



Propuesta para el rediseño del plan de Mantenimiento del Remolcador Cartagena de la empresa Naviera Central ubicada en la ciudad de Barranquilla Atlántico.

Federico Ángel Almeida Garrido, 20452018823

Camilo José Vega López, 204519912190

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Puerto Colombia, Colombia

2022

# **Propuesta para el rediseño del plan de Mantenimiento del Remolcador Cartagena de la empresa Naviera Central ubicada en la ciudad de Barranquilla Atlántico.**

Federico Ángel Almeida Garrido

Camilo José Vega López

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Mecánico

Director (a):

Jonathan Fábregas Villegas

Línea de Investigación:

Gestión de la Productividad, la Competitividad y la Innovación.

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Puerto Colombia, Colombia

2022

## NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado

---

Cumple con los requisitos para optar Al título de

---

---

Firma del Tutor

---

Firma Jurado

---

Firma Jurado

Puerto Colombia, Julio 2022.

# Contenido

Pág.

<b>Resumen</b> .....	x
<b>Abstract</b> .....	xi
<b>Introducción</b> .....	12
<b>1. Planteamiento del Problema</b> .....	13
1.1. Formulación del Problema.....	14
1.2. Justificación del Proyecto .....	14
1.3. Objetivos.....	15
1.3.1. Objetivo General.....	15
1.3.2. Objetivo Específicos .....	15
1.4. Delimitación del Proyecto .....	15
1.5. Alcance del Proyecto.....	16
<b>2. Marco teórico</b> .....	17
2.1. Bases Teóricas.....	17
2.1.1. Mantenimiento.....	17
2.1.2. Tipos de Mantenimiento .....	17
2.1.3. Análisis de Criticidad .....	19
2.1.4. Disponibilidad .....	20
2.1.5. Indicadores .....	20
2.1.6. Equipo Remolcador.....	21
2.2. Contexto Operacional.....	22
2.3. Antecedentes .....	26
<b>3. Metodología</b> .....	30
3.1. Diseño de la Investigación.....	30
3.2. Diseño Metodológico .....	30
3.3. Población.....	31
3.4. Técnicas de recolección de datos. ....	31
3.5. Técnicas de procesamientos de datos .....	31
3.6. Fuentes de la Información .....	31
3.7. Tipo de Investigación.....	31

3.8.	Plan de acción para alcanzar los objetivos específicos.....	32
3.8.1.	Fase 1.....	32
3.8.2.	Fase 2.....	32
3.8.3.	Fase 3.....	32
<b>4.</b>	<b>Resultados</b> .....	<b>33</b>
4.1.	Caracterizar la información sobre el mantenimiento de los equipos del Remolcador Cartagena en la actualidad. ....	33
4.1.1.	Programa de Mantenimiento Actual.....	33
4.1.2.	Estado del Plan de Mantenimiento Actual .....	33
4.2.	Realizar un análisis de los procesos actuales de mantenimiento de los equipos del Remolcador Cartagena. ....	48
4.2.1.	Procedimientos de Mantenimiento.....	48
4.3.	Organizar la información bajo un cuadro de mando local como apoyo a la planeación del mantenimiento del remolcador Cartagena.....	60
<b>5.</b>	<b>Conclusiones y Recomendaciones</b> .....	<b>69</b>
5.1.	Conclusiones.....	69
5.2.	Recomendaciones.....	69
<b>6.</b>	<b>Referencias Bibliográficas</b> .....	<b>82</b>

## Índice de Figuras

	Pág.
Figura 1 ¿Cuándo actúa cada tipo de mantenimiento y qué señales detecta?.....	19
Figura 2 Cálculo de la Disponibilidad .....	20
Figura 3 Partes de un Remolcador .....	21
Figura 4 Menú Principal .....	62
Figura 5 Nivel de Intervención.....	63
Figura 6 Fallas por Categoría .....	64
Figura 7 MTBF - Tiempo Medio Entre Fallas por Equipo.....	67
Figura 8 MTTR - Tiempo Medio Entre Reparaciones .....	68

## Índice de Tablas

	Pág.
Tabla 1 Inventario de Equipos Remolcador Cartagena .....	35
Tabla 2 Nivel de Intervención.....	62
Tabla 3 Fallas por Categoría .....	63
Tabla 4 Fallas por Sistemas.....	64
Tabla 5 Falla por Sistemas.....	65
Tabla 6 Componentes con más fallas.....	65
Tabla 7 Componentes con más Fallas .....	66
Tabla 8 MTBF - MTTR .....	66
Tabla 9 MTBF - Tiempo Medio Entre Fallas.....	67
Tabla 10 MTTR - Tiempo Medio Entre Reparaciones .....	68

*(Dedicatoria)*

A Dios quien ha sido mi guía y fortaleza constante a lo largo de mi vida.

Mis padres, abuelos y demás familiares por todo el apoyo y haberme forjado como la persona  
que soy en la actualidad.

También le dedico este logro a mi esposa e hijo quienes me han motivado a seguir  
superándome cada día y son mi razón de lucha.

## **Agradecimientos**

Agradezco a Dios por permitirme vivir estos momentos de gloria, la honra siempre será para él.

A mis padres por traerme a esta vida y saberme guiar por ella.

Gracias a mis abuelos maternos quienes me han inculcado que con amor todo es posible.

También quiero agradecer a los profesores de la universidad, compañero de tesis y tutor encargado de guiarnos en este proyecto de grado.

Agradezco con la empresa para la cual laboro por todo el apoyo y brindarme la oportunidad de seguir superándome como profesional.

## RESUMEN

Se presenta una propuesta para generar un rediseño de un plan de mantenimiento operativo de una serie de componentes de maquinaria del Remolcador Cartagena proveniente de la empresa Naviera Central, remolcador utilizado para el transporte fluvial desde el puerto de Barrancabermeja al puerto de Cartagena.

El propósito principal de la propuesta es la oportunidad de extender la vida útil de los componentes de este remolcador, que permite a su vez aportar a la productividad de la organización disminuyendo el reemplazo de componentes por fallas inesperadas, la disminución de costos y recursos no planificadas.

Para el rediseño del plan de mantenimiento en su fase de desarrollo se debe realizar un análisis de los procesos actuales de mantenimiento de los equipos del Remolcador Cartagena, y con ello se aplican métodos y herramientas enfocados en la metodología de mantenimiento preventivo. Con ello generar una nueva ruta de planificación de mantenimiento para los equipos del Remolcador Cartagena, mejorando el uso de recursos y tiempos de operatividad.

*Palabras Clave: Diseño, Disponibilidad, Fluvial, Mantenimiento, Plan, Procesos, Remolcador, Transporte.*

## ABSTRACT

A proposal is presented to generate a redesign of an operational maintenance plan for a series of machinery components of the Cartagena Tugboat from the Central Shipping Company, a tug used for river transport from the port of Barrancabermeja to the port of Cartagena.

The main purpose of the proposal is the opportunity to extend the useful life of the components of this tugboat, which in turn allows to contribute to the productivity of the organization by decreasing the replacement of components due to unexpected failures, the reduction of costs and unplanned resources.

For the redesign of the maintenance plan in its development phase, an analysis of the current maintenance processes of the Cartagena Tugboat equipment must be carried out, and with it methods and tools focused on the preventive maintenance methodology are applied. With this, generate a new maintenance planning route for the equipment of the Cartagena Tugboat, improving the use of resources and operating times.

*Keywords: Design, Availability, Fluvial, Maintenance, Plan, Processes, Tugboat, Transportation.*

## INTRODUCCIÓN

La función y principales características de un plan de mantenimiento adecuado para los equipos de una Empresa es conservar el sistema de producción funcionando al mejor nivel de fiabilidad posible, reducir la frecuencia y gravedad de fallos en sus equipos, minimizar la degradación del medio y reducir los costos lo máximo posible al momento de realizar los mantenimientos. El mantenimiento que hoy en día se lleva a cabo en algunos buques o remolcadores se limita en base a cumplir con los requerimientos y criterios de los fabricantes en cuanto a los equipos teóricamente más importantes, pero se descuida por completo las instalaciones realizadas y los equipos auxiliares siendo esto una de las causas por las cuales se aumenta el porcentaje de mantenimientos correctivos como consecuencia de no contar con un buen plan de mantenimiento estratégico adecuado que permita mantener cada uno de los equipos en un estado en el que pueda desempeñar la función requerida. Hoy en día las organizaciones viven de su producción, para este caso prestar un servicio de transporte de carga a nivel fluvial, con el fin de que estos mantenimientos sean desarrollados y estén alineados con los requerimientos que exige la empresa, se debe tener un lugar acondicionado con se lleve el control, con el fin de poder disminuir los costos garantizando un buen servicio prestados y se forma confiable. Por consiguiente, los conocimientos adquiridos en el tiempo de formación y la experiencia que se ha tomado del mismo equipo; la idea primordial es diseñar un plan de mantenimiento, bajo los parámetros del funcionamiento óptimo del equipo, soportado por los procedimientos hallados, enfocando esto a un mantenimiento a menor costo y confiable.

# 1. Planteamiento del Problema

Para las organizaciones la globalización las está obligando a buscar un mejoramiento continuo y estar a la vanguardia para ellas sean más competitiva en el mercado, esto hace que, busquen la manera de cumplir con exigencias del cliente, satisfaciendo sus necesidades, por ende estas deben pensar en buscar la forma de reducir los costos que genera el mantenimiento de un equipo, permitiéndole mantener su calidad en el servicio, que sea confiable permitiendo la viabilidad y sostenibilidad de la empresa. Teniendo en cuenta que ellas poseen un plan de mantenimiento que a través del cual mantiene al equipo en el mejor estado posible de funcionamiento, donde prima la operatividad y la confiabilidad.

Es de saber, que el mantenimiento en equipos Remolcador es de vital importancia y mucho más aun cuando se requiere de una disposición constante de ellos debido a que en este caso es una empresa de transporte de carga del sector fluvial, ella necesita garantizar su confiabilidad y menor porcentaje de pérdidas en materia de tiempo Down, basado en las fallas presentadas se ha podido visualizar a existencia de falencias en el plan actual de mantenimiento, algunos equipos se revisan únicamente cuando se necesitan y de este modo no es posible mantenerlos operativos en el momento justo en que se necesite.

En este tipo de equipo remolcadores genera como consecuencia grandes costos a la compañía al momento de repararlos y algunas veces hasta afecta la operación de el mismo, por ejemplo los motores eléctricos de las bombas de timón, compresores, ventiladores, extractores, bomba contraincendios, bombas sumergibles para achique de sentinas y algunos componentes de los motores propulsores y motor generador como lo son bombas de agua, turboalimentados, bombas de inyección de combustible y enfriadores de aceite. Basado en la información recopilada y en el análisis realizado a la ejecución del actual plan de mantenimiento se plantea su rediseño haciéndole una mejora y garantizar su operatividad, donde se prevean daños y disminuir mantenimientos correctivos que realizan en la actualidad. En el Remolcador

Cartagena se pudo visualizar las falencias y posibles causas por medio de las cuales se seleccionó como problema principal la falta de mantenimiento y las fallas que se presentan sin un historial.

### 1.1. Formulación del Problema

Es necesario recalcar que con base a la información recolectada surge una pregunta en cuestión ¿Cuál es el plan de mantenimiento preventivo más adecuado que atiende las necesidades del Remolcador Cartagena de la empresa Naviera Central ubicada en la ciudad de Barranquilla Atlántico?

### 1.2. Justificación del Proyecto

Con respecto a la productividad empresarial va de la mano de un buen mantenimiento de sus equipos, no obstante cuando este se realiza a tiempo sus afectaciones son mínima hacia esta. Sin embargo, con el aumento de las operaciones fluviales ha provocado el incremento de horas máquina, aumento en el número de fallas de la mano de los costos por reparación; bajo la metodología de implementar correctamente un mantenimiento preventivo, a cual nos garantiza que con el manejo de un buen plan se podrá disminuir los costos garantizando la confiabilidad operativa. Dentro de los beneficios académicos crea habilidades en el desarrollo de autonomía, fomentando un espíritu autocrítico, donde se refuerza el conocimiento adquirido en la Universidad, promoviendo la creatividad, sabiendo que vale la pena decir, que en Colombia las empresas dedicadas al mantenimiento de estos equipos son pocas, por tal motivo este tipo de mantenimiento debe realizarse dentro de la organización por tiempo y costos operativos. Por otra parte la creación de unos beneficios científicos, los cuales serán de gran aporte a la creación de nuevas investigaciones de innovación, foros y seminarios referente al rediseño de un plan de mantenimiento. Cabe resaltar que gracias a los conocimientos adquiridos en la empresa, se pudo conocer la sintomología que este equipo presenta, dándole como beneficios técnicos a la empresa se le presenta una propuesta para el rediseño del plan de Mantenimiento del Remolcador Cartagena.

### 1.3. Objetivos

#### 1.3.1. Objetivo General

Diseñar de una propuesta para el rediseño del plan de Mantenimiento del Remolcador Cartagena de la empresa Naviera Central ubicada en la ciudad de Barranquilla Atlántico.

#### 1.3.2. Objetivo Específicos

Caracterizar la información sobre el mantenimiento de los equipos del Remolcador Cartagena en la actualidad.

Realizar un análisis de los procesos actuales de mantenimiento de los equipos del Remolcador Cartagena.

Organizar la información bajo un cuadro de mando local como apoyo a la planeación del mantenimiento del remolcador Cartagena.

### 1.4. Delimitación del Proyecto

La delimitación de este proyecto se ubicó en Barranquilla, Colombia, Naviera Central S.A. es una compañía de servicio integral de logística y transporte fluvial. Provee servicios de transporte fluvial y multimodal a lo largo de los ríos Magdalena y Cauca, ambos en Colombia. Es una subsidiaria de la compañía estadounidense Seacor Holdings Inc. La flota de la compañía puede transportar cargas grandes y sobredimensionadas, volúmenes pesados y mercadería estándar incluyendo contenedores, granos, petróleo y sus derivados, químicos, agregados y más. Naviera Central también opera una terminal portuaria en Magangué, Bolívar sobre el río Magdalena para el almacenaje, recepción, despacho, carga y descarga de barcos y camiones.

### 1.5. Alcance del Proyecto

Con respecto al alcance que tendrá esta investigación, apoyara a la empresa Naviera a construir un plan de Mantenimiento para el Equipo Remolcador Cartagena, con el fin de mejorar y que se disminuyan las horas Down del mismo; con el fin de alcanzar competitividad, desarrollo tecnológico, confiabilidad y disponibilidad; alineándose al cumplimiento de los objetivos.

Con respecto al alcance que tendrá esta investigación, apoyara a la empresa Naviera a construir un plan de Mantenimiento para el Equipo Remolcador Cartagena, con el fin de mejorar y que se disminuyan las horas Down del mismo; con el fin de alcanzar competitividad, desarrollo tecnológico, confiabilidad y disponibilidad; alineándose al cumplimiento de los objetivos.

## 2. Marco teórico

### 2.1. Bases Teóricas

#### 2.1.1. Mantenimiento

Cabe resaltar que el mantenimiento es una combinación de varias acciones tanto administrativas como técnicas con el fin de llevar a un equipo o activo a su funcionamiento nuevamente, dichas acciones se enfocan en *“mantener o restaurar un activo a un estado en el que pueda llevar a cabo una función requerida”* (enovalevante.es, 2022).

#### 2.1.2. Tipos de Mantenimiento

##### 2.1.2.1. Mantenimiento correctivo

Cabe recordar que este tipo de mantenimiento aparece cuando ocurre una avería, en pocas palabras cuando el sistema está en error, por otro lado se dice que dicho mantenimiento sería nulo siempre y cuando se tenga que esperar hasta que el error aparezca; haciendo que se incrementen los costos de reparación por la adquisición de repuestos que o han sido presupuestados y deben ser adquiridos de forma inmediata, con el fin de poder subsanar la novedad. Sin embargo, otras definiciones nos llevan a que *“se trata de un conjunto de tareas técnicas, destinadas a corregir las fallas del equipo que demuestren la necesidad de reparación o reemplazo”* (Grupo Aner, 2020).

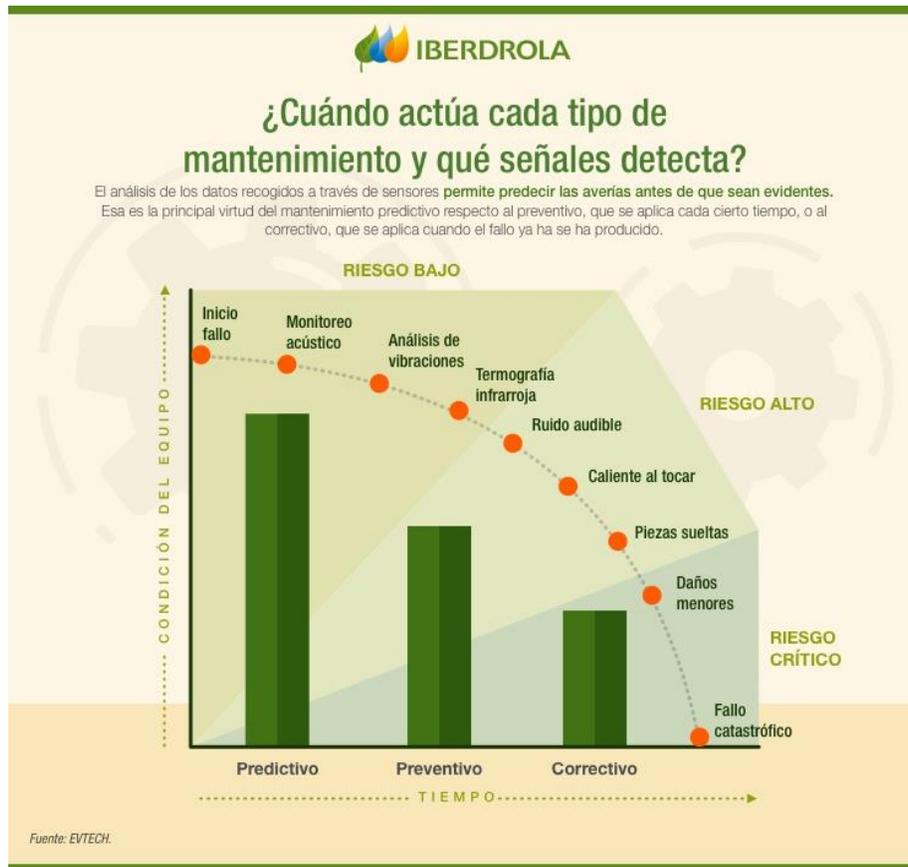
### 2.1.2.2. Mantenimiento preventivo

Sin embargo, cuando hablamos del mantenimiento preventivo su lugar lo obtiene antes de que se presente un error de forma controlada; gracias a las especificaciones del fabricante lo cual es detallado en los manuales del equipo, al seguir el paso a paso de los procedimientos que hay se plasman se podrá tener a tiempo herramientas, repuestos y mano de obra calificada para desempeñar la labor, dentro de una programación sin afectar la productividad de la empresa. En pocas palabras *“el mantenimiento preventivo se adelanta a las averías antes de que ocurran o hace que sean menos graves, por lo que disminuye el gasto en reparaciones y el tiempo en el que los equipos dejan de estar operativos debido a las mismas”* (Vidal, 2021).

### 2.1.2.3. Mantenimiento predictivo

Este determina cuales son las condiciones técnico-mecánicas y técnico-eléctricas del equipo examinado mientras ella está en función a la operatividad, gracias a las mediciones por medio de un software el cual revisa y compara según parámetros recomendados por el fabricante la funcionalidad optima del equipo. Haciendo que este disminuya su detención en la operación, disminuyendo los costos por no mantenimiento o producción. Catalogado como *“una técnica que utiliza herramientas de análisis de datos para detectar anomalías en el funcionamiento y posibles defectos en los equipos y procesos, de modo que puedan solucionarse antes de que sobrevenga el fallo”* (iberdrola.com, 2022).

Figura 1 ¿Cuándo actúa cada tipo de mantenimiento y qué señales detecta?



Fuente 1 (iberdrola.com, 2022).

*Nota: Muestra la actuación que tienen los diferentes tipos de mantenimientos enfocados a su tipo de riesgo.*

### 2.1.3. Análisis de Criticidad

Siendo esta una Metodología la cual permite que se establezcan las prioridades en el mantenimiento. Sin embargo, como *“técnica de fácil manejo y comprensión en el cual se establecen rangos relativos para representar las probabilidades y/o frecuencias de ocurrencia de eventos y sus impactos o consecuencias”* (Lárez, 2017). En ellas se miran los modos de fallas y que consecuencias se asocian a ellas.

#### 2.1.4. Disponibilidad

Siendo este lo primordial para mantenimiento especifica si un activo o componente está en óptimas condiciones para desarrollar su actividad habitual, como *“métrica evalúa el rendimiento de los elementos que realizan una función determinada, en un momento determinado, durante un período determinado, en función de los criterios de confiabilidad, mantenibilidad y soporte para el mantenimiento de los equipos”* (Alberti, 2020).

Figura 2 Cálculo de la Disponibilidad



Fuente 2 (Alberti, 2020).

Nota: Muestra la división de la disponibilidad, rendimiento y calidad.

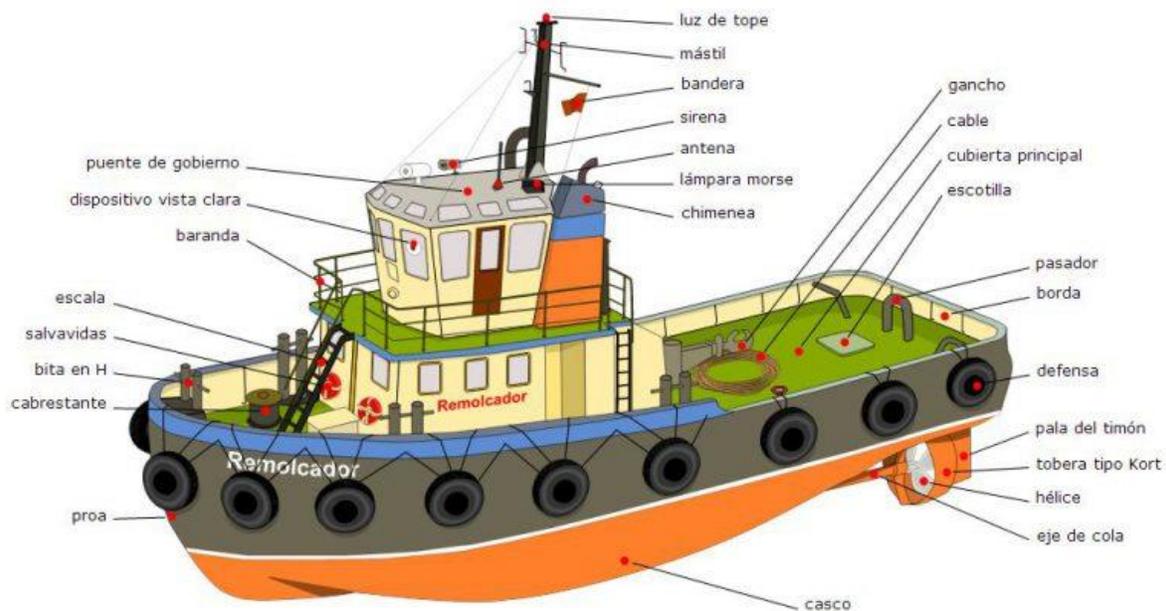
#### 2.1.5. Indicadores

Siendo este una de las herramientas claves para el mantenimiento de los equipo, se sabe que un *“un indicador es una característica específica, observable y medible que puede ser usada para mostrar los cambios y progresos que está haciendo un programa hacia el logro de un resultado específico”* (endvawnnow.org, 2021).

### 2.1.6. Equipo Remolcador

Cabe resaltar que “un remolcador es un tipo de barco especializado en el apoyo de maniobra de otros buques y objetos flotantes, mediante el empuje o tirando hacia si con ayuda de cabos, procediendo al arrastre de los mismos” (ingenieromarinero.com, 2022). Dentro de sus funciones es apoyar al buque en el reviro en un espacio reducido, también ayuda a ubicar y detenerlo, transporta, remolca y auxilia a otras embarcaciones.

Figura 3 Partes de un Remolcador



Fuente 3 (ingenieromarinero.com, 2022)

Nota: Parte de un remolcador.

## 2.2. Contexto Operacional

Dentro de la aplicabilidad del contexto operacional se deben conocer términos los cuales serán empleados en el documento alimentando el léxico del lector.

“Achicar – Achique: Acción de sacar agua o cualquier otro líquido de un tanque, compartimiento o local del interior del casco de un buque o nave, empleando bombas o cualquier otro dispositivo” (dle.rae.es, 2022).

“Astillero: Instalación industrial en donde se fabrican y construyen buques. Hoy en día los grandes astilleros se caracterizan por ser grandes complejos industriales en los que se fabrican y reparan todos los elementos y componentes que integran el casco de un buque” (dle.rae.es, 2022).

“Atracar: Maniobra o conjunto de maniobras efectuadas por un barco o embarcación para amarrarse en un muelle o embarcadero para efectuar operaciones de desembarque o embarque de personas u objetos” (dle.rae.es, 2022).

“Babor: El lado del buque que se encuentra a la izquierda del plano de simetría. Es contrario a estribor” (dle.rae.es, 2022).

“Barcaza: Un artefacto naval con o sin propulsión propia, con casco de fondo plano y poco calado que se emplea para el transporte fluvial o el transporte marítimo de mercancías y pasajeros entre costas cercanas. Su fondo plano y poco calado le hace inestable en mar abierto, pero facilita su navegación en ríos y la varada en playas de arena, no requiriendo de muelles o embarcaderos para su carga o descarga” (dle.rae.es, 2022).

“Buque: Término genérico con que se identifican los barcos de dimensiones y tonelaje considerables, ya sean propulsadas a vela por motores Diesel o a vapor o por una combinación de ellos” (dle.rae.es, 2022).

“Calado: Medida en metros, centímetros, pies o pulgadas, de la altura de la parte del casco que un buque sumerge en el agua, medida desde una horizontal, tangente a la quilla o fondo de la

nave hasta la superficie del agua a un costado de la nave. En general es la profundidad del agua” (dle.rae.es, 2022).

“Capitán: Título que corresponde a la persona autorizada por el armador para la conducción, administración y gobierno de una nave. En la antigüedad los capitanes se formaban en la mar en base a la experiencia, pero la tecnificación del medio naval y del tráfico marítimo, así como la introducción de modernos medios de navegación y propulsión ha obligado a la creación de escuelas náuticas en las que se imparten los conocimientos técnicos requeridos para la correcta conducción de la nave en altamar” (dle.rae.es, 2022).

“Confiabilidad: Probabilidad de que un equipo o sistema no falle dentro del tiempo y condiciones de operación previstas. Su valor se da relacionado con un nivel de confianza” (dle.rae.es, 2022).

“Corrosión: Destrucción de los materiales metálicos a consecuencia de las reacciones electroquímicas de oxidación, que ocurren en la superficie del metal por efecto del agua y el oxígeno. La causa natural de la corrosión es la tendencia natural de los metales de volver a su estado natural, es decir óxidos. Para los buques, en particular los de acero es un problema que si bien no es del todo eliminado su efecto es retardado mediante la aplicación de pinturas y revestimientos superficiales anticorrosivos” (dle.rae.es, 2022).

“Cubierta: Término genérico con que designa el puente principal de un barco. Es la estructura que cierra la parte superior del casco y que cuenta con aberturas llamadas escotillas que permiten el acceso a las bodegas y en general al interior del casco de la nave” (dle.rae.es, 2022).

“Dique: Barrera construida fuera de la orilla de la costa hasta que se hace visible por encima del nivel del agua y que se eleva sobre éste a manera de muro protector. Se construye apilando bloques de concreto, piedras u otro material similar uno sobre otro. Se suele colocar a la entrada de un puerto o ensenada con el objeto de proteger un área del efecto del oleaje y las corrientes marinas” (dle.rae.es, 2022).

“Disponibilidad: La capacidad técnico administrativa de tener en existencia un material (repuesto o insumo), listo para usar o en el lugar y el momento oportuno” (dle.rae.es, 2022).

“Eslora: En general define la longitud de cualquier zona, pieza o espacio de un buque” (dle.rae.es, 2022).

“Eslora máxima: Es la longitud máxima de un buque, medida entre los extremos de proa y popa” (dle.rae.es, 2022).

“Estribor: Para un observador que se encuentre a bordo mirando hacia la proa, es el lado del buque que se encuentra a la derecha del plano de simetría. Es contrario a babor” (dle.rae.es, 2022).

“Manga: Medida en sentido transversal al eje longitudinal de una embarcación o buque. Se le conoce también como la medida de ancho de una zona del buque” (dle.rae.es, 2022).

“Maniobra: Nombre que reciben todas las operaciones a bordo de una nave hechas con el objeto de navegar y conducir una embarcación o buque” (dle.rae.es, 2022).

“Mantenibilidad: Es la probabilidad de que a un equipo o sistema se le pueda dar el mantenimiento planeado en su diseño incluyendo materiales, tiempo y mano de obra. Dicho de otra forma, es la economía y la facilidad para dar mantenimiento. Se busca que sea en el menor tiempo posible” (dle.rae.es, 2022).

“Maquina: Nombre con que se designa el aparato propulsor mecánico de un buque o embarcación, ya sea este a vapor, a Diesel o nuclear” (dle.rae.es, 2022).

“Sala de Máquinas: Nombre que recibe el compartimiento o local en donde se encuentran ubicados tanto las máquinas principales como las máquinas auxiliares de un buque o embarcación” (dle.rae.es, 2022).

“Maquinas Auxiliares: Nombre que reciben todas aquellas bombas y equipos que operan a bordo” (dle.rae.es, 2022).

“Matricula: Distintivo o numeral asignado a un buque o embarcación al momento del abanderamiento y que identifica el puerto de registro y el número de nave dentro del registro de dicho puerto. Así mismo en algunos casos indica la nacionalidad de la nave” (dle.rae.es, 2022).

“Nudo: Unidad de medida de la velocidad de un buque o embarcación que se desplaza en el mar y equivale a una milla marina por hora o 0,5147 metros por segundo” (dle.rae.es, 2022).

“Pasteca: Polea metálica o de madera que sirve para la maniobra con cabos reduciendo la fuerza necesaria para la maniobra” (dle.rae.es, 2022).

“Patente de Navegación: Documento legal que autoriza a un buque a navegar bajo la bandera y tutela de una nación soberana, a la vez de acreditar su nacionalidad a efectos de pleitos judiciales” (dle.rae.es, 2022).

“Popa: Extremidad posterior del casco de un buque o embarcación. En grandes embarcaciones la parte sumergida de la popa es de forma afinada de manera de permitir el libre flujo del agua, así como la operación de la hélice propulsora y de la pala del timón” (dle.rae.es, 2022).

“Proa: Parte delantera de un buque o embarcación. Es de forma muy afinada de manera de permitir el libre flujo del agua reduciendo la resistencia al avance” (dle.rae.es, 2022).

“Puntal: Es la distancia vertical medida entre la cara superior de la quilla o línea de construcción hasta la cubierta principal” (dle.rae.es, 2022).

“Remolcador: Término genérico con que se identifica todo barco o nave que remolca a otro buque. Nombre que reciben aquellos buques o naves dotados de medios y equipos adecuados para prestar servicio de -remolque- o salvamento” (dle.rae.es, 2022).

“Remolcador de Altura: Embarcación mediana o grande especialmente equipada con dispositivos de remolque y salvamento para operaciones en altamar se caracterizan por tener maquinas propulsoras de gran potencia, así como aparatos especiales de señales” (dle.rae.es, 2022).

“Remolcador de Puerto: Embarcación pequeña modestamente equipada y que sirve de apoyo a los grandes buques en las zonas interiores de los puertos en las maniobras de atraque y zarpe” (dle.rae.es, 2022).

“Remolque: Nombre que recibe el aparejo, cabos y demás accesorios necesarios para remolcar una nave. Cable grueso provisto en sus extremos con guardacabos uno de los cuales se fija al

gancho de remolque a popa del remolcador y el otro a la proa del barco u objeto flotante que se debe remolcar” (dle.rae.es, 2022).

“Dar un Remolque: Efectuar las maniobras necesarias para que un buque o embarcación sea puesta en condiciones de ser remolcada” (dle.rae.es, 2022).

“Largar el Remolque: Zafar o soltar el cabo o cable de remolque y recogerlo a bordo” (dle.rae.es, 2022).

“Remolque Abarloado: Operación de remolque que se efectúa con los dos buques amarrados por sus costados entre sí mediante cabos o cables” (dle.rae.es, 2022).

“Tonelada: Unidad de medida con la que se indica el peso de un cuerpo o cosa. En el sistema métrico decimal equivale a 1.000 kilos. En Inglaterra y Estados Unidos se emplean otras unidades de referencia de peso llamadas Long Ton, equivalentes a 1016,0475 kilogramos y Short Ton que equivale a 907,185 kilos” (dle.rae.es, 2022).

“Tonelaje de Registro: Medida de la capacidad interior o volumen del casco de un buque o embarcación expresada en toneladas Moorson. El tonelaje de registro de una nave es el calculado de acuerdo con las reglas de los institutos de clasificación de naves o por las autoridades marítimas de los gobiernos del país al que esté adscrita la nave siendo equivalente al tonelaje de arqueo” (dle.rae.es, 2022).

“Tonelaje de Registro Bruto: Corresponde a la capacidad interior total del buque incluyendo el volumen de todos los espacios interiores de la nave” (dle.rae.es, 2022).

“Tonelaje de Registro Neto: Corresponde a la capacidad interior neta del buque, incluye sólo el volumen de los espacios destinados al transporte de carga y pasajeros” (dle.rae.es, 2022).

### 2.3. Antecedentes

Según investigación de la Universidad Continental su investigador comenta que un *“Plan de Mantenimiento preventivo como metodología se usa en la determinación y mejoramiento*

*sistemático siendo herramienta que permitirá mantener equipos y máquinas en su prolongación de su vida útil, asegurando o garantizando en su funcionalidad y operatividad de las máquinas”* (Chacca, 2021). Con la implementación de este plan se pudo minimizar y anticipar a las fallas dándole confiabilidad a la operatividad del equipo; además le dio una mejoría a los procesos, esto son uno de los beneficios que brinda este tipo de mantenimiento, con una buena planificación el mantenimiento obtuvo un rendimiento del 25% y una disminución de sus costos de 30% logrando así una participación en lograr las metas significativa extendiendo la vida de los equipos.

Al afirmar que el *“tugboat is the supporting system that plays an essential role in port. A tugboat used for maneuvering, primarily pulling or pushing bigger vessel in open seas or river to be able to lean in port”* (Royet & Orozco, 2019). Mostrando que este es pieza fundamental en los procesos y que debe estar en óptimas condiciones para su labor. Al tener este tipo de mantenimiento en las organizaciones, ha demostrado que el área de planeación de optimiza teniendo sus procesos actualizados arrastrando a la gestión de componentes reparados a colocarse al día y trabajar bajo condiciones exigentes con calidad y confiabilidad.

Sin embargo, la investigación publicada por la Universidad Católica Santo Toribio, su investigador presenta que *“las empresas necesitan del servicio de transporte para poder trasladar sus productos a los puntos de venta, debido a que esta prestación ha sobresalido en estos últimos tiempos”* (Chafloque, 2020). Pero deben tener cuidado con el incremento de los costos por no tener un buen plan de mantenimiento, en un punto cuando la organización decide cambiar a un mantenimiento preventivo pudo tener en control a sus equipos dándole más atención a ese mantenimiento generando un ahorro en reducción de costos de esa área.

Otro punto es *“determine the preventive maintenance cycles and the best strategy to allocate hub energy capacity under different demand scenarios, while the goals are to minimize costs and to maximize the reliability of the system. The novelty of this paper is the integration of preventive maintenance scheduling and energy hub scheduling”* (Amiri, Honarvar, & Sadegheih, ideas.repec.org, 2018). Con estas estrategias ayudo al mantenimiento a incrementar la disponibilidad de sus equipos, a su vez comenzó a mostrar interés por el manejo de la confiabilidad, dándole una nueva herramienta a planeación de equipos.

Por otro lado se debe tener en cuenta que *“the processes that used to decisive action which should be performed to ensure any physical components or a system can work optimally in accordance with the function desired by its users”* (Dwi, Muhammad, & Apriagung, 2017). El crecimiento de la organización da a pensar en actualizar los procesos, porque estos se han quedado cortos con el avance que ella ha tenido. Por ello al implementar un mantenimiento preventivo hace que este se reorganice en la empresa, colocándose a la par de la misma.

Cabe resaltar que la investigación que publico la Universidad de Piura su investigador afirma que *“el planificador, responsable de elaborar los planes debe disponer de información confiable que le permita identificar, mediante herramientas de calidad, los componentes críticos para aplicar las estrategias adecuadas y optimizar la disponibilidad de los equipos”* (Castro & Garcia, 2020). Este debe ser una persona de mente abierta capaz de asimilar el conocimiento tanto de campo como operativo, ser el puente entre estos dos para que fluya la información de una forma rápida y constante.

Ciertamente *“Identification of critical components and their prioritization for implementation of maintenance is an important task in industry. It is also one of the essential steps of reliability-centered maintenance”* (Gupta & Mishra, 2018). Cuando se tiene analizado e identificado esos tipos de componentes que afectan la mantenibilidad de los equipos se pueden crear planes de cambio de componentes a tiempo y reducir costos significativos.

Además, la publicación de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, su investigador afirma que con *“la realización de una serie de tareas o acciones tendientes a garantizar un funcionamiento eficiente de las maquinas o activos constante en el tiempo, ha llevado a generar un término profesional llamado Mantenimiento”* (Cepeda, 2017). Nos muestra que al agrupar tareas y solucionarlas en un solo grupo se reducen intercesiones por paradas de planta, lo cual no afectaría a la disponibilidad del equipo. Además, eso provocan el los equipos una disponibilidad alta lista para su operatividad.

Después de todo, de debe tener en cuenta que el *“tugboat is the supporting system that plays an essential role in port. A tugboat used for maneuvering, primarily pulling or pushing bigger vessel in open seas or river to be able to lean in port”* (Priyanta, Nurhadi, & Madina, 2020).

Por otra parte, la publicación de la Universidad EAN su investigador expresa que una solución importante al problema *“que se genera en las estructuras marinas por incrustaciones en los cascos de las embarcaciones y alto consumo de combustible por una deficiente especificación de recubrimientos marinos al igual que la falta de inspección durante la aplicación de los mismos”* (Benitez, 2017).

Además, la publicación *“With technological advances, our lives have become increasingly dependent on various facilities. It is important to detect deterioration or failure symptoms using inspection or monitoring devices for enabling preventive maintenance to keep them working”* (Kuboki & Takata, sciencedirect.com, 2019).

Basados en la publicación nos habla de que *“Flexibility means that PM activities can be carried out in other periods besides the pre-determined. In order to ensure the diversity of each ML is determined according to different parameters of a PM policy based on Weibull distribution”* (Hissashi, Seido, & Gupta, sciencedirect.com, 2019).

No obstante cuando hablamos *“The main contribution of the proposed study is in using robust optimization approach in modeling the integrated problem when the system faces demand fluctuations. Additionally, components of the assumed multi-state system are subjected to both independent and common cause failures”* (Alimian, Saidi-Mehrabad, & Jabbarzadeh, elsevier.com, 2019).

### 3. Metodología

En cuanto a la Metodología que se implementara este hace parte de un proceso investigativo donde se sistematizaran métodos y técnicas que le facilitarían a los investigadores descubrir nuevos conceptos y adaptarlos a la misma investigación. Cabe resaltar que la Metodología a utilizar sería la Descriptiva permitiendo un desglose de las condiciones del remolcador; por otra parte una Metodología deductiva apoyando las predicciones según la información recolectada por la operación y mantenimiento de cada sistema que componen al remolcador.

Para dar cumplimiento de esta investigación se debe desarrollar tres fases, en el primer objetivo como primera fase se relajarán encuestas y entrevistas para recoger la información, para luego clasificar y organizarla, en el desarrollo del segundo objetivo en esta fase se debe recoger y clasificar la información de los procesos que actualmente de mantenimiento, luego se debe analizar la información recolectada, para llegar a la última fase el diseñar herramienta de apoyo y realizar capacitaciones al personal.

#### 3.1. Diseño de la Investigación

Cabe resaltar que dicho diseño es el plan maestro del investigador el servirá para dar respuestas a preguntas soportando la hipótesis que se planteen.

#### 3.2. Diseño Metodológico

No obstante, el diseño estaría asociado a una Metodología no experimental y transversal “*se utiliza para observar y analizar un momento exacto de la investigación para abarcar diversos grupos o muestras de estudio*” (Arias, 2012).

### 3.3. Población

Ahora bien la población es *“un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para las cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación”* (Arias, 2012). En nuestro caso la población sería el remolcador Cartagena.

### 3.4. Técnicas de recolección de datos.

Además, estas *“como el conjunto de procedimientos y métodos que se utilizan durante el proceso de investigación, con el propósito de conseguir la información pertinente a los objetivos formulados en una investigación”* (Hernández & Baptista, 2010). En esta investigación tendrá datos directamente de entrevistas y encuestas realizadas al personal, además de investigaciones realizadas por otros investigadores.

### 3.5. Técnicas de procesamientos de datos

Cabe resaltar que para analizar la información se hace necesario usar herramientas tecnológicas las cuales ayuden a realizar cálculos, para ello se maneja la información en Microsoft Excel.

### 3.6. Fuentes de la Información

Cabe recordar que la fuente de dichos datos usados en la investigación *“nos referimos al origen de una información determinada, es decir, el soporte en el cual encontramos la misma y el cual podemos referir a terceros para que, a su vez, la recuperen para sí mismos”* (Ñaupas & Mejía, 2014). Serían primarias asociadas a encuestas, entrevistas y otros, por otro lado las secundarias asociadas a investigaciones, libros, pág. web, entre otros.

### 3.7. Tipo de Investigación

Según lo antes mencionado esta investigación será investigación descriptiva – predictiva donde su *“propósito es prever o anticipar situaciones futuras, requiere de la exploración, la descripción, la comparación, el análisis y la explicación. La investigación tipo pronóstico es*

*aquella en la cual el propósito principal es predecir la dirección futura de los eventos investigados” (Arias, 2012).*

### 3.8. Plan de acción para alcanzar los objetivos específicos

#### 3.8.1. Fase 1

Recopilar la información necesaria sobre los mantenimientos realizados al Remolcador Cartagena.

#### 3.8.2. Fase 2

Realizar un análisis de los procesos actuales de mantenimiento de los equipos del Remolcador Cartagena por parte del personal que se involucra directa con el.

#### 3.8.3. Fase 3

Diseñar y organizar toda la información recopilada bajo un cuadro de mando local como apoyo a la planeación del mantenimiento del remolcador Cartagena.

## 4. Resultados

- 4.1. Caracterizar la información sobre el mantenimiento de los equipos del Remolcador Cartagena en la actualidad.

- 4.1.1. Programa de Mantenimiento Actual

La Empresa cuenta con su plan de mantenimiento actual a través del cual se mantienen los equipos en el mejor estado posible de funcionamiento, la operatividad del remolcador y la confiabilidad de los clientes por los servicios que presta la compañía debido a la eficiencia con la que se caracteriza esta Empresa del sector fluvial, este plan de mantenimiento consta de un software que maneja los datos de los equipos y basado en esa información se generan las Ordenes de Trabajo, las cuales son informadas y revisadas por un gerente técnico de mantenimiento y un supervisor de mantenimiento, luego son enviadas a los maquinistas que permanecen a bordo del remolcador para ejecutar estas Ordenes de Trabajo en el momento que operaciones lo permita para no afectar la producción.

- 4.1.2. Estado Plan de Mantenimiento

Cabe resaltar que dentro de un Remolcador es de vital importancia y mucho más aun cuando se requiere de una disposición constante de los equipos debido a que en este caso es una empresa de transporte de carga del sector fluvial la cual necesita tener sus equipos en el mejor estado posible para garantizar la confiabilidad de sus clientes y el menor porcentaje de pérdidas posible para la compañía, actualmente existe un sistema de mantenimiento para los equipos, pero basado en las fallas que vemos a diario se puede visualizar que existen falencias en el plan de mantenimiento actual debido a que hay algunos equipos a los cuales se revisan únicamente

cuando se necesitan y de este modo no es posible mantenerlos operativos en el momento justo en que operaciones lo necesite como lo son algunos equipos auxiliares a bordo del remolcador a los cuales se le hace mantenimiento únicamente cuando presentan fallas.

Sin embargo, debido a que no hay un plan de mantenimiento asignado para dichos equipos lo cual genera como consecuencia grandes costos a la compañía al momento de repararlos y algunas veces hasta afecta la operación del remolcador como por ejemplo los motores eléctricos de las bombas de timón, motores eléctricos de los compresores, ventiladores, extractores, bomba contraincendios, bombas sumergibles para achique de sentinas y algunos componentes de los motores propulsores y motor generador como lo son bombas de agua, turboalimentados, bombas de inyección de combustible y enfriadores de aceite. Basado en la información de los maquinistas de mayor experiencia en la Empresa y en las fallas más ocurrentes por equipos o anomalías presentadas por los equipos durante el tiempo que llevo laborando en la compañía se pueden enumerar las siguientes fallas recurrentes por cada uno de los equipos del remolcador.

Por otro lado, los remolcadores de la compañía contamos con algunos repuestos para posibles fallas de los equipos debido a que estos se mantienen viajando constantemente y una falla con algún equipo en un sector de difícil acceso sin tener el repuesto a bordo representa pérdidas económicas para la compañía y afecta en gran parte la producción a causa del tiempo que se pierde mientras llega el repuesto al lugar donde se encuentre el remolcador, estos repuestos que se tienen en stock en su gran mayoría son nuevos o reparados y pocas veces son reparados a bordo del remolcador debido a que los repuestos reparados por lo general son realizados por terceros o personal contratista. Posteriormente se enumeran los repuestos más comunes que permanecen en stock a bordo de los remolcadores.

Tabla 1 Inventario de Equipos Remolcador Cartagena

<b>EQUIPOS ABORDO</b>	<b>UNIDAD</b>
Motor Propulsor CAT 3406	(03)
Transmisión Twin Disc de 5.5 a 1	(03)
Motor Generador Cummins 4BT	(02)
Compresor de aire	(02)
Motor eléctrico del compresor	(02)
Botella de aire del compresor	(01)
Bombas de timón hidráulico	(02)
Motor eléctrico de timón hidráulico	(02)
Extractor de calor sala de maquinas	(03)
Ventilador sala de maquinas	(02)
Bomba contra incendios	(01)
Bomba de llenado de agua	(01)
Bomba de llenado de combustible	(01)
Bombas sumergibles para achique	(05)
Motobomba Diesel de 2 pulgadas	(02)
Bomba de agua potable	(01)
Hidroflox	(01)
Aire acondicionado industrial	(01)
Aire acondicionado mini Split	(02)
Motor fuera de borda Yamaha	(01)
Polipasto	(01)

Tabla 2 Inventario de Repuestos del Remolcador Cartagena

<b>REPUESTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>ESTADO</b>
Bomba de agua M/P	2	Bueno
Bomba de agua M/G	2	Bueno
Bomba de inyección M/P	1	Bueno
Bomba de transferencia de combustible M/P	2	Bueno
Bomba de aceite M/P	1	Bueno
Turbo alimentador M/P	1	Bueno
Cilindro neumático	1	Bueno
Mangueras 3/8 sistema neumático	20 metros	Bueno
Uniones y codos sistema neumático	14	Bueno
Inyectores	6	Bueno
Manómetros de temperatura	2	Bueno
Manómetros de PSI	2	Bueno

Correa de distribución M/G	4	Bueno
Culata Motor propulsor	1	Bueno
Empaquetadura general	1	Bueno
Pistón motor propulsor	6	Bueno
Biela Motor propulsor	6	Bueno
Válvulas motor propulsor	24	Bueno
Varillas impulsadoras M/P	12	Bueno
Motor de arranque neumático M/P	2	Bueno
Motor de arranque neumático M/G	1	Bueno
Motor de arranque eléctrico motor generador	1	Bueno
Intercooler motor propulsor	1	Bueno
Turbo alimentador M/G	1	Bueno
Acople vulca	1	Bueno
Morsa	2	Bueno
Manguera sistema hidráulico	8	Bueno
Tubos de combustible M/P	12	Bueno
Presostato	2	Bueno
Diafragma	4	Bueno
Tarjeta electrónica Stanford	1	Bueno
Tuercas de inyectores	6	Bueno
Luces de emergencia	2	Bueno
Lámparas led	8	Bueno
Sensor de temperatura M/P	2	Bueno
Sensor de PSI M/P	2	Bueno

**Fuente 4 Elaboración Propia**

## 4.1.2.1. Actividades de Mantenimiento

## 4.1.2.1.1. Cambio de Aceite Motor Propulsor CAT 3406

**Medidas de seguridad y e.p.p.**

- a). Casco de protección.
- b). Guantes de seguridad.
- c). Gafas claras.
- d). Protectores auditivos.
- e). Botas de seguridad.
- f). Overol.

**Herramientas y materiales.**

- a). Trapos.
- b). Embudo.
- c). Recipiente para depositar aceite usado.
- d). Aceite indicado.
- e). Linterna.
- f). Brocha.
- g). Llave de expansión.
- h). Llave para filtros.
- I). Teflón.

- j). Llave rathe con extensión y dados de 3/8 y 1/2"
- k). Recipiente para sacar muestra de aceite.
- l). Filtro de aceite, combustible y de aire.

**Observaciones:**

- a). El motor debe enfriarse mínimo 20 min.
- b). Un equipo nuevo o reparado se le debe cambiar el aceite a las 50 horas de servicio.

4.1.2.1.2. Cambio de Aceite Transmisión TWIN DISC

**Medidas de seguridad y e.p.p.**

- a). Casco de protección.
- b). Guantes de seguridad.
- c). Gafas claras.
- d). Protectores auditivos.
- e). Botas de seguridad.
- f). Overol.

**Herramientas y materiales.**

- a). Llave expansiva.
- b). Trapos.

- c). Recipiente vacío para depositar el aceite usado.
- d). Aceite indicado.
- e). Embudo.
- f). Llave para filtros.
- g). Filtro.
- h). Teflón.

#### **Observaciones.**

- a). Antes del drenaje el motor propulsor no trabaje en los últimos 20 min con el fin de no calentar la transmisión.
- b). Cambiar el aceite a las 50 horas de servicio, en caso que sea nuevo o reparado.

#### 4.1.2.1.3. Cambio de Aceite Motor Generador CUMMINS

#### **Medidas de seguridad y E.P.P.**

- a). Casco de protección.
- b). Guantes de seguridad.
- c). Gafas claras.
- d). Protectores auditivos.
- e). Botas de seguridad.
- f). Overol.

#### **Herramientas y materiales.**

- a). Llave expansiva.
- b). Trapos.

- c). Recipiente vacío para depositar el aceite usado.
- d). Aceite indicado.
- e). Embudo.
- f). Llave para filtros.
- g). Filtro de aceite, aire y combustible.
- h). Teflón.

### **Observaciones.**

- a). Antes del drenaje el motor propulsor no trabaje en los últimos 20 min.
- b). Cambiar el aceite a las 50 horas de servicio en caso que sea nuevo o reparado.

#### 4.1.2.1.4. Cambio de Aceite Compresor de Aire

### **Medidas de seguridad y E.P.P.**

- a). Casco de protección.
- b). Guantes de seguridad.
- c). Gafas claras.
- d). Protectores auditivos.
- e). Botas de seguridad.
- f). Overol.

### **Herramientas y materiales.**

- a). Llave expansiva.
- b). Trapos.

- c). Recipiente vacío para depositar el aceite usado.
- d). Aceite indicado.
- e). Embudo.
- f). Llave para filtros.
- g). Filtro de aceite.
- h). Teflón.

### **Observaciones.**

- a). Cambiar el aceite a las 50 horas de servicio en caso que sea nuevo o reparado.
- b). Desenergizar el motor eléctrico del compresor y colocar el sistema de bloqueo en el tablero antes de iniciar la tarea asignada.

#### 4.1.2.1.5. Cambio de Aceite Motor Fuera de Borda YAMAHA 4T

### **Medidas de seguridad y e.p.p.**

- a). Casco de protección.
- b). Guantes de seguridad.
- c). Gafas claras u oscuras.
- d). Protectores auditivos.
- e). Botas de seguridad.
- f). Overol.

### **Herramientas y materiales.**

- a). Llaves mixtas.

- b). Trapos.
- c). Recipiente vacío para depositar el aceite usado.
- d). Aceite indicado.
- e). Embudo.
- f). Llave para filtros.
- g). Filtro de aceite.
- h). Juego de dados y Ratche.

### **Observaciones.**

- a). Cambiar el aceite a las 50 horas de servicio en caso que sea nuevo o reparado.
- b). El aceite del motor se cambia cada 100 horas de trabajo o cada 6 meses.
- c). El aceite que se debe usar es el 20w50.
- d). Bujía en los motores 4t duran máximo 500 horas y la holgura de la bujía es de 0.6 m.m.
- e). Termostato y correa del tiempo se cambian cada 1.000 horas.

#### 4.1.2.1.6. Cambio de Aceite Transmisión Fuera de Borda YAMAHA 4T

### **Medidas de seguridad y E.P.P.**

- a). Casco de protección.
- b). Guantes de seguridad.
- c). Gafas claras u oscuras.
- d). Protectores auditivos.
- e). Botas de seguridad.
- f). Overol.

**Herramientas y materiales.**

- a). Llaves mixtas.
- b). Trapos.
- c). Recipiente vacío para depositar el aceite usado.
- d). Aceite indicado.
- e). Embudo.
- f). Llave para filtros.
- g). Filtro de aceite.
- h). Juego de dados y Ratche.

**Observaciones.**

- a). Cambiar el aceite a las 50 horas de servicio en caso que sea nuevo o reparado.
- b). El aceite de la transmisión se cambia cada 100 horas de trabajo o cada 6 meses.
- c). El aceite que se debe usar es el 80w90.

#### 4.1.2.2.Actividades de Mantenimiento Eléctrico

##### 4.1.2.2.1. Plan de Mantenimiento para Baterías

**Medidas de seguridad y E.P.P.**

- a). Casco de protección.
- b). Guantes de seguridad.

- c). Gafas claras.
- d). Protectores auditivos.
- e). Botas de seguridad.
- f). Overol.

**Herramientas y materiales.**

- a). Bicarbonato de soda.
- b). Vaselina o grasa.
- c). Multímetro.
- d). Agua destilada.
- e). Cepillo de acero.
- f). Trapos.
- g). Llaves de 7/16 y 1/2 pulgada.
- h). Destornillador de paleta aislado.

**Observaciones.**

- a). Tomar precauciones durante limpieza de celdas.
- b). No está permitido producir chispas como del cigarro cuando se está cargando baterías.
- c). No cargar rápidas las baterías disminuye su rendimiento y vida.
- d). Tenga presente si el voltaje disminuye a 1.6 VDC inspeccionarse.
- e). No unir positivo y negativo de una batería se corre peligro de explosión.

4.1.2.2.2. Plan de Mantenimiento para Motor de Arranque Eléctrico

**Medidas de seguridad y E.P.P.**

- a). Casco de protección.
- b). Guantes de seguridad.
- c). Gafas claras.
- d). Protectores auditivos.
- e). Botas de seguridad.
- f). Overol.

**Herramientas y materiales.**

- a). Brocha de una pulgada.
- b). Barniz.
- c). Juego de dados.
- d). Destornilladores aislados
- e). Multímetro.
- f). Limpiador electrónico.
- g). Trapo.

**Observaciones.**

- a). No arrancarlo en forma directa o haciendo puente en los terminales.
- b). Comprobar el sentido de giro del motor de arranque antes de instalarlo.

4.1.2.2.3. Plan de Mantenimiento para Motores Eléctricos

**Medidas de seguridad y E.P.P.**

- a). Casco de protección.
- b). Guantes de seguridad.
- c). Gafas claras.
- d). Protectores auditivos.
- e). Botas de seguridad.
- f). Overol.

### **Herramientas y materiales.**

- a). Voltímetro.
- b). Termómetro de contacto.
- c). Trapo.
- d). Brocha de una pulgada.
- e). Linterna.
- f). Limpiador electrónico.
- g). Caja de tornillería.
- h). Destornilladores adecuados.
- i). Herramienta para retirar balineras.
- j). Llaves Allen.
- k). Llaves de copa y estría.

### **Observaciones.**

- a). Desenergizar el equipo a intervenir.
- b). Instalar el equipo de protección o sistema de bloqueo en el tablero eléctrico.

#### 4.1.2.2.4. Plan de Mantenimiento para Cables y Alumbrados

##### **Medidas de seguridad y E.P.P.**

- a). Casco de protección.
- b). Guantes de seguridad.
- c). Gafas claras.
- d). Protectores auditivos.
- e). Botas de seguridad.
- f). Overol.

##### **Herramientas y materiales.**

- a). Alicates.
- b). Cinta aislante.
- c). Trapo.
- d). Destornillador aislado.
- e). Multímetro.

##### **Observaciones.**

- a). Instalar el sistema de bloqueo eléctrico en el tablero teniendo en cuenta la unidad eléctrica que se va intervenir.
- b). Evite hacer empalmes con cables de distintos calibres.
- c). Asegúrese de dejar bien protegidos los empalmes eléctricos con cinta aislante requerida.

- 4.2. Realizar un análisis de los procesos actuales de mantenimiento de los equipos del Remolcador Cartagena.

#### 4.2.1. Procedimientos de Mantenimiento

De forma General, dentro de cada empresa hay un procedimiento para cada actividad que se desarrolla, ellas permiten que se mejoren aspectos relacionados con la seguridad, medio ambiente y productividad; además, las organizaciones deben realizar un cambio en sus actuales hábitos con el fin de elaborar planes de mantenimiento óptimos. Recordando que ellos son un conjunto de tareas que van hacia el cumplimiento de un objetivo, maximizando la vida útil del activo. Estos planes son elaborados bajo recomendaciones de fabricantes, pero son adaptados según las necesidades del cliente dependiendo las condiciones o variables de su entorno.

##### 4.2.1.1. Procedimiento Actividades de Mantenimiento Mecánico

###### 4.2.1.1.1. Cambio de Aceite Motor Propulsor CAT 3406

#### **Procedimiento:**

- a). Coordinar el mantenimiento con el capitán sin afectar la operación.
- b). Desconectar el motor de arranque o bloquear el motor.
- c). Colocar un recipiente vacío para depositar el aceite usado.
- d). Sacar la muestra de aceite requerida.
- e). Retire el tapón del Carter.
- f). Asegúrese del drenaje del aceite.

- g). Retire tapa válvulas para limpieza de balancín.
- h). Asegúrese de no dejar elementos sobre los balancines.
- i). Limpie impulsores y balancines con brocha y aceite.
- j). Agregar 1 galón de aceite indicado dejando drenar hasta cuando salga aceite limpio por el tapón del Carter.
- k). Limpiar el tapón del Carter.
- l). Instalar la tapa válvulas del motor revisando que los balancines se encuentren libres de elementos extraños.
- m). Cambiar el filtro de aceite.
- n). Cambiar filtros de combustible lavando bases de los filtros racor.
- o). Cambiar filtro de aire y limpiar la carcasa del filtro.
- p). Agregue aceite hasta el nivel indicado utilice varilla de medición.
- q). Encender el motor en ralentí para verificar posibles fugas, si hay anomalías tomar correctivos de inmediato.
- r). Apagar el motor para lavarlo exteriormente.
- s). Asegúrese que el aceite usado quede depositado en un tanque que no esté roto y con tapa sellada herméticamente.
- t). Al finalizar reportar al capitán y al supervisor.

**NOTA:** El aceite del motor debe monitorearse a diario, cambiarse cada 250 horas de servicio o antes en caso que sea necesario, además se debe realizar el procedimiento de encendido antes de arrancar el motor para conservar el tiempo de vida útil del equipo.

#### 4.2.3.1.2. Procedimiento de Encendido del Motor Propulsor CAT 3406

- a). Revise daños visibles en motor y accesorios.
- b). Verifique fugas en tubería combustible, aceite y agua.
- c). Verifique flexión o daños en correas.
- d). Verifique presencia de daños en medidores rotos mal funcionamiento.
- e). Inspeccione falta de perno o desajustados.
- g). Verifique mangueras aceite y agua.
- h). Revise nivel de aceite del motor (apagado).
- i). Apague el motor quite tapa del tanque para liberar presión.
- j). Mantenga a nivel líquido refrigerante, inspeccione la tubería por presencia de fugas.
- k). Revise filtro de combustible.
- l). Asegúrese succión de aire del motor limpie su filtro.
- m). Verifique que cilindros neumáticos estén libre de humedad.
- n). Verificar presión de aceite (60 psi con el aceite frío y 40 psi con aceite caliente), durante 5 minutos y en caso de anormalidad informar.
- o). Verificar constantemente funcionando del motor.

#### 4.2.1.1.2. Cambio de Aceite Transmisión TWIN DISC

##### **Procedimiento.**

- a). Desconecte y bloquee el motor.
- b). Drenar aceite.
- c). Quitar tapón Carter.
- d). Drenar aceite por completo.

- e). Limpiar área del llenado de aceite.
- f). Instalar filtro nuevo.
- g). Limpiar filtro strainer.
- h). Limpiar tapón del Carter.
- i). Verifique nivel de aceite con varilla de medición.
- j). Verifique fugas de aceite.
- k). Usar detergente para lavar transmisión.

**NOTA:** El aceite de la transmisión debe monitorearse a diario, cambiarse cada 250 horas o antes en caso que sea necesario y aplicar 2 puf de grasa adecuada en puntos de engrase.

#### 4.2.1.1.3. Cambio de Aceite Motor Generador CUMMINS

##### **Procedimiento:**

- a). Coordinar el mantenimiento con el capitán sin afectar la operación.
- b). Desconectar el motor de arranque o bloquear el motor.
- c). Colocar un recipiente vacío para depositar el aceite usado.
- d). Sacar la muestra de aceite requerida.
- e). Asegúrese drenar totalmente el aceite.
- f). Retire tapas válvulas del motor realice limpieza de balancines.
- g). Asegúrese de no dejar elementos sobre los balancines.
- h). Limpie impulsores y balancines con brocha y aceite.
- i). Denar el aceite hasta que salga limpio.
- j). Limpiar el tapón del Carter.

- k). Instalar la tapa válvulas del motor revisando que los balancines se encuentren libres de elementos extraños.
- m). Cambiar el filtro de aceite.
- n). Cambiar filtros de combustible.
- o). Cambiar filtro de aire y limpiar la carcasa del filtro.
- p). Agregue el aceite a nivel indicado en la varilla de medición.
- q). Encender el motor para verificar posibles fugas, si hay anomalías tomar correctivos de inmediato.
- r). Apagar el motor para lavarlo exteriormente.
- s). Asegúrese que el aceite usado quede depositado en un tanque que no esté roto y con tapa sellada herméticamente.
- t). Al finalizar reportar al capitán y al supervisor.

**NOTA:** El aceite del motor debe monitorearse a diario, cambiarse cada 250 horas de servicio o antes en caso que sea necesario.

#### 4.2.1.1.4. Cambio de Aceite Compresor de Aire

##### **Procedimiento:**

- a). Coordinar la tarea asignada con el capitán sin afectar la operación.
- b). Colocar el recipiente para drenar el aceite.
- c). Remueva el tapón del Carter.
- d). Asegúrese que el aceite drene en su totalidad.
- e). Retire el filtro de aceite y limpiar el área.
- f). Instalar el filtro nuevo y asegúrese que quede bien ajustado.
- g). Limpiar el tapón del Carter, colocarle 3 vueltas de teflón e instálelo.

- h). Agregue el aceite indicado hasta el nivel indicado en la varilla.
- i). Prender el motor para descartar posibles fugas de aceite y en caso de anomalías tomar correctivos inmediatamente.
- j). En caso de no haber anomalías lave el compresor con detergente teniendo cuidado no mojar el motor eléctrico.
- k). El aceite usado debe depositarse en un recipiente que no esté roto, tapado herméticamente y marcado visiblemente para identificarlo.
- l). Al finalizar debe reportarse al capitán y al supervisor inmediatamente.

#### 4.2.1.1.5. Cambio de Aceite Motor Fuera de Borda YAMAHA 4T

##### **Procedimiento.**

- a). Coordinar el mantenimiento con el capitán y el supervisor.
- b). En caso que el motor se encuentre caliente déjelo enfriar de 20 a 30 minutos.
- c). colocar un recipiente para depositar el aceite usado.
- d). Soltar el tapón del Carter para drenar el aceite y soltar filtro de aceite.
- e). Revisar la arandela y la rosca del tapón del Carter en caso de anomalía cambiarla si es necesario.
- f). Instalar tapón del Carter asegurándose que quede bien ajustado.
- g). Agregar aceite al empaque del filtro de aceite e instalarlo ajustándolo con la mano.
- h). Agregue el aceite indicado hasta la medición de la varilla medidora.
- i). Verificar que el aceite usado quede almacenado en un recipiente en buen estado, tapado herméticamente y marcado visiblemente.
- j). Revisar visualmente que el motor no tenga elementos extraños antes de poner la tapa.

k). Encienda el motor y verifique posibles fugas, en caso de anomalías tomar los correctivos pertinentes.

l). Al finalizar el mantenimiento reportar al capitán y al supervisor.

**NOTA:** No pasar el motor de 5.000 rpm y para una mayor vida útil del equipo es muy importante tener en cuenta el procedimiento de encendido del motor.

#### 4.2.1.1.6. Procedimiento de Encendido del Motor Fuera de Borda 4T

a). Verificación de la batería, bornes y cables (que las conexiones no estén flojas o sulfatadas).

b). Verificar nivel del aceite (20w50 SJ) agregar si es necesario.

c). Verifique filtros de combustible.

d). Verificación conexiones de cables.

e). Asegúrese que no halla presencia de objetos extraños en el motor.

f). Revisar la transmisión y propela (golpes, ejes torcidos, etc.)

g). Inspeccionar palancas de control que no estén embragadas.

h). Prenda el motor y déjelo en mínima r.p.m. durante 5 minutos.

i). Revisar alarmas de temperatura y presión de aceite.

j). no pasar el motor de 5.000 rpm.

k). reportar cualquier señal de alarma.

#### Deberes del Motorista

a). Verificar tanqueo.

- b). Realizar el procedimiento de arranque de los motores.
- c). Velar por el correcto funcionamiento de los motores.
- d). Efectuar mantenimientos preventivos de los motores.
- e). Velar que se realicen los mantenimientos nivel superior.
- f). Gestionar insumos y repuestos para los motores (filtros, bujías, diafragmas, etc.)
- g). Informar cualquier anomalía y requerimiento de los motores.

#### 4.2.1.1.7. Cambio de Aceite Transmisión Fuera de Borda YAMAHA 4T

##### **Procedimiento.**

- a). Coordinar el mantenimiento con el capitán y el supervisor.
- b). En caso que el motor se encuentre caliente déjelo enfriar de 20 a 30 minutos.
- c). colocar un recipiente para depositar la valvulina usado.
- d). Soltar el tapón del Carter con un destornillador de pala y soltar el tornillo superior o medidor de aceite para drenar la valvulina.
- e). Inspeccionar la rosca de los tornillos y en caso de anomalías cámbielas por una nueva.
- f). Drene la valvulina hasta que quede totalmente seca la transmisión.
- g). Agregue la valvulina nueva de abajo hacia arriba hasta que salga el líquido por la parte superior.
- h). Colocar el tornillo superior y luego el inferior.
- i). Verificar el estado de la propela, tuerca de sujeción y pasador, en caso de anomalías reporte de inmediato y tome los correctivos pertinentes.
- j). Finalizado el mantenimiento reporte al capitán y al supervisor.

**NOTA:** La hélice de Aluminio pierde un poco de torque y velocidad, pero es mejor porque cuida la transmisión.

#### 4.2.1.2.Procedimiento de Mantenimiento Eléctrico

##### 4.2.1.2.1. Plan de Mantenimiento para Baterías

##### **Procedimiento:**

- a). Asegúrese de tener la batería desconectada del cargador.
- b). Desconecte los bornes de la batería desconectando primero el terminal negativo para evitar corto circuito.
- c). Verifique humedad en la batería posible escape en los vasos.
- d). Examine las conexiones determine señales de sulfatación, corrosión, o calentamiento.
- e). Revise la cantidad de líquido en cada uno de los vasos de la batería usando el destornillador de paleta, agréguele agua destilada en caso que sea necesario y al finalizar asegúrese de dejar los vasos bien ajustados.
- f). “Diluir bicarbonato de soda en agua y limpiar con esta solución los terminales de los cables y los bornes de las baterías para remover el depósito de sulfato que se encuentre en los alrededores de los bornes, restriegue con cepillo de acero y enjuague con agua dulce” (Castro & Garcia, 2020).
- g). Asegure terminales recúbalos con vaselina simple o película de grasa.
- h). Revise el voltaje de la batería con el multímetro en la escala DC, el voltaje requerido debe ser por encima de 14.5 voltios y en caso que el voltaje sea menor conecte los terminales para poner a cargar la batería nuevamente.
- i). “Ajuste los terminales a los bornes teniendo en cuenta no golpearlos debido a que esto puede ocasionar desprendimiento de plomo de las placas y alterar el equilibrio químico del electrolito” (Chafloque, 2020).

j). Terminada la labor reporte al capitán y al supervisor.

**NOTA:** Este mantenimiento debe realizarse cada 2 meses, aunque la batería debe inspeccionarse a diario mientras está en operación, además debe mantenerse sobre una superficie aislada y sobre una base fija para evitar que se ruede y se aflojen los bornes.

#### 4.2.1.2.2. Plan de Mantenimiento para Motor de Arranque Eléctrico

##### **Procedimiento.**

- a). Coordinar el mantenimiento con el capitán y el supervisor.
- b). Desconecte la batería y los cables que llegan a los terminales del motor de arranque.
- c). “Desmonte el solenoide o automático” (Chacca Llaique, 2021).
- d). “Verifique el disco de tornillos del solenoide si están muy desgastados proceda a cambiarlos” (Hissashi, Seido, & Gupta, 2019).
- e). Retire la tapa porta escobillas y el rotor.
- f). Saque la tapa trasera y verifique el estado del bendix.
- g). Haga limpieza general al equipo.
- h). Hornear los campos, el rotor, la porta escobilla y el solenoide.
- i). “Medir la continuidad de los campos, el inducido, colector y verificar que el colector no este rayado, en caso que el colector se encuentra rayado hacerlo maquinar” (Quintero, Ramírez, & Cortázar, 2020) .
- j). Limpie las ranuras de las delgas y lije si lo requiere.
- k). Verifique los bujes de las tapas y porta escobillas.
- l). Proceda al armado del equipo.
- m). Haga el montaje final teniendo en cuenta la polaridad.
- n). Realice las pruebas necesarias.

o). Al finalizar el mantenimiento reportar al capitán y al supervisor.

#### 4.2.1.2.3. Plan de Mantenimiento para Motores Eléctricos

##### **Procedimiento.**

- a). Coordinar el mantenimiento con el capitán y el supervisor.
- b). “verificar la resistencia del aislamiento con el multímetro y el valor obtenido será registrado con identificación del respectivo motor” (Alimian, Saidi-Mehrabad, & Jabbarzadeh, 2019).
- c). Obtenga medidas de voltaje, corriente y verifique que estén dentro del rango de operación del motor.
- d). Verifique la temperatura en el cuerpo y en los cojinetes del motor.
- e). Localice cualquier ruido anormal cuando el motor está en marcha.
- f). “Observe la existencia de vibraciones anormales en el cuerpo del motor, revise los pernos de las bases” (Benitez, 2017).
- g). Desenergizar el motor y proceda a desarmar para el respectivo mantenimiento.
- h). Suelte la tapa trasera de protección.
- i). Retire el flanche de la punta del eje.
- j). Extraiga el ventilador de refrigeración.
- k). Quite los tornillos que sujetan los escudos delanteros y traseros.
- l). Quite los tornillos que sujetan las tapas de las balineras.
- m). Retire las tapas de las cajas de las balineras o cojinetes.
- n). Verifique el desgaste y concentricidad de los anillos deslizantes.
- o). Saque el rotor del campo del motor y revise el devanado del campo.

- p). “Limpie las superficies del devanado con tetracloruro de carbono o un líquido similar verificando la existencia de grietas o escamas” (Chacca Llaique, 2021).
- q). Secar el devanado del rotor y estator a alta temperatura.
- r). Pinte el campo con barniz dieléctrico.
- s). Armar el motor teniendo en cuenta la posición de sus componentes.
- t). “Si existe oxidación en la parte externa del motor con una raqueta y cepillo de acero remueva el óxido, aplique una base de pintura anticorrosiva y luego una de acabado” (Amiri, Honarvar, & Sadegheih, 2018).
- u). “Revise las borneras, verifique que estén bien sujetas las conexiones, verifique el estado de los conductores y conexiones a tierra” (Chafloque, 2020).
- v). Revisar los resortes de la porta escobillas
- w). Mida la corriente de arranque, la corriente nominal y mida el voltaje de alimentación del motor.
- x). Pruebe el motor en operación durante una hora, verifique ruidos, vibraciones y calentamiento anormal.
- y). En caso de anomalías informe al capitán y al supervisor para programar reparación.
- z). Finalizado el mantenimiento reporte al capitán y al supervisor.

#### 4.2.1.2.4. Plan de Mantenimiento para Cables y Alumbrados

##### **Procedimiento.**

- a). Revise inicialmente las líneas de las luces de navegación, estado de los soportes y bombillos.
- b). Verifique el estado de las lámparas y faros de navegación
- c). Revise las condiciones de los cables, asegúrese que no queden colgantes ni mal empalmados.

- d). Compruebe el voltaje requerido en cada línea eléctrica 12 v, 110 v y 220 v.
- e). En caso que encuentre anomalías que atente contra los equipos reportar al capitán y al supervisor, además de realizar los correctivos pertinentes.
- f). Terminada la labor avise al capitán y al supervisor para poner los equipos en servicio.

**NOTA:** Las conexiones eléctricas de los equipos y del tablero eléctrico deben estar bien ajustadas para evitar recalentamiento de líneas eléctricas y aumento a la resistencia de los cables.

- 4.3. Organizar la información bajo un cuadro de mando local como apoyo a la planeación del mantenimiento del remolcador Cartagena.

Cuando hablamos de un Cuadro de mando integral en la estructura de mantenimiento de equipo, es una herramienta de gran apoyo a la gestión de la planeación ayudando al área de mantenimiento a linear estratégicamente su enfoque a través de dicha estructura sistemática. Con ella se podrá generar reportes los cuales reestructuraran los actuales procesos. Gracias a esta combinación en mantenimiento los indicadores o como llamamos KPI son claves para ver el rendimiento que se tiene en el área, por ende al ser una medida métrica donde son evaluados los factores críticos bajo un seguimiento estricto. Cabe resaltar que todo tipo de *“empresas hace un seguimiento de los KPI. Sin embargo, estas métricas controlan el rendimiento con respecto a los objetivos vinculados a cosas como los fallos de la máquina, los tiempos de reparación, los retrasos en el mantenimiento y los costes”* (emaint.com, 2022).

#### 4.3.1. Indicadores de Mantenimiento

Dentro de los principales indicadores que se tomaran para darle seguimiento al equipo tenemos, el tiempo medio entre fallos (MTBF) y el tiempo medio de reparación (MTTR).

### Tiempo medio entre fallos (MTBF)

Cabe resaltar que *“el tiempo medio entre fallas (MTBF, por sus siglas en inglés) es un cálculo utilizado para predecir el tiempo entre fallas de un componente de maquinaria”* (mantenimientoelectrico.com, 2021). Como métrica de mantenimiento muestra el funcionamiento del equipo dicho análisis es utilizado, para equipo a nivel reparado, esta herramienta es utilizada para la planificación de sus reparaciones. Sin embargo, antes de utilizarla el analista debe saber y entender todo el equipo con el fin de no poder afectar la disponibilidad del equipo. Su fórmula es:

$$MTBF = \frac{HROP}{\sum NTFALLAS} \quad (1)$$

Dónde:

MTBF= Tiempo medio entre fallos (Mid Time Between Failure)

HROP= Horas de operación.

NTFALLAS= Numero de fallas detectadas

### Tiempo medio de reparación (MTTR)

Sin embargo, *“las siglas MTTR proceden de Mean Time to Repair o, en español, Tiempo Medio de Reparación. Representa el tiempo medio necesario para reparar una avería y hacer que un equipo vuelva a funcionar normalmente”* (Infraspeak, 2022). Demostrando que la combinación del MTBF y el MTTR son la mejor defensa para el cuidado de los equipos y poder alargar su vida útil. Su fórmula es:

(2)

$$MTTR = \frac{\text{No. Horas por Correctivos}}{\text{No. Correctivos}}$$

Figura 4 Menú Principal



## Remolcador Cartagena

---

**Registro**

---

[Ingreso de Información](#)

[Ingreso de Parametros](#)

**Indicadores**

---

[MTTR - Tiempo Medio Entre Reparaciones](#)

[Fallas por Sistemas](#)

[Nivel de Intervención](#)

[MTBF - Tiempo Medio Entre Fallas por Equipo](#)



Fuente 5 Elaboración Propia con apoyo de Naviera Central

*Nota: Muestra la distribución de la ventana principal del cuadro demando local.*

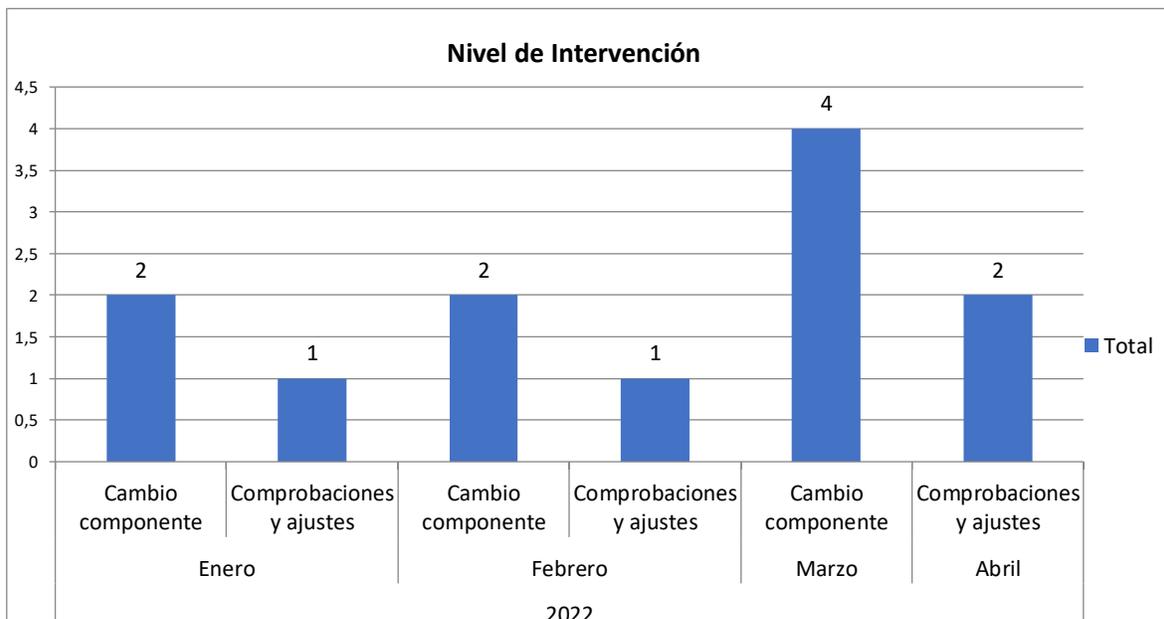
Tabla 2 Nivel de Intervención

Nivel de Intervención	
Etiquetas de fila	Cuenta de ID
<b>2022</b>	
<b>Enero</b>	
Cambio componente	2
Comprobaciones y ajustes	1
<b>Febrero</b>	
Cambio componente	2
Comprobaciones y ajustes	1
<b>Marzo</b>	
Cambio componente	4
<b>Abril</b>	
Comprobaciones y ajustes	2
<b>Total general</b>	<b>12</b>

Fuente 6 Elaboración Propia con apoyo de Naviera Central

*Nota: Muestra las intervenciones que se les ha realizado al equipo.*

**Figura 5 Nivel de Intervención**



**Fuente 7** Elaboración Propia con apoyo de Naviera Central

*Nota: Grafica las intervenciones que se les ha realizado al equipo en el año actual.*

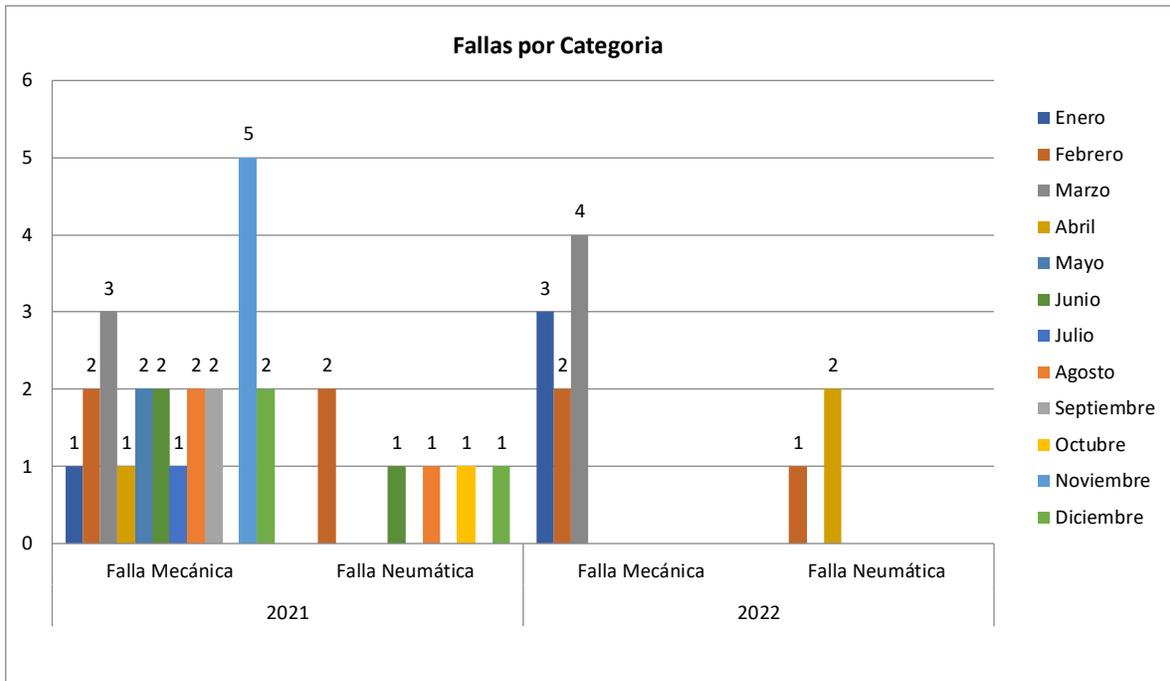
**Tabla 3 Fallas por Categoría**

FALLAS POR CATEGORIA													
Etiquetas de fila	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total general
<b>2021</b>	1	4	3	1	2	3	1	3	2	1	5	3	29
Falla Mecánica	1	2	3	1	2	2	1	2	2		5	2	23
Falla Neumática		2				1		1		1		1	6
<b>2022</b>	3	3	4	2									12
Falla Mecánica	3	2	4										9
Falla Neumática		1		2									3
<b>Total general</b>	4	7	7	3	2	3	1	3	2	1	5	3	41

**Fuente 8** Elaboración Propia con apoyo de Naviera Central

*Nota: muestra la cantidad de fallas por categorías año 2021-2022*

Figura 6 Fallas por Categoría



Fuente 9 Elaboración Propia con apoyo de Naviera Central

Nota: Grafica la cantidad de fallas por categorías año 2021-2022.

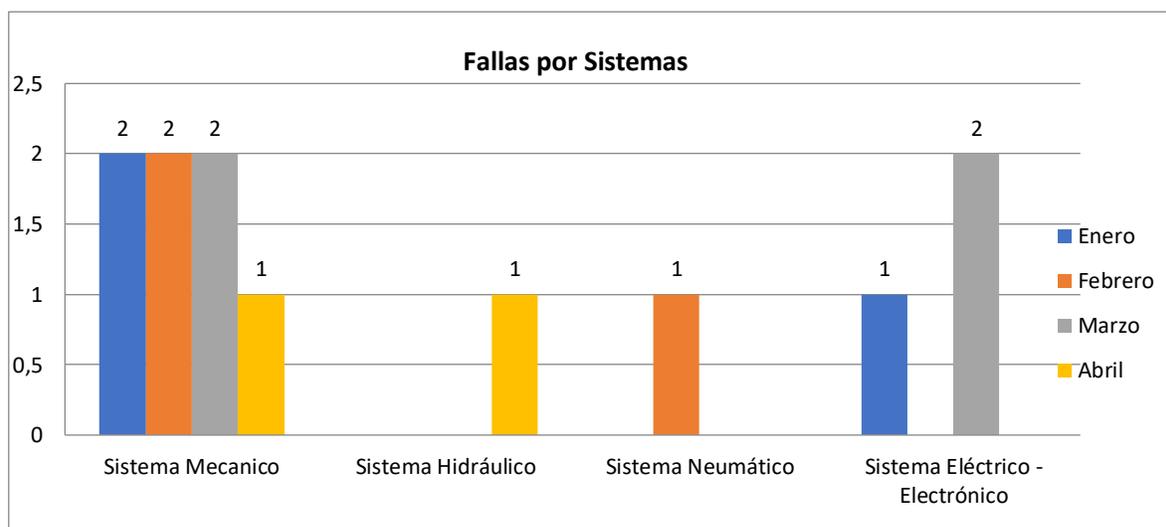
Tabla 4 Fallas por Sistemas

Etiquetas de fila	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total general
Sistema Mecánico	2	2	2	1	7
Sistema Hidráulico				1	1
Sistema Neumático		1			1
Sistema Eléctrico - Electrónico	1		2		3
<b>Total general</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>12</b>

Fuente 10 Elaboración Propia con apoyo de Naviera Central

Nota: muestra la cantidad de fallas por sistemas

Tabla 5 Falla por Sistemas



Fuente 11 Elaboración Propia con apoyo de Naviera Central

Nota: Grafica la cantidad de fallas por sistemas

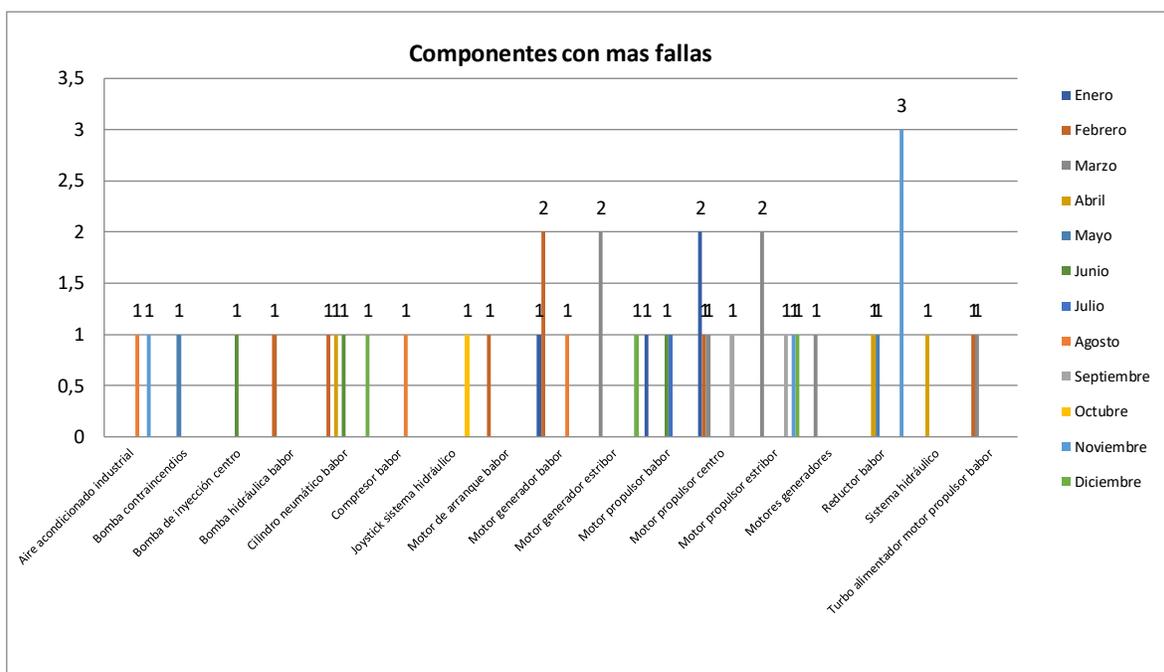
Tabla 6 Componentes con más fallas

Etiquetas de fila	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total general
Aire acondicionado industrial								1			1		2
Bomba contra incendios					1								1
Bomba de inyección centro						1							1
Bomba hidráulica babor		1											1
Cilindro neumático babor		1		1		1						1	4
Compresor babor								1					1
Joystick sistema hidráulico										1			1
Motor de arranque babor		1											1
Motor generador babor	1	2						1					4
Motor generador estribor			2									1	3
Motor propulsor babor	1					1	1						3
Motor propulsor centro	2	1	1						1				5
Motor propulsor estribor			2						1		1	1	5
Motores generadores			1										1
Reductor babor				1	1						3		5
Sistema hidráulico				1									1
Turbo alimentador motor propulsor babor		1	1										2
<b>Total general</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>41</b>

Fuente 12 Elaboración Propia con apoyo de Naviera Central

Nota: Muestra la cantidad de componentes que han fallado por mes

Tabla 7 Componentes con más Fallas



Fuente 13 Elaboración Propia con apoyo de Naviera Central

Nota: Grafica la cantidad de componentes que han fallado por mes

Tabla 8 MTBF - MTTR

Fecha Inicial	Fecha Final	Año	Mes	Días Mes	Días Taller	Tiempo disponible Hrs	Tiempo de inactividad (por fallas) Hrs	Número de fallas	Tiempo productivo Hrs	MTBF - Tiempo Medio Entre Fallas	MTTR - Tiempo Medio Entre Reparaciones
01/01/2021	31/01/2021	2021	Enero	31	3	672	72	1	600	600	72
01/02/2021	28/01/2021	2021	Febrero	28	7	504	168	4	336	84	42
01/03/2021	31/03/2021	2021	Marzo	31	4	648	96	3	552	184	32
01/04/2021	30/04/2021	2021	Abril	30	2	672	48	1	624	624	48
01/05/2021	31/05/2021	2021	Mayo	31	5	624	120	2	504	252	60
01/06/2021	30/06/2021	2021	Junio	30	6	576	144	3	432	144	48
01/07/2021	31/07/2021	2021	Julio	31	5	624	120	1	504	504	120
01/08/2021	31/08/2021	2021	Agosto	31	4	648	96	3	552	184	32
01/09/2021	30/09/2021	2021	Septiembre	30	6	576	144	2	432	216	72
01/10/2021	31/10/2021	2021	Octubre	31	1	720	24	1	696	696	24
01/11/2021	30/11/2021	2021	Noviembre	30	14	384	336	5	48	10	67
01/12/2021	31/12/2021	2021	Diciembre	31	7	576	168	3	408	136	56
01/01/2022	31/01/2022	2022	Enero	31	5	624	120	3	504	168	40
01/02/2022	28/02/2022	2022	Febrero	28	5	552	120	3	432	144	40
01/03/2022	31/03/2022	2022	Marzo	31	15	384	360	4	24	6	90

01/04/2022	30/04/2022	2022	Abril	30	3	648	72	2	576	288	36
------------	------------	------	-------	----	---	-----	----	---	-----	-----	----

Fuente 14 Elaboración Propia con apoyo de Naviera Central

Nota: Muestra el MTBF – MTTR

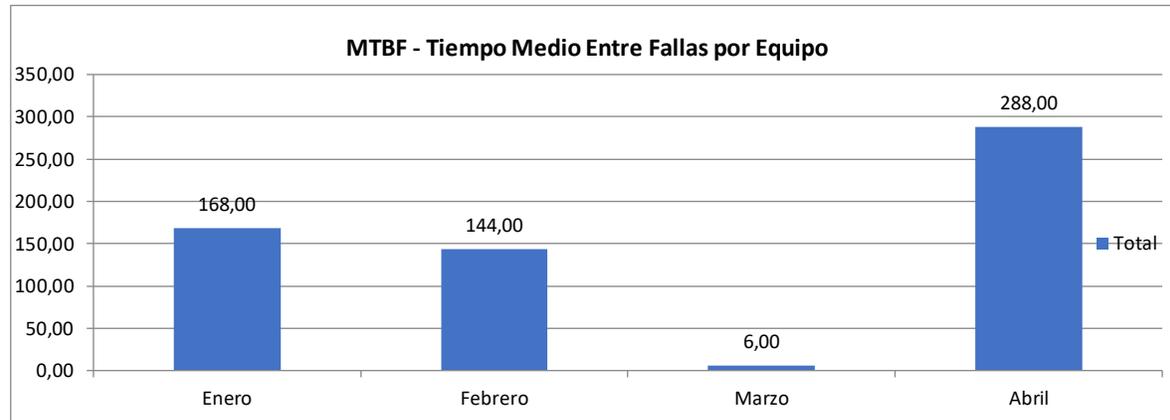
Tabla 9 MTBF - Tiempo Medio Entre Fallas

Año	2022
Etiquetas de fila	MTBF - Tiempo Medio Entre Fallas
Enero	168,00
Febrero	144,00
Marzo	6,00
Abril	288,00
<b>Total general</b>	<b>606,00</b>

Fuente 15 Elaboración Propia con apoyo de Naviera Central

Nota: Muestra el MTBF - Tiempo Medio Entre Fallas

Figura 7 MTBF - Tiempo Medio Entre Fallas por Equipo



Fuente 16 Elaboración Propia con apoyo de Naviera Central

Nota: Grafica el MTBF - Tiempo Medio Entre Fallas

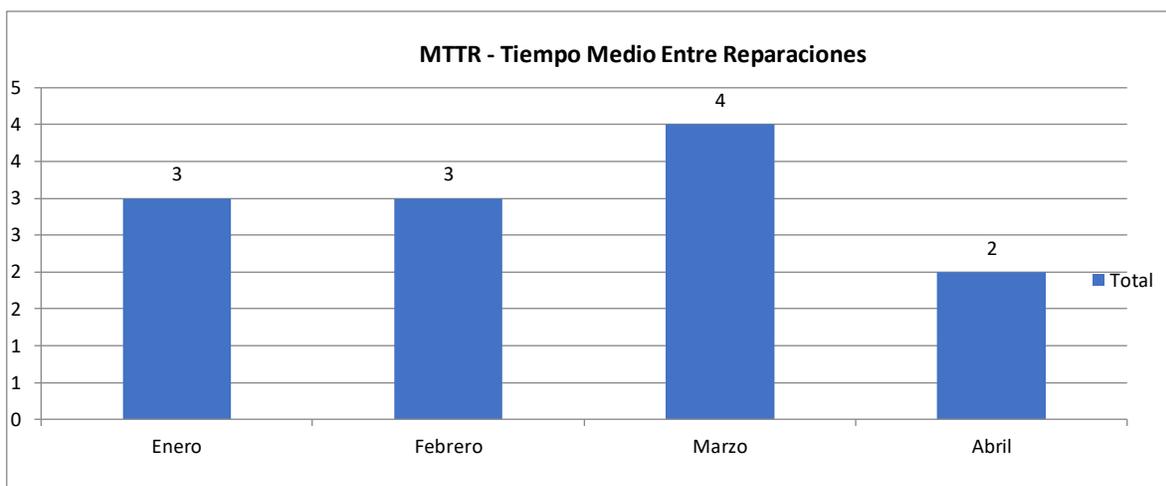
Tabla 10 MTTR - Tiempo Medio Entre Reparaciones

Año	2022
Etiquetas de fila	Número de fallas
Enero	3
Febrero	3
Marzo	4
Abril	2
<b>Total general</b>	<b>12</b>

Fuente 17 Elaboración Propia con apoyo de Naviera Central

*Nota: muestra el MTTR - Tiempo Medio Entre Reparaciones*

Figura 8 MTTR - Tiempo Medio Entre Reparaciones



Fuente 18 Elaboración Propia con apoyo de Naviera Central

*Nota: Grafica el MTTR - Tiempo Medio Entre Reparaciones*

## 5. Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1. Conclusiones.

Un buen plan de mantenimiento preventivo programado para los equipos de una empresa es de vital importancia para disminuir los daños imprevistos que puedan suceder en la maquinaria durante la producción de una empresa, de este modo se elabora este documento de gran aporte para la industria brindando una información clara, precisa y detallada para lograr poner a esta empresa en el punto más alto de confiabilidad posible para sus clientes y poder convertirse en la más eficiente del sector fluvial de este país por su productividad y cumplimiento con los servicios prestados.

Se debe llevar a cabo un registro de fallas por equipos de los sistemas especificados en este documento con el propósito de tomar las correcciones pertinentes y ayudar a prevenir fallas inesperadas a futuro, La empresa Naviera Central con base en esta información tomara las medidas preventivas para el beneficio propio y de sus clientes quienes la escogerán por la eficiencia de los servicios prestados gracias al alto grado de confiabilidad de sus equipos y maquinaria.

### 5.2. Recomendaciones

Cuando este plan de mantenimiento preventivo sea implementado se recomienda realizar un seguimiento muy de cerca con el propósito de observar si aún hay falencias y realizar los ajustes que sean necesarios.

Este seguimiento detallado debe ir acompañado de tablas comparativas para visualizar las diferencias de porcentaje a favor respecto al anterior plan de mantenimiento para garantizar la confiabilidad de los equipos abordo del remolcador Cartagena.

Este plan de mantenimiento también debe ser acompañado con los manuales y catálogos de los equipos para así realizar las actividades de mantenimiento con mayor confiabilidad y profesionalismo.

Supervisar todos los equipos mientras se encuentren funcionando para asegurarnos que si fueron eficiente los procedimientos realizados para el mantenimiento de cada uno de los equipos y tomar nota ante las anomalías que puedan presentarse con el fin de mejorar cada día y de esta manera contar con una excelente operatividad y confiabilidad de los equipos y maquinaria.

## **Anexos**

### **FICHA TECNICA DEL REMOLCADOR**

Nombre de la embarcación: Remolcador Cartagena

Patente de navegación: PAT-103

Casco: Metálico

Tipo unidad: Remolcador

Eslora total: 26.97 mts

Manga: máxima: 9.65 mts

Puntal costado: 2.08 mts

Francobordo: 0.3 mts

Puntal útil: 0.87 mts

Calado vacío: 0.91 mts

Desplazamiento vacío: 154.5 ton

Desplazamiento total: 222.1 ton

Desplazamiento útil: 67.6 ton

Transporte: 67.6 ton

Remolque: 7579.2 ton

Motores propulsores: 3

Marca: Caterpillar 3406

Potencia motor propulsor: 440 HP

Potencia total: 1.320 HP

Revoluciones por minuto: 1.800 RPM

Control timón: Hidráulico

Altura superestructura: 6.75 mts

Camarote: 4

Acomodación: 10 tripulantes

Bodegas: 1

Ranchos: 4

Relojeras: 6

Transmisiones: 3 Reductores Twin disc

Relación: 5.5 a 1

**MANTENIMIENTOS REALIZADOS (ORDEN DE TRABAJO)**

**Orden de Trabajo de Mantenimiento Preventivo**

Planta: 000  
 OT: P101134  
 No. de MP: 142  
 No. Proyecto:  
 Posición:  
 No. Activo: MOT02003

Fecha: 3/22/2022 11:22:15  
 Plan Priority: M  
 ¿Seguridad?: N  
 Tipo de Activo: Equipo  
 Código Activo: COL  
 Ubicación Trabajo:  
 Fecha Origen: 3/17/2022 16:18  
 Vence: 3/24/2022  
 Programación:  
 Terminación:  
 Area Trabajo: RR CARTAGENA  
 Falla: MP  
 Tipo Trabajo: PREVEN'  
 Status OT: EPG  
 Tipo Cumplimiento:  
 Fecha UMP: 01/26/2022

Ubicación: CTOMAQ  
 Desc. Breve: MOTOR PROPULSOR CENTRO  
 CC Cargo-#Cta M.O: 0208-MDO\_INTERNA  
 Remitente: JESUS DAVID NUNEZ POLO 1045674540  
 Teléfono:  
 Grupo Trabajo:  
 Supervisor:  
 Asignado a:  
 Prog. para:  
 Planeador: JESUS DAVID NUNEZ POLO

Criterio: U0500  
 Trabajo Req.: ACT01-CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR; ACT02-CAMBIO DE FILTRO DE AIRE MOTOR;  
 ACT03-CAMBIO FILTROS DE COMBUSTIBLE. Usó UMP: 6133

Soporte Requerido: Medidor: 6937.6

**Acción Correctiva**

Se le hizo cambio de Aceite al m/p cto se le Agrego 19 gls Aceite SAE 15W 40, se le cambio Filtro Aceite, Filtro 20-20 y combustible.

Ejecutado por: Carlos C, Danilo A. Terminación: 2, 4, 22  
 Vo.Bo.: Producción 1 1 : : Mantenimiento: 2, 4, 22 07:00  
 Firma: Firma: Danilo Aleg, Carlos Castro

**CAMBIOS DE STATUS**

Status: \_\_\_\_\_ Fecha: 2, 4, 22 Hora: 07:00 Status: \_\_\_\_\_ Fecha: 1 1 Hora: \_\_\_\_\_

Mano Obra					MATERIAL		
No. Empleado	Actividad	Oficio	Horas	Tipo	No. Parte Almacén	Cant.	No. Cuenta
_____	_____	_____	_____	_____	Filtro Aceite	1	B99
_____	_____	_____	_____	_____	Filtro Puro	2	Parker
_____	_____	_____	_____	_____	Filtro combustible	1	BFG14





### FOTOS DEL REMOLCADOR





**FOTOS DE LOS EQUIPOS**  
**Motor propulsor Caterpillar 3406**



**Motor generador cummins 4bt**



### Sistema neumático (compresor de pistón)



### Sistema hidráulico (Unidad hidráulica)



### Bomba contra incendios

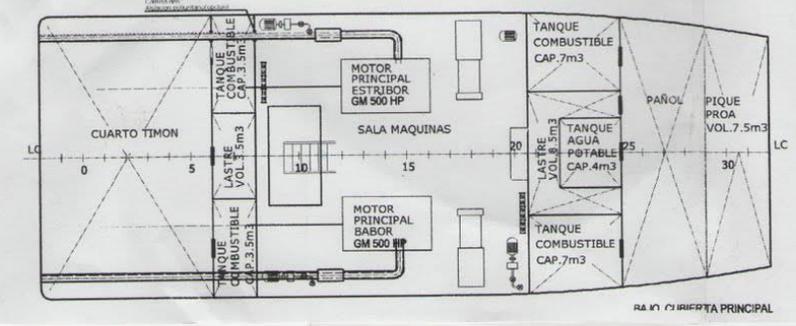
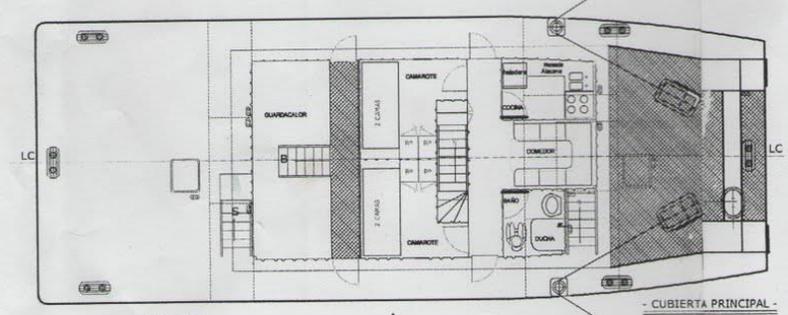
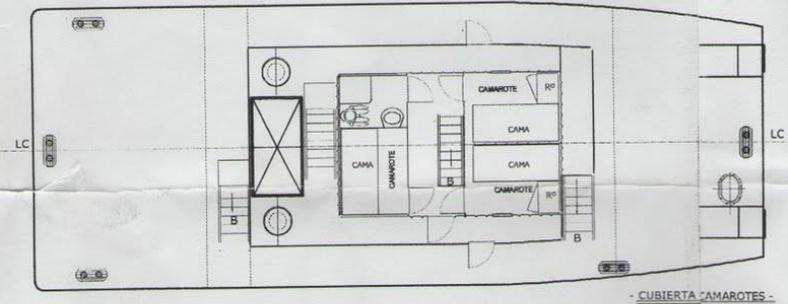
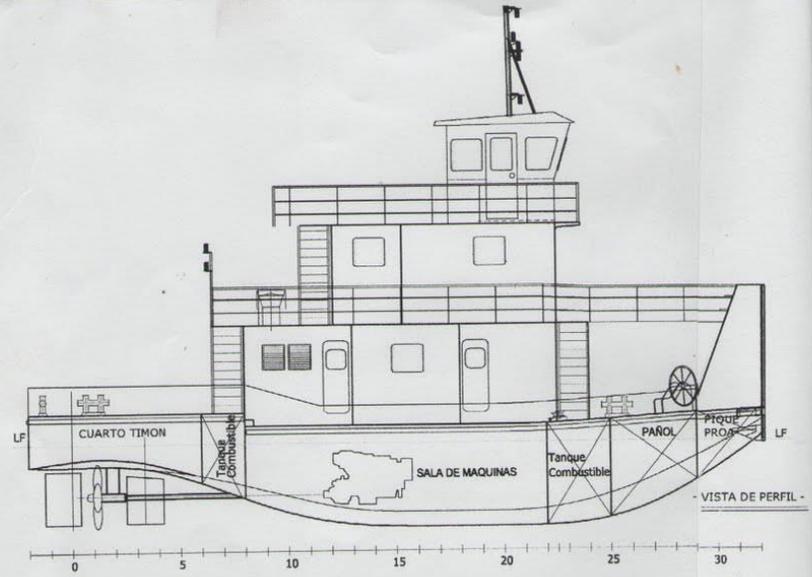


### Bomba trasiego de combustible



## Bomba de llenado de agua





## 6. Referencias Bibliográficas

- [1] R. Chacca Llaique, Ejecución del plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de flota Wari Service SAC en el traslado de concentrado, Compañía Minera Las Bambas, 2019, Arequipa: Universidad Continental, 2021.
- [2] O. Royet y D. Orozco, «Conceptual design of a 20 TBP port tugboat for the "Bahía Málaga" ARC Naval Base,» *Ship Science & Technology*, pp. 39-48, 2019.
- [3] M. Chafloque, Diseño de control interno en el área de mantenimiento para disminuir los costos de servicios en la empresa de transporte de carga san eduardo sac, durante el periodo 2018, Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2020.
- [4] S. Amiri, M. Honarvar y A. Sadegheih, Providing an integrated Model for Planning and Scheduling Energy Hubs and preventive maintenance, Yazd: Yazd University, 2018.
- [5] P. Dwi, Z. Muhammad y D. Apriagung, «Maintenance Task Allocation and Planning in KT. X Tugboat using RCM Method,» *International Journal of of Marine Engineering Innovation and Research*, pp. 59-69, 2017.
- [6] R. Castro y O. Garcia, Desarrollo de un sistema inteligente para la adecuada gestión de mantenimiento en una flota de máquinas PC4000-6, Piura : Universidad De Piura, 2020.
- [7] G. Gupta y R. Mishra, «Identification of Critical Components using ANP for Implementation of Reliability Centered Maintenance,» *ScienceDirect*, p. 905 – 909, 2018.
- [8] D. Cepeda, Diseño e Implementacion de un Plan de Mejoramiento Basado en RCM para el Mantenimiento de las Bombas Horizontales de Inyeccion de Agua de Campo Jaguar - Masa Stork, Duitama: Universidad Pedagogica y Tecnologica de Colombia, 2017.
- [9] D. Priyanta, S. Nurhadi y P. Madina, «Implementation of Reliability Centered Maintenance Method for the Main Engine of Tugboat X to Select the Maintenance Task and Schedule,» *International Journal of of Marine Engineering Innovation and Research*, pp. 102-110, 2020.
- [10] J. Benitez, Plan de negocios para la creación de una empresa de consultoría para la inspección de recubrimientos marinos, Bogotá: Universidad EAN, 2017.
- [11] N. Kuboki y S. Takata, Selecting the Optimum Inspection Method for Preventive Maintenance, Tokyo: Waseda University, 2019.

- [12] H. Hissashi, M. Seido y J. Gupta, Integrating preventive maintenance activities to the no-wait flow shop scheduling problem with dependent-sequence setup times and makespan minimization, São Paulo: University of São Paulo, 2019.
- [13] M. Alimian, M. Saidi-Mehrabad y A. Jabbarzadeh, «publishes state-of-the-art fundamental and applied research in manufacturing at systems level.,» *Journal of Manufacturing Systems*, 2019.
- [14] F. Arias, El Proyecto de Investigación Introducción a la metodología científica, Caracas: Episteme, 2012.
- [15] R. Hernández y M. d. P. Baptista, Metodología de la investigación, México: McGRAW-HILL, 2010.
- [16] H. Ñaupas y E. Mejía, Metodología de la investigación, Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis, Bogotá: Ediciones de la U, 2014.
- [17] «uan.edu.co,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.uan.edu.co/component/k2/itemlist/category/97->.
- [18] F. Pérez, CONCEPTOS GENERALES EN LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL, Bucaramanga: USTA, 2021.
- [19] J. Quintero, Y. Ramírez y A. Cortázar, «Transporte fluvial en Colombia: operación, infraestructura, ambiente, normativa y potencial de desarrollo,» *Revista Ciudades, Estados y Política*, pp. 49-68, 2020.