

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**IMPLEMENTACION DEL MANTENIMIENTO CENTRADO
EN CONFIABILIDAD DEL SISTEMA DE PROPULSION
DE UNA EMBARCACION CIENTIFICA AEH-174**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO NAVAL**

FREDY ISAAC CAMACHO CAJALEON

PROMOCION 2006-II

LIMA-PERU

2010

Dedico este informe a mis padres, el Sr. Jorge Camacho Rodríguez y la Sra. Evangelina Cajaleón Quedo, como reconocimiento al amor, cuidado y dedicación que siempre me brindaron.

A mi esposa Patrizia Zurita Aliaga que es el motivo de mi esfuerzo y perseverancia.

INDICE GENERAL

PROLOGO.....	1
CAPITULO I	
INTRODUCCION.....	3
1.1 Objetivo.....	3
1.2 Antecedentes.....	4
1.3 Alcance.....	5
1.4 Limitaciones.....	5
CAPITULO II	
MARCO TEORICO.....	6
2.1 Aspectos Teóricos del Mantenimiento.....	6
2.2 Evolución del Mantenimiento.....	7
2.3 Historia del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad MCC.....	10
2.4 Mantenimiento centrado en Confiabilidad (MCC).....	10

CAPITULO III

SITUACION ACTUAL DEL MANTENIMIENTO EN LA DIRECCION DE

HIDROGRAFIA Y NAVEGACION	12
3.1 Descripción General.....	12
3.1.1. Historia.....	13
3.1.2. Organigrama.....	14
3.1.3. Misión.....	16
3.1.4. Señalización Náutica.....	16
3.1.5. Separación de Tráfico marítimo	17
3.1.6. Características de las Unidades hidrográficas.....	18
3.2. El Mantenimiento en la Dirección de Hidrografía y Navegación.....	21

CAPITULO IV

DESSCRIPCION DE LA UNIDAD HIDROGRAFICA AEH174 "MACHA"	23
4.1 Generalidades.....	23
4.2 Especificaciones del Casco.....	24
4.3 Dimensiones Principales.....	24
4.4 Capacidades de tanques.....	25
4.5 Maquinas de Propulsión.....	25
4.6 Acomodación.....	26
4.7 Disposición General.....	26
4.8 Equipamiento del casco.....	26

4.9	Descripción de Maquinaria.....	29
-----	--------------------------------	----

CAPITULO V

IMPLEMENTACION DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD....39

5.1.	Flujo grama de la implementación del MCC.....	40
5.2.	Conformación del equipo de trabajo.....	41
5.3.	Selección de sistema y del contexto operacional.....	42
5.4.	Indicadores de Mantenimiento (definiciones).....	44
5.5.	Indicadores antes de iniciar el MCC.....	45
5.6.	Diagrama Entrada – Función – Salida.....	46
5.7.	Descripción de Fallas Funcionales.....	47
5.8.	Descripción de Modo de Falla.....	47
5.9.	Efecto y consecuencia de las fallas.....	48
5.10.	Árbol de decisiones.....	50
5.11.	Desarrollo del Análisis de los Modos y Efectos de Falla.....	50
5.12.	Criterio para determinar la criticidad de los Sistemas.....	51
5.13.	Tipo de tareas a realizar.....	52
5.14.	Elaboración de la base de datos y/o historial.....	57
5.15.	Secuencia del desarrollo de las tareas de mantenimiento.....	61

CAPITULO VI

MEDICION DE RESULTADOS.....62

6.1.	Valor de los repuestos y su costo de mantenimiento anual.....	62
------	---	----

6.2. Repuestos e insumos para el mantenimiento preventivo.....	63
6.3. Plan general de mantenimiento.....	64
CONCLUSIONES.....	65
RECOMENDACIONES.....	67
OBSERVACIONES.....	68
BIBLIOGRAFIA.....	69
ANEXOS.....	70

PROLOGO

En base a mi experiencia laboral en el taller de motores en SINA Callao y peritajes navales dentro del sector pesquero, me ha permitido observar que en las embarcaciones de nuestro litoral requieren de un programa de mantenimiento que le permita reducir las fallas, los tiempos de reparación y los costos, asegurando la disponibilidad y confiabilidad de las unidades. La falta de un buen mantenimiento ocasionaría el incremento de la ocurrencia de fallas, interrumpiendo las operaciones, pérdidas económicas y prolongación del tiempo de operación, generando inconvenientes en las actividades del cliente que solicito los servicios de la embarcación. Así como también accidentes con el personal que se encuentra dentro de la sala de máquinas, por lo que me ha permitido implementar un plan de mantenimiento en el sistema de propulsión.

El diseño de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad MCC tiene como principal característica determinar las necesidades de mantenimiento de los equipos ubicados dentro de la sala de maquinas, para nuestro caso se ha procedido a priorizar cada elemento del sistema de propulsión para poder desarrollar y determinar las necesidades con mayor carga operativa, para lo cual sé a tomado en cuenta las características de los equipos como: el servicio que desarrolla, valor técnico – económico, grado de complejidad en la operación, confiabilidad, fallas

cíclicas, mano de obra y facilidad de reparación, los equipos que reúne la mayor grado de criticidad incrementando la disponibilidad y confiabilidad del sistema de propulsión el cual proporciona el desplazamiento y la operatividad de la embarcación.

Finalmente este trabajo pretende ser un importante aporte para los estudiantes de ingeniería naval, supervisores, peritos, jefes de mantenimiento del área de flota y los armadores ya que en este informe encontrarán las pautas necesarias para el mantenimiento centrado en confiabilidad del sistema de propulsión.

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 OBJETIVOS

I. Objetivo General

- Desarrollar un programa de mantenimiento basado en confiabilidad, que permita reducir las fallas, los tiempos de reparación y los costos, asegurando la disponibilidad y confiabilidad en el sistema de propulsión.

II. Objetivos Específicos

- Registrar una base de datos todo lo concerniente al mantenimiento de los equipos del sistema de propulsión, además desarrollar un historial para cada equipo, que permita reducir los tiempos muertos en el mantenimiento, teniendo como objetivo eliminarlas en su causa raíz. Además de desarrollar un sistema de órdenes de trabajo para todas las actividades, en la cual se registre todo lo necesario para el desarrollo de una tarea de mantenimiento.
- Desarrollar un análisis específico del funcionamiento óptimo de la maquinaria, buscando determinar el tipo de actividades de mantenimiento que se requiera en cada caso.

1.2 ANTECEDENTES

Actualmente se realiza tareas de mantenimiento correctivo en su mayoría, y en menor porcentaje el preventivo, la política de mantenimiento está orientada a que una vez que se presente la falla, recién se tomen medidas para su corrección.

Se solucionan las fallas, en la mayoría sin analizar las causas que ocasionaron y las consecuencias que estas podrían ocasionar en el futuro, los mecánicos arreglan el defecto que se presenta en dicho momento, pero no se analizan la causa raíz que lo originan, Tampoco se registra dicha falla en un banco de datos interactivo.

Tratan de ampliar la vida útil de los elementos de cambio para ahorrar los costos de mantenimiento siendo una idea equivocada que a la larga ocasiona averías de mayor costo para la embarcación.

En un caso la Pesquera Alejandrina S.A., realizo una orden de trabajo para el mantenimiento de unas de sus embarcaciones pesqueras en el sistema de propulsión quedando con ejecutante del trabajo SINA S.A., al termino del trabajo la lancha sale a prueba de mar notando que la caja propulsora queda dañada esto llevo a la Pesquera a quejarse con el ejecutante del trabajo llegando a la conclusión que no se realizo una buena alineación del eje provocan un torque en la caja malogrando los engranajes de forma definitiva, ante lo expuesto se tiene que realizar un mantenimiento desde un inicio para evitar problemas a futuro logrando así alcanzar la mejora continua.

1.3 **ALCANCE**

La solución a la problemática, apunta a la reducción de costos y tiempo de reparación, en ese sentido, no todos los equipos serán incluidos en el programa de mantenimiento. Este plan será enfocado a los equipos del sistema de propulsión, cuya avería durante la operatividad será de carácter negativo para el transporte e investigación de la embarcación.

Teniendo como alcance desde el análisis de la situación actual del sistema de propulsión implementar un plan de mantenimiento de la maquinaria basada en la confiabilidad con la medición de resultados bajo indicadores de monitoreo

1.4 **LIMITACIONES**

Es sumamente importante, advertir que la implementación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, está limitado al acceso de información del historial de mantenimiento de los trabajos que se han ejecutado y la experiencia del personal de mantenimiento y operación.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 ASPECTOS TEORICOS DEL MANTENIMIENTO

2.1.1. Definición del Mantenimiento

Es el conjunto de actividades que se realiza sobre un sistema sub sistema o componentes para mantener o recuperar la situación ideal, así como la determinación y la evaluación de la situación real del componente, sub sistema o sistema por medios técnicos.

2.1.2. Característica y naturaleza de la falla

La falla es uno de los factores desafortunados de la vida útil de un componente, va de la mano con los fenómenos de fatiga, desgaste corrosión, erosión fragilidad, picos de corriente y tensión, etc. Estas debería limitarse tanto como sea posible a través de un buen diseño, buenas prácticas de operación y un adecuado cuidado de los sistemas, pero a pesar de eso las fallas pueden ocurrir. Los componentes de cualquier maquina o sistema están sujetos al efecto del uso. Estos pueden incluir efectos por envejecimiento, efectos derivados de la configuración de diseño, efectos del medio ambiente y el abuso del sistema. Esto eventualmente conduce a una falla.

2.2 EVOLUCION DEL MANTENIMIENTO

Desde la década de los 30 se puede seguir el rastro de la evolución del mantenimiento a través de tres generaciones. Convirtiéndose rápidamente el MCC en la piedra fundamental de la tercera generación, pero solo esta puede ser visto en perspectiva y a la luz de la primera y segunda generación.

- A. **La Primera Generación:** La primera generación de mantenimiento cubre el periodo que se extiende hasta la Segunda Guerra Mundial. En estos días la industria no estaba altamente mecanizada, por lo que el tiempo de paro de maquina no era de mayor importancia. Esto significa que la prevención de fallas en los equipos no era una prioridad para la mayoría de los gerentes. A su vez la mayoría de los equipos eran simples. Y una gran cantidad está sobredimensionada. Esto los hacía confiables y fáciles de reparar. Como resultado no había necesidad de un mantenimiento sistematizado más allá de limpieza, servicio y lubricación.
- B. **La Segunda Generación:** durante la Segunda Guerra Mundial todo cambio drásticamente. La presión de los tiempos de guerra aumento la demanda de todo tipo de bienes al mismo tiempo que decaía abruptamente el número de los trabajadores industriales. Esto llevo a un aumento en la mecanización. Ya en los años 50 había aumentado cantidad y complejidad de todo tipo de maquinas y la industria estaba empezando a depender de ellas.

Al incrementarse esta independencia se centro la atención en el tiempo de paro (tiempo muerto) de máquina, esto llevo a la idea de que las fallas en los equipos deberían ser prevenidas, llegando al concepto del mantenimiento

preventivo. En la década de los sesenta esto consistió principalmente en reparaciones mayores programados en intervalos regulares prefijados.

El costo del mantenimiento comenzó a elevarse rápidamente en relación a otro costo operacional. Esto llevo al crecimiento de sistema de planeamiento y control del mantenimiento. Estos ciertamente ayudaron a tener el mantenimiento bajo control y han sido establecidos como parte de la práctica del mantenimiento.

Por último la cantidad de capital ligado a activos fijos juntos con un elevado incremento en el costo del capital llevo a los directivos a buscar la manera de maximizar la vida útil de sus activos / Bienes.

- C. **La Tercera Generación:** Desde mediados de la década de los sesenta el proceso de cambio en la industria ha adquirido aun mas impulso. Los cambios han sido clasificados en: nuevas expectativas, nuevas investigaciones y nuevas técnicas.

El tiempo muerto de maquinas siempre ha afectado la capacidad de producción de los activos físicos al reducir la producción, aumentar los costos operacionales e interferir con el servicio del cliente. En la década del sesenta y setenta esto ya era una preocupación en las áreas de minería manufactura y transporte. En la manufactura los efectos del tiempo muerto de maquina fueron agravados por la tendencia mundial hacia sistemas que permite aumentar la productividad. Actualmente el crecimiento en la mecanización y automatización han tomado la confiabilidad y a la disponibilidad como factores clave en sectores tan diversos como el cuidado de la salud, el

procesamiento de datos, las telecomunicaciones, la administración de edificios y el manejo de las organizaciones.

Una mayor automatización también significa que mas fallas afectan nuestra capacidad de mantener parámetros de calidad de satisfactorios. Esto se aplica tanto en parámetros de servicio como para la calidad del producto. Por ejemplo, hay fallas en los equipos que pueden afectar el control del clima en los edificios y la puntualidad de las redes de transporte, así como transferir con el logro de las tolerancias deseadas en la producción.

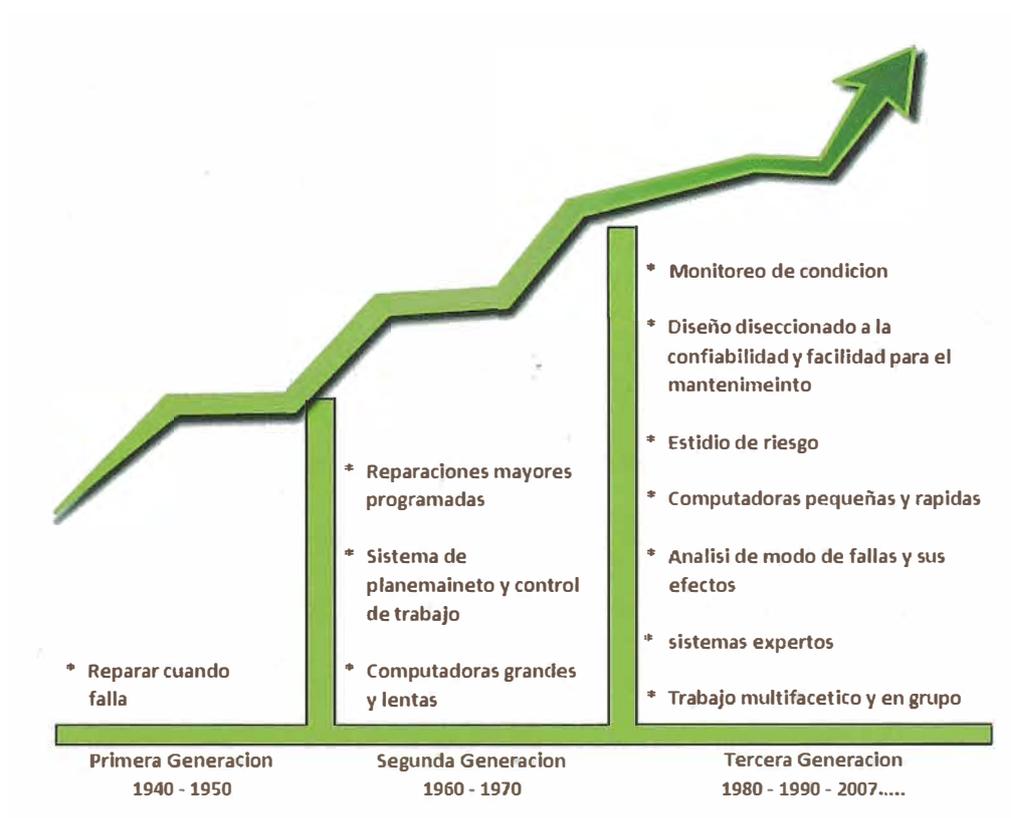


Figura 2.1 Evolución del mantenimiento

2.3 **HISTORIA DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (MCC)**

El MCC fue desarrollado a fines de los sesenta por la industria aeronáutica la cual se vio en la necesidad de mejorar el mantenimiento de entonces (mantenimiento preventivo, mayormente desarrollado por recomendaciones hechas por el fabricante) Esta forma de mantenimiento imposibilitaría una eficaz operación del Boing 747, obligándole a estar mucho tiempo en tierra para mantenimiento preventivo, los resultados fueron muy sorprendentes y en muy poco tiempo era herramienta estándar de fuerzas militares norteamericanas y de la industria nuclear los otros sectores fueron tentados en los ochenta (petróleo energía minería) con resultados muy buenos en unos casos y decepcionantes en otros.

2.4 **MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (MCC)**

El MCC es un método que permite determinar las actividades de operaciones y mantenimiento más adecuadas (técnicamente y económicamente factibles), permitiendo así asegurar que los sistemas, subsistemas y componentes cumplan con las funciones deseadas en su contexto operacional, logrando alcanzar con los requerimientos de sus usuarios, este método fue usado de acuerdo a los requerimientos de la norma Asset Management PAS-55 en el 2004

Tiene un enfoque en funciones y sistemas más no en equipos, el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad se define como un proceso usado para determinar lo que se debe hacer para asegurar que cualquier

activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios desean que haga en su contexto operacional actual. Involucra hacerse las siguientes siete preguntas sobre el activo que está siendo examinado, a saber:

- ¿Cuáles son las funciones y los estándares de funcionamiento asociados del activo en su actual contexto operacional?
- ¿De qué manera falla en el cumplimiento de sus funciones?
- ¿Qué es lo que causa cada falla funcional?
- ¿Qué sucede cuando ocurre la falla?
- ¿Hasta qué punto y de qué forma importa si ocurre cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada falla?
- ¿Qué pasa si no se puede encontrar una tarea proactiva apropiada?

Una vez respondidas dichas preguntas tendremos plenamente establecidas unas estrategias de mantenimiento que permitirán tener un mayor enfoque en cumplir funciones de la empresa.

conformada por Oficiales del Cuerpo General de la Armada. El Presidente de la República Eduardo L. De Romaña, considerando que los mapas de la República presentaban notables inexactitudes, a causa de no haberse practicado levantamiento geodésico alguno en el territorio y que en la región del Oriente existía una gran extensión completamente inexplorada, principalmente en zonas de frontera, dispuso la constitución de la Comisión. Su misión principal fue la de fijar la situación geográfica de las ciudades y puertos principales del territorio, estudiar la Costa del Pacífico y los ríos orientales levantando los planos necesarios. En igual forma, la determinación de los datos que contribuyan a facilitar la navegación, el levantamiento de las cartas náuticas que facilitarían la navegación, además de explorar y trazar los primeros mapas de las zonas fronterizas del Nor Oriente.

La denominación de esta Comisión va cambiando a través del tiempo, de acuerdo con los avances científicos y desarrollos tecnológicos, así como de las nuevas responsabilidades asignadas, hasta su actual nombre: Dirección de Hidrografía y Navegación.

3.1.2. Organigrama

En la figura 3.3 se muestra el organigrama de la dirección de Hidrografía y Navegación.

ORGANIGRAMA DE LA DIRECCION DE HIDROGRAFIA Y NAVEGACION

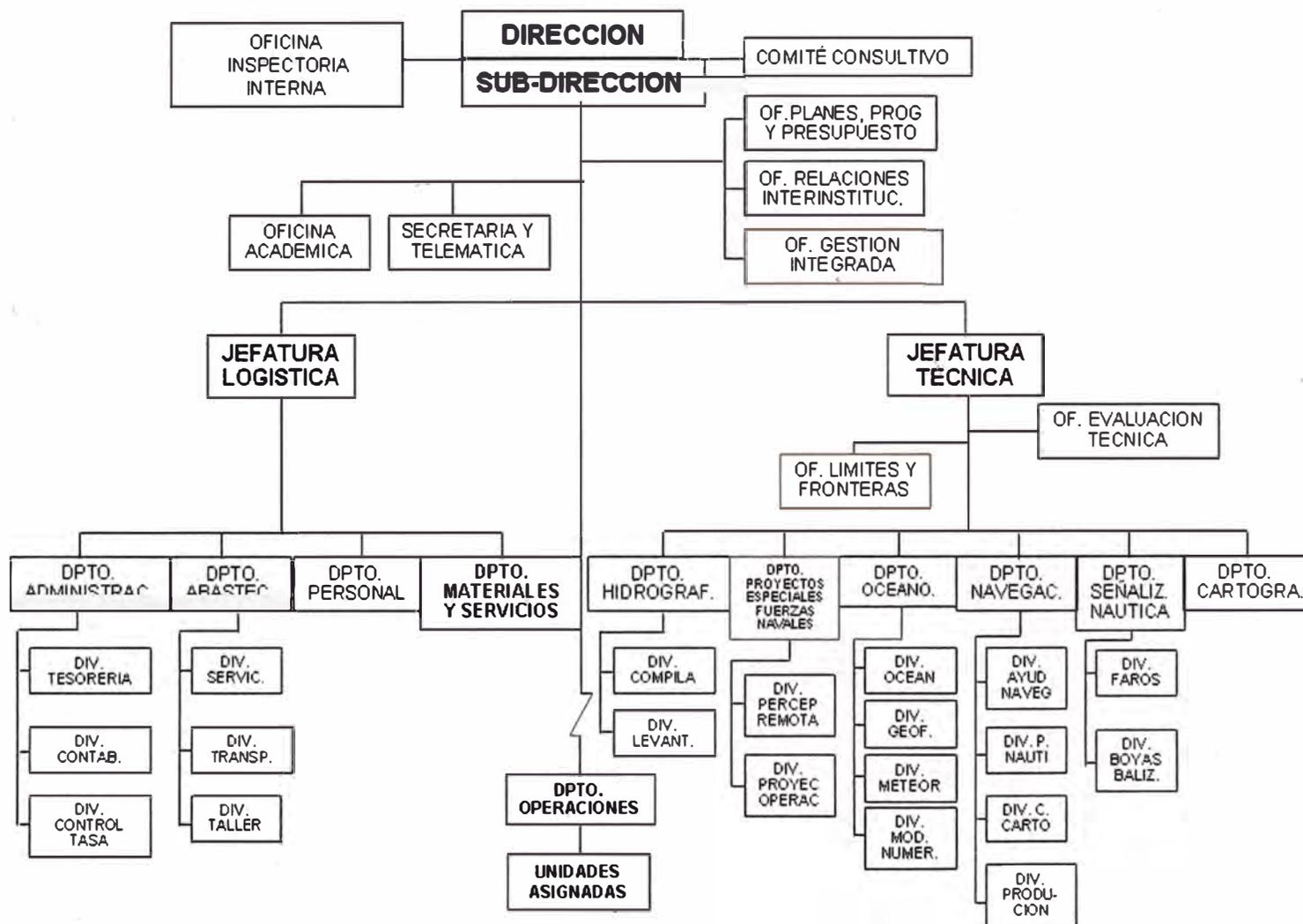


Figura 3.3 Organigrama de la empresa

3.1.3. Misión

La misión de la Dirección de Hidrografía y Navegación es administrar, operar e investigar las actividades relacionadas con las ciencias del ambiente en el ámbito acuático, con el fin de contribuir al desarrollo nacional, brindar apoyo y seguridad en la navegación a las Unidades Navales y a los navegantes en general y contribuir al cumplimiento de los objetivos institucionales.

3.1.4. Señalización náutica

HIDRONAV es la encargada de la instalación y mantenimiento de los equipos de señales visuales y electrónicas, fijos y flotantes, para el reconocimiento de peligros e identificación de puntos conspicuos en la costa, que contribuyen a la seguridad de la navegación, orientado a los buques y embarcaciones en general.

Boyas y faroles: Ubicación de las Boyas de peligro y Separadora de Tráfico Marítimo, instaladas dentro de la rada interior y exterior del Puerto del Callao.

Racones en el litoral: Un Racon es un equipo respondedor de radar que emite una señal en Código Morse, la cual se aprecia visualmente en la pantalla del radar, desde el punto donde se detecta su posición, normalmente son instalados sobre faros y/o boyas.



Figura 3.4 Ubicación geográfica de los Racon

3.1.5. Separación de tráfico marítimo

La Esquemas de Separación de Tráfico Marítimo de los puertos de Paita, Callao, San Martín e Ilo, Talara, Salaverry, Chimbote y San Nicolás.



Figura 3.5 Farol y ubicación geográfica

3.1.6. Características de Unidades Hidrográficas



Figura 3.6 B.A.P. CARRASCO AH-171

Características

Eslora	46.62 metros
Manga	8.75 metros
Puntal	4.50 metros
Calado	2.28 metros
Año de de Construcción	1956
Velocidad Máxima	12 nudos
Desplazamiento	343 Toneladas

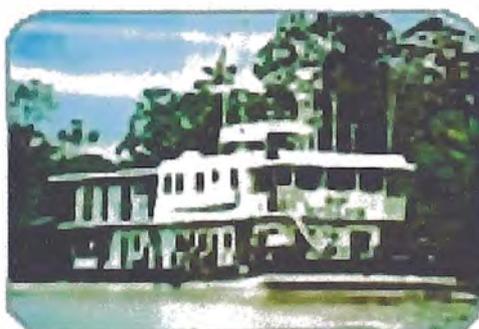


Figura 3.7 B.A.P. STIGLICH AH-172

Características

Eslora	31.40 metros
Manga	8.00 metros
Puntal	1.54 metros
Calado	0.90 metros
Año de de Construcción	1980
Velocidad Máxima	2.5 nudos surcada 9.0 nudos bajada
Desplazamiento	220 Toneladas



Figura 3.8 B.A.P. CARRILLO AH-175

Características

Eslora	33.08 metros
Manga	6.60 metros
Puntal	3.648 metros
Calado	2.280 metros
Año de de Construcción	1959
Velocidad Máxima	13 nudos
Desplazamiento	151.00 Toneladas (ligero); 169.00 Toneladas (a plena carga)



Figura 3.9 B.A.P. MELO AH-176

Características

Eslora	33.08 metros
Manga	6.87 metros
Puntal	3.85 metros
Calado	2.20 metros
Año de Construcción	1959
Velocidad Máxima	10 nudos
Desplazamiento	169 Toneladas

AEH-174 "MACHA"



Figura 3.10 MACHA AEH-174

Características

Eslora	20.00 metros
Manga	4.00 metros
Puntal	2.20 metros

Calado	3.00 metros
Año de de Construcción	1981
Velocidad Máxima	8.0 nudos
Desplazamiento	30 Toneladas

3.2 **Mantenimiento en la Dirección de Hidrografía y Navegación**

Actualmente la dirección presenta los siguientes problemas en mantenimiento:

- A. **No existe una programación de las actividades de mantenimiento:** las tareas de mantenimiento se desarrollan de acuerdo a la necesidad, básicamente no se planifica las tareas con anticipación. No se cuenta con tiempo de paradas planificadas lo cual imposibilita la inspección y reparación total del equipo. Las tareas básicas de mantenimiento como son la limpieza, la inspección rápida y la lubricación se desarrollan de manera aleatoria en los equipos.
- B. **No se cuenta con un historial para los diferentes equipos:** El plan de mantenimiento actual no posee base de datos que registre las fallas presentadas en horas de trabajo anteriores. Ello trae como consecuencia, que no se lleve un control adecuado de las tareas que se aplican y de los costos que las mismas ocasionan. Incluso el no contar con el mencionado registro, ocasiona que no se diferencien las fallas esporádicas de las crónicas, estas últimas generan los mayores costos. Se solucionan los problemas que presentan los equipos, pero no se toma en cuenta que se debe atacar la verdadera causa o causa raíz de la falla.

De no resolver el problema se continuaría entre otras cosas con lo siguiente:

- **Mantenimiento ineficiente:** las tareas se seguirán haciendo sin coordinación entre el personal que lo realiza y el área de mecánica, se seguirán

ejecutando, sin reducción de la tasa de fallas. Los costos del mantenimiento continuarán incrementándose.

- **Pérdida de prestigio frente a los clientes:** la constante ocurrencia de fallas en los equipos, causa interrupciones en las operaciones, pérdidas económicas y prolongación del tiempo de operación. Esto genera inconvenientes en el desarrollo de las actividades del cliente.
- **Las fallas seguirán siendo las mismas:** lo que reduce la vida útil de los equipos, y no le permite alcanzar normalmente el estándar de funcionamiento para el cual ha sido adquirido. De igual modo, aumentan los costos de fallas, ya que si siempre son las mismas, ya que no se ataca el problema de raíz.
- **Mantenimiento correctivo en crecimiento:** debido a que no se cuenta con una política de mantenimiento, no se planifican los trabajos, no existe una base de datos interactivo de los equipos y no se emite órdenes de trabajo para todas las tareas de mantenimiento el incremento de las tareas de carácter correctivo se verán en aumento.
- **Crisis económica:** la consecuencia final, generada por la pérdida de contratos y la no-exclusividad del cliente se verá reflejada en una disminución de la frecuencia de servicios prestados. Lo cual generara una disminución económica en los ingresos de la empresa.

CAPITULO IV

DESCRIPCION DE LA EMBARCACION CIENTIFICA

4.1. Generalidades

La Unidad Hidrográfica es una embarcación diseñada para efectuar los trabajos de investigación científica relacionada con la hidrografía, oceanografía, meteorología marina, señalización náutica en áreas cercanas a la costa, en coordinación con los órganos de línea de la Dirección de Hidrografía y Navegación, la embarcación registra la siguiente información:

Matricula : AEH-174

Armador : Dirección de Hidrografía y Navegación

Constructor : Servicio Industrial de La Marina (SIMA)

Año : 1981



Figura 4.1 Embarcación científica AEH-174

4.2. Especificaciones del Casco

El casco es enteramente construido en planchas de acero naval A-131, y juntas soldadas, con adecuada protección contra la corrosión en su obra viva o carena. El casco es del tipo "desplazamiento" con la proa en forma de cuña y la sección media de características tales que el agua converge hacia popa en flujo natural.

4.3. Dimensiones Principales

Tomando como referencia la figura 2.1 se señala las principales dimensiones:

a) Eslora (L)

Es la longitud máxima del buque ($L = 20.0 \text{ m}$)

b) Manga (B)

Máximo ancho del buque medido en la sección maestra ($B=4.00 \text{ m}$)

c) Puntal (D)

Distancia total entre el plano de construcción y la cubierta principal

$D=2.20 \text{ m}$

d) Calado (H)

Distancia entre la línea de flotación y el plano de construcción ($H=1.8 \text{ m}$)

e) Tonelaje de Registro Bruto (TRB)

Dimensión meramente comercial. Medida de capacidad cuyas unidades son las toneladas de arqueo (tonelada de registro)

$1 \text{ TR} = 100 \text{ pie}^3 = 2.83 \text{ m}^3$

Expresa el volumen interno del buque descontando ciertos espacios que dependen del reglamento que se utilice

$\text{TRB} = 20.66 \text{ Tn}$

g) Desplazamiento = 30 toneladas

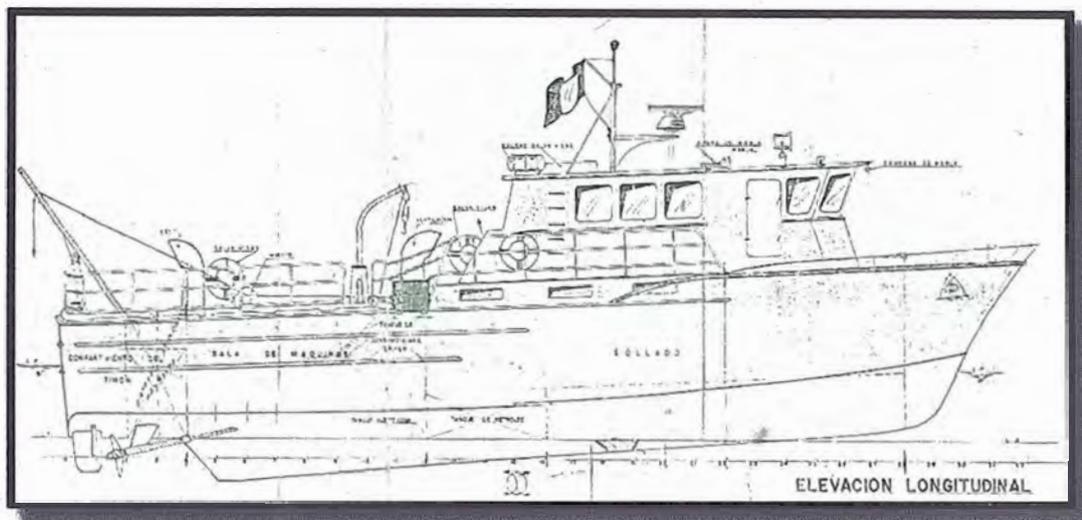


Figura 4.2 Elevación Longitudinal

4.4. Capacidad de tanques

Petróleo = 2,000 galones

Agua dulce = 600 galones

4.5. Maquinas de Propulsión

a) Motores principales

Un (01) Motor Caterpillar 1800 RPM (BR.) 275 HP.

Un (01) Motor Caterpillar 1800 RPM (Er.) 275 HP.

b) Hélices

Dos hélices de paso fijo, cada uno de 4 palas de acero inoxidable

c) Velocidad

Máxima: 8.0 nudos

d) Grupos Electrógenos

Un (01) Grupo electrógeno Lister de 30 kw.

Un (01) Grupo electrógeno Mitsubishi de 30 kw.

4.6. Acomodación

Comprende cuantos elementos hacen que un buque admita la permanencia en él como son: camarotes, cocinas, pañol y baño. Con lo que la tripulación habita, acomodación para nueve personas

4.7. Disposición General

Bajo cubierta principal el casco está dividido por mamparos estancos en los siguientes compartimientos:

- a) Compartimiento de gobierno
- b) Tanques de combustible
- c) Tanques de agua dulce
- d) Sala de maquinas
- e) Tanque de aguas servidas
- f) Camarotes de tripulación
- g) Almacén o pañol
- h) Tanque de lastre

Sobre cubierta se tiene la superestructura compuesta de:

- a) Cocina comedor
- b) Servicios higiénicos
- c) Puente de navegación

4.8.4. Sistema contra Incendio

Sistema de monitor en plataforma y dos hidrantes (en bandas babor y estribor) para mangas contra incendio. Equipo de espuma incorporado al sistema. Adicionalmente en sala de maquinas un sistema de Grifo contra incendio ubicado en la banda de babor para mangas contra incendio.

4.8.5. Equipo de Seguridad

Un bote Zodiac (goma) con motor fuera de borda de 40 HP, capacidad: 08 personas

Una balsa salvavidas para 12 personas, empaquetado en contenedor de fibra de vidrio. La balsa es de liberación hidrostática

20 chalecos salvavidas y señales aéreas luminosas

4.8.6. Equipos de Navegación

- Compas magnético
- Piloto automático
- Radar
- Radio VHF
- Repetidor de ángulo timón
- GPS
- Girocompás

4.9. Descripción de la Maquinaria

4.9.1. Descripción General

La maquinaria de propulsión consiste en dos motores diesel, el motor que se encuentra babor es de 275 HP y 1800 RPM y el motor que se encuentra estribor es de 275 HP y 1800 RPM. Las unidades de accionamiento del sistema de gobierno y equipos de cubierta están provistas de bombas hidráulicas con sus respectivos motores eléctricos y dos grupos electrógenos para alumbrado y servicios.

Electrobombas convenientemente ubicadas se utilizan para servicios generales.

4.9.2. Motores Principales

Dos motores diesel de 4 tiempos y enfriados por agua de mar (keel cooler).

Sus características son:

- **Marca** Caterpillar
- **Modelo** 3406B
- **Potencia** 275 HP - 1800 RPM
- **Sistema de arranque** eléctrico 24V



Figura 4.4 Motor Marino

4.9.3. Caja de reducción Hidráulica

- Marca : TWIN DISC
- Modelo : MG-530
- Reducción : 6.06/1



Figura 4.5 Caja reductora

4.9.4. Accesorios

- Tanque de expansión
- Tablero de instrumentos montados en paneles sobre los motores.
- Tablero de instrumentos montados en el puente de navegación

- Arranque eléctrico
- Sistema de alarmas para el control del normal funcionamiento del motor
- Bomba hidráulica (sala de maquinas)

4.9.5. Ejes y Hélices

Los ejes son de acero forjado certificado (SAE 1040) de 3 in diámetro, están revestidos con fibra de vidrio y tienen camisas de bronce, como elementos deslizantes. Los cojinetes donde descansan las camisas de los ejes de cola son del tipo Cutless Bearing (bronce con material sintético), lubricados por agua. Cada eje tiene un disco de 5 in diámetro para el frenado. Las hélices son de cuatro palas, de paso fijo de igual sentido de rotación (derecho)

- Diámetro = 20 in
- Paso = 10 in
- Material = Acero inoxidable EISI 431.
- Cada hélice con tobera de 30 in de diámetro.

4.9.6. Sistema de Gobierno

Es del tipo de control centralizado en el puente de comando que tiene adicionalmente dos estaciones de control. Un bomba hidráulica accionada desde la sala de máquinas o del puente de comando un conjunto servomotor, dos pistones hidráulicos, conjunto de "abanicos", ejes barón y palas. Las palas son del tipo de doble

plancha con nervaduras internas. Los ejes de acero con camisas de bronce y cojinetes. En el pinzote de la pala una bocina de (Ni/Cu) y una caja de estopas en la parte superior del tubo de limera

Especificaciones:

- Marca : Wagner
- Modelo: LC"-7,0-45-DA2
- Torque : trabajo continuo: 10 000 Lb-pie
- Presión : 1050 psi
- Angulo de timón 2 x 45°

Cilindro de gobierno:

- Modelo : L125-674
- Desplazamiento: : 85.4 in³

Bomba de accionamiento:

- Marca : Vickers
- Modelo : V210-8 a 1800 RPM

Bomba manual: Modelo B4

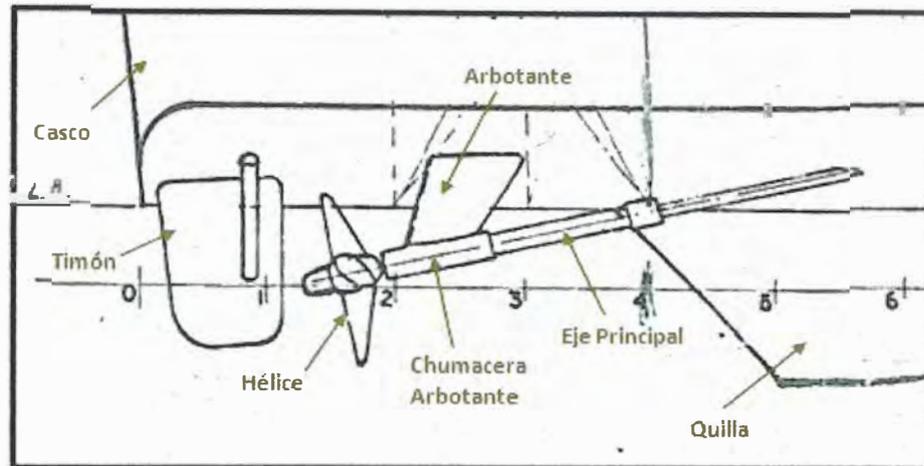


Figura 4.5 Eje principal hélice y timón

4.9.7. Equipos de Cubierta

Comprende lo siguiente:

a) Cabrestante de proa (Winche)

Provisto de motor eléctrico, acciona el ancla de 500 libras que está sujeta por 60 pies de cadena 9/16 y 300 pies de cable de acero de 1 in de diámetro

4.9.8. Grupos electrógenos

A. Grupo electrógeno Nro. 1 (Lado Babor)

- Marca : Lister
- Modelo: HWR4
- Potencia : 150 HP a 1800 RPM

Generador (acoplado hacia popa)

- Marca : Standford

- Características : 30Kw 220V, 60 Hz

Refrigerado por agua salada con agua dulce en circuito cerrado.



Figura 4.6 Grupo electrógeno

B. Grupo electrógeno Nro. 2 (Lado Estribor)

- Marca : Mitsubishi
- Modelo : S-45
- Potencia : 90 HP a 1800 RPM

Generador (acoplado hacia popa)

- Marca : SMDO
- Potencia : 30Kw, 220V, 60 Hz

La maquinaria auxiliar (tanto de babor como estribor) cuenta con las siguientes características:

- a) Sistema de arranque eléctrico 12 V
- b) Refrigeración por Keel cooler
- c) Tanque de expansión y control termostático
- d) Panel de instrumento para el control de operación.
- e) Arranque desde la sala de maquinas.

4.9.9. Sistema de Bombeo

A. Sistema de Achique y Lastre

Es el sistema encargado de achicar cualquier compartimiento del buque. Cuenta con dos electrobombas de las siguientes características.

Motor Eléctrico

- Marca : Pedrollo
- Potencia : 1HP, 3480 RPM
- Voltaje : 220V, 60 Hz
- Tuberías fierro galvanizado

B. Sistema de Agua Dulce

Un sistema hidroneumático se encarga de suministrar agua dulce para los servicios higiénicos, ducha y cocina.

Electrobomba

Motor eléctrico

- **Marca** : **Hidrostal**
- **Potencia** : **2 HP, 220V, monofásico**

C. Sistema de Agua Servidas

Con tanque ubicado sobre la parte central hacia proa bajo la planchada de la cocina, cuenta con una electrobomba de

Bomba

- **Marca** : **Gordon Rupp**
- **Modelo** : **MC2-B**

Motor eléctrico

- **Marca** : **Hidrostal**
- **Modelo** : **6406388**
- **Potencia** : **1HP**
- **Voltaje** : **220V**
- **Frecuencia** : **60 Hz**
- **Revoluciones** : **1740 RPM**

4.9.10 Sistema de Eléctrico

A. Descripción General

Un tablero principal recibe la energía de dos generadores, para luego distribuirlos a los circuitos de la embarcación mediante interruptores de caja trenzado acorazado. La iluminación, convenientemente distribuida y cajas de conexión a prueba de humedad.

B. Tablero de Distribución

Un tablero principal ubicada en la sala de maquinas, cuenta con lo siguiente para cada generador:

Interruptor de circuito en caja moldeada con relé de protección para corto circuito, sobrecarga y bajo voltaje

- amperímetros
- Un frecuencímetro
- Un juego de luces de tierra
- Una luz "power on"

C. Iluminación

La iluminación está establecida en 220V para compartimientos como: puente de navegación, baño, áreas de acomodación, sala de maquinas, lazareto, etc.

Focos incandescentes con envoltura de vidrio y protección.

I. Luces de Navegación

Panel con los siguientes circuitos ubicados en el puente de comando:

- Luz babor
- Luz estribor
- Luz de fondeo
- Luz de gobierno
- Luz blanca de popa
- Luz blanca de proa

II. Luces de Emergencia

Luces de emergencia operada automáticamente por batería para:

- Sala de maquinas
- Acomodación y pasadizos
- Sollado proa
- Reflectores 220V
- Dos de 1000 Watts arriba de la caseta de navegación
- Faro pirata 220V

III. Sistema Electrónico

Sistema de 24 VDC que alimenta los siguientes equipos:

Ecosonda

- Marca: Atlas Fansweep

CAPITULO V

IMPLEMENTACION DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

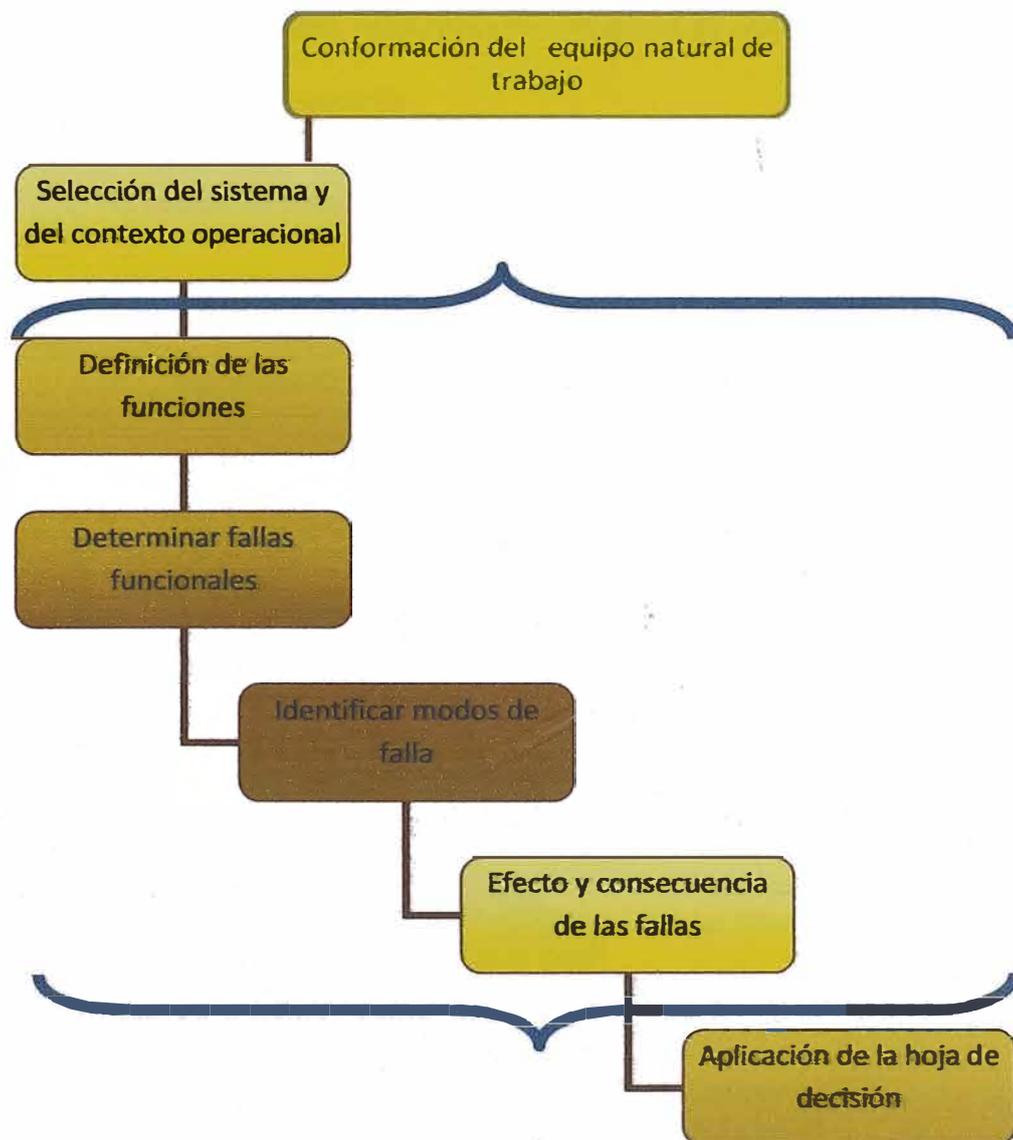
La metodología del MCC en la embarcación surge debido al interés de mejorar y/o optimizar la navegabilidad y operación, consiste en mantener la integridad física de los activos pertenecientes de la Dirección de Hidrografía y Navegación además de disminuir los altos costos que se genera por una política inadecuada de mantenimiento.

También el MCC abarca la necesidad de incluir una cultura de trabajo para el personal mediante una metodología con el análisis de fallas, que les permita eliminar sistemáticamente los problemas que se presentan en operación y adelantarse a cualquier factor negativo que perjudique las labores y tareas de la investigación Científica.

Por tales motivos fue necesario desarrollar el análisis en la embarcación "Macha" como proyecto piloto con la metodología sistemática MCC, basada en el análisis de riesgo y en el enfoque de menor impacto en el presupuesto de mantenimiento, determinando cuales son las actividades de mantenimiento a ejecutarse para eliminar los problemas de los sistemas dentro de la embarcación; permitiendo definir políticas y estrategias de mejora, generando las soluciones de los problemas que afectan de manera

directa a la actividad de mantenimiento y en consecuencia al funcionamiento de la embarcación en mención.

5.1. Flujo grama de la implementación del MCC



Análisis de modo y los efectos de fallas (AMEF).

Figura 5.1 Implementación del MCC

5.2. Conformación del equipo de trabajo

La importancia de este grupo de personas para la implementación del mantenimiento MCC es fundamental plantear las ideas desde los diferentes puntos de vista de acuerdo al área donde opera la maquina.

Para un mejor control del recurso humano y una buena distribución de las responsabilidades conformaremos el grupo de análisis de MCC y de apoyo para la implementación.

El equipo de trabajo para la implementación debe de estar conformado:

- Operador: experto en manejo y operatividad de la maquina.
- Especialistas: experto en el mantenimiento y reparación de los sistemas de los equipos.
- Oficial de maquinas: visión global de los procesos.
- Facilitador: asegura la aplicación de metodologías requeridas,



Figura 5.2 Equipo de trabajo

Es de suma importancia que tanto el operario y el personal de mantenimiento se encuentren en el grupo para poder contestar a todas estas preguntas para la implementación del Mantenimiento MCC.

El uso de estos grupos no solo permite que los directivos obtengan acceso de forma sistemática al conocimiento y experiencia de cada miembro del grupo, sino que además reparte de forma extraordinaria los problemas del mantenimiento y sus soluciones.

5.3. Selección del sistema y del contexto operacional

A. Análisis de costo por embarcación

En esta sección se busca evaluar y determinar la embarcación que tiene el mayor costo de producción en función a la operatividad del equipo.

Del grupo de análisis del MCC se obtuvo los siguientes resultados, en donde se presenta los costos por embarcación conforman HIDRONAV.



Figura 5.3 Unidades Hidrográficas

De acuerdo a la figura es importante considerar que la Unidad Hidrográfica AH-174 "Macha" se encuentran en un nivel alto de producción (para el año analizado) por tal motivo se a seleccionado para el análisis, y además porque se está ejecutando la construcción de dos unidades hidrográficas de similares características a la embarcación en mención por lo que se opto realizar la implementación del MCC.

B. Análisis del Costo de Mantenimiento de la embarcación AEH-174 "Macha"

Definido la embarcación en la que se implementara el mantenimiento centrado en la confiabilidad, se procedió a realizar el análisis de los costos de producción de los sistemas de la embarcación científica.

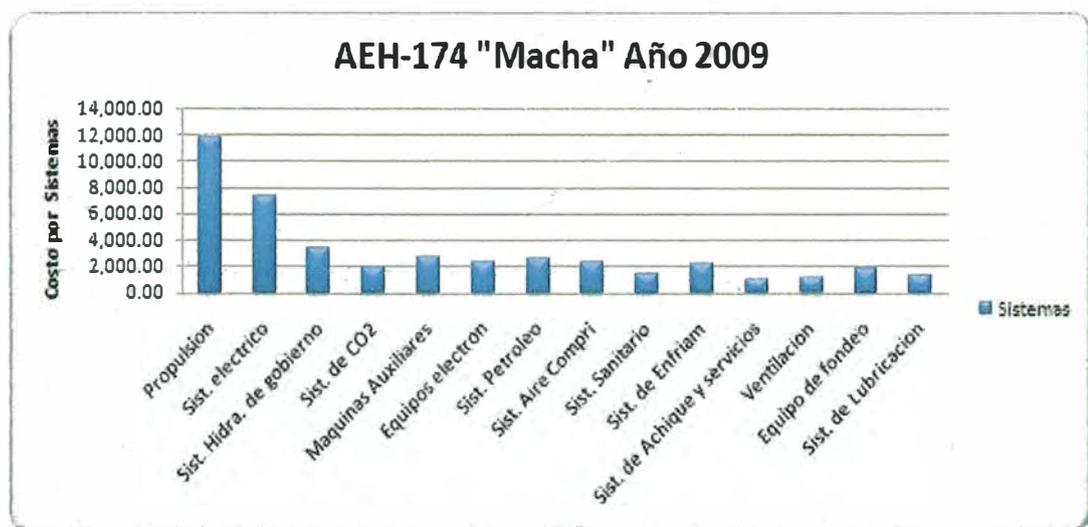


Figura 5.4 Sistemas de la AEH-174

De acuerdo a los resultados obtenidos se ratifico la necesidad de implantar las mejoras en el sistema de propulsión con el fin de disminuir el costo elevado de mantenimiento, el cual es aproximadamente de

11,758 US\$ ocurrido hasta Diciembre del 2009 y que de seguir sin resolver las causas de este comportamiento se puede seguir perdiendo montos similares al año anterior por la tendencia que se lleva.

5.4. INDICADORES DE MANTENIMIENTO

A. Disponibilidad

Está definida como la proporción de tiempo que una maquina esta operativa, en un estado de no falla.

$$DISPO(\%) = \left(1 - \frac{\text{Horas Parada}}{\text{Horas Produccion}} \right) * 100$$

B. MTBF

Tiempo medido o promedio entre cada evento de falla (netamente correctivo). Se mide entre las paradas no planificadas, su unidad de medida es "horas"

$$MTBF = \frac{\text{Horas Produccion}}{\text{Numero Fallas}}$$

C. MTTR

Es el tiempo promedio para reparar una falla imprevista no planificada y lograr reactivar la máquina para su continuidad operativa, su unidad de medida es "horas"

$$MTTR = \frac{\text{Horas Parada}}{\text{Numero Fallas}}$$

D. Confiabilidad

Es una medida del número de veces que una maquina experimenta problemas.

$$CONF(\%) = \left(\frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \right) * 100$$

5.5. Indicadores antes de iniciar el MCC

Para poder cuantificar el beneficio en la embarcación se tomaran en cuenta los indicadores de disponibilidad y confiabilidad antes de iniciar el análisis de MCC para después compararlos.

a) Confiabilidad

La confiabilidad de la embarcación científica Macha al 31 de Diciembre del 2009 se muestra en el grafico siguiente:

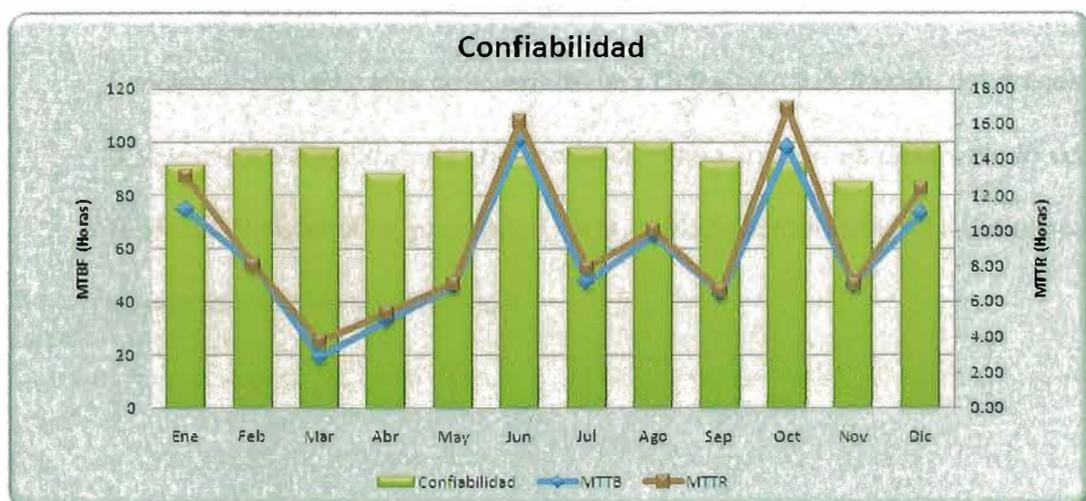


Figura 5.5 Diagrama de Confiabilidad

5.7. Descripción de fallas funcionales

Para poder desarrollar esta parte debemos de fijar en el diagrama EFS (entrada – Funcion – Salida) y nos daremos cuenta de los sistemas el cual están implicados en el buen funcionamiento de la embarcación.

Entre ellos tenemos los más importantes:

- Motor Marino (Caterpillar 3406B)
- Caja reductora
- Ejes.
- Hélices

Cada uno de estos sistemas debe de estar en óptimas condiciones para la operatividad y desempeño de la embarcación, si uno de estos sistemas falla se queda inoperativa en dichas funciones.

Por eso es de suma importancia saber cuáles son los principales sistemas para que de esta manera poder identificar el modo de falla de cada uno de estos, además debemos de contar con registros historiales técnicos para los cuáles son implementos que tienen carácter CRITICO.

5.8. Descripción de modo de falla

El modo de falla es la “causa” de la pérdida parcial o total del buen funcionamiento de un sistema; sin embargo, hay que tener en cuenta que un modo de falla no es el único pueden ser muchos más por eso es conveniente abarcar todos los posibles causas que pueden hacer que se dé la falla en el equipo.

Para ello se tiene que tener en consideración lo siguiente:

- El mantenimiento debe estar orientado para cada modo de falla.
- Revisar registros historiales técnicos
- Además se debe de tener la información correcta que darán resultados de calidad.

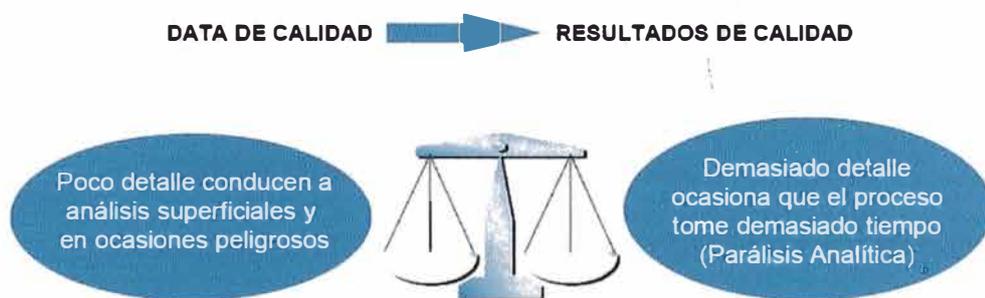


Figura 5.7 Información confiable

5.9. Efecto y consecuencias de las fallas

Cada vez que ocurre una falla, esta de alguna manera afecta a la organización, en este caso afecta a la operación en forma directa es porque se debe de prevenir las averías y de esta manera no consumir los recursos de la empresa y utilizarlos en otras tareas más rentables.

Después de analizar los sistemas que están incorporados en la maquina se debe de tener en cuenta que tipo de mantenimiento se debe realizar previamente se debe de asegurar cual es la falla y saber cuál es el impacto que causa hacia la maquina por ende afecta la operación y la navegación.

Sin embargo, aun se debe de tener en cuenta que el mantenimiento es una característica muy compleja ya que también se presentan otros tipos de fallas con diferentes impactos operacionales entre sí estas son:

A. Consecuencia en la seguridad y medio ambiente

- Se preocupa por la seguridad de las persona (accidentes)
- Se preocupa por no afectar las normas ambientales.

B. Consecuencia operacionales

- Afecta al volumen de trabajo
- Afecta en la operación de la embarcación
- Incrementa el costo operacional más costo directo de reparación

C. Consecuencias de fallas no evidentes

- La falla afecta a la maquina y esta se hace evidente notando que no están dentro de su rango normal de trabajo.
- Existe la falla en el equipo pero este sigue funcionando hasta el instante en que se detiene.
- Cuando la falla no es detectada y no se ha tomado las medidas correctivas provocando que el equipo se detenga produciendo una falla visible.

En un caso se presento el desgaste de la bomba de inyección del sistema de combustible, debido a la existencia de impurezas y partículas abrasivas en el combustible, esto produjo que se obstruyera el filtro de combustible e ingresa a la bomba de inyección y toberas, rayando y trabando los componentes internos generando la pérdida de potencia.



Figura 5.8 Bomba de inyección

5.10. **Árbol de Decisiones**

Principalmente se usa el árbol lógico de decisiones para el mantenimiento de MCC; el cual contienen preguntas afirmativas o negativas dependiendo del caso o falla. Dicho árbol se puede apreciar en el anexo B

Si una falla tiene consecuencias significativas en los términos de cualquiera de estas categorías, es importante tratar de prevenirlas. Por otro lado, si las consecuencias no son significativas, entonces no merece la pena hacer cualquier tipo de mantenimiento sistemático que no sea el de las rutinas básicas de lubricación y servicio.

5.11. **Desarrollo del análisis de los modos y efectos fallas (AMEF)**

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, tiene como prioridad identificar las razones, por las que se adquiere un bien material, se hace referencia a las funciones, falla funcional, a los modos de falla y al efecto de falla. Este

estudio, debe realizarse, con un equipo integrado sobretodo, por los operadores y supervisores, quienes son los que pasan más tiempo, junto con el equipo o maquina. Su opinión y experiencia en la recolección de datos, que fomenten la ubicación de los modos y las consecuencias de fallas, será fundamentales para que la metodología aplicada tenga el éxito deseado.

A continuación se muestra una parte del cuadro del AMEF, la información detallada se encuentra en el Anexo C.

5.12. Criterio para la determinación de Criticidad de Sistemas

Para la aplicación de la metodología del MCC, el primer paso a dar es, analizar la importancia crítica de los sistemas.

Todos los sistemas no entrarán al plan de mantenimiento, esto dependerá del puntaje que se asigne a cada uno de ellos, en función al ítem o aspecto que se esté analizando.

La evaluación de criticidad, es una forma de medir cuán prioritario es el sistema en el desarrollo del servicio de operación y navegación. Tiene por objetivo marcar el camino o señalar la ruta por la que el mantenimiento seguirá buscando la confiabilidad al menor costo posible.

El formato que se propone para la evaluación contempla aspectos diversos, que se muestra en el Anexo D

Los resultados del análisis de criticidad cada falla se muestra en el Anexo E

5.13. Tipo de tareas a realizar

Los tipos de acciones que pueden tomarse al tomar las fallas dentro de la Dirección de la Hidrografía y navegación pueden ser:

Tareas proactivas: se realizara antes de que ocurra la falla

- Tarea a condición
- Tarea de reacondicionamiento
- Tarea de sustitución cíclica

Acciones de falla

- Tarea búsqueda de fallo
- Rediseño obligatorio

En primer lugar, para poder escoger la tarea a realizar se debe de preguntar, cuánto tiempo tiene la pieza que produce la falla; y en segundo lugar, qué sucede una vez que ha comenzado la falla.

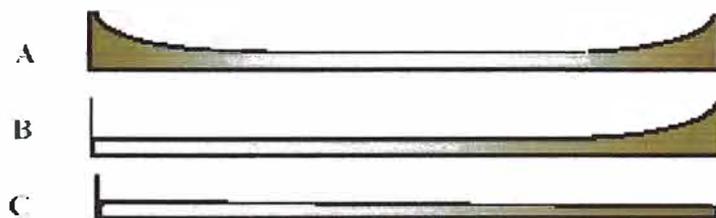


Figura 5.9 Fallas relacionadas con la edad

Fallas relacionadas con la edad (mantenimiento preventivo), las cuales están asociadas con la fatiga, corrosión y oxidación.



Figura 5.10 Estado del motor

Para el sistema de propulsión de una embarcación se puede dar algunos ejemplos de los materiales que pueden presentar este tipo de falla, como la faja del motor, cambio de filtros, regulación de las válvulas.

- I. **Tarea a condición:** consiste en inspeccionar si hay fallas potenciales, con el fin de prevenir la falla funcional o evitar las consecuencias. Esto se conoce como mantenimiento predictivo (porque se trata de predecir cuando el elemento va a fallar basándose en su comportamiento actual) o mantenimiento basado en la condición (porque la necesidad de acciones correctivas para evitar las consecuencias se basa en una evaluación de la condición del elemento).



Figura 5.11 Filtro de aire y aceite de motor

- II. **Tareas de reacondicionamiento cíclico:** consiste en reconstruir una pieza, componente o hacer una gran reparación a un conjunto ensamble completo antes de la falla, o en el límite de edad específico, independiente de su condición en ese momento. La frecuencia de esta falla solo está dada con respecto al rápido incremento en la probabilidad de falla.

Los ejes, bocinas y hélices se les realizan el mantenimiento preventivo y correctivo cada dos años en el astillero con el fin de mantener y mejorar el funcionamiento de los equipos.



Figura 5.12 Eje principal y bocina



Figura 5.13 Hélice

- III. **Tarea de sustitución cíclica:** consiste en descartar un elemento o componente antes de que falle, o en el límite de edad específico, independientemente de su condición en el momento. La frecuencia de esta falla solo está dada con respecto al rápido incremento en la probabilidad de falla.

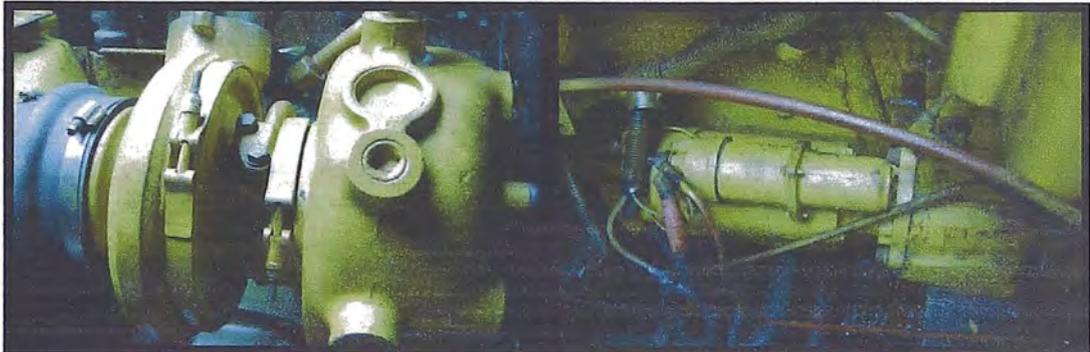


Figura 5.14 Turbo y arrancador

IV. Fallas que no relacionan con la edad

Este se aplica cuando no es posible aplicar una tarea proactiva o preventiva efectiva. Algunos de los sistemas que pueden seguir el siguiente patrón son: parte electrónica, e hidráulica.



Figura 5.15 Fallas no relacionadas con la edad

V. **Tarea de búsqueda de falla:** consiste en chequear una función oculta a intervalos regulares para ver si ha fallado (chequeos funcionales).

La frecuencia de chequeo está dada por la formula MTBF

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ HorasOperacion}}{N^{\circ} \text{ ParadasCorrectivas}}$$

Esta frecuencia nos indica que cada cierto intervalo de tiempo se está produciendo una falla en la embarcación. Sin embargo no se sabe a ciencia cierta cuándo exactamente empieza cada falla.

Uno de los problemas recurrentes en la Dirección de Hidrografía y Navegación es que cuando el sistema de propulsión presenta una falla oculta, se procede a inspeccionar y a evaluar, esta tarea en si misma era la que causaba la falla; y esto ocurría debido a dos razones, la tarea esfuerza al sistema de tal manera que eventualmente lo induce a falla, y la otra es al revisar el sistema siempre existe la posibilidad de que la persona que lo realiza deja el sistema en un estado de falla.

VI. **Rediseño obligatorio:** consiste en un cambio de componente, dicho sea de paso, todo cambio es costoso. Ya que involucra:

- Desarrollo de nueva idea
- Costo de convertir la idea en realidad
- Costo de implementación.

Si no se encuentra una tarea el cual este acorde a reparar la falla, además de reducir las consecuencias de la seguridad o al medio ambiente no merece la pena hacerlo.

El mantenimiento predictivo es una condición de anticiparnos a la falla atreves de monitoreos que nos permite ver la tendencia de la falla; sin embargo, también se debe de tomar el factor económico ya que si sale menor al costo de reparación durante el mismo lapso de tiempo.

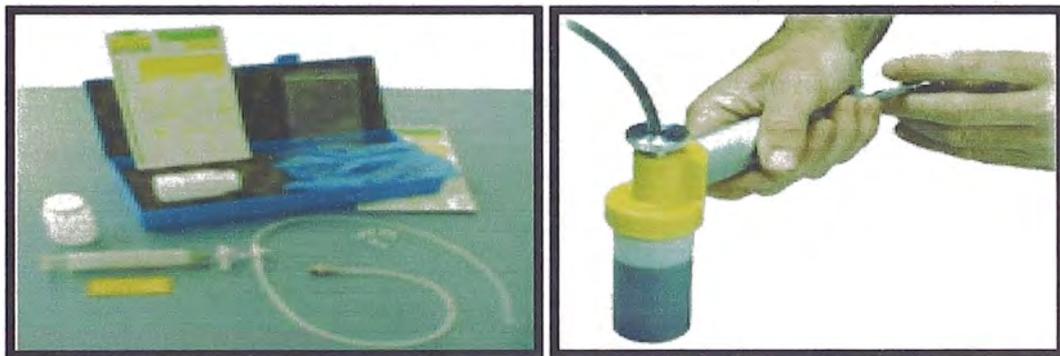


Figura 5.16 Instrumento para el muestreo de aceite

5.14. Elaboración de la Base de Datos y/o Historial

Esta fase tiene como objetivo, el dejar una prueba tangible de las nuevas rutas que toma el plan de mantenimiento, basado en la metodología del MCC. Se debe destacar, que los formatos, que se mostrarán, como parte básica, para la consolidación de la base de datos, constituirán la mejor prueba de la gestión, que se ejecutará. Teniendo como apoyo, estos datos recolectados, es que se irá enriqueciendo, paulatinamente, la historia técnica

del equipo, impulsando su confiabilidad, mediante la resolución efectiva de las fallas.

A continuación se desarrollarán la explicación de los formatos que se deben, utilizar en la aplicación de las actividades del mantenimiento.

I. **Formato 1: Análisis de condición de los equipos**, tiene como finalidad evaluar el estado operacional, en que se encuentran los equipos, esta permite verificar:

- La confiabilidad
- La capacidad.
- La condición general.
- Aspecto y Limpieza.
- Facilidad de operación.
- Seguridad y Medio Ambiente.

Para ello se utiliza la siguiente escala:

1: MALO: Por debajo de las normas no se debería utilizar.

2: REGULAR: Apenas aceptable.

3: PROMEDIO: Cumple con los requisitos, se puede mejorar.

4: BUENO: Se podría optimizar.

5: EXCELENTE: Cumple con todas las expectativas.

El formato analizado y que será descrito se encuentra en el Anexo F:

La forma de usarlo consiste principalmente en describir la operatividad del equipo, lo que se espera de él, así como su condición en general.

Para el primer ítem se describe la Confiabilidad, es decir con qué frecuencia se presentan una u otra falla, o si raras veces las presenta. Se debe precisar con detalles sobre este aspecto, pues es uno de los más importantes.

En el segundo ítem se debe especificar lo que se espera del rendimiento del equipo, es decir hasta donde se cree que puede ser la capacidad máxima del equipo.

Finalmente se deberá describir las condiciones en que se encuentra la maquinaria. Resaltando aspectos como apariencia, limpieza, facilidad de operación, seguridad en el ambiente, etc.

Para cada ítem analizado, se deberá otorgar un puntaje de acuerdo a la tabla que se anexa al formato.

II. Formato 2: Formato de Lista de Trabajos:

El formato a aplicar por la persona que planifique el mantenimiento, es la lista de trabajos. Es un documento que ayudará a planificar los trabajos con una semana de anticipación. El formato se puede visualizar en el Anexo G

La utilización del mencionado formato consiste en anotar los códigos de los trabajos, que han sido establecidos para cada maquinaria, describiendo su acción, frecuencias, así como cuanto tomará desarrollar el mismo, y obviamente por quien será desarrollado. Para la ejecución de los trabajos

citados deben coordinar el planificador como el supervisor del mantenimiento. Es sencillo, el uso de este formato pues las tareas planificadas en la etapa anterior se basaron en este formato.

- III. **Formato 3: La orden de trabajo** es el formato de comunicación entre el planificador y quien ejecutará el mantenimiento, por lo que este documento deberá contener la información necesaria para desarrollar el trabajo correspondiente. Tiene como objetivo principal favorecer la creación del historial del equipo. El formato se puede visualizar en el Anexo H

Para su utilización, se deben tener en cuenta todos los datos del equipo, así como los tiempos de ejecución, quien lo ejecutará, descripción detallada de trabajos, los recursos tanto materiales como humanos y finalmente el mantenedor deberá retroalimentar al planificador mediante observaciones, al finalizar la operación.

IV. Formato 4: Hoja de planificación de los trabajos:

Es la que nos permite describir las actividades de manera programada. Se utiliza mensualmente analizando los trabajos a desarrollar para cada equipo, analizando los costos de repuestos, mano de obra personal requerido, así como recursos adicionales si fuera el caso. Se debe destacar que este formato busca analizar los costos del mantenimiento, y el uso adecuado de los recursos que se utilizarán posteriormente. El formato se puede visualizar en el Anexo I

V. Formato 5: Hoja de chequeo y de inspección:

Constituye la ruta o acciones que debe ejecutar el operador o la persona que es encargado de realizar las inspecciones a los equipos. Es un documento que

refuerza la retroalimentación ya que reporta los pasos ejecutados y problemas detectados para que se tomen la acción correctiva y evitar fallas de mayor magnitud. La utilización es sencilla debido a que el camino se muestra claro, lo que se tiene que hacer es cumplir con los pasos señalados formato.

5.15. Secuencia del desarrollo de las tareas de mantenimiento

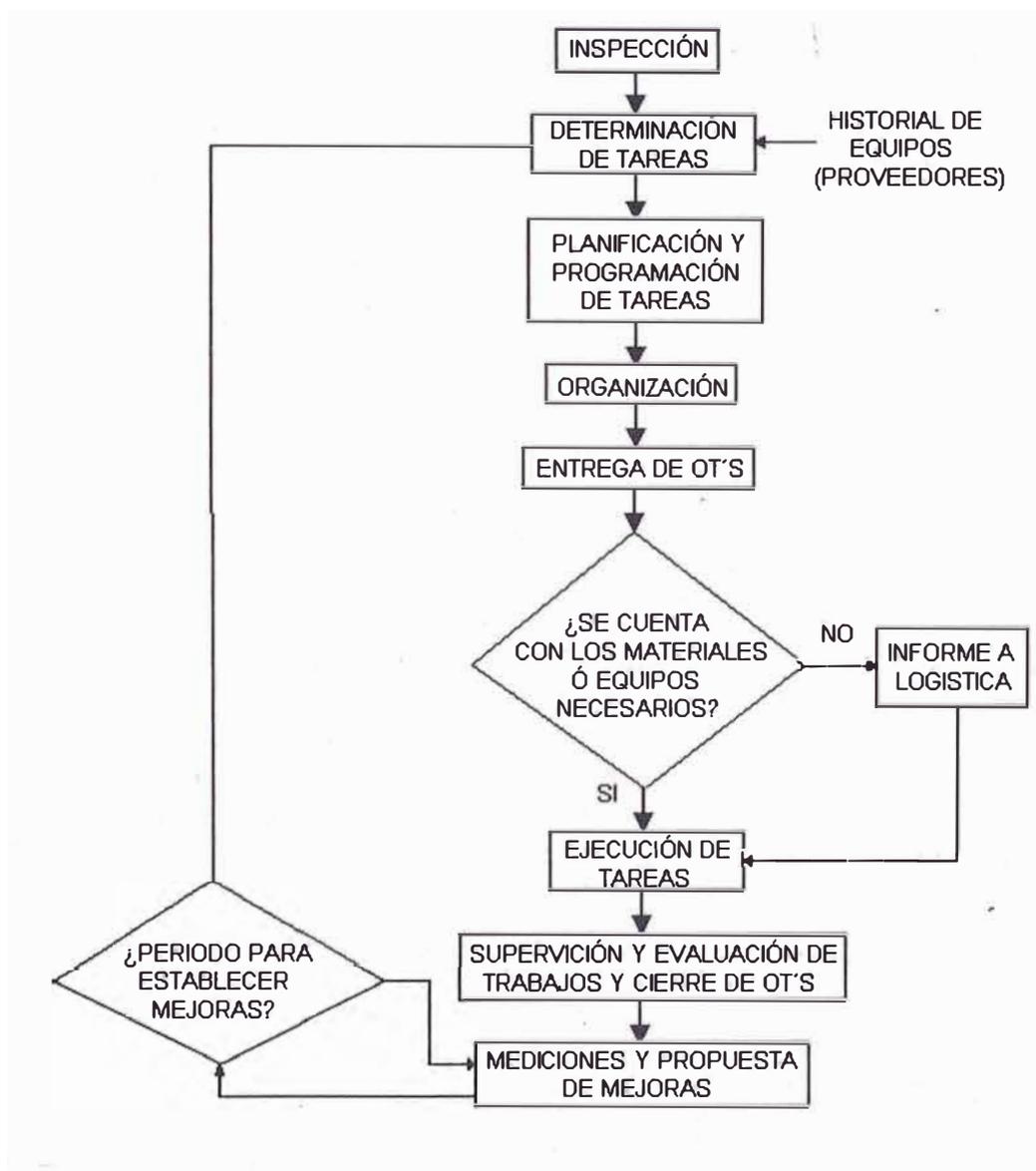


Figura 5.17 Flujo grama de mantenimiento

CAPITULO VI

MEDICION DE RESULTADOS

De los resultados obtenidos y descritos en los listados de tareas del análisis de modos y efecto de fallas, se dispone para cada una de estas la oportunidad de mejora y /o beneficios, bien sea por gastos evitados en el área de mantenimiento o disminuyendo el tiempo de inoperatividad de la embarcación.

6.1. Valor de los repuestos y su costo de Mantenimiento Anual

En el Anexo K se muestra el costo de los repuestos y la mano de obra de los modos de falla del sistema de propulsión. En la figura 6.1 se muestra solo la relación de repuestos críticos, el mismo sirve para determinar el esfuerzo o recurso que se requiere para la ejecución de las mismas, y si se logra reducir las fallas críticas del sistema de propulsión estimadas para un año se lograría economizar 2,155.0 dólares solo en repuestos y 4,038.0 incluyendo mano de obra. Por otro lado se deben tener en stock esta relación de repuestos críticos ya que si la embarcación fallara en alta mar se podrá contar con ellos.

Falla	Frecuencia	Jerarquización	Personal / tiempo	P.U. \$ (personal)	Repuesto	P.U. \$ (repuestos)	Total Anual
Rotura de las aletas de la rueda del turbocompresor	1	CRÍTICO	1 Mecánico 2 horas	40.0	Nuevo	1 000.0	1 040.0
Fuga y/o Rotura de tuberías de gasoil, inyectores y/o retorno.	10	CRÍTICO	1 Mecánicos 1 hora	28.0	Nuevo	30.0	328.0
Desgaste en los inyectores	2	CRÍTICO	1 Eléctrico 1 hora	80.0	Nuevo	150.0	380.0
Falla de bomba de agua	1	CRÍTICO	1 Mecánico 1 hora	20.0	Nuevo	100.0	120.0
Rotura o fuga por tubos del radiador	2	CRÍTICO	1 Mecánico 1 hora	20.0	Reparación	25.0	70.0
Falla de Motores de arranque (arrancador)	2	CRÍTICO	1 Eléctrico 1 hora	20.0	Reparación	25.0	70.0
Fallas de inyector	2	CRÍTICO	1 Eléctrico 1 hora	60.0	Nuevo	150.0	360.0
Fuga de aceite por el cilindro de giro (vástago o retenes)	1	CRÍTICO	3 Mecánicos 2 horas	120.0	Reparación	160.0	280.0
Sellos y/o retenes desgastados del bloque de válvulas (manifold)	1	CRÍTICO	2 Mecánicos 1 hora	40.0	Reparación	170.0	210.0
Componentes de entrada y salida (electronicos) en cortocircuito (electrobomba)	4	CRÍTICO	2 Electricista 1 hora	40.0	Nuevo	160.0	680.0
Fallas de los solenoides de las válvulas proporcionales de la transmisión	2	CRÍTICO	1 Mecánicos 1 hora	40.0	Nuevo	160.0	360.0
Componentes de entrada y salida (electronicos) en cortocircuito (piloto señal al manifold)	4	CRÍTICO	2 Electricista 1 hora	40.0	Nuevo	25.0	140.0
Total						2,155.0	4,038.0

Figura 6.1 Tabla de repuestos Críticos

Los costos de mantenimiento en el año 2009 de la embarcación científica fue de 45,827.59 dólares, de los cuales 5172.41 dólares son para el sistema de propulsión, Implementando el MCC se espera disminuir dicho monto para el 2010, debido a que si se considera que todos los repuestos críticos fallaran, el presupuesto para el sistema de propulsión en el 2010 sería de 4038.0 dólares.

Durante la elaboración del análisis de modos y efectos de falla no hay registro de que se hayan averiado los componentes internos de los motores Caterpillar(bielas cigüeñal cojinetes pistones y válvulas) así como de los ejes principales de propulsión de la embarcación salvo los desgastes propios de la operación, por lo que se recomienda cumplir estrictamente el plan de mantenimiento del fabricante así como tomar muestras de aceites para

poder analizar la tendencia del desgaste, debido a que si estos componentes llegaran a fallar (de acuerdo a su criticidad) estos afectarían gravemente la navegabilidad y serían de alto costo su reparación.

6.2. Repuestos e insumos para el mantenimiento preventivo

En la figura 6.2 se muestra la relación de repuesto e insumos que se deben tener en stock para la realización del mantenimiento preventivo y su respectivo costo, dichos mantenimientos se realizarán cada 250 horas.

P/N	DESCRIPCION	MANUFACTURADOR	CANTIDAD	UNIDAD	P.U. \$	250 H	500 H	1000 H	2000 H
1R 1505	Filtro de aceite de motor	Caterpillar	1	Und	40.86	40.86	40.86	40.86	40.86
1R 0753	Filtro de combustible	Caterpillar	1	Und	25.55	25.55	25.55	25.55	25.55
2U 0015	Filtro de aire primario	Caterpillar	1	Und	132.51		132.51	132.51	132.51
2U 7505	Filtro de aire secundario	Caterpillar	1	Und	18.11		18.11	18.11	18.11
3U 2257	Filtro acondicionador de líquido	Caterpillar	1	Und	40.6			40.6	40.6
	Filtro del sistema hidráulico	Caterpillar	1	Und	45.7				45.7
	Aceite de motor	CAT15W-40	50	Glms	18.37	918.5	918.5	918.5	918.5
	Aceite de hidráulico	CAT SAE 10W	25	Glms	18.01				450.3
	Aceite de transmisión	CAT SAE 30		Glms	19.62				19.6
	Grasa	14 onz CHEVROIL	4	Unid	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71
Total						990.62	1.141.2	1.182.0	1.697.6
Horas						3.50	3.7	3.8	5.3
Mecánico			1	Hr.	20.0	70.0	73.3	75.0	105.0
TOTAL \$						1060.6	1.214.6	1.257.0	1.802.6

Figura 6.2 Repuestos de Mantenimiento

6.3. Plan general de mantenimiento

En el Anexo C se detallan las acciones y mantenimientos a ejecutar para cada modo de falla analizado del sistema de propulsión, por lo que se ha implementado 49 tareas de mantenimiento.

CONCLUSIONES

- 1 El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad es fácil de entender ya que tiene un lenguaje técnico sencillo, esto le permitirá al personal de la Dirección de Hidrografía y Navegación involucrarse con el mantenimiento y con la empresa, sólo dependen de una adecuada gestión, para alcanzar los logros deseados.
- 2 Se comprobó cuan útil son los cuadros metodológicos del MCC, ya que permitió identificar las funciones y conocer más profundamente cada uno de los sistemas, que conforman la propulsión. Adicionalmente, facilitó la búsqueda por las posibles fallas que pueden presentar cada uno de ellos.
- 3 Con el Árbol de decisiones, se pudo llegar al fondo del evento de falla. Este estudio fomenta la formulación de hipótesis y su verificación, en busca de hallar la causa raíz.
- 4 Con la Definición de tareas de mantenimiento, se aprendió a evaluar entre varias alternativas en función a los efectos que las mismas tendrían en un período de tiempo. Esto requiere de un estudio a conciencia, y es trascendental en la consecución de los beneficios deseados. De no tomar decisiones adecuadas, los resultados de la implementación no serán los esperados.

- 5 Se comprobó que contando con una adecuada administración de la información técnica recopilada por los técnicos y operadores calificados, se puede construir una sólida base de datos. Esta solidez no depende de que si hay o no un software de mantenimiento, sino del nivel de creatividad y conocimiento tengamos, con respecto al equipo.

RECOMENDACIONES

- 1 Recalcar que el éxito o no del proyecto, no está en un documento o en la computadora o en el software de mantenimiento, sino en cada una de las personas, que contribuyen a la ejecución de cada fase y a las alternativas que ellas planteen para la reducción y eliminación continua de los eventos de fallas.
- 2 Fomentar entre los miembros que sean designados, la objetividad en sus opiniones, evitando la burla o críticas que destruyan el debate y termine en una discusión, que lo único que traerá es pérdida de tiempo.
- 3 Todos los estudios realizados y los análisis desarrollados, deben ser documentados, para que queden registrados, y puedan ayudar posteriormente en la resolución de fallas repetitivas.
- 4 Cualquier actividad o alternativa de solución a ejecutar debe sustentarse presentando previamente un informe sobre las medidas a tomar, sus costos y beneficios que estas traerían a la gerencia. En coordinación y con su autorización, ejecutar las nuevas medidas para el plan de mantenimiento.

OBSERVACIONES

- 1** Es importante resaltar que como resultado del análisis de MCC no se obtiene solamente la generación y revisión de los planes de mantenimiento preventivo, debido a que solo se atacaría del 5 a 30% de las causas de los problemas, de estos análisis surge mayormente acciones puntuales asociadas a las tareas por omisión que contribuyen con las mejoras y soluciones del otro 70 a 95% de los problemas que nos hacen perder mucho dinero como negocio.
- 2** Los resultados del MCC, son resultados más cercanos a la realidad, en vista de que para ellos se cuenta con la participación de un equipo multidisciplinario y no solo considera un punto de vista único o unipersonal.

BIBLIOGRAFIA

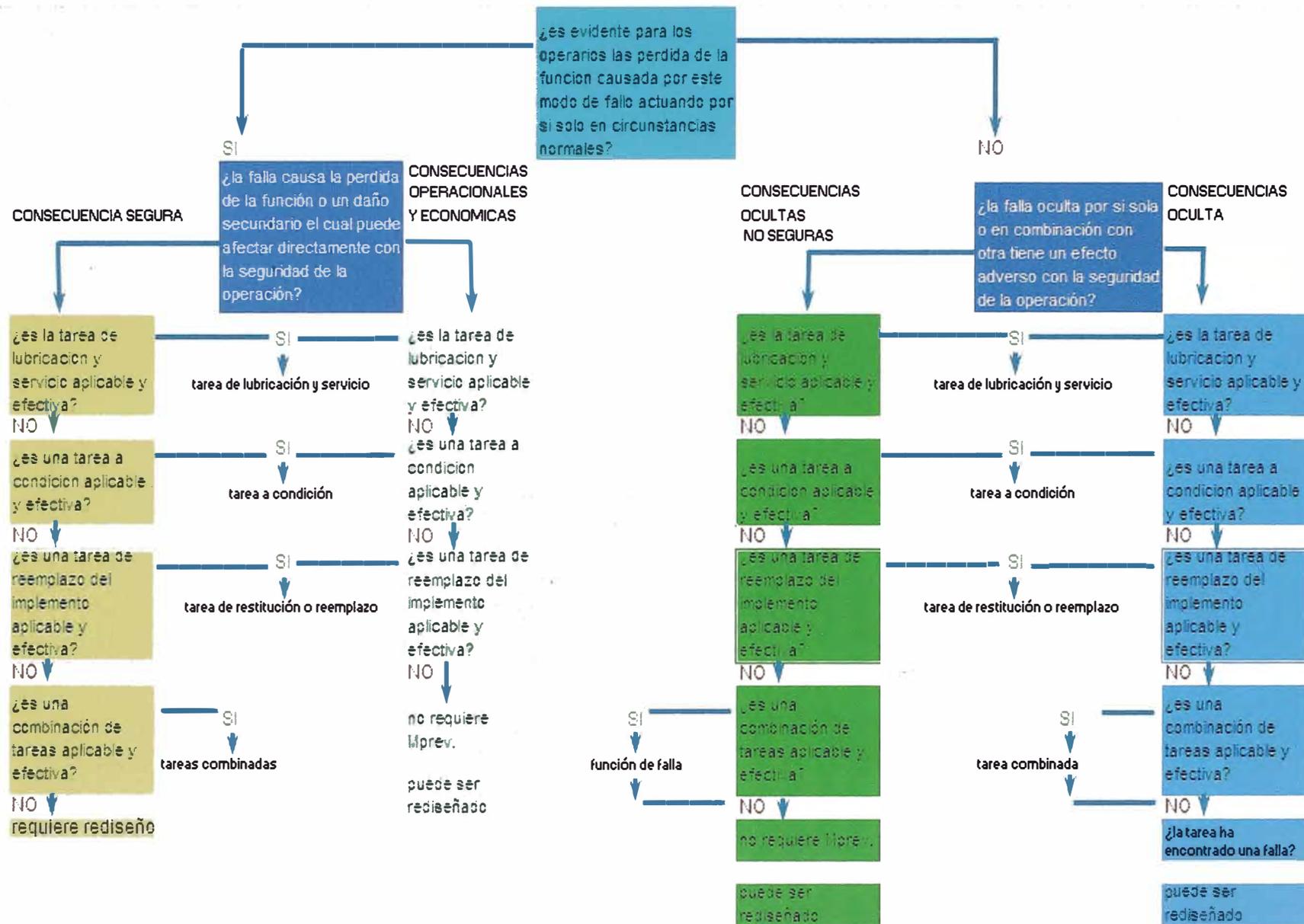
- 1 Reality centred Maintenance RCMII Jhon Moubray Segunda edición 2000
EEUU
- 2 RCM plus Training Manual The Woodhouse Parnership 1999 Inglaterra
- 3 Jose Durand Reverse RCM The Woodhouse limited 1999 Inglaterra
- 4 Motores Marinos Caterpillar Aplicación y Instalación.
- 5 Tecnologia Mecanica Naval Carbajales Pereira Tomo I y II
- 6 <http://www.elportaldelosbarcos.com>
- 7 <https://login.cat.com/cgi-bin/login>
- 8 <http://www.scribd.com/doc/17688242/Sistema-de-Ejes-de-Propulsion>
- 9 <http://www.solomantenimiento.com/m-motores-marinos.htm>
- 10 <http://www.solediesel.com/Motores+Marinos>

ANEXO A
DIAGRAMA ENTRADA FUNCION SALIDA

DIAGRAMA EFS DE LA UNIDAD HIDROGRAFICA AEH-174

	ENTRADA	FUNCION		SALIDA
		Generar potencia y los requerimiento deseados para el trabajo de investigacion cientifica. durante la navegacion		
		SUBFUNCIONES	EQUIPOS PRINCIPALES	
MOTOR	Combustible Refrigerante Energia electrica Aceite de motor	combustión Refrigeración Sistema de arranque Lubricación * aceite: Shell Rimula 15w-40 50 galones	Inyector-bomba Turbo Multiple de escape y admision Bomba manual Filtro de combustible (primario y secundario) Tanque de combustible Filtros de aceite motor y refrigerante Bomba de agua Radiador Componentes de salida Componentes de entrada Bateria Filtro de aceite del motor Deposito de aceite del motor (carter)	Torque
SISTEMA HIDRAULICO	Aceite hidraulico	Generar presión y lubricar implementos * aceite: Shell Donax TC 10v 25 galones	Bomba hidraulica Cilindro Hidraulico (giro) Bloque de Valvulas Componentes de entradas Componentes de salidas Mangueras Tanque de aceite Filtros de aceite Hidraulico Tomas de Presion	Movilidad del timon
CAJA REDUCTORA	Torque	Generar presión y lubrica implementos * aceite: Shell Donax TC 30 11 galones	Valvulas (6) Componentes de entradas Componentes de salidas Filtros de aceite Hidraulico Tomas de Presion	Cambia velocidades y sentido de la marcha en plena carga
EJE	Torque	Transmite torque y lubrica implementos	Eje de propulsion Tubo de limera Cojinetes Caja de estopas Bocinas camisetas	Transmite torque al helice
HELICE	Torque	Transmite torque y lubrica implementos	Cubo de la helice Tuerca sombrero rosca	Proporciona el empuje a la embarcacion

ANEXO B
ARBOL DE DESICIONES



ANEXO C
ANALISIS DE LOS MODOS Y EFECTOS DE FALLAS

HOJA DE REGISTRO											
SUBSISTEMA : EQUIPOS PRINCIPALE:											
#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Frecuencia de eventos por año	Efecto de Falla (qué sucede cuando ocurre la falla)	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal
Falla en el sistema de combustible											
1	La unidad hidrografica debe de ser capaz de trasladarse (con todo su equipamiento a bordo) por cada vez que se requiera realizar una Investigacion científica ademas debe de arrancar automáticamente ni bien el operador hace contacto lo que permite garantizar el buen funcionamiento de los sistemas tales Hidráulicos y Transmisión	A	Perdida de la potencia o No arrancar cuando el operador gira la llave de encendido hacia start y no garantizar los 900 rpm que le corresponden a ciclo de ralenti	1A1	Rotura del Tanque	1 vez en tres años	Evidente: Si Descripción: derrame de combustible, se puede llegar a bajo nivel el generador arranca pero se para por falta de combustible.	Preventivo	Inspección visual del tanque para verificar que no hay fugas	Anual	1 Mecánico 2 dias
				1A2	Taponamiento o rotura de los filtro de combustible	3 veces al año	Evidente: Si Descripción: No arranca si llega a arrancar se para. Afecta operaciones	Preventivo	Verificación del estado de los filtros y reemplazo de ser necesario	Semanal o cada 200 horas	1 Mecanico . 2 horas
				1A3	Rotura de las aletas de la rueda del turbocompresor	1 vez al año	Evidente: No Descripción: Disminuye la potencia del motor	Correctivo	1)Verificar el estado de las aletas y que no queden restos de aletas en los conductos 2) Solicitar turbocompresor nuevo	Anual	1 Mecánico 2 horas

#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Frecuencia de eventos por año	Efecto de Falla (qué sucede cuando ocurre la falla)	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento de ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal
				1A4	Desgaste o rotura de la bomba de transferencia de combustible	2 veces en un año	Evidente: No Descripción: No arranca. Afecta operaciones	Correctivo	1) Verificación de arranque 2) Desmontar valvulas para realizar limpieza interna, ajuste de cableado y verificar funcionamiento	Anual	1 Mecánico
				1A5	Fuga y/o Rotura de tuberías de gasoil, inyectores y/o retorno.	10 veces en tres años	Evidente: Si Descripción: Derrame de combustible, arranca el generador pero puede ocasionar un incendio Afecta operaciones	Preventivo	Verificar y corregir la fuga por la tuberías de los inyectores	Semanal o cada 200 horas	1 Mecánicos 1 Eléctrico 30 min
				1A6	Contaminación del combustible	3 veces al año	Evidente: No Descripción: Arranca el generador presenta fallas en la combustión y puede pararse. Afecta operaciones	Preventivo	1) Solicitar certificación de combustible 2) Verificar condiciones del diesel con análisis de laboratorio	1) En compra de combustible 2) Semestral o cuando se sospeche contaminación	1 Mecánico 30 min
				1A7	Desgaste en los inyectores	2 veces en un año	Evidente: No Descripción: Arranca y al calentar el motor presenta inestabilidad afectando la potencia del motor no garantiza la parada segura. Afecta operaciones	Preventivo	1) Verificar la temperatura de los inyectores dependiendo de sus valores referenciales efectuar las prueba de presión de rocío de inyectores, se sacan los inyectores y se cambian en caso de estar dañados	Mensual o cada 2000 horas	1 Eléctrico 1 Mecánico 2 horas
Falla en el sistema de Refrigeracion											
				1A8	Falla de bomba de agua	1 vez al año	Evidente: No Descripción: Arranca pero se para por alta temperatura. Afecta operaciones	Preventivo	Verificación de arranque y chequeo de las indicaciones de temperatura	Mensual o cada 2000 horas	1 Mecánico 1 hora

#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Frecuencia de eventos por año	Efecto de Falla (qué sucede cuando ocurre la falla)	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal
				1A9	Rotura o fuga por tubos del radiador	2 veces al año	Evidente: Si Descripción: Fuga de agua, Arranca y da alarma en el panel mímico por alta temperatura en los cilindros y bajo nivel de agua. Afecta Operaciones	Preventivo	Verificar nivel de agua y verificar que no hay fugas de agua	Semestral o cada 2500 horas	1 Mecánico 1 hora
				1A10	Bajo nivel del refrigerante	3 vez en un año	Evidente: Si Descripción: Arranca y da alarma en el panel mímico por alta temperatura en los cilindros y bajo nivel de agua. Afecta Operaciones	Preventivo	1)Verificar nivel de agua y verificar que no hay fugas de agua 2)limpieza del visor de nivel verificación	Semanal o cada 200 horas	1 Mecánico 30 min
				1A11	Falla en válvula de control de temperatura	1 vez en un año	Evidente: No Descripción: Se calienta el agua y se da alarma por alta temperatura en los cilindros. Afecta Operaciones	Preventivo	Ajuste del prensaestopas, engrase de las partes móviles del actuador y verificación de carrera de la válvula.	Semestral o cada 2500 horas	1 Mecánico 30 min
				1A12	Rotura o fuga de líneas (uniones)	2 veces al año	Evidente: Si Descripción: Fuga de agua, Arranca y da alarma por alta temperatura en los cilindros y se ve en el visor bajo nivel de agua, se para el generador. Afecta Operaciones	Preventivo	Verificar nivel de agua y verificar que no hay fugas de agua	Semestral o cada 2500 horas	1 Mecánico 1 hora

#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Frecuencia de eventos por año	Efecto de Falla (qué sucede cuando ocurre la falla)	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal
				1A13	Falla switch e indicadores de temperatura de agua de enfriamiento.	2 veces en un año	No Evidente: Descripción: Se para la maquina por falsa señal o en realidad hay una alta temperatura y no actúe la protección de la maquina ocasionando daños en el motor. Afecta Operaciones	Preventivo	Limpieza, ajuste de cable y verificación de funcionamiento.	Semestral o cada 2500 horas	1 Electricista, 1 hora
Falla en el sistema de arranque											
				1A14	Falla del sistema de control de arranque (Contactor, bobina, rele)	3 veces al año	Evidente: Si Descripción del evento: Se enciende una luz en el panel mimico de alarma y una alarma audible. Afecta a operaciones	Preventivo	1) Prueba de arranque semanalmente 2) Ajuste conexiones, cableado y limpieza general	Semanal o cada 200 horas	1 Eléctrico, 1 hora
				1A15	Falla de baterías	3 veces al año	Evidente: Si Descripción del evento: Se enciende una luz en el panel mimico de alarma y una alarma audible, Afecta a operaciones	Preventivo	1) Prueba de arranque y verificación de voltaje y amperaje. 2) Chequeo del nivel del electrolito, toma de densidad y voltaje y limpieza general de bornes. 3) Reemplazo de baterías	Semanal o cada 200 horas	1 Eléctrico, 1 hora
				1A16	Falla de Motores de arranque (arrancador)	2 veces al año	Evidente: Si Descripción del evento: Se enciende una luz en el panel mimico de alarma y una alarma audible, Afecta a operaciones	Correctivo, mantener un motor en el almacén	1) Verificar los terminales. 2) Verificar si existe continuidad del cable 3) Reemplazo del motor de arranque (arrancador)	Semestral o cada 2500 horas	1 Eléctrico, 1 hora

#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Frecuencia de eventos por año	Efecto de Falla (qué sucede cuando ocurre la falla)	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal
				1A17	Falla de averías de cables	3 veces al año	Evidente: No Descripción del evento: No arranca el motor. Afecta operaciones	Correctivo	1) Verificar los terminales. 2) Verificar si existe continuidad del cable 3) Reemplazo de cables	Semanal o cada 200 horas	1 Eléctrico, 1 hora
Fallas del sistema de lubricación											
				1A18	Taponamiento o fuga de líneas	2 veces en un año	Evidente: Si Descripción: Por taponamiento No Arranca, por bajo nivel de aceite no deja que arranque, por fuga de aceite pero se incrementa la fuga ocasionando paro de la maquina. Afecta Operaciones	Correctivo	1) Inspección visual en el caso de fugas 2) Manguera	Semanal o cada 200 horas	1 Mecánico 1 hora
				1A19	Fuga empaquetaduras	2 veces en un año	Evidente: Si Descripción: arranca pero se incrementa la fuga ocasionando paro de la maquina . Afecta Operaciones	Preventivo	Verificar que no hay fuga de empaquetaduras	Semanal o cada 200 horas	1 Mecánico
				1A20	Colapso o taponamiento de filtros	3 veces al año	Evidente: Si Descripción: En caso de colapso se rompe el filtro y hay paro por bajo nivel de aceite y en el caso de taponamiento hay indicación de ensuciamiento por diferencial de presión . Afecta Operaciones	Preventivo	1) Cambio de filtro, utilizando la herramienta adecuada 2) Chequeo del diferencial de presión	Semanal o cada 200 horas	1 Mecánico 1 hora

#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Frecuencia de eventos por año	Efecto de Falla (qué sucede cuando ocurre la falla)	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal
				1A21	Degradación del aceite	No ha ocurrido	Evidente:No Descripción:Arranca, aumento de la temperatura del motor . Afecta Operaciones	Preventivo	Análisis de aceites y dependiendo del análisis se cambia	Mensual o cada 2000 horas	Laboratorio
				1A22	Falla del switch de bajo nivel de aceite	2 veces en un año	Evidente:Si/No Descripción del evento:Si Falsa señal del switch arrojando una alarma de bajo nivel de aceite cuando el nivel en el reservorio esta normal, la alarma no para el motor. No hay una bajo nivel y no se de alarma en el panel, pudiendo ocasionar daños en el motor. Afecta operaciones	Preventivo	Limpieza de contactos, ajuste de cableado, verificar funcionamiento.	Mensual o cada 2000 horas	1 Mecánico 1 Eléctrico 1 hora
Fallas mecánicas del motor Caterpillar											
				1A23	Falla de pistones, anillos	No ha ocurrido	Evidente:Si Descripción del evento: presenta una inestabilidad del motor y pierde potencia, produce vibraciones	Correctivo			
				1A24	Fallas de inyector	2 veces en un año	Evidente: Si Descripción del evento:Aumento de temperatura, baja la potencia y se observa humo negro.	Preventivo	1)Verificar la temperatura de los inyectores dependiendo de sus valores referenciales 2) efectuar las prueba de presión de rocío de inyectores, se sacan los inyectores y se cambian en caso de estar dañados	Mensual o cada 2000 horas	1 Eléctrico 1 Mecánico

#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Frecuencia de eventos por año	Efecto de Falla (qué sucede cuando ocurre la falla)	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal
				1A25	Falla de válvulas	No ha ocurrido	Evidente: Si Descripción del evento: Ruido, baja la potencia y se para la máquina	Correctivo			
				1A26	Falla de cigüeñal	No ha ocurrido	Evidente: No Descripción del evento: Daños internos totales de la máquina	Correctivo			
				1A27	Falla de biela	No ha ocurrido	Evidente: Si Descripción del evento: Daños internos totales de la máquina	Correctivo			
				1A28	Falla de los cojinetes del cigüeñal	No ha ocurrido	Evidente: No Descripción del evento: Ruido y se puede trancar la máquina y por estas razones hay que para la máquina	Correctivo			
				1A29	Falla del turbo	No ha ocurrido	Evidente: Si Descripción del evento: La máquina se para por falta de aire	Correctivo	1) Verificar el estado del turbo compresor 2) Solicitar turbo compresor nuevo	Anual	1 Mecánico 2 horas
Falla en el sistema de servicios auxiliares											
				1A30	Fallas en el sistema de control (rele, contactor, cableado, sirena y bornes)	No ha ocurrido	Evidente: No Descripción del evento: Arranca la maquina pero se para por protecciones, Afecta operaciones.	Preventivo	1) Inspección visual (Rele y contactores) y Prueba de luces del panel mímico 2) Ajuste de conexiones, revisión de cableado, limpieza de contactos donde sea requerido. (Rele y contactores)	Semanal o cada 200 horas	2 eléctricos 2 horas

#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Frecuencia de eventos por año	Efecto de Falla (qué sucede cuando ocurre la falla)	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento de a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal
				1A31	Falla del switch de parada de emergencia	1 vez en un año	Evidente: Si/No Descripción del evento: Si. Se para el equipo o no arranca por falsa señal se ve una señal visible y sonora en el panel mímico. No. En el momento que se necesita parar el equipo no se para (el contacto de switch se queda cerrado). Afecta operaciones	Preventivo	Ajuste de cableado, limpieza de contactos y prueba de funcionamiento	Semanal o cada 200 horas	2 eléctricos 2 horas
		B	Respuesta lenta para maniobra de operación del sistema Hidraulico (timon)	1B1	Electrobomba hidraulica con fugas por retenes o fisuras	2 veces al año	Evidente: Si. Descripción: Bomba humeda por el aceite y se puede observar barro alrededor de la fuga. Afecta Operaciones	Preventivo	Inspeccion visual. 1) Retirar la bomba y ponerle un kit nuevo de sellos y retenes. 2) Si es muy grave se reemplaza la bomba	Mensual o cada 2000 horas	1 Mecánico. 2 Horas
				1B2	Fuga de aceite por el cilindro de giro (vastago o retenes)	1 vez al año	Evidente: Si. Descripción: Vastago con rayaduras o fisuras por los retenes. Afecta operaciones	Correctivo	Inspeccion visual 1) Retirar el vastago y reemplazar los sellos y retenes. 2) Reemplazar el cilindro por uno nuevo	Semestral o cada 2500 horas	3 Mecánicos. 2 horas
				1B3	Sellos y/o retenes desgastados del bloque de valvulas (manifold)	1 vez al año	Evidente: Si. Descripción: Si: Operario se dara cuenta que la velocidad de respuesta varia significativamente; ademas se notara barro en el Bloque de Valvula. Afecta Operaciones	Correctivo	Inspeccion visual. 1) Retirar el bloque de valvulas y reemplazar los sellos y retenes desgastados. 2) Reemplazar todo el bloque entero por uno nuevo	Semestral o cada 2500 horas	2 Mecánicos. 1 hora

#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Frecuencia de eventos por año	Efecto de Falla (qué sucede cuando ocurre la falla)	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal
				1B4	Componentes de entrada y salida (electronicos) cortocircuito (electrobomba)	4 veces en un año	Evidente: Si/No Descripción Si: Operador se dara cuenta ya que uno de los comandos no funcionara correctamente. No: no se presenta una alarma por la falla del componente. Afecta Operaciones	Correctivo	Inspeccion visual. Lubricar el eje del timon con grasa	Semestral o cada 2500 horas	2 Electricista 1 hora
				1B5	Falla en el eje de propulsion	No ha ocurrido	Evidente: Si. Descripción: Vastago con desgaste rayaduras o fisuras. Afecta operaciones	Correctivo	Desmontar el semi-eje y reemplazarlo por un nuevo	Mensual o cada 2000 horas	2 Mecánicos. 2 horas
				1B6	Fuga por las mangueras de presion	2 veces al año	Evidente: Si/No Descripción Si: Operador se dara cuenta ya que uno de los comandos no funcionara correctamente. No: no se presenta una alarma por la falla del componente. Afecta Operaciones	Correctivo	Inspección visual para verificar que no existe fugas. Se procede al reemplazo	Semanal o cada 200 horas	1 Mecánico. 1 hora
				1B7	Rotura del Tanque de aceite	2 veces en un año	Evidente: Si Descripción: derrame de combustible, se puede llegar a bajo nivel el generador arranca pero se para por falta de combustible. Afecta operaciones	Preventivo	Inspección visual del tanque para verificar que no hay fugas, se procede a la reparacion	Semanal o cada 200 horas	1 Mecánico. 30 min
				1B8	Taponamiento o rotura de los filtros hidraulicos	1 vez al año	Evidente: Si Descripción: Lentitud en el trabajo de la maquina. Afecta operaciones	Preventivo	Verificación del estado de los filtros y reemplazo de ser necesario		1 Mecanico . 2 horas

#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Frecuencia de eventos por año	Efecto de Falla (qué sucede cuando ocurre la falla)	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento de ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal
				1B9	Degradación del aceite	No ha ocurrido	Evidente: No Descripción: Arranca, aumento de la temperatura del motor . Afecta Operaciones	Preventivo	Análisis de aceites y dependiendo del análisis se cambia	Mensual o cada 2000 horas	Laboratorio
				1B10	Falso nivel por suciedad en el visor del tanque	5 vez en un año	Evidente: No Descripción: Se visualiza un buen nivel en el tanque cuando en realidad esta bajo, arranca pero se da alarma de bajo nivel. Afecta operaciones	Preventivo	Limpieza del cristal del nivel óptico	Semanal o cada 200 horas	1 Mecánico 15 min
		C	Respuesta lenta para maniobra de operación del sistema de transmision	1C1	Sellos y/o retenes desgastados de valvulas	2 veces en un año	Evidente: Si. Descripción: Si: Operario se dara cuenta que la velocidad de respuesta varia significativamente; ademas se notara barro en el Bloque de Valvula. Afecta Operaciones	Preventivo	Inspeccion visual. 1) Retirar el bloque de valvulas y reemplazar los sellos y retenes desgastados. 2) Reemplazar todo el bloque entero por uno nuevo	Semanal o cada 200 horas	2 Mecánicos. 1 hora
				1C2	Fallas de los solenoides de las valvulas proporcionales de la transmision	2 veces en un año	Evidente: Si/No. Descripción: Si: Operario sentira que maniobras lentas.No falla del solenoide no identificada. Afecta Operaciones	Correctivo	Inspeccion visual. 1) Verificar conexiones de los solenoides. 2) Verificar cables. 3) Reemplazar solenoide nuevo	Mensual o cada 2000 horas	1 Mecánicos. 1 Eléctrico. 1 hora
				1C3	Componentes de entrada y salida (electronicos) en cortocircuito (piloto señal al manifold)	4 veces en un año	Evidente: Si/No Descripción: Si: Operador se dara cuenta ya que uno de los comandos no funcionara correctamente. No: no se presenta una alarma por la falla del componente	Correctivo	Inspeccion visual. Revisar el componente para saber si es la falla o se presenta un cortocircuito del componente	Mensual o cada 2000 horas	2 Electricista 1 hora

#	Estándar de ejecución	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Frecuencia de eventos por año	Efecto de Falla (qué sucede cuando ocurre la falla)	Actividad de mantenimiento utilizando el árbol lógico de decisión del MCC	Acción de mantenimiento de ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal
				1C4	Degradación del aceite	No ha ocurrido	Evidente: No Descripción: Arranca, aumento de la temperatura del motor. Afecta Operaciones	Preventivo	Análisis de aceites y dependiendo del análisis se cambia	Mensual o cada 2000 horas	Laboratorio
		D	Respuesta lenta para maniobra de operación de los ejes y las helices (oscilante)	1D1	Desgaste del rodamiento de los ejes	1 vez al año	Evidente: Si. Descripción: Si: Ruido extraño en los descansos. Afecta Operaciones	Correctivo	Desmontar descansos y reemplazar el rodamiento por uno nuevo	2 vez al año	2 Mecánicos. 2 horas
				1D2	Falla en el eje de gobierno	No ha ocurrido	Evidente: Si. Descripción: Vastago con desgaste rayaduras o fisuras. Afecta operaciones	Correctivo	Desmontar el semi-eje y reemplazarlo por un nuevo	Mensual o cada 2000 horas	2 Mecánicos. 2 horas
				1D3	Rotura o desgaste de las bocinas de bronce	2 veces en un año	Evidente: Si. Descripción Si: funcionamiento inadecuado de los ejes (no genera la tracción suficiente para operación)	Correctivo	Desmontar y reemplazar por uno nuevo	Mensual o cada 2000 horas	1 Mecánicos. 1 horas
2	Dar indicación al operador de las diferentes condiciones en las variables de proceso	A	Falsa Indicación	2A1	Falla en los indicadores (Temperatura, presión, voltaje y corriente)	No ha ocurrido	Evidente: Si/No Descripción del evento: Si. No hay indicación no se tiene referencia de la variable que se esta midiendo. No. Falsa indicación de los parámetros. No afecta operaciones	Preventivo	Desmontar el instrumento llevarlo al banco de calibración, Calibrarlo y verificar funcionamiento	Trimestral	2 Mecánico 3 horas

ANEXO D

**CRITERIO PARA LA DETERMINACION DE CRITICIDAD DE LOS
SISTEMAS**

Criterio para la determinación de criticidad de sistemas

Criticidad total= Frecuencia de fallas * consecuencias

Consecuencia= (impacto operaciona *Flexibilidad) + Costo de Mtto. + Impacto SHA

Frecuencia de fallas		Costo de mantenimiento	
Parámetro mayor a			
4 fallas/año	4	Mayo o igual a 20.000 \$	2
Promedio 2- 4	3	Inferior a 20.000 \$	1
Buena 1 - 2	2		
Excelente menores de 1 falla/año	1		
Impacto		Impacto en seguridad, ambiental, higiene	
Parada inmediata de toda la operación	10	Afecta la seguridad humana/ambiente - alto impacto	8
Parada parcial e influye en los equipos	8	Afecta las instalaciones causando daños severos	6
Impacta en niveles de producción o calidad	6	Provoca daños menores (accidentes e incidentes) / impacto ambiental bajo que viola normas ambientales	4
Repercute en costos operacionales adicionales	4	Provoca molestias mínimas a instalaciones o al ambiente - limpieza	2
No genera ningún efecto significativo	1	Provoca impacto ambiental cuyo efecto no viola las normal	1
		No provoca ningún tipo de daños a personas,	0
Flexibilidad			
No existe opción de repuesto existe opción de producción	4		
Hay función de repuesto compartido	2		
Función de repuesto disponible	1		

Frecuencia	4	SC	SC	C	C	C
	3	SC	SC	SC	C	C
	2	NC	NC	SC	SC	C
	1	NC	NC	NC	SC	C
		10	20	30	40	50
		Consecuencias				

ANEXO E

RESULTADO DE LOS ANALISIS DE CRITICIDAD

PROBLEMAS IDENTIFICADOS	CANT. POR AÑO	FRECUENCIA	IMPACTO OPERACION	FLEXIBILIDAD	COSTOS DE	IMPACTO O SAH	CONSECUENCIA	TOTAL	JERARQUIZACION
Falla en el sistema de combustible									
Rotura del Tanque	1	1	8	2	1	4	21	21	NO CRÍTICO
Taponamiento o rotura de los filtro de combustible	3	3	8	1	1	4	13	39	
Rotura de las aletas de la rueda del turbocompresor	1	1	10	4	1	4	45	45	CRÍTICO
Desgaste o rotura de la bomba de tranferencia de combustible	2	2	6	2	1	4	17	34	NO CRÍTICO
Fuga y/o Rotura de tuberías de gasoil, inyectores y/o retorno.	10	4	8	2	1	4	21	84	CRÍTICO
Contaminación del combustible	2	3	6	2	1	2	15	45	
Desgaste en los inyectores	2	3	10	4	1	1	42	126	CRÍTICO
Falla en el sistema de Refrigeracion									
Falla de bomba de agua	1	1	10	4	1	4	45	45	CRÍTICO
Rotura o fuga por tubos del radiador	2	3	8	4	1	2	35	105	CRÍTICO
Bajo nivel del refrigerante	3	3	4	1	1	2	7	21	
Falla en válvula de control de temperatura	1	1	4	2	1	0	9	9	
Rotura o fuga de líneas (uniones)	2	3	8	1	1	4	13	39	
Falla switch e indicadores de temperatura de agua de enfriamiento.	2	2	4	2	1	0	9	18	NO CRÍTICO
Falla en el sistema de arranque									
Falla del sistema de control de arranque (Contactor, bobina, rele)	3	3	10	2	1	0	21	63	
Falla de baterías	3	3	8	2	1	0	17	51	
Falla de Motores de arranque (arrancador)	2	2	10	4	1	0	41	82	CRÍTICO
Falla de averías de cables	3	3	8	2	1	0	17	51	
Fallas del sistema de lubricación									
Taponamiento o fuga de líneas	2	2	8	2	1	8	25	50	
Fuga por empaquetaduras	2	2	8	2	1	8	25	50	
Colapso o taponamiento de filtros	3	3	6	1	1	8	15	45	
Degradación del aceite	0	0	6	1	1	8	15	0	NO CRÍTICO
Falla del switch de bajo nivel de aceite	2	2	1	1	1	0	2	4	NO CRÍTICO
Fallas mecánicas del motor Caterpillar									
Falla de pistones, anillos	0	0	10	4	2	0	42	0	CRÍTICO
Fallas de inyector	2	2	10	4	2	0	42	84	CRÍTICO

Falla de válvulas	0	0	8	4	2	0	34	0	CRÍTICO
Falla de cigüeñal	0	0	10	4	2	0	42	0	CRÍTICO
Falla de biela	0	0	10	4	2	0	42	0	CRÍTICO
Falla de los cojinetes del cigüeñal	0	0	10	4	2	0	42	0	CRÍTICO
Falla del turbo	0	0	6	4	1	4	29	0	CRÍTICO
Falla en el sistema de servicios auxiliares									
Fallas en el sistema de control (rele, contactor, cableado, sirena y bornes)	0	0	6	1	1	0	7	0	NO CRÍTICO
Falla del switch de parada de emergencia	1	1	6	1	1	0	7	7	NO CRÍTICO
Electrobomba hidraulica con fugas por retenes o fisuras	2	2	10	4	2	6	48	96	CRÍTICO
Fuga de aceite por el cilindro de giro (vastago o retenes)	1	1	10	4	2	6	48	48	CRÍTICO
Sellos y/o retenes desgastados del bloque de	1	1	10	4	1	6	47	47	CRÍTICO
Componentes de entrada y salida (electronicos) en cortocircuito (electrobomba)	4	4	10	4	1	0	41	164	CRÍTICO
Falla en el eje de propulsion	0	1	10	4	2	6	48	48	CRÍTICO
Fuga por las mangueras de presion	2	2	8	4	1	6	39	78	CRÍTICO
Rotura del Tanque de aceite	2	2	8	2	1	8	25	50	CRÍTICO
Taponamiento o rotura de los filtros hidraulicos	1	1	8	1	1	8	17	17	NO CRÍTICO
Degradación del aceite	0	0	8	1	1	8	17	0	NO CRÍTICO
Falso nivel por suciedad en el visor del tanque	5	4	4	1	1	6	11	44	CRÍTICO
Sellos y/o retenes desgastados de valvulas	2	2	8	1	1	8	17	34	CRÍTICO
Fallas de los solenoides de las valvulas proporcionales de la transmision	2	2	10	4	1	1	42	84	CRÍTICO
Componentes de entrada y salida (electronicos) en cortocircuito (piloto señal al manifold)	4	4	6	4	1	0	25	100	CRÍTICO
Degradación del aceite	0	0	8	1	1	8	17	0	NO CRÍTICO
Desgaste del rodamiento de los descansos de los ejes	1	1	10	2	1	8	29	29	CRÍTICO
Falla en el eje de gobierno	0	0	10	4	2	6	48	0	CRÍTICO
Rotura o desgaste de las bocinas de bronce	2	2	8	1	1	6	15	30	CRÍTICO
Falla en los indicadores (Temperatura, presión, voltaje y corriente)	0	0	4	4	1	0	17	0	NO CRÍTICO

ANEXO F
ANALISIS DE CONDICION DE LOS EQUIPOS

ANEXO G
LISTA DE TRABAJOS

ANEXO H
ORDEN DE TRABAJO

ANEXO I**HOJA DE PLANIFICACION DE TRABAJOS**

HOJA DE PLANIFICACION DE LOS TRABAJOS			
Nombre del Equipo:		Código:	
Nombre del Trabajo:		Código:	
		Fecha:	
ITEM	ACTIVIDADES	H-H	TIEMPO
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
		H-H Total:	
		Tiempo Total del Trabajo (minutos):	
		Tiempo propio de no disponibilidad (minutos):	
ITEM	REPUESTOS Y MATERIALES, EQUIPOS DE SERVICIO	CANTIDAD	Costos (\$)
1			
2			
3			
4			
			Costo Total
ITEM	PERSONAL NECESARIO:	Horas	Costo
1			
2			
3			
4			
		(considerar 15% de tiempo adicional por desplazamiento)	Costo Total
ITEM	OTROS RECURSOS:	Cantidad	Costo
1			
2			
3			
4			
			Costo Total
COSTO TOTAL DEL TRABAJO (\$):			
Contenido de la Planificación			
1. Operaciones y secuencias.			
2. Instrucciones de Seguridad.			
3. Estimación de los tiempos: HH, Tiempo propio de no disponibilidad.			
4. Repuestos y materiales y su costo			
5. Herramientas e instrumentos especiales y su costo.			
6. Equipos de servicio y otros recursos y su costo.			

ANEXO J

HOJA DE CHEQUEO E INSPECCION

HOJA DE CHEQUEO										
Código del equipo:		Responsable de mantenimiento:								
Nombre del equipo:										
Frecuencia:		Fecha:								
Marcar los casilleros de la derecha que describa la condición de los componentes mostrados en la columna de la izquierda.	Correcto	Requiere Lubricación	Requiere ajuste	Requiere reemplazo	Excesiva	Vibración	Excesivo calor	Cambiar sellos y/o empaquetaduras	Ver comentarios adicionales	
	1.- Sistema de Refrigeración									
a.										
b.										
d.										
e.										
2.- Sistema de Lubricación										
a.										
b.										
3. Sistema de Combustible										
a.										
4 Sistema de Admisión										
a.										
b.										
5. Sistema de Escape										
a.										
b.										
c.										
d.										
e.										
6 Sistema de Sobrealimentación										
a.										
b.										
7 Sistema Electrónico										
a.										
b.										
c.										
8. Componentes adicionales										
a.										
b.										
c.										
Comentarios adicionales:										

ANEXO K

VALOR DE LOS REPUESTOS Y SU COSTO DE MANTENIMEINTO

ANUAL

Falla	Frecuencia	Jerarquización	Personal / tiempo	P.U. \$ (persona l)	Repuestos	P.U. \$ (repuestos)	Total Anual \$	Total (soles)
Rotura del Tanque	1	NO CRÍTICO	1 Mecánico 2 días	320,0	Reparación	10,0	330,0	957,0
				60,0	Nuevo	40,0	100,0	290,0
Taponamiento o rotura de los filtro de combustible	3		1 Mecánico 2 horas	40,0	Nuevo	50,0	190,0	551,0
Rotura de las aletas de la rueda del turbocompresor	1	CRÍTICO	1 Mecánico 2 horas	40,0	Nuevo	1.000,0	1.040,0	3.016,0
Desgaste o rotura de la bomba de tranferencia de combustible	2	NO CRÍTICO	1 Mecánico	30,0	Nuevo	70,0	170,0	493,0
Fuga y/o Rotura de tuberías de gasoil, inyectores y/o retorno.	10	CRÍTICO	1 Mecánicos 1 Eléctrico 30 min	28,0	Nuevo	30,0	328,0	951,2
Contaminación del combustible	2		1 Mecánico 30 min	10,0	Cambio comb	50,0	110,0	319,0
Desgaste en los inyectores	2	CRÍTICO	1 Eléctrico 1 Mecánico 2 horas	80,0	Nuevo	150,0	380,0	1.102,0
Falla en el sistema de Refrigeracion								
Falla de bomba de agua	1	CRÍTICO	1 Mecánico 1 hora	20,0	Nuevo	100,0	120,0	348,0
Rotura o fuga por tubos del radiador	2	CRÍTICO	1 Mecánico 1 hora	20,0	Reparación	25,0	70,0	203,0
				20,0	Nuevo	350,0	720,0	2.088,0
Bajo nivel del refrigerante	3		1 Mecánico 30 min	10,0	Llenar	35,0	115,0	333,5
Falla en válvula de control de temperatura	1		1 Mecánico 30 min	10,0	Nuevo	100,0	110,0	319,0
Rotura o fuga de líneas (uniones)	2		1 Mecánico 1 hora	20,0	Nuevo	20,0	60,0	174,0
Falla switch e indicadores de temperatura de agua de enfriamiento.	2	NO CRÍTICO	1 Electricista, 1 hora	20,0	Nuevo	80,0	180,0	522,0
Falla en el sistema de arranque								
Falla del sistema de control de arranque (Contactor, bobina, rele)	3		1 Eléctrico, 1 hora	20,0	Reparación	30,0	110,0	319,0
				20,0	Nuevo	80,0	260,0	754,0
Falla de baterías	3		1 Eléctrico, 1 hora	20,0	Reparación	10,0	50,0	145,0
				20,0	Nuevo	70,0	230,0	667,0
Falla de Motores de arranque (arrancador)	2	CRÍTICO	1 Eléctrico, 1 hora	20,0	Reparación	25,0	70,0	203,0
				20,0	Nuevo	250,0	520,0	1.508,0
Falla de averías de cables	3		1 Eléctrico, 1 hora	20,0	Nuevo	18,0	74,0	214,6
Fallas del sistema de lubricación								
Taponamiento o fuga de líneas	2		1 Mecánico 1 hora	20,0	Nuevo	30,0	80,0	232,0
Fuga por empaquetaduras	2		1 Mecánico	60,0	Nuevo	15,0	90,0	261,0
Colapso o taponamiento de filtros	3		1 Mecánico 1 hora	20,0	Nuevo	30,0	110,0	319,0
Degradación del aceite	0	NO CRÍTICO	Laboratorio					
Falla del switch de bajo nivel de aceite	2	NO CRÍTICO	1 Mecánico 1 Eléctrico 1 hora	40,0	Nuevo	50,0	140,0	406,0
Fallas mecánicas del motor Caterpillar								
Falla de pistones, anillos	0	CRÍTICO	0	120,0		310,0	120,0	
Fallas de inyector	2	CRÍTICO	1 Eléctrico 1 Mecánico	60,0	Nuevo	150,0	360,0	1.044,0
Falla de válvulas	0	CRÍTICO	0	120,0		140,0	120,0	
Falla de cigüeñal	0	CRÍTICO	0	120,0		#####	120,0	
Falla de biela	0	CRÍTICO	0	120,0		440,0	120,0	
Falla de los cojinetes del cigüeñal	0	CRÍTICO	0	120,0		501,1	120,0	
Falla del turbo	0	CRÍTICO	1 Mecánico 2 horas	40,0	Reparación	100,0	40,0	116,0
				20,0	Turbo nuevo	1.000,0	20,0	58,0
Falla en el sistema de servicios auxiliares								
Fallas en el sistema de control (rele, contactor, cableado,sirena y bornes)	0	NO CRÍTICO	2 eléctricos 2 horas	80,0	Reparación	30,0	80,0	232,0
				40,0	Nuevo	150,0	40,0	116,0

Falla del switch de parada de emergencia	1	NO CRÍTICO	2 eléctricos 2 horas	80,0	Nuevo	80,0	160,0	464,0
Electrobomba hidraulica con fugas por retenes o fisuras	2	SEMI CRITICO	1 Mecánico. 2 Horas	40,0	Reparación	100,0	240,0	696,0
				20,0	Nuevo	7.000,0	14.020,0	40.658,0
Fuga de aceite por el cilindro de giro (vastago o retenes)	1	CRÍTICO	3 Mecánicos. 2 horas	120,0	Reparación	160,0	280,0	812,0
				60,0	Nuevo	#####	12.060,0	34.974,0
Sellos y/o retenes desgastados del bloque de valvulas (manifold)	1	CRÍTICO	2 Mecánicos. 1 hora	40,0	Reparación	170,0	210,0	609,0
				20,0	Nuevo	8.000,0	8.020,0	23.258,0
Componentes de entrada y salida (electronicos) en cortocircuito (electrobomba)	4	CRÍTICO	2 Electricista 1 hora	40,0	Nuevo	160,0	680,0	1.972,0
Falla en el eje de propulsion	0	CRÍTICO	2 Mecánicos. 2 horas	80,0	Reparación	80,0	80,0	232,0
				40,0	Nuevo	220,0	40,0	116,0
Fuga por las mangueras de presion	2	SEMI CRITICO	1 Mecánico. 1 hora	20,0	Reparación	10,0	40,0	116,0
				10,0	Nuevo	120,0	250,0	725,0
Rotura del Tanque de aceite	2	SEMI CRITICO	1 Mecánico. 30 min	10,0	Nuevo	25,0	60,0	174,0
Taponamiento o rotura de los filtros hidraulicos	1	NO CRÍTICO	1 Mecanico 2 horas	40,0			40,0	
Degradación del aceite	0	NO CRÍTICO	Laboratorio		Reparación	5,0	0,0	0,0
Falso nivel por suciedad en el visor del tanque	5	SEMI CRITICO	1 Mecánico 15 min	5,0	Reparación	170,0	855,0	2.479,5
				5,0	Nuevo	8.000,0	40.005,0	116.014,5
Sellos y/o retenes desgastados de valvulas	2	SEMI CRITICO	2 Mecánicos. 1 hora	40,0	Reparación	170,0	380,0	1.102,0
				20,0	Nuevo	8.000,0	16.020,0	46.458,0
Fallas de los solenoides de las valvulas proporcionales de la transmision	2	CRÍTICO	1 Mecánicos. 1 Eléctrico. 1 hora	40,0	Nuevo	160,0	360,0	1.044,0
Componentes de entrada y salida (electronicos) en cortocircuito (piloto señal al manifold)	4	CRÍTICO	2 Electricista 1 hora	40,0	Nuevo	25,0	140,0	406,0
Degradación del aceite	0	NO CRÍTICO	Laboratorio				0,0	
Desgaste del rodamiento de los descansos de los ejes	1	SEMI CRITICO	2 Mecánicos. 2 horas	80,0	Nuevo	80,0	160,0	464,0
Falla en el eje de gobierno	0	CRÍTICO	2 Mecánicos. 2 horas	80,0	Reparación	55,0	80,0	232,0
				40,0	Nuevo	2.500,0	40,0	116,0
Rotura o desgaste de las bocinas de bronce	2	SEMI CRITICO	1 Mecánicos. 1 horas	20,0	Nuevo	90,0	200,0	580,0
Falla en los indicadores (Temperatura, presión, voltaje y corriente)	0	NO CRÍTICO	2 Mecánico 3 horas	120,0	Nuevo	100,0	120,0	348,0

ANEXO L

PLANO DE DISPOSICION GENERAL

