves, proteger los sistemas internos y optimizar el consumo de combustible prolongando su vida útil y asegurando un rendimiento óptimo. Además, contribuye a la seguridad del operador y los pasajeros, ya que su diseño permite respuestas rápidas en situaciones de emergencia.

Figura 11

Características Caja de Control Remoto



1. Interruptor de elevación y trimado del motor
2. Palanca del control remoto
3. Gatillo de bloqueo en punto muerto
4. Acelerador en punto muerto
5. Interruptor principal
6. Interruptor de parada del motor
7. Regulador de fricción del acelerador



Nota. Tomado de *Manual de Propietario* (p. 26), por Yamaha, 2019.

○ **Tanque de Combustible**

El tanque de combustible es un componente esencial para el funcionamiento del motor fuera de borda y el desempeño general de la embarcación. Su función principal es almacenar el combustible de manera segura y garantizar un suministro constante y limpio al motor, lo que resulta vital para mantener su rendimiento, evitar interrupciones y prevenir fallos mecánicos. Al actuar como la fuente de energía del motor, el tanque asegura que la embarcación pueda operar de manera eficiente y confiable, incluso en trayectos largos o condiciones exigentes.

Figura 12

Características Tanque de combustible



- 1. Conector de gasolina
- 2. Medidor de gasolina
- 3. Tapón del tanque de combustible
- 4. Suspiro del tanque

Marca	VEITHI
Material	Polietileno de alta densidad (HDPE)
Tipo de ajuste	Específico para el vehículo.
Dimensiones del artículo LxWxH	13,19 x 10,24 x 17,72 pulgadas
Tipo de servicio	Barco

Nota. Tomado de *Manual de Propietario (p.26)*, por Yamaha, 2019, y www.amazon.com

7. Análisis de Resultados

Conocer a detalle la maquinaria y equipo real con el que cuenta la empresa La Represa S.A.S era un pilar para identificar los equipos vitales de su operación y los cuales deben ser intervenidos con mayor importancia debido a su criticidad, en el trabajo de campo realizado se contó con la ayuda del jefe de operaciones, la identificación arrojó un resultado de 246 componentes entre maquinaria y equipos para los 5 botes de transporte de pasajeros los cuales se detallan en la tabla 2.

Las estrategias de mantenimiento van direccionadas a la criticidad de sus equipos de acuerdo a ciertos lineamientos que permiten catalogarlos y así poder asignar las actividades de mantenimiento adecuadas para dichos equipos, con la herramienta de análisis de criticidad se pudo establecer los componentes de más alto riesgo para la actividad, este análisis demostró que los componentes de categoría A son la maquinaria y equipo, de los cuales 6 componentes; que son motor Yamaha FT50C, Casco Rígido, Batería 12V, Tanque de Combustible, Palanca de Cambios y Timón. Según los criterios estos equipos son aquellos que deben tener su programa maestro de mantenimiento.

Las actividades de mantenimiento para cada equipo permiten prolongar la vida útil, seguridad en la operación y asegurar la disponibilidad de los equipos, para esto el programa maestro de mantenimiento preventivo desarrollado para los equipos críticos nos permite cuantificar el costo del mantenimiento con respecto a las horas de trabajo por hombre mensual y el salario mínimo actual, para este efecto los días de trabajo son los sábados, domingos y festivos, el tiempo promedio de las actividades generales por el costo mínimo, lo cual valdría \$69.600 mensual por bote para los 5 valdría \$348.000 y un costo anual total de \$4'176.000 el cual si es comparado con una falla en las válvulas del motor tiene un costo de reparación de \$10'000.000 solo la falla pero resultaría mucho más costosa adicionando el transporte del motor al taller técnico, repuestos y lucro

cesante por inactividad, esto demuestra que las actividades de mantenimiento son viables para su implementación no solo por la seguridad de la operación sino también por el ahorro económico ante la prevención de las fallas.

El programa maestro de mantenimiento preventivo permitirá tener un conocimiento actual de los equipos, la documentación y organización de las intervenciones en una hoja de vida dispuesta para el equipo se obtendrá la recolección de data para la medición del rendimiento de los equipos siendo de gran ayuda para la gestión del mantenimiento por parte de la gerencia, esta estrategia mixta entre el mantenimiento correctivo y el mantenimiento preventivo también está sujeta a cambios, mejoras e incluso a la implementación de otras estrategias que permitan el desarrollo constante y mantener la importancia del mantenimiento en la cultura organizacional.

8. Programa Maestro de Mantenimiento Preventivo

Este programa detalla de manera extensiva las actividades de mantenimiento preventivo para los equipos críticos del bote de transporte fluvial de la empresa La Represa S.A.S. Se enfoca en el motor Yamaha FT50C, el tanque de combustible, la batería de 12V, el sistema de dirección y el casco, así como en otros componentes relevantes, asegurando el cumplimiento de los estándares técnicos y normativos.

8.1 Actividades de Mantenimiento Motor Fuera de Borda Yamaha FT50C

8.1.1 Inspección Visual General (Antes de Cada Uso)

Objetivo: Identificar posibles daños externos, fugas o elementos en mal estado.

Frecuencia: Semanal.

Materiales y Herramientas Necesarias: Limpiador dieléctrico en spray, paño seco microfibra, linterna, espejo telescópico

EPP: Guantes de Nitrilo, Gafas de Protección

Cuidados Ambientales: No utilizar excesivamente productos químicos, No permitir que caigan residuos de limpieza al agua.

Instrucciones:

- **Preparación del área:**
 - Asegúrese de que el motor esté apagado y frío antes de comenzar
 - coloque el bote en un área segura y estable.
- **Revisión del exterior:**
 - Examine la carcasa del motor para identificar fisuras, corrosión o daños
 - verifique la hélice girándola manualmente, inspeccione en busca de deformaciones, grietas o acumulación de algas.
 - Asegúrese que el motor esté correctamente montado y asegurado.
- **Conexiones eléctricas:**
 - Asegúrese de que los cables eléctricos estén bien conectados y sin daños en el aislamiento.
 - Confirme que los terminales estén libres de corrosión. Limpie con un cepillo suave si es necesario.
- **Fugas:**
 - Inspeccione el área cercana al cárter y las mangueras de combustible para detectar posibles fugas de aceite o gasolina.
 - Confirmar que el respiradero del tanque esté abierto y limpio.

8.1.2 Revisión y Cambio de Aceite

Objetivo: Garantizar la lubricación y funcionamiento óptimo del motor.

Frecuencia: Cada 100 horas de operación o cada tres meses (lo que ocurra primero).

Materiales y Herramientas necesarias: Llave para filtro, recipiente para aceite usado, aceite SAE 10W-30, filtro de aceite compatible Yamaha FT50C.

EPP: Guantes, gafas

Cuidados Ambientales: usar trapos absorbentes y depósitos adecuados para el aceite utilizado

Instrucciones:

- **Inspección:**
 - Retirar la varilla medidora.
 - Comprobar el nivel y color del aceite. Un color oscuro o la presencia de partículas metálicas indican necesidad de cambio.
- **Preparación:**
 - Estacione el bote en un área plana y estable.
 - Coloque el recipiente para recolectar el aceite usado debajo del cárter.
- **Drenaje del aceite:**
 - Calentar ligeramente el motor para facilitar el drenaje.
 - Coloque un recipiente debajo del tapón de drenaje.
 - Retire el tapón y deje que el aceite se drene completamente.
 - Deje que el aceite usado fluya completamente al recipiente.

- **Cambio de filtro:**
 - Use la llave de filtro para retirarlo cuidadosamente.
 - Lubrique la junta del nuevo filtro con una fina capa de aceite fresco.
 - Enrosque el nuevo filtro con la mano y apriete ligeramente con la llave del filtro.

- **Añadir aceite nuevo:**
 - Vierta el aceite recomendado por Yamaha hasta alcanzar el nivel adecuado.
 - Vuelva a colocar el tapón del cárter y revise que no haya fugas.
 - Verifique nuevamente el nivel con la varilla medidora.

8.1.3 Sistema de Enfriamiento

Objetivo: Mantener un flujo constante de agua para evitar el sobrecalentamiento.

Frecuencia: Mensual.

Materiales necesarios: Cepillo de cerdas suaves, balde de agua limpia.

EPP: guantes, gafas

Instrucciones detalladas:

- **Inspección Bomba de Agua:**
 - Verifique la presión del flujo de agua a través del motor.
 - Inspeccionar el impulsor cada 200 horas o si hay disminución del flujo.

- **Revisión de las entradas de agua:**
 - Inspeccione las rejillas de admisión ubicadas en la parte inferior del motor.
 - Retire residuos como hojas, arena o algas con el cepillo.

- **Prueba del flujo de agua:**

- Arranque el motor brevemente con el bote en el agua.
- Observe el flujo continuo de agua por la salida del sistema de refrigeración.
- Si el flujo es irregular, detenga el motor y revise nuevamente las entradas.

8.1.4 Mantenimiento del Sistema de Combustibles:

Objetivo: Asegurar un suministro constante y limpio de combustible al motor, optimizando el rendimiento y evitando obstrucciones o fallos por impurezas.

Materiales y Herramientas Necesarias: Filtro de combustible, Llave ajustable, Paños Absorbentes.

EPP: Guantes resistentes a químicos, Mascarilla con filtro para vapores, gafas

Medidas de Protección Ambiental: Almacenar el combustible en envases homologados y sellados. Disponer los filtros usados en contenedores especiales. Evitar derrames en el agua; En caso de derrame, use absorbentes específicos para hidrocarburos

Instrucciones:

- **Revisión de líneas de combustible:**
 - Verifique que las mangueras no presenten grietas, cortes o fugas.
- **Inspección del filtro de combustible:**
 - Limpiar o reemplazar el filtro según sea necesario.
- **Limpieza del carburador (cada 200 horas):**
 - Retire el carburador y desmóntelo cuidadosamente.
 - Limpie los conductos y boquillas con un limpiador especializado.

- Ensamblar nuevamente y ajustar según las especificaciones del manual.

8.1.5 Inspección y Mantenimiento de Bujías:

Objetivo: Proporcionar la generación de chispa confiable y eficiente para asegurar una combustión óptima, facilitando el arranque del motor y manteniendo su desempeño durante su operación.

Materiales:

- Bujías de repuesto (especificación del fabricante).
- Grasa dieléctrica.
- Limpiador dieléctrico para bujías y conexiones.
- Cepillo de cerdas metálicas (para limpieza de bujías).
- Paños de limpieza.

Herramientas:

- Llave para bujías.
- Multímetro (para verificar voltajes y continuidad).
- Juego de destornilladores.
- Extractor de bujías (si es necesario).

EPP: Guantes dieléctricos, gafas

Medidas de Protección Ambiental: Recolectar bujías usadas para su disposición adecuada en centros de reciclaje. No desechar residuos de limpieza al agua.

Instrucciones:

- **Inspección de las bujías:**
 - Retire las bujías con una llave específica.
 - Comprobar el estado del electrodo (suciedad, desgaste).

- **Limpieza y ajuste:**
 - Limpie los depósitos de carbón con un cepillo de cerdas suaves.
 - Ajustar el espacio del electrodo según el manual (0,9-1,0 mm).

- **Reemplazo:**
 - Cambie si están desgastadas o dañadas.

8.1.6 Sistema de Propulsión (Hélice y Transmisión)

Objetivo general: **Transmitir la potencia generada por el motor hacia el agua para mover la embarcación de manera eficiente y segura.**

Materiales:

- Grasa marina de alta resistencia.
- Aceite para transmisión (especificación del fabricante).
- Sellos o juntas de hélice (en caso de reemplazo).
- Toallas absorbentes para limpieza.

Herramientas:

- Llave de tubo o llave ajustable (para desmontar la hélice)
- Llave dinamométrica (para apretar tornillos con el torque adecuado).

- Extractor de hélices (si está dañado o atascada).
- Embudo y recipiente para recolectar aceite usado.

EPP: Guantes resistentes, Ropa de trabajo, Gafas.

Medidas de Protección Ambiental: Recoger los residuos de grasa en paños absorbentes y desecharlos en un lugar autorizado. Limpie la hélice lejos del agua para evitar la contaminación directa.

Instrucciones:

- **Inspección Visual de la Hélice:**

- Revisar visualmente la hélice en busca de daños como abolladuras, grietas o deformaciones en las palas
- Verifique que la hélice esté firmemente ajustada al eje.
- Inspeccionar la presencia de residuos, como redes, cuerdas o algas, que puedan haberse enredado.
- Verifique la alineación de la hélice y descarte posibles vibraciones anómalas.

- **Lubricación del Eje de la Hélice:**

- Retire la hélice utilizando una llave de tubo o ajustable.
- Limpie el eje de la hélice con un paño limpio para eliminar grasa vieja y residuos
- Aplique grasa marina de alta resistencia en el eje, asegurándose de cubrir toda la superficie.

- Reinstale la hélice, ajustando firmemente el tornillo con una llave dinamométrica según las especificaciones del fabricante.

- **Inspección del Engranaje de la Transmisión:**
 - Revisar el nivel de aceite de la transmisión mediante el tornillo de inspección.

 - Observe si el aceite tiene un color lechoso (indica presencia de agua) o partículas metálicas (señal de desgaste interno).

 - Ajustar o reemplazar los sellos de la transmisión si se detectan fugas.

- **Cambio de Aceite de la Transmisión:**
 - Retirar el tornillo de drenaje de la transmisión y vaciar el aceite usado en un recipiente adecuado.

 - Limpiar el área del tornillo de drenaje y verificar la condición del sello de goma; reemplace si es necesario.

 - Usar un embudo para llenar con el aceite de transmisión recomendado por el fabricante.

 - Cerrar el tornillo de drenaje y asegurarse de que no haya fugas.

- **Revisión de los Sellos y Juntas de la Hélice:**
 - Retire la hélice y revise el estado de los sellos.

 - Limpie la base del sello y verifique si hay desgaste, grietas o roturas.

 - Reemplazar los sellos dañados con repuestos originales.

 - Reinstale la hélice y lubrique nuevamente el eje.

- **Inspección y Ajuste de la Transmisión:**
 - Comprobar que la palanca de cambios cambie suavemente entre posiciones (neutro, avance y reversa).
 - Ajustar el sistema de cables y conexiones si hay dificultad en el cambio.
 - Lubricar los puntos de pivote y las conexiones de la transmisión.

- **Limpieza General de la Hélice y Transmisión:**
 - Enjuagar la hélice y la transmisión con agua dulce para remover sal, arena o residuos acumulados.
 - Secar con un paño limpio y aplicar un lubricante marino en aerosol para prevenir la corrosión.

8.1.7 Sistema de escape

Objetivo general: Expulsar los gases de combustión del motor de manera eficiente, reduciendo la contrapresión y asegurando un funcionamiento adecuado.

Materiales y Herramientas Necesarias:

- Cepillo para limpieza de puertos de escape.
- Solución descarbonizadora (si es necesario).
- Llave ajustable.

EPP:

- Mascarilla para vapores.
- Guantes resistentes a químicos.
- Protección ocular.

Medidas de Protección Ambiental:

- Utilice productos de limpieza amigables con el medio ambiente.
- Recoger residuos sólidos o líquidos y gestionarlos adecuadamente.

8.2 Tanque de combustible

Actividad: Limpieza Interna y Revisión de Mangueras

Objetivo: Garantizar un suministro limpio y constante de combustible.

Frecuencia: Trimestral.

Materiales necesarios: Jabón biodegradable, agua, paño seco, abrazaderas nuevas.

EPP: Gafas, Guantes.

Medidas de Protección Ambiental:

- Vacíe el tanque en recipientes seguros para evitar derrames.
- Disposición correcta de residuos de combustible en centros autorizados.

Instrucciones:

- **Vaciado del tanque:**
 - Desconecte las mangueras de suministro y vacíe el contenido en un recipiente seguro.
- **Limpieza interna:**
 - Llene el tanque con agua jabonosa. Agite suavemente para eliminar sedimentos.
 - Enjuague con agua limpia varias veces hasta que no queden residuos de jabón.

- **Inspección de mangueras:**

- Revise las mangueras de combustible por posibles grietas o endurecimiento.
- Reemplace las abrazaderas que presenten corrosión.
- Si se detecta una fuga de combustible, no encienda el motor hasta que la fuga se haya reparado de manera adecuada.

8.3 Batería de 12V

Actividad: Inspección y Limpieza de Terminales

Objetivo: Asegurar el correcto flujo de energía eléctrica.

Frecuencia: Mensual.

Materiales necesarios: Solución de bicarbonato y agua, cepillo de cerdas metálicas, grasa dieléctrica.

EPP: Guantes dieléctricos, Gafas de seguridad, Ropa antiestática.

Medidas de Protección Ambiental: Disponer baterías usadas en centros de reciclaje especializados. Evite que residuos de componentes eléctricos lleguen a fuentes de agua o suelos.

Instrucciones detalladas:

- **Desconexión de la batería:**

- Desconecte primero el terminal negativo y luego el positivo.

- **Limpieza:**

- Aplique la solución de bicarbonato y agua sobre los terminales para eliminar la corrosión.

- Revisar el nivel de carga
- Confirmar que los cables están bien conectados y libres de corrosión.
- Limpie con el cepillo metálico y seque con un paño.
- **Reconexión:**
 - Aplique grasa dieléctrica en los terminales antes de reconectarlos.
 - Inspeccionar el cableado y sustituir cualquier sección dañada.
 - Verifique el funcionamiento de las luces y accesorios.

8.4 Sistema de Dirección (Timón)

Actividad: Lubricación de Cables y Columnas

Objetivo: Mantener la maniobrabilidad óptima de la embarcación.

Frecuencia: Mensual.

Materiales necesarios: Grasa marina, trapo limpio.

EPP: Guantes

Medidas de Protección Ambiental: Utilice grasas ecológicas que no dañen el medio ambiente.

Limpie los residuos de grasa con materiales absorbentes.

Instrucciones:

- **Inspección:**
 - Verifique los cables del sistema de dirección buscando desgaste o roturas.
- **Lubricación:**
 - Aplique grasa marina en los extremos de los cables y en los puntos móviles del timón.

8.5 Mantenimiento Preventivo para el Casco del Bote

Actividad: Inspección Visual y Limpieza Externa

Objetivo: Detectar fisuras, impactos, delaminaciones o daños causados por el uso o exposición al entorno.

Frecuencia: Inspección Mensual y Limpieza Semestral.

Materiales necesarios: Agua dulce, detergente suave, esponja no abrasiva, trapo seco, linterna.

Instrucciones:

- **Preparación del área:**

- Coloque el bote en un lugar seco y seguro, o en un remolque para inspeccionarlo adecuadamente.
- Asegúrese de que el casco esté limpio antes de realizar la inspección.

- **Limpieza externa:**

- Enjuague el casco con agua dulce para remover la suciedad superficial.
- Utilice detergente suave y una esponja no abrasiva para limpiar manchas, algas o incrustaciones.
- Enjuague nuevamente con agua dulce y luego con un trapo limpio.

- **Inspección visual:**

- Examine la superficie externa en busca de grietas, golpes o desprendimientos del material.
- Preste atención a las uniones y bordes del casco, ya que suelen ser más propensas a daños.
- Si encuentra fisuras, marque las áreas afectadas para su posterior reparación.

Actividad: Inspección Interna de la Estructura

Objetivo: Verificar que la integridad estructural interna esté en óptimas condiciones.

Frecuencia: Semanal.

Materiales necesarios: Linterna de alta potencia, espejo de inspección, herramienta de percusión (martillo de goma).

Instrucciones:

- **Acceso al interior del casco:**
 - Asegúrese de tener acceso libre al área interna del casco.
 - Retire cualquier equipo o carga que pueda dificultar la inspección.
- **Revisión estructural:**
 - Utilice la linterna para iluminar las zonas de difícil acceso.
 - Con el martillo de goma, golpee suavemente la fibra de vidrio en varias áreas.
 - Escuche el sonido producido: un sonido hueco puede indicar delaminación o daños internos.
- **Inspección de uniones y refuerzos:**
 - Verifique las costuras, refuerzos y adhesivos. Asegúrese de que no haya señales de desgaste, corrosión o grietas.

Actividad: Reparación de Daños Menores

Objetivo: Reparar grietas pequeñas y evitar que se agraven.

Frecuencia: Según necesidad, cuando se detecten daños.

Materiales necesarios: Kit de reparación de fibra de vidrio, lijadora, resina epóxica, espátula.

Instrucciones detalladas:

- **Preparación del área:**
 - Lije la superficie alrededor de la grieta o daño para asegurar que esté limpia y libre de pintura o suciedad.
 - Limpie el área con alcohol isopropílico para eliminar polvo o grasa.
- **Aplicación de resina:**
 - Prepare la resina epóxica según las instrucciones del fabricante.
 - Aplique la resina sobre la grieta con una espátula, asegurándose de rellenar completamente el área dañada.
 - Coloque una capa de fibra de vidrio si el daño requiere refuerzo adicional.
- **Secado y acabado:**
 - Deje secar la resina durante el tiempo recomendado.
 - Lije suavemente la superficie reparada para igualar con el resto del casco.

Actividad: Aplicación de Protector Antifouling (Antiincrustante)

Objetivo: Prevenir el crecimiento de algas, moluscos y otros organismos en la parte sumergida del casco.

Frecuencia: Anual.

Materiales necesarios: Pintura antifouling, rodillo o brocha, lija de grano fino.

Instrucciones detalladas:

- **Preparación de la superficie:**
 - Lije suavemente la parte sumergida del casco para eliminar residuos y mejorar la adherencia.

- Limpie con agua y un trapo seco para eliminar el polvo.
- **Aplicación del antiincrustante:**
 - Aplique una capa uniforme de pintura antifouling con un rodillo o brocha.
 - Permita que se seque según las instrucciones del fabricante antes de aplicar una segunda capa.
- **Revisión final:**
 - Inspeccione visualmente para asegurarse de que no haya áreas sin recubrimiento.

8.6 Mantenimiento Preventivo Caja de Control Remoto

Actividad: Inspección, Limpieza, Lubricación, Ajuste o Cambio

Objetivo: Verificar el estado general de la caja de control remoto para identificar posibles daños, Garantizar la continuidad y correcta conducción eléctrica, Evitar el desgaste prematuro y garantizar un funcionamiento fluido de las palancas y mecanismos internos, Mantener la caja libre de suciedad, polvo y humedad que puedan afectar su funcionamiento, Evitar falsos contactos y fallas eléctricas debido a conexiones flojas o corroídas, Sustituir componentes defectuosos o desgastados que puedan comprometer la operatividad del sistema.

Frecuencia: Mensual.

Materiales necesarios: Brocha, destornillador, esponja no abrasiva, trapo seco, linterna, multímetro, juego llave Allen, juego llave boca fija, cinta, grasa dieléctrica.

EPPS: guantes dieléctricos, guantes de nitrilo, gafas.

Medidas de Protección Ambiental:

• Manejo responsable de residuos electrónicos:

- Desechar cables y componentes eléctricos en puntos de reciclaje autorizados.
- No arrojar residuos electrónicos al agua o al suelo.

• Uso de productos de limpieza ecológicos:

- Emplear limpiadores dieléctricos biodegradables.
- No utilizar disolventes que generen gases tóxicos en espacios cerrados.

• Control de derrames:

- Usar bandejas recolectoras al aplicar lubricantes o limpiar conexiones.
- Recoger residuos con material absorbente y depositarlos en contenedores adecuados.

Instrucciones:**• Inspección:**

- Asegúrese de que la caja de control esté desconectada de la alimentación eléctrica.
- Revisar el exterior de la caja para detectar golpes o fisuras
- Abra la caja y compruebe la integridad de los componentes internos.
- Confirmar que no haya humedad o signos de oxidación en las conexiones.

• Limpieza:

- Limpie el exterior con un paño seco para eliminar polvo y salinidad.
- Usar aire comprimido para eliminar residuos dentro de la caja.
- Aplique un limpiador dieléctrico en los contactos eléctricos para prevenir la corrosión.

- Secar completamente antes de cerrar la caja de control.

- **Ajuste Conexiones:**
 - Revisar la firmeza de los tornillos y terminales de conexión.
 - Apretar tornillos y terminales con la llave Allen o destornillador.
 - Aplique grasa dieléctrica en los conectores para prevenir la oxidación.
 - Confirmar que todas las conexiones sean seguras antes de cerrar la caja.

- **Lubricación:**
 - Retire la tapa de la caja de control remoto.
 - Aplique grasa marina dieléctrica en los puntos de articulación y ejes móviles.
 - Accionar varias veces la palanca de control para distribuir uniformemente la grasa.
 - Retire el exceso de lubricante con un paño limpio.

Figura 14

Cronograma de Actividades de Mantenimiento

SISTEMA		RUTINA	HORAS DE TRABAJO			
			20 (3 MESES)	100 (1 AÑO)	300 (3 AÑOS)	500 (5 AÑOS)
ALMACENAMIENTO			L			
MOTOR COMPLETO						
CIERRE DE LA CAPOTA				V		
ACCESORIOS DE AJUSTE Y PROTECCIÓN						
CABLE HOMRBE AL AGUA			V	V		
TUERCAS TORNILLOS Y PASADORES EN GENERAL			V	V		
AGUA DEL CHIVATO			V	V		
ELECTRICO						
ANODOS EXTERIORES				C	V	
BUJÍAS				C	V	
CABLEADO			V	V		
BATERIA			V	V		
ENCENDIDO			V	V		
MOTOR						
ACEITE DE MOTOR			C	C		
CONDICIÓN DE ARRANQUE			V	V		
RALENTÍ			V	V		
TUBO DE COMBUSTIBLE			V	V		
FILTRO DE ACEITE				C		
FILTRO GASOLINA			C	C		
TRANSMISION, DIRECCIÓN Y ENGRASE						
ACEITE ENGRANAJES			C	C		
PUNTOS DE ENGRASE				LB	LB	
UNIDAD DE ELEVACIÓN			V	V		
HÉLICE			C	V		
OBSERVACIONES GENERALES						

C	CAMBIO O REPARACIÓN
L	LIMPIEZA
V	VERIFICAR
LB	LUBRICAR
A	AJUSTE

9. Programa Pre Operacional

Esta herramienta se convierte en una práctica esencial en la identificación temprana de fallas o condiciones adversas que puedan comprometer la operatividad del bote, esta lista de verificación se debe realizar antes de iniciar cada jornada de uso y corroborar si el bote se encuentra en óptimas condiciones para garantizar la seguridad, operatividad y conservación de los botes, mediante actividades básicas de inspección, limpieza y ajuste de los componentes principales respondiendo con inmediatez.

Actividades preoperacionales

- **Inspección Visual General (10-15 min)**
 - Verifique el estado del casco por fisuras, golpes o desprendimientos.
 - Inspeccionar las luces y el sistema eléctrico para asegurar su correcto funcionamiento.
 - Revisar las conexiones del tanque de combustible y mangueras en busca de fugas.
 - Confirmar que los asientos y el equipo de salvamento estén completos y en buen estado.

- **Limpieza general (20-30 min)**
 - Enjuagar el casco con agua dulce para eliminar residuos de arena y suciedad.
 - Limpie los faros y luces con un paño húmedo.
 - Revisar el motor para retirar algas o sedimentos en la hélice.
 - Asegúrese de que el interior del bote esté libre de basura o materiales peligrosos.

- **Ajustes y Verificaciones Funcionales (15-20 min)**
 - Encienda el motor y verifique su funcionamiento en reposo.
 - Comprobar el nivel de combustible y aceite.
 - Confirmar que el timón y la palanca de velocidades operan suavemente.
 - Verifique la carga de la batería y el funcionamiento del sistema de encendido.

10. Conclusiones

Los objetivos específicos establecidos fueron alcanzados de manera efectiva estableciendo un marco de gestión del mantenimiento, el cumplimiento de dichos objetivos en el estudio permitió consolidar un plan de mantenimiento preventivo eficiente, técnicamente fundamentado y económicamente viable para los botes de La Represa SAS. Su implementación mejorará la confiabilidad operativa, reducirá los costos de mantenimiento, garantizará la seguridad del servicio y alineará la gestión del mantenimiento con las normativas vigentes. Además, representa un modelo de referencia para la gestión de mantenimiento en el sector del transporte fluvial y turístico en el embalse Topocoro, posicionándose a la empresa como un operador competitivo y sostenible. A pesar de los beneficios identificados, se evidencian algunas limitaciones en la implementación del plan, como la necesidad de capacitación del personal, la mejora en la gestión documental y la creación de indicadores de desempeño más robustos. Estos aspectos requieren una planificación estratégica a largo plazo para garantizar la sostenibilidad del programa.

Se logró identificar y caracterizar los componentes de los botes de La Represa SAS mediante la recopilación de información técnica basada en datos de eventos netamente experienciales y de los manuales del propietario. Esto permitió un conocimiento detallado de los equipos y su funcionalidad, facilitando la estructuración de una estrategia de mantenimiento preventivo. La implementación de un plan de mantenimiento preventivo garantiza la optimización en la gestión de activos, mejorando la confiabilidad operativa y reduciendo el impacto de fallas inesperadas.

La priorización estratégica mediante el análisis de criticidad confirmó los componentes riesgo A permitiendo establecer niveles de intervención, se desarrolló la clasificación de los componentes en función de su impacto en la operación, seguridad y costos de mantenimiento. Se

confirmó que los elementos de mayor riesgo son el motor fuera de borda Yamaha FT50C, el casco rígido de fibra de vidrio, la batería de 12V, el tanque de combustible, la palanca de cambios y el timón, lo que permitió priorizar las acciones de mantenimiento para estos equipos.

Con base en los resultados del análisis de criticidad, se estructuró un plan detallado de mantenimiento para los equipos críticos, definiendo actividades, frecuencias de intervención, materiales y herramientas necesarias. Esto permitirá aumentar la disponibilidad y confiabilidad de los botes, alineándose con los objetivos de optimización operativa y reducción de costos.

Si bien el plan de mantenimiento preventivo establece una base sólida para la gestión de activos, su éxito dependerá de la capacitación continua del personal operativo, la mejora en la gestión documental y la integración de herramientas digitales que faciliten la planificación y el monitoreo del estado de los equipos. En este sentido, la incorporación de tecnologías emergentes, como el uso de sensores y modelos de mantenimiento predictivo, representa una oportunidad de mejora en la gestión del mantenimiento.

Por otro lado, el análisis de normatividad colombiana confirmó que la empresa debe cumplir con regulaciones como la Ley 1242 de 2008, la Ley 99 de 1993 y diversas resoluciones de la Dirección General Marítima (Dimar), lo que refuerza la necesidad de contar con un plan de mantenimiento preventivo para garantizar la seguridad de la operación y evitar sanciones. Esto no solo garantiza la operación legal de la empresa, sino que también minimiza los riesgos operacionales y fortalece la seguridad de los pasajeros, tripulación y activos.

11. Recomendaciones

Realizar una taxonomía de los equipos para su identificación es importante para amarrar cada componente, herramienta, documentación, área de operación y llevar una buena organización y control de los activos.

La implementación de formatos como ordenes de trabajo y hoja de vida de los equipos es importante para no solo para el registro si no para la medición de los datos por medio de indicadores de gestión del mantenimiento como lo son el MTTR, MTTF y MTBF.

Capacitar al operario para que sea un perfil operador-mantenedor en cuanto a fallas menores las cuales puedan ser reparadas por el personal de la empresa permite reducir costos de solicitar un técnico especializado.

Implementar un software de gestión básico (Excel) que pueda irse mejorando y actualizando ayudara a la gestión del mantenimiento.

Bibliografía

Asociación Española de Normalización y Certificación. (2018). *Terminología del mantenimiento (UNE-EN 13306)*.

BIBO. (2023). Así se planea el turismo sostenible en el embalse Topocoro, en Santander.

El Espectador. <https://www.elespectador.com/ambiente/asi-se-planea-el-turismo-sostenible-en-el-embalse-topocoro-en-santander/>

Castañeda Cortés (2019). *MEJORAMIENTO DE LA CONFIABILIDAD una ruta hacia la excelencia en el mantenimiento industrial*

Decreto 1079 de 2015. Decreto Único Reglamentario del Sector Transporte. *Diario Oficial* N.º 49.523, de mayo 26 de 2015, Colombia.

Dirección General Marítima (DIMAR). Resoluciones sobre seguridad y operación de embarcaciones. *DIMAR*.

Eduardoño. (2024). *Barco de transporte taxi 260T*. Eduardoño. <https://www.eduardono.com/colecciones/botes/productos/bote-transporte-260t>

Fundación Humedales. (2015). *Embalse Topocoro, formulación del plan de ordenamiento central hidroeléctrica Sogamoso*. Gobernación de Santander. https://smi-geoportal.santander.gov.co/smi/docs/POE_topocoro.pdf

García Garrido, S. (2003). *Organización y gestión del mantenimiento*. Ediciones Díaz de Santos SA

Ibarra, C. (2024). Así será el centro turístico internacional en Topocoro. *Vanguardia Liberal*. <https://www.vanguardia.com/politica/2024/08/02/asi-sera-el-centro-turistico-internacional-en-topocoro/>

[://www.vanguardia.com/politica/2024/08/02/asi-sera-el-centro-turistico-internacional-en-topocoro/](https://www.vanguardia.com/politica/2024/08/02/asi-sera-el-centro-turistico-internacional-en-topocoro/)

internacional -en -Topocoro/

Ley 1242 de 2008. Código Nacional de Navegación y Actividades Portuarias Fluviales. *Diario Oficial* N.º 47.065, de 5 de julio de 2008, Colombia.

Oficial N.º 47.065, de 5 de julio de 2008, Colombia.

Ley 99 de 1993. Ley General Ambiental. *Diario Oficial* N.º 41.146, de diciembre 22 de 1993, Colombia.

Colombia.

Manual de Mantenimiento Sena, https://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal_manual_mantenimiento/#

mantenimiento/#

Medrano Márquez, González Ajuech, VL, & Díaz de León Santiago, VM (2017). *Mantenimiento: técnicas y aplicaciones industriales*. Grupo Editorial Patria.

técnicas y aplicaciones industriales. Grupo Editorial Patria.

Organización Internacional de Normalización. (2015). *Sistemas de gestión de calidad (ISO 9001)*.

Organización Internacional de Normalización. (2016). *Industria del petróleo, petroquímica y gas natural – Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos (ISO 14224)*.

natural – Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos (ISO 14224).

equipos (ISO 14224).

Organización Internacional de Normalización. (2018). *Administración/Gestión de riesgos –*

Lineamientos guía (ISO 31000).

OSPESCA. (2012). *Guía general para el mantenimiento de motores fuera de borda para la pesca artesanal.*

Real Academia Española. (2024). *Diccionario de la lengua española.*