

ESTANDARIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS  
UNIDADES TIPO FRAGATAS CLASE ALMIRANTE PADILLA DE LA ARMADA  
COLOMBIANA CON EL PROPÓSITO DE DETERMINAR LA CRITICIDAD DE LOS  
EQUIPOS.

FERNANDO ANTONIO MONTES VERGARA.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA

2018

ESTANDARIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS  
UNIDADES TIPO FRAGATAS CLASE ALMIRANTE PADILLA DE LA ARMADA  
COLOMBIANA CON EL PROPÓSITO DE DETERMINAR LA CRITICIDAD DE LOS  
EQUIPOS.

FERNANDO ANTONIO MONTES VERGARA.

Monografía de grado presentada como requisito para Optar el Título de  
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director: ALBERTO ENRIQUE GODOY DIAZGRANADOS  
Profesional en Ciencias Navales

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA

2018

## **AGRADECIMIENTOS.**

A Dios, a las enseñanzas de disciplina y perseverancia de mis padres y mis hermanos.

A la Armada Nacional por darme la oportunidad de ampliar mis conocimientos, a las tripulaciones de la ARC Almirante Padilla; ARC Antioquia y ARC Independiente que me apoyaron en la toma de información, al grupo SILOG de la Jefatura de Material Naval que contribuyeron en el manejo de la información para la formulación de la estandarización.

Al Director de trabajo que contribuyo en la metodología para el cumplimiento del trabajo.

## CONTENIDO.

	Pag.
INTRODUCCIÓN .....	17
1 ESTRUCTURA ACTUAL DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.	18
1.1 MARCO CONTEXTUAL.....	18
1.1.1 Misión de la Armada Nacional de Colombia.....	18
1.1.2 Plan estratégico. ....	18
1.1.3 Procesos. ....	19
1.1.4 Proceso de mantenimiento.....	23
1.1.5 Unidades tipo fragatas de la Armada de Colombia. ....	23
1.1.6 Organización de las unidades tipo fragata en la Armada Nacional. ....	25
1.1.7 Sistema de información en la Armada Nacional.....	27
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. ....	31
1.3 OBJETIVOS. ....	32
1.3.1 Objetivo general. ....	32
1.3.2 Objetivos específicos. ....	32
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	33
2 MARCO TEÓRICO	34
2.1 CONSIDERACIONES EN EL MANTENIMIENTO.....	34
2.1.1 Causas de las fallas. ....	34
2.1.2 Patrones de fallas. ....	40
2.1.3 Aproximaciones al mantenimiento. ....	43
2.1.4 Evolución del mantenimiento. ....	44
2.1.5 Estrategias de Mantenimiento.....	46
2.1.6 Objetivos del Mantenimiento.....	51
2.1.7 Recursos y restricciones para realizar las tareas de mantenimiento. ....	51
2.1.8 Niveles de Mantenimiento.....	52
2.1.9 Planeación de la tarea de mantenimiento. ....	55

2.1.10	Importancia de un sistema de información.....	57
2.1.11	Indicadores del mantenimiento. ....	58
2.2	PASOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO. ....	59
2.2.1	Inventario de equipos. ....	60
2.2.2	Codificación de los equipos.....	68
2.2.3	Creación de la tarjeta maestra de datos TMD, para cada maquina/equipo. ....	69
2.2.4	Creación de las Hojas de Vida de maquinas/equipos. ....	70
2.2.5	Relación de requerimientos de Mantenimiento. ....	71
2.2.6	Instructivos de mantenimiento.....	74
2.2.7	Programación de los requerimientos de mantenimiento. ....	75
2.2.8	Rutina básica de mantenimiento - RBM.....	76
2.2.9	Software de mantenimiento CMMS (Computarized Maintenance Management System, por su sigla en ingles).....	77
2.3	CRITICIDAD.....	77
2.3.1	Objetivo de la criticidad. ....	78
2.3.2	Calculo de la criticidad. ....	78
2.3.3	Variables para determinar la criticidad. ....	79
3	RECOLECCIÓN DE DATOS.	80
3.1	UNIDAD 1. ....	81
3.1.1	Determinar el listado maestro de equipos instalados a bordo por grupos constructivos (sistemas funcionales).....	81
3.1.2	Determinar equipos cargados y codificados en el módulo de mantenimiento SILOG.....	81
3.1.3	Determinar que equipos cuentan con tarjeta maestra de datos. (índice de maquinaria). ....	82
3.1.4	Determinar que equipos cuentan con historial. ....	83
3.1.5	Determinar los equipos incluidos en el plan maestro de mantenimiento..	83

3.1.6	Determinar que equipos tienen instructivos de mantenimiento están establecidos.....	84
3.1.7	Determinar los formatos utilizados para la programación del mantenimiento.....	85
3.1.8	Determinar a qué equipos se les efectúa rutina básica de mantenimiento preventivo.....	86
3.2	UNIDAD 2. ....	87
3.2.1	Determinar el listado maestro de equipos instalados a bordo por grupos constructivos (sistemas funcionales).....	87
3.2.2	Determinar equipos cargados y codificados en el módulo de mantenimiento del SILOG.....	87
3.2.3	Determinar que equipos cuentan con tarjeta maestra de datos. (índice de maquinaria). ....	88
3.2.4	Determinar que equipos cuentan con historial. ....	88
3.2.5	Determinar los equipos incluidos en el plan maestro de mantenimiento..	88
3.2.6	Determinar cuáles instructivos de mantenimiento están establecidos. ....	89
3.2.7	Determinar los formatos utilizados para la programación del mantenimiento.....	89
3.2.8	Determinar a que equipos se les efectúa rutina básica de mantenimiento preventivo.....	89
4	TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.	91
4.1	LISTADO MAESTRO DE EQUIPOS INSTALADOS A BORDO DE LA UNIDAD 1 Y DE LA UNIDAD 2 POR GRUPOS CONSTRUCTIVOS.....	91
4.2	EQUIPOS CODIFICADOS A BORDO DE LA UNIDAD 1 Y DE LA UNIDAD 2 EN EL MÓDULO SILOG. ....	91
4.3	EQUIPOS CON TARJETAS MAESTRAS DE DATOS A BORDO DE LA UNIDAD 1 Y DE LA UNIDAD 2 Y EL TIPO DE FORMATO QUE UTILIZAN. (ÍNDICE DE MAQUINARIA). ....	92
4.4	EQUIPOS QUE CUENTAN CON HISTORIAL A BORDO DE LA UNIDAD 1 Y DE LA UNIDAD 2 Y EL TIPO DE FORMATO QUE UTILIZAN. ....	92

4.5	EQUIPOS RELACIONADOS EN EL PLAN MAESTRO DE MANTENIMIENTO A BORDO DE LA UNIDAD 1 Y DE LA UNIDAD 2. ...	92
4.6	EQUIPOS CON INSTRUCTIVOS DE MANTENIMIENTO A BORDO DE LA UNIDAD 1 Y DE LA UNIDAD 2 Y EL TIPO DE FORMATO QUE UTILIZAN. ....	93
4.7	FORMATOS UTILIZADOS PARA LA PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO A BORDO DE LA UNIDAD 1 Y DE LA UNIDAD 2. ...	93
4.8	EQUIPOS CON RUTINAS BÁSICA DE MANTENIMIENTO A BORDO DE LA UNIDAD 1 Y DE LA UNIDAD 2.....	93
5	PROPUESTA DE ESTANDARIZACIÓN.	94
5.1	PROPUESTA DEL LISTADO MAESTRO DE EQUIPOS POR GRUPOS CONSTRUCTIVOS. (SISTEMAS FUNCIONALES). ....	95
5.2	PROPUESTA FORMATO PARA LA CODIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS.	96
5.3	PROPUESTA FORMATO DE LA TARJETA MAESTRA DE DATOS (ÍNDICE DE MAQUINARIA).....	98
5.4	PROPUESTA DEL FORMATO HISTORIAL DE EQUIPOS. ....	105
5.5	PROPUESTA DE LOS FORMATOS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO.....	106
5.6	PROPUESTA DE LOS FORMATOS INSTRUCTIVOS DE MANTENIMIENTO.....	106
5.7	PROPUESTA DE LOS FORMATOS PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	107
5.8	PROPUESTA DE LOS FORMATOS RUTINA BÁSICA DE MANTENIMIENTO - RBM.....	107
5.9	DETERMINAR LA CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS. ....	107
6	CONCLUSIONES. ....	109
	BIBLIOGRAFÍA.....	112

## LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Mapa de procesos Armada Nacional. ....	19
Figura 2. Características Fragatas tipo “Almirante Padilla” .....	24
Figura 3. Organización administrativa de un buque.....	25
Figura 4. Patrones de falla de componentes aeronáuticos .....	40
Figura 5. Taxonomía.....	61

## LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1. Evolución del mantenimiento.....	45
Tabla 2. Ventajas y desventajas del mantenimiento correctivo.....	47
Tabla 3. Ventajas y desventajas del mantenimiento preventivo.....	48
Tabla 4. Ventajas y desventajas del mantenimiento predictivo.....	49
Tabla 5. Alcance mantenimiento nivel 1.....	52
Tabla 6. Alcance mantenimiento nivel 2.....	53
Tabla 7. Alcance mantenimiento nivel 3.....	53
Tabla 8. Alcance mantenimiento nivel 4.....	54
Tabla 9. Alcance mantenimiento nivel 5.....	54
Tabla 10. Función de los grupos constructivos.....	60
Tabla 11. Tabla taxonomía.....	62
Tabla 12. Numero de equipos, sub equipos, componentes y partes mantenibles propuestos para la estandarización de los equipos en el plan de mantenimiento de las fragatas.....	95

## LISTA DE ANEXOS

(ver anexos adjuntos en el CD y pueden visualizarlos en la Base de datos de la Biblioteca UIS).

	Pag.
Anexo 1. Listado de equipos grupo constructivo 100.	
Anexo 2. Listado de equipos grupo constructivo 200.	
Anexo 3. Listado de equipos grupo constructivo 300.	
Anexo 4. Listado de equipos grupo constructivo 400.	
Anexo 5. Listado de equipos grupo constructivo 500.	
Anexo 6. Listado de equipos grupo constructivo 600.	
Anexo 7. Listado de equipos grupo constructivo 700.	
Tabla de anexo 1. Anexo 8. Listado de equipos a bordo de la unidad 1.	116
Tabla de anexo 2. Anexo 9. Listado de equipos cargados y codificados módulo SILOG unidad 1.	117
Tabla de anexo 3. Anexo 10. Formato tarjeta maestra de datos (índice de maquinaria).	118
Tabla de anexo 4. Anexo 11. Listado de equipos con tarjeta maestra de datos unidad 1.	119
Tabla de anexo 5. Anexo 12. Listado de equipos con historial en la unidad 1.	119
Tabla de anexo 6. Anexo 13. Formato historial equipos unidad 1.	120
Tabla de anexo 7. Anexo 14. Listado de equipos incluidos en el plan maestro de mantenimiento unidad 1.	120
Tabla de anexo 8. Anexo 15. Listado de equipos con instructivos de mantenimiento unidad 1.	121
Tabla de anexo 9. Anexo 16. Listado de equipos a bordo de la unidad 2.	122
Tabla de anexo 10. Anexo 17. Listado de equipos cargados y codificado modulo SILOG unidad 2.	123

Tabla de anexo 11. Anexo 18. Listado de equipos con tarjeta maestra de datos unidad 2.	124
Tabla de anexo 12. Anexo 19. Listado de equipos con historial en la unidad 2.	124
Tabla de anexo 13. Anexo 20. Listado de equipos incluidos en el plan maestro de mantenimiento unidad 2.	125
Tabla de anexo 14. Anexo 21. Listado de equipos con instructivos de mantenimiento unidad 2.	125
Tabla de anexo 15. Anexo 22. Comparación listados de equipos a bordo de la unidad 1 y 2.	126
Tabla de anexo 16. Anexo 23. Comparación listados de equipos cargados y codificado modulo SILOG unidad 1 y 2.	127
Tabla de anexo 17. Anexo 24. Comparación listados de equipos con tarjeta maestra de datos unidad 1 y 2.	128
Tabla de anexo 18. Anexo 25. Comparación listados de equipos con historial en la unidad 1 y 2.	129
Tabla de anexo 19. Anexo 26. Comparación listados de equipos incluidos en el plan maestro de mantenimiento unidad 1 y 2.	130
Tabla de anexo 20. Anexo 27. Comparación listados de equipos con instructivos de mantenimiento unidad 1 y 2.	131
Tabla de anexo 21. Anexo 28. Propuesta número de equipos a bordo de las unidades.	132
Tabla de anexo 22. Anexo 29. Tarjeta de mantenimiento 01. Inventario y codificación equipos.	146
Tabla de anexo 23. Anexo 30. Tarjeta de mantenimiento 02. Índice de maquinaria.	147
Tabla de anexo 24. Anexo 31. Tarjeta de mantenimiento 03. Formato historial de equipos.	149
Tabla de anexo 25. Anexo 32. Tarjeta de mantenimiento 04. Plan maestro de mantenimiento.	150

Tabla de anexo 26. Anexo 33. Tarjeta de mantenimiento 05. Descripción del sistema.	150
Tabla de anexo 27. Anexo 34. Tarjeta de mantenimiento 06. Modos de falla.	151
Tabla de anexo 28. Anexo 35. Tarjeta de mantenimiento 07. Mantenimiento.	152
Tabla de anexo 29. Anexo 36. Tarjeta de mantenimiento 08. Procedimientos de operación.	153
Tabla de anexo 30. Anexo 37. Formato utilizado para reportar una avería.	154
Tabla de anexo 31. Anexo 38. Tarjeta de mantenimiento 09. Informe de avería.	155
Tabla de anexo 32. Anexo 39. Listado de criticidad equipos para realizar operaciones simétricas.	158

## RESUMEN.

### TITULO.

PROPUESTA PARA LA ESTANDARIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS UNIDADES TIPO FRAGATAS CLASE ALMIRANTE PADILLA DE LA ARMADA COLOMBIANA CON EL PROPÓSITO DE DETERMINAR LA CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS. \*

### AUTOR.

FERNANDO ANTONIO MONTES VERGARA. □□

### PALABRA CLAVE.

FRAGATAS, PLANES DE MANTENIMIENTO, ESTANDARIZACIÓN, FALLAS, MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CRITICIDAD.

### CONTENIDO.

El presente trabajo es la comparación entre la metodología para la implementación de un plan de mantenimiento con una estrategia preventiva y la información con que las unidades tipo fragatas gestionan su plan de mantenimiento, desde la relación de los equipos y subequipos hasta la documentación requerida para la planeación, programación, gestión, control e historia de los mantenimientos realizados a los equipos de forma preventiva o correctiva.

Está basada principalmente en el concepto de mantenimiento preventivo, pero en la estructuración de la propuesta se tuvo en cuenta conceptos de mantenimiento predictivo, Mantenimiento Basado en Confiabilidad en relación a la función, taxonomía, fronteras, así como conceptos de Mantenimiento Productivo Total, en relación a la condición básica de los equipos.

Para llegar a aplicar las estrategias definidas anteriormente, en el marco teórico se hizo un recorrido desde la falla y sus causas, los patrones de fallas, la evolución del mantenimiento, los recursos y su planeación, hasta llegar a la medición a través de los indicadores.

Una vez se definieron los equipos que deben hacer parte del plan de mantenimiento y basado en el concepto de función, se definió la criticidad de los equipos abordo para cumplir un tipo de misión en particular.

\* Monografía.

□□ Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas. Especialización en Gerencia de mantenimiento. Director. Alberto Enrique Godoy Díaz Granados, Profesional en Ciencias Navales.

## ABSTRACT

### TITLE:

PROPOSAL FOR THE STANDARDIZATION OF THE PREVENTIVE MAINTENANCE PLAN OF THE FRAGATAS TYPE UNITS CLASS ALMIRANTE PADILLA OF THE COLOMBIAN ARMADA WITH THE PURPOSE OF DETERMINING THE CRITICITY OF THE EQUIPMENT.

### AUTHOR:

FERNANDO ANTONIO MONTES VERGARA. □□

### KEYWORDS:

FRAGATAS, MAINTENANCE PLANS, STANDARDIZATION, FAILURES, PREVENTIVE MAINTENANCE, CRITICITY.

### CONTENTS:

The present work is the comparison between the methodology for the implementation of a maintenance plan with a preventive strategy and the information with which the frigate-type units manage their maintenance plan, from the relation of the equipment and sub-teams to the documentation required for the planning, programming, management, control and history of the maintenance performed on the equipment in a preventive or corrective manner.

It is based mainly on the concept of preventive maintenance, but in the structuring of the proposal was taken into account concepts of predictive maintenance, maintenance based on reliability in relation to the function, taxonomy, borders, as well as concepts of Total Productive Maintenance, in relation to the basic condition of the equipment.

To get to apply the strategies defined above, in the theoretical framework a journey was made from the fault and its causes, failure patterns, the evolution of maintenance, resources and planning, until reaching the measurement through the indicators.

Once the equipment that should be part of the maintenance plan was defined and based on the function concept, the criticality of the equipment was defined on board to meet a particular type of mission.

\* Monograph

□□ Faculty of Mechanical Physics Engineering. Specialization in Maintenance management. Director. Alberto Enrique Godoy Diaz Granados, Profesional en Ciencias Navales.

## INTRODUCCIÓN

Contar con información que permita evaluar y pronosticar el comportamiento durante la vida útil de los activos, es de vital importancia para la toma de decisiones en relación a las consecuencias de las fallas cuando se afecta las disponibilidades, costos de mantenimiento, seguridad y medio ambiente.

Para la estandarización de la fuente inicial de la información, se tomará como referencia una metodología para la implementación de un plan de mantenimiento preventivo y se comparará con la metodología y formatos existentes, para así establecer una brecha entre el deber ser y lo que existente.

El alcance del presente trabajo es evidenciar esa brecha existente, teniendo como marco los requisitos del sistema de gestión de la información de la Armada Nacional.

El desarrollo del trabajo se estructuró en 5 partes, en donde se hará un recorrido desde la ambientación de la estructura del mantenimiento en la Armada Nacional, el marco teórico de los conceptos utilizados para estructurar la propuesta, la evaluación y comparación de la información entre las unidades, para finalmente hacer la propuesta de estandarización del plan de mantenimiento.

Adicional a la propuesta de estandarización, también se efectuará la criticidad de los equipos para una condición particular de operación.

# 1 ESTRUCTURA ACTUAL DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.

## 1.1 MARCO CONTEXTUAL.

**1.1.1 Misión de la Armada Nacional de Colombia.** “Contribuir a la defensa de la Nación a través del empleo efectivo de un poder naval flexible en los espacios marítimo, fluvial y terrestre bajo su responsabilidad, con el propósito de cumplir la función constitucional y participar en el desarrollo del poder marítimo y a la protección de los intereses de los colombianos”<sup>1</sup>.

**1.1.2 Plan estratégico.** La Armada Nacional de Colombia, los mares y ríos son una oportunidad para el desarrollo nacional y por esa razón entiende que su función es imprescindible, irremplazable e inaplazable en materia de protección de los intereses marítimos y fluviales, y de su contribución al bienestar y desarrollo integral del país. Estas nuevas realidades, en ámbitos emergentes exigen a la Armada Nacional, flexibilidad, estructura, conocimiento de las nuevas agendas nacionales e internacionales en materia marítima y fluvial.

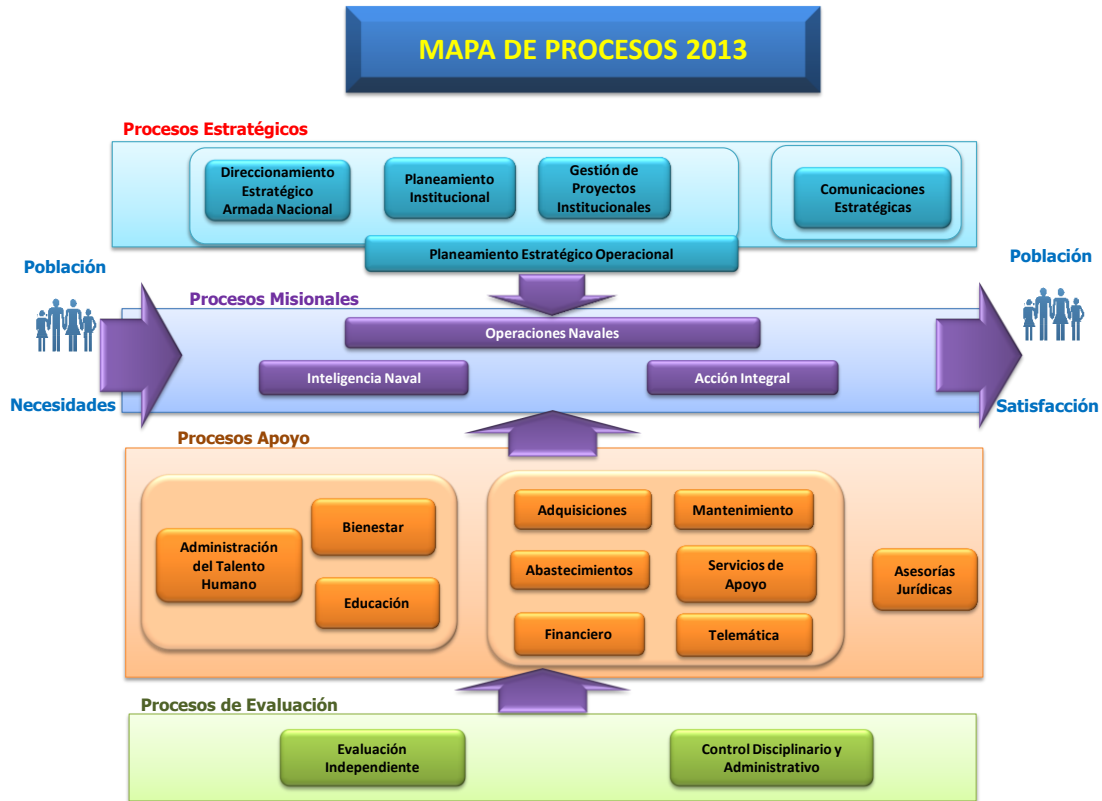
La Visión de la Armada Nacional al año 2030: posicionarse como una “Armada Mediana de Proyección Regional”, bajo parámetros de exigencia enunciados en cinco Objetivos Estratégicos Misionales y Objetivos Específicos, enmarcados en los vértices del Pentágono Naval (Defensa y Seguridad Nacional, Seguridad Integral Marítima y Fluvial, Contribución al Desarrollo Integral del País, Seguridad Ambiental y Proyección Internacional), en respuesta a las amenazas, retos y oportunidades que demandan los escenarios actuales y futuros Nacionales e Internacionales.

---

<sup>1 1</sup> Portal de la Marina Net. Recuperado digital de: <https://marinanet.armada.mil.co/node/1214>  
(Consultado el: )

### 1.1.3 Procesos.

Figura 1. Mapa de procesos Armada Nacional.



Fuente. Armada Nacional de Colombia, 2013, Mapa de Procesos 2013, recuperado de <https://marinanet.armada.mil.co/node/1214>

Procesos estratégicos.

- ✓ Planeamiento Estratégico Operacional.

Realizar el direccionamiento Operacional, con base en las políticas nacionales y plan de guerra con el propósito de orientar el desarrollo de las operaciones navales.

- ✓ Direccionamiento Estratégico.

Direccionar la institución a través de la formulación de la planeación de largo y mediano plazo y realizar el seguimiento y evaluación de la gestión por procesos

para contribuir con la mejora continua a través de recomendaciones que aseguren el cumplimiento de los objetivos institucionales.

✓ Planeamiento Institucional.

Elaborar el plan de acción en toda su extensión y la planeación institucional de la vigencia a través de la consolidación del plan de compras con base en la proyección de la fuerza, los proyectos institucionales y el desarrollo de actividades de seguimiento del presupuesto asignado para el cumplimiento de la misión institucional.

✓ Gestión de Proyectos.

Formular y hacer seguimiento a los proyectos con base en los lineamientos del plan estratégico naval, para contribuir al desarrollo de la fuerza.

✓ Comunicaciones Estratégicas.

Generar conocimiento e imagen institucional frente al público interno y externo mediante canales, medios y/o espacios de comunicación, para contribuir con el logro de la misión institucional.

Proceso Misional:

✓ Planeamiento Estratégico Operacional

Realizar el direccionamiento Operacional, con base en las políticas nacionales y plan de guerra con el propósito de orientar el desarrollo de las operaciones navales.

✓ Inteligencia Naval

Producir y difundir oportunamente inteligencia naval a través de medios humanos, técnicos, tecnológicos y acuerdos de cooperación para el desarrollo de operaciones navales.

✓ Operaciones Navales

Realizar operaciones navales decisivas, sostenidas y legítimas con el propósito de garantizar la Defensa de la Soberanía Nacional y la protección de los Intereses Marítimos Nacionales.

✓ Acción Integral

Realizar actividades de acción integral dirigidas a la población civil para lograr mayor legitimidad e imagen institucional, al enemigo con el fin de lograr neutralizar las acciones y los efectos del conflicto y a las propias tropas para obtener una ventaja militar.

#### Procesos de Apoyo

✓ Administración del Talento Humano

Administrar el talento humano con base en la proyección institucional desde su incorporación y asignación a los diferentes cargos garantizando el Capital Humano disponible y competente para suplir las necesidades de la ARC en cumplimiento de la misión institucional.

✓ Bienestar

Brindar bienestar al personal de la Armada Nacional a través de la ejecución de planes y programas, sanidad naval extensible a sus beneficiarios para mejorar su calidad de vida, su actitud combativa y el sentido de pertenencia a la Institución.

✓ Educación

Formar, capacitar, instruir y entrenar al talento humano de la Armada Nacional, de acuerdo con la doctrina establecida y las necesidades institucionales, a través de las Escuelas de Formación, Centros de Capacitación y de Instrucción y Entrenamiento, que permiten disponer de personal calificado con conocimientos, destrezas y habilidades que contribuyan al desarrollo marítimo de la nación y al logro de los objetivos institucionales.

✓ Asesorías Jurídicas

Asesorar y conceptuar dentro de los términos legales en asuntos jurídicos operacionales, derechos humanos y la gestión jurídica para que la actuación institucional cumpla con la Constitución y la Ley, permitiendo una adecuada defensa de los intereses institucionales.

✓ Adquisiciones

Adquirir bienes y servicios de calidad, de manera oportuna, de conformidad con la normatividad vigente para satisfacer las necesidades de la Armada Nacional.

✓ Abastecimientos

Recepción de los bienes adquiridos, almacenamiento adecuado y distribución oportuna según los requerimientos operacionales y administrativos para apoyar el cumplimiento de la misión institucional.

✓ Financiero

Administrar los recursos financieros de acuerdo con las normas y políticas establecidas, realizando el registro y contabilización de los recursos físicos y financieros para el cumplimiento de la misión institucional.

✓ Mantenimiento

Definido.

✓ Servicios de Apoyo

Prestar servicios de apoyo logístico para el desarrollo operacional y administrativo, mediante el manejo adecuado y oportuno de los recursos asignados, para satisfacer los requerimientos de los usuarios.

✓ Telemática

Brindar servicios de telemática a la Institución y facilitar el acceso a los recursos informáticos y de comunicaciones para asegurar el comando y control operativo y administrativo de manera eficiente, segura e interoperable.

### Proceso Evaluación

✓ Evaluación Independiente:

Evaluar y acompañar a las Unidades de la Armada y los procesos Institucionales, en el cumplimiento de las normas legales, políticas, planes y programas, para contribuir a la cultura de control y la mejora continua bajo los principios y valores Institucionales.

✓ Control Disciplinario y Administrativo:

Identificar y dar trámite oportuno a las novedades disciplinarias y administrativas dentro del marco legal aplicable, para garantizar los principios establecidos en la ley disciplinaria a nivel Institucional.

**1.1.4 Proceso de mantenimiento.** Su objetivo es gestionar el mantenimiento programado y correctivo de infraestructura física, material de guerra, unidades marítimas, fluviales, submarinas, aéreas y demás activos asociados al funcionamiento de la Institución, en los niveles de mantenimiento requeridos para disponer del activo durante el ciclo de vida en el cumplimiento de la misión de la Armada Nacional.

#### **1.1.5 Unidades tipo fragatas de la Armada de Colombia<sup>2</sup>.**

La Armada Nacional cuenta con cuatro unidades tipo fragatas:

- ✓ La ARC Almirante Padilla.
- ✓ La ARC Caldas.
- ✓ La ARC Antioquia.
- ✓ La ARC Independiente.

Estas unidades fueron construidas en Alemania a principios de los años 80, desde esa época han contribuido de forma eficaz a preservar la soberanía en las aguas jurisdiccionales colombianas, así como han contribuido a preservar la vida humana en el mar, el ecosistema, el comercio, la lucha contra el narcotráfico entre otras.

Durante su vida útil, la gestión de mantenimiento ha estado basado en un plan de mantenimiento preventivo y predictivo, el cual es realizado por la tripulación que cumple los roles de operadores y mantenedores hasta un nivel III de




---

<sup>2</sup> [https://es.wikipedia.org/wiki/Clase\\_Almirante\\_Padilla.com](https://es.wikipedia.org/wiki/Clase_Almirante_Padilla.com)

mantenimiento. Los mantenimientos IV y V, son sub-contratados a empresas externas y desde el año 2001 con COTECMAR<sup>3</sup>.

Durante su vida útil han sufrido dos mantenimientos que les han permitido conservar y mejorar sus capacidades. Estos fueron desarrollados a finales de la década de los 90 y a finales de la década del 2000.

Figura 2. Características Fragatas tipo “Almirante Padilla”.

<b>Clase Almirante Padilla</b>	
	
ARC Almirante Padilla	
<b>País productor</b>	
	
<b>Datos generales</b>	
<b>Astillero</b>	Howaldtswerke-Deutsche Werft en Kiel
<b>Países en servicio</b>	 Armada de la República de Colombia
<b>Características de la clase</b>	
<b>Desplazamiento</b>	2300 t apc
<b>Eslora</b>	95,3 m
<b>Manga</b>	11,3 m
<b>Calado</b>	3,40 m

<sup>3</sup> COTECMAR. Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval, Marítima y Fluvial

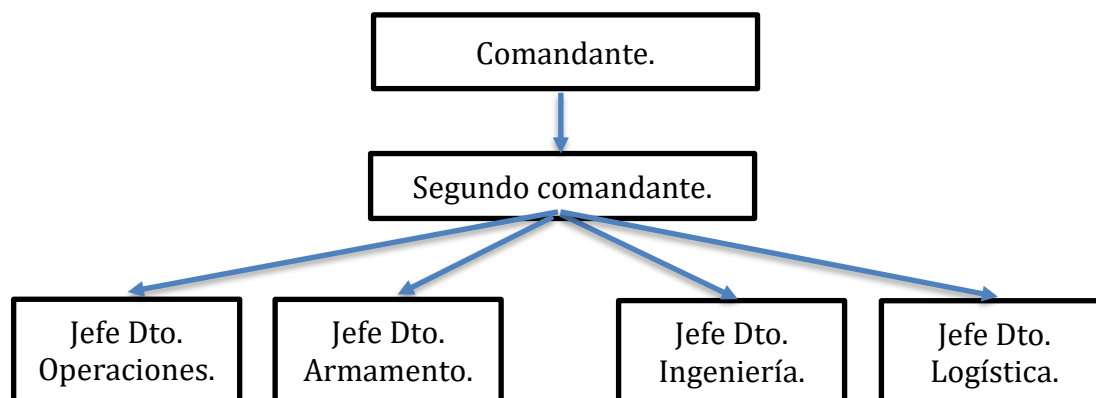
<b>Propulsión</b>	4 motores diésel MTU
<b>Velocidad</b>	27 nudos
<b>Autonomía</b>	8000 millas a 14 nudos
<b>Tripulación</b>	95 personas
[editar datos en Wikidata]	

Fuente. Wikipedia, 2018, ARC Almirante Padilla (FM 51), recuperado de [https://es.wikipedia.org/wiki/Clase\\_Almirante\\_Padilla.com](https://es.wikipedia.org/wiki/Clase_Almirante_Padilla.com)

### 1.1.6 Organización de las unidades tipo fragata en la Armada Nacional.

Las unidades tipo fragata tienen la siguiente organización:

Figura 3. Organización administrativa de un buque.



Fuente. Autor trabajo.

Cada uno de los Jefes de Departamento tiene una función particular como es:

- ✓ Jefe Departamento de Operaciones. Responde ante el comandante por la navegación de la unidad, por la operación y funcionamiento de las comunicaciones y el sistema de control de armas y combate de la unidad.

Bajo su responsabilidad están las siguientes divisiones:

- División de navegación y señales.
- División de CIC.
- División de guerra electrónica.
- División de comunicaciones.

- ✓ Jefe Departamento de Cubierta. Responde ante el comandante de la unidad por la operación y el funcionamiento de las armas de la unidad y la preservación de la pintura de la obra viva<sup>4</sup>, obra muerta<sup>5</sup>, superestructura<sup>6</sup> y cubiertas exteriores de la unidad. Bajo su responsabilidad están las siguientes divisiones:
  - División de artillería y misiles.
  - División cubierta y apoyo aeronaval.
  - División de guerra anti submarina.
- ✓ Jefe Departamento de Ingeniería. Responde por la operación y mantenimiento del sistema de propulsión, generación y sistemas auxiliares que sirven como soporte para la operación y habitabilidad del buque. Bajo su responsabilidad están las siguientes divisiones:
  - División de propulsión.
  - División de electricidad.
  - División de control automático.
  - División de control de avería.
- ✓ Jefe Departamento de Logística. Responde por la adquisición de los insumos para la operación y el mantenimiento de la unidad. Bajo su responsabilidad están las siguientes divisiones:
  - División de servicios
  - División de administración.

Cada departamento y división tienen asignados tripulantes con competencias tecnológicas (sub oficiales), que son dirigidos por tripulantes con competencias profesionales (oficiales). Bajo su responsabilidad están asignados sistemas, equipos, sub equipos y dependencias y deberán responder por el mantenimiento de los que estén bajo su mando.

---

<sup>4</sup> Obra viva. Parte sumergida en el agua del casco de un buque.

<sup>5</sup> Obra muerta. Parte del casco del buque entre la obra viva y la superestructura.

<sup>6</sup> Super estructura. Parte de un buque por encima de la cubierta principal.

Por otra parte, para la operación del buque, toda la tripulación se divide en tres grupos, estos grupos se denominan guardia. El personal que conforma cada guardia, debe tener las competencias suficientes para operar todos los equipos pertenecientes a su departamento para la condición del buque amarrado al muelle o para cuando el buque esta navegando. Es decir, el personal de guardia del departamento de operaciones, operara los equipos del departamento de operaciones, y así con cada uno de los integrantes de los otros departamentos.

**1.1.7 Sistema de información en la Armada Nacional.** En la Armada Nacional, se maneja el módulo de mantenimiento SAP-SILOG.

Los objetivos principales son:

- ✓ Gestionar el mantenimiento de los 08 grupos de activos físicos de la Armada Nacional.
  - ✓ Facilitar la planeación y programación del mantenimiento.
  - ✓ Controlar y evaluar el mantenimiento a través de indicadores relacionados con la confiabilidad, mantenibilidad y costos.
  - ✓ Contar con información para realizar análisis causa raíz de fallas con consecuencias a la seguridad, medio ambiente, operación y el presupuesto.

Teniendo en cuenta que el pilar fundamental para alcanzar los objetivos relacionados anteriormente son los datos, es importante que la estructura para la gestión del mantenimiento a través de los diferentes documentos que estén implantados, permita el cumplimiento de los objetivos.

La gestión del mantenimiento se realiza en diferentes etapas:

- ✓ Incorporación de la unidad en el modulo de mantenimiento.

Esta etapa se denomina conformación de la estructura organizacional. En esta fase se conforman la siguiente estructura:

- La sociedad CO<sup>7</sup>, conformada por el Ministerio de Defensa Nacional.

---

<sup>7</sup> Sociedad CO. Máxima jerarquía en relación a la administración de recursos y presupuesto.

- La sociedad, conformada por 15 unidades delegatarias, encargadas de la administración fiscal de unidades menores bajo su responsabilidad. Para el caso de las unidades tipo fragatas, la sociedad esta ubicada en la Cartagena, en la Base Naval ARC Bolívar.
- Centro de emplazamiento, son las dependencias encargadas de realizar los procesos administrativos para la contratación. para este caso seria la Flotilla de Superficie del Caribe.
- Centro planificador. Son cada una de las unidades cargadas en el modulo de mantenimiento, como por ejemplo las cuatro unidades tipo fragatas.

✓ Incorporación de la información al sistema.

Esta etapa se denomina gestión de datos técnicos. Son los datos correspondientes a los objetos sobre los cuales se gestionará el mantenimiento.

Contempla los siguientes requerimientos:

- Estructura técnica. Es la estructura organizacional de la que hacen parte las fragatas.
- Objetos técnicos. Son todos los equipos, sub equipos, componentes y partes mantenibles que requieran una actividad de mantenimiento para mantener la función de un equipo.
- Ubicación técnica. Es el campo dentro del sistema de información, donde se cargará los objetos técnicos.
- Equipo. Es el objeto hay que hay preservarle la función.
- Sub- equipo. Es un equipo que aporta a la función del equipo principal.
- Componente. La integración de componentes conforma un equipo.
- Ítem Mantenible. La integración de ítem conforman un componente.
- Puntos de medida. Es el control de operación que se le hace a los objetos técnicos.

✓ Gestión de mantenimiento.

La gestión del mantenimiento se hace a través de la siguiente información:

- Avisos de mantenimiento. Son los reportes de fallas que se hacen sobre un Objeto Técnico, Ubicación técnica o equipo. se dividen en:

- Reportes de avería. (Z5). Son reportes de fallas que afectan la función del equipo, que requieren una orden de mantenimiento, pero son de un nivel de mantenimiento nivel I – II – III.
- Reportes de actividad. (Z6). Son actividades de mantenimiento que no afectan la disponibilidad del equipo y tienen como objetivo mantener la condición básica del equipo. están relacionadas con la limpieza, inspección, lubricación, engrase y/o ajuste.
- Solicitudes de mantenimiento. (Z7). Son mantenimientos programados de nivel IV o V, y para los cuales la unidad no cuenta con los recursos de personal, material, repuestos o de herramientas.
- Informes de avería (Z8): Son reportes de fallas que afectan la función del equipo, que requieren una asignación presupuestal y en algunas ocasiones servicios externos.
- Ordenes de mantenimiento.
  - Ordenes de mantenimiento programado (ZA01). Se generan automáticamente por la plataforma acorde a las actividades de mantenimiento cargado a los equipos (hojas de ruta) y a los contadores establecidos para los equipos.
  - Ordenes de mantenimiento imprevisto (ZA02). Se generan posterior a un aviso de avería (Z5).
  - Ordenes de mantenimiento modificativo – Recuperativo (ZA03). Se generan cuando se requiere restablecer la condición de un equipo, a través de cambios en su diseño.

El soporte táctico de las anteriores etapas son los siguientes documentos:

- ✓ Índice de maquinaria de cada equipo.
- ✓ Historial de vida de cada equipo.
- ✓ El plan de mantenimiento maestro.
- ✓ Los instructivos de mantenimiento.
- ✓ La programación del mantenimiento.
- ✓ Los formatos de rutinas básicas. (rondas).

- ✓ Los informes de avería.

La integración, trazabilidad y complementariedad de los documentos relacionados en el módulo de mantenimiento y los relacionados con el soporte táctico, son los que permiten lograr la efectividad de la gestión del mantenimiento en la Armada Nacional.

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Las cuatro fragatas de la Armada Nacional cuentan con las mismas capacidades, tienen las mismas características geométrica en su plataforma, y sus sistemas y equipos, cumplen las mismas funciones, poseen las mismas capacidades, sus fabricantes son los mismos al igual que sus estándares de funcionamiento.

Desde su construcción en la década de los 80, tienen estructurado un plan de mantenimiento preventivo, el cual fue modificado (con relación a los equipos instalados) en el periodo de 2010 como consecuencia de una repotenciación y actualización a los sistemas y equipos que hubiesen cumplido su vida útil.

Sin embargo, a pesar que los equipos que se remplazaron, se les actualizaron las actividades y frecuencias de mantenimientos, no se unificó en las fragatas el listado de equipos y componentes que debían hacer parte del plan de mantenimiento, como tampoco las actividades y frecuencias de los mantenimientos que debían realizarse.

Al tiempo que se desarrollaba el proyecto de repotenciación y actualización de los sistemas y equipos a bordo de las fragatas, la Armada Nacional adquirió un sistema de información - **ERP** que por su sigla en inglés significa "Enterprise Resource Planning", o bien, "Planeamiento de Recursos Empresariales".

Por lo anterior, a pesar que existe una plataforma de información en la que se registran datos de la operación y el mantenimiento de los equipos instalados en los buques, el no contar con una estandarización de la información en las fragatas (cantidad de equipos, nombres, caracteres de los nombres), obtener información estadística relacionada con la mantenibilidad, disponibilidad y confiabilidad, de equipos, subequipos, componentes o elementos mantenibles, no es rápida y

confiable, por lo que la toma de decisiones, en oportunidades debe soportarse en información de campo.

### **1.3 OBJETIVOS.**

**1.3.1 Objetivo general.** Proponer la metodología para la estandarización de los planes de mantenimientos existentes y establecer la criticidad de los equipos en las unidades tipo fragatas.

#### **1.3.2 Objetivos específicos.**

1. Establecer que los equipos existentes en las fragatas y que aportan valor al cumplimiento de su misión, estén relacionados en su plan de mantenimiento.
2. Estandarizar para las cuatro fragatas los equipos que aportan valor al cumplimiento de la misión.
3. Verificar si los equipos que aportan valor, están relacionados en el sistema de información. (Actualizar con los equipos identificados el cargue en el modulo SILOG).
4. Verificar si para los equipos establecidos, existe una tarjeta maestra de datos, así como establecer si la información establecida en la tarjeta maestra es la requerida para conocer su información técnica y logística.
5. Verificar si la tarjeta de historiales, posee las preguntas requeridas para crear datos que permitan conocer la información de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad.
6. Establecer si las actividades de mantenimiento preventivo y predictivo de los equipos, aportan a la conservación de la función.
7. Verificar si los documentos relacionados con la programación del mantenimiento contienen las preguntas para obtener datos que permitan crear la información de disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad, costo y posibles análisis causa raíz (RCA).
8. Establecer la criticidad de los equipos instalados en las unidades.

#### **1.4 JUSTIFICACIÓN.**

El presente trabajo es importante para la Armada por que servirá como referente para la estandarización y trazabilidad de los planes de mantenimiento de las unidades tipo fragatas, permitiendo que los comandantes y jefes de departamento cuenten con un listado concertado de los equipos instalados a bordo e información que permita establecer la mantenibilidad, disponibilidad y su confiabilidad, información que contribuirá en la toma decisiones en los niveles que la requieran.

Adicionalmente, se establecerá la criticidad de los equipos a bordo, lo que permitirá a nivel jefes de departamento de ingeniería y jefe de mantenimiento Armada Nacional, dependiendo del concepto operacional en que se quiera utilizar la unidad y de los recursos disponibles, establecer un criterio de priorización para la asignación de recursos para reparar y mantener los equipos, dependiendo de la función que cumplan y la operación requerida.

## 2 MARCO TEÓRICO

### 2.1 CONSIDERACIONES EN EL MANTENIMIENTO

**2.1.1 Causas de las fallas.** El evento que impide que un activo<sup>8</sup> pueda desempeñar la función para la cual fue adquirido se denomina falla, este evento a pesar de que puede tener sus causas en un mal diseño, un mal proceso de producción, una mala operación o falta de mantenimiento, su consecuencia termina siendo de tipo mecánico cuando un elemento (parte mantenible) no soporta un esfuerzo al que es sometido en determinado momento.

Sumando a lo anterior, para Aníbal Serna en su documento “Análisis de falla” comenta lo siguiente:

Las piezas y componentes se diseñan para tener una vida útil finita, dependiendo del esfuerzo y del ambiente de trabajo. Algunas piezas sometidas a esfuerzos repetitivos se diseñan para que resistan determinados ciclos de fatiga, térmica o mecánica; otras se colocan en servicio a alta temperatura y allí se verán sometidas a esfuerzos y deformaciones por efectos del calor y del tiempo, produciendo el denominado daño por termo fluencia o “Creep”. Algunas no consideran un solo esfuerzo, las piezas serán sometidas a múltiples esfuerzos y el diseño es hasta falla, vida indeterminada. La mayoría de piezas y componentes tienen una vida útil total mayor que la estipulada en diseño, otras, fallan prematuramente, algunas de forma catastrófica, afectando la salud de personas, daño al medio ambiente, deterioro de los equipos de los cuales hacen parte y causando una pérdida de imagen y credibilidad del fabricante<sup>9</sup>.

---

<sup>8</sup> Activo. ítem, objeto o entidad que tiene valor real o potencial para una organización. El valor puede ser tangible o intangible, financiero o extra financiero incluyendo la consideración de riesgos y obligaciones. Puede ser positivo o negativo en las diferentes etapas de vida del activo. (norma ISO 55000).

<sup>9</sup> SERNA, Aníbal. Análisis de falla. 2017. Ingeniero Metalúrgico, M.Sc., Ph. D I.Q., p. 1.

El tiempo de vida útil de un activo es el periodo en el que el fabricante estimó que podría cumplir un servicio. La pregunta por resolver sería ¿cuándo un activo termina su vida útil?

Según Gustavo Tovar<sup>10</sup>, se considera que esto ocurre cuando se cumple una de las siguientes tres condiciones:

- ✓ Cuando se vuelve completamente inoperante.
- ✓ Cuando aún es operable pero no es capaz de cumplir su función satisfactoriamente.
- ✓ Cuando el deterioro del componente o equipo ha sido tan serio, que lo convierte en poco confiable o inseguro para continuar su utilización o funcionamiento y se requiere sacarlo de servicio para repararlo o reemplazarlo.

Para la estandarización del plan de mantenimiento en las unidades tipo fragatas, tomaremos en cuenta la segunda condición, es decir, que el equipo cumpla la función para la que esté establecida. Según el diccionario de la lengua española, una función es una actividad específica que se desea ejecutar, o el propósito de realizar una tarea que previamente ha sido establecida.

Para definir y delimitar una función, es necesario que esté enmarcada en un contexto. Según John Moubray<sup>11</sup> “la definición de una función consiste de un verbo, un objeto y el estándar de funcionamiento deseado por el usuario”. Y es así como define los siguientes estándares de funcionamiento en estas categorías:

- ✓ Estándares de funcionamiento múltiple. Los cuales representan la necesidad de que se requieran al tiempo estándares para el cumplimiento de la función deseada, por ejemplo, calentar 10 metros cúbicos de agua a una temperatura desde 20 grados centígrados a 50 grados centígrados en 1 hora.

---

<sup>10</sup> TOBAR. Gustavo. Fundamentos del análisis de fallas. Bogotá. Escuela Colombiana de Ingenieros. 2006, p. 1.

<sup>11</sup> MOUBRAY. John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. México: Aladon, 2008. p. 23.

- ✓ Estándares de funcionamiento cuantitativos. Representa la magnitud que se requiere conservar. Por ejemplo 20 metros cúbicos, 50 grados centígrados, 30 bares de presión, entre otros.
- ✓ Estándares de funcionamiento cualitativos. Representa a través de un verbo la actividad que se desea desarrollar.
- ✓ Estándares de funcionamiento absoluto. Son límites a los que no se desea llegar. Calentar 10 metros cúbicos de agua, a 50 grados centígrados, sin superar 60 minutos.
- ✓ Estándares de funcionamiento variable. Cuando existen posibilidades para el cumplimiento de una función, pero se debe asegurar mantener la función en la condición más crítica.
- ✓ Límites superiores e inferiores. Los límites entre los cuales se deberá cumplir con la función requerida.<sup>12</sup>

Existen varios significados de falla. De acuerdo a la definición de Carlos Borrás<sup>13</sup> “...la incapacidad de cualquier equipo o instalación (activo) de realizar la función que el usuario definió que hiciera”. Así mismo Aníbal Serna, define la falla mecánica como “cualquier cambio en tamaño, forma o propiedad del material de una estructura, máquina o componente que produce su incapacidad de ejecutar satisfactoriamente la función para la cual fue diseñada”<sup>14</sup>. Mientras que John Moubrey definió la falla funcional como “la incapacidad de cualquier activo físico de cumplir una función según un parámetro de funcionamiento aceptable para el usuario”<sup>15</sup>.

Adicional a las definiciones relacionadas anteriormente, Carlos Montilla define el concepto de falla potencial como “tipo de falla que no inhabilita a la máquina/equipo

---

<sup>12</sup> Ibid. p. 26 – 28.

<sup>13</sup> BORRAS. Carlos. Principios de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Escuela de ingeniería Mecánica Bucaramanga, p. 8.

<sup>14</sup> SERNA, A. Op. cit., p. 3.

<sup>15</sup> MOUBRAY, J. Op. cit., p. 50.

para que opere, pero en determinado momento propicia las condiciones para que ocurra una varada. En otras palabras, una falla potencial es una funcional en gestación”<sup>16</sup>.

Con base en los conceptos anteriores, resulta importante poder determinar el punto en el cual se inicia la falla potencial y así poder tomar las acciones necesarias relacionadas con los repuestos, el personal, las herramientas, la maquinaria, los permisos de trabajo y la coordinación con el área de producción para la parada del equipo. En otras palabras, se debe aplicar un procedimiento de logística que enmarque todos los parámetros que requieran los mantenimientos preventivos.

Este intervalo entre la falla potencial y la falla funcional es denominado el intervalo P-F, según Moubray “el intervalo P-F es entre el momento en que ocurre una falla potencial y su desencadenamiento hasta convertirse en una falla funcional”<sup>17</sup>.

Por otra parte, para Aníbal Serna, en su documento de análisis, divide las fallas en materiales dúctiles o en materiales frágiles, según en dónde ocurran:

Los materiales de comportamiento dúctil manifiestan de alguna manera visible su estado, etapas iniciales que preceden la falla total son: “deformación”, “abombamiento”, “pandeo”, “falla incipiente”, “daño incipiente”, “distensión”, “deterioro” y “daño”, todo lo cual hace que la parte o componente no sea confiable ni segura para continuar en uso y puede ser cambiada o reparada a tiempo. Paralelamente, los materiales de comportamiento frágil no tienen pre-aviso, las velocidades de crecimiento de grietas y fisuras son similares o superiores a la velocidad del sonido en el material, se rompen intempestivamente y generalmente de forma catastrófica<sup>18</sup>.

---

<sup>16</sup> MONTILLA, Carlos. Fundamentos de Mantenimiento Industrial. Pereira. Editorial Universidad Tecnológica de Pereira. 2016, p. 20.

<sup>17</sup> MOUBRAY, J. Op. cit., p. 149

<sup>18</sup> SERNA, Aníbal. Análisis de falla. 2017. Ingeniero Metalúrgico, M.Sc., Ph. D I.Q., p. 4.

Gracias a los grupos de falla en materiales dúctiles y frágiles, y al concepto de resistencia mecánica que, según Gustavo Tobar, es “la habilidad de un material para resistir cargas o esfuerzos mecánicos, sin deformarse ni romperse”<sup>19</sup>; se podría decir que, algunas fallas están relacionadas a los esfuerzos que está soportando un material en un momento determinado con respecto a su resistencia de diseño.

Al conocer que los equipos desatienden su función cuando acontece una falla, resulta indispensable conocer sus causas, tipos y orígenes. Y se afirma que las causas de una falla son las siguientes:

- ✓ Errores de diseño.
- ✓ Defectos del material.
- ✓ Deficiencias durante el proceso y manufactura.
- ✓ Defectos durante el ensamble e instalación.
- ✓ Condiciones de servicio superiores al diseño.
- ✓ Deficiencias de mantenimiento (negligencia, procedimientos).
- ✓ Operación inapropiada, fuera de ventanas operacionales<sup>20</sup>.

Las causas relacionadas anteriormente, están relacionadas con los siguientes mecanismos de falla:

- ✓ Fallas mecánicas relacionadas con el esfuerzo principal al cual están sometidas las partes y componentes. Tienen conexión con: fatiga, deformación, fluencia, pandeo, torsión, erosión, abrasión, desgaste, impacto y cavitación.
- ✓ Fallas micro estructurales referidas con tratamientos térmicos y exposiciones a altas y bajas temperaturas. Tienen relación con: Termo fluencia, transformación de fase, precipitación de carburos, precipitación de fase sigma.

---

<sup>19</sup> TOBAR, Gustavo. Fundamentos del análisis de fallas. Bogotá. Escuela Colombiana de Ingenieros. 2006, p. 9.

<sup>20</sup> SERNA, A. Op. cit., p. 4-5.

- ✓ Fallas por interacción con el medio dadas por contacto con fluidos a alta y baja temperatura. Tienen relación con: corrosión a baja temperatura, corrosión en caliente, corrosión a alta temperatura, fatiga térmica, choque térmico, ataque por hidrógeno,
- ✓ Fallas por procesos fuera de control o fuera de las ventanas operacionales, así como por temperatura, presión, carga, fuera de especificaciones.
- ✓ Fallas humanas: por falta de experiencia, habilidad y conocimiento, o por competencia.<sup>21</sup>

Para prevenir una falla no solo es indispensable conocer la función que se quiere que desempeñe un equipo y las capacidades del equipo, sino que éstas se encuentren enmarcadas en el concepto y contexto operacional; es decir, que se catalogue las condiciones de uso y su puesta en práctica.

Según Moubray, existen factores importantes a la hora de evaluar el contexto operacional, los cuales se relacionan a continuación:

- ✓ Procesos por lotes y continuos: Hacen relación al tipo de procedimiento que se utiliza para lograr su producción, ya sea de manera continua donde las máquinas están en serie o interconectadas, como por máquinas que trabajan de forma independiente.
- ✓ Redundancia: Hace referencia a un equipo reservado que en caso tal, supla la función del equipo principal.
- ✓ Estándares de calidad: Hace relación a los requerimientos que el cliente ponga a los productos.
- ✓ Estándares medioambientales: Es el impacto que genere la operación de la máquina en el medio ambiente.
- ✓ Riesgos para la seguridad: Es la aplicación de medidas que permitan mitigar el riesgo en las personas, en un bajo indicador.

---

<sup>21</sup> Íbid., p. 5.

- ✓ Turnos de trabajo: Hace referencia a los horarios de trabajo y descanso que se utilicen en la empresa para dar cumplimiento a la producción.
- ✓ Producto en proceso: Son los inventarios que existen en las empresas para mantener un proceso sin que éste se detenga y afecte la producción.
- ✓ Tiempo de reparación: Se refiere a las variables que afectan la puesta a punto del equipo averiado.
- ✓ Repuestos: Hace relación al balance entre tener el repuesto en almacén o adquirirlo.
- ✓ Demanda de mercado: Es la evaluación entre la demanda que existe y la producción de la empresa en determinado periodo de tiempo.
- ✓ Abastecimiento de materia prima: Es la fluctuación de la materia prima en las diferentes épocas del año<sup>22</sup>.

Para John Moubroy una falla podría tener las siguientes consecuencias:

- ✓ Consecuencias para la seguridad y el medio ambiente.
- ✓ Consecuencias operacionales.
- ✓ Consecuencias no operacionales<sup>23</sup>.

**2.1.2 Patrones de fallas.** Definir en qué momento va a fallar un equipo es el principal problema al que se enfrentan los responsables del área de mantenimiento. Inicialmente se pensaba que con hacer los cambios a las partes mantenibles de los equipos en intervalos de tiempo establecidos por el fabricante, se garantizaría la función del equipo durante su tiempo de vida esperado.

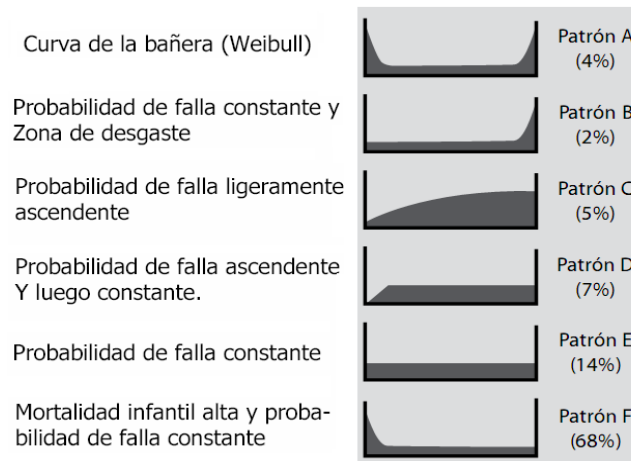
Pues bien, según un estudio de la industria aeronáutica de Estados Unidos., estableció, los siguientes Patrones de falla de componentes aeronáuticos,

Figura 4. Patrones de falla de componentes aeronáuticos<sup>24</sup>

---

<sup>22</sup> MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. México: Aladon, 2008. P.30 - 35

<sup>23</sup> Íbid., p. 97.



Fuente. NOWLAN, et al. Reliability Centered Maintenance. San Francisco, California, 1978. Braun-Brumfield, INC.

De los anteriores patrones de falla, se puede concluir, que el cambio de componentes en los tiempos establecidos por el fabricante, no garantiza al operario la función del equipo durante el tiempo de vida esperado.

El análisis que hace Alberto Montilla es el siguiente:

- ✓ Curva A. Curva de la bañera. La máquina/equipo/componente posee alta mortalidad infantil, es decir tiene una probabilidad inicial de falla alta, luego de lo cual se estabiliza, para finalizar la vida útil en una zona de desgaste acelerada.
- ✓ Curva B. Es el patrón de falla "ideal" y tradicional antes del RCM. Pocas fallas a lo largo de la vida útil, culminando en una zona de desgaste elevado.
- ✓ Curva C. Un constante incremento de la probabilidad de falla infantil, seguida de un comportamiento aleatorio de la probabilidad de falla.
- ✓ Curva D. Rápido crecimiento de la probabilidad de falla, seguida de un comportamiento aleatorio.
- ✓ Curva E. Fallas aleatorias, sin ninguna relación entre la edad y la probabilidad de fallas.

---

<sup>24</sup> NOWLAN, et al. Reliability Centered Maintenance. San Francisco, California, 1978. Braun-Brumfield, INC.

- ✓ Curva F. Alta mortalidad infantil, seguida de un comportamiento de aleatorio de la probabilidad de fallos<sup>25</sup>

Solo en los patrones de falla A, B y C hay una relación predecible entre el desgaste del componente y su vida útil, sumando en los equipos del estudio el 11% de los equipos/componentes de la industria aeronáutica. Por otro lado, los patrones que muestran una relación aleatoria entre la edad y el desgaste, es decir los patrones D, E y F; totalizan el 89% de los equipos/componentes de la industria aeronáutica. Esta elevada aleatoriedad propició el advenimiento y desarrollo del mantenimiento predictivo en la década de 1970, con el objetivo de anticiparse y predecir la ocurrencia de fallas. El estudio de Nowlan y Heap demostró que a mayor complejidad del equipo/componente, el comportamiento de sus patrones de falla obedecía a los modelos E y F. Con este panorama de nuevos conceptos, conocimientos, paradigmas tradicionales rotos y otros nuevos, fue diseñada la metodología RCM<sup>26</sup>.

Teniendo en cuenta que el concepto de mortalidad infantil aparece en dos patrones de fallas que suman el 72%, y que este concepto está asociado a la curva de la bañera, es importante analizar la evaluación que hace Alberto Mora, de la curva de la bañera:

- ✓ Fase I de rodaje o mortalidad infantil. (Fallas tempranas). Se deben normalmente a: defectos de materiales, diseños deficientes, montajes inadecuados, mantenimientos incorrectos, calidad deficiente en elementos y repuestos etc.
- ✓ Fase II de madurez o de vida útil. (Fallas aleatorias). Se originan básicamente por operación indebida de los equipos, sobrecargas en la capacidad de producción, cambios constantes en las condiciones de funcionamiento, etc. En

---

<sup>25</sup> MONTILLA. Carlos. Fundamentos de Mantenimiento Industrial. Pereira. Editorial Universidad Tecnológica de Pereira. 2016, p. 86.

<sup>26</sup> NOWLAN, Op. cit.

general se debe a causas inmediatas o básicas causadas por condiciones técnicas de equipos o del recurso humano.

- ✓ Fase III de envejecimiento. (Fallas de desgaste). Se fundamentan en el desgaste de los elementos, envejecimiento o la pérdida de funcionabilidad. Son causadas por el exceso de uso, desuso o abuso y se generan por el tiempo o por las inclemencias del entorno. Es la etapa de sustitución y reposición de los dispositivos y máquinas que llegan a la parte derecha de la curva cuando su mantenimiento es más costoso que realizar un reemplazo. O cuando su funcionabilidad es más costosa que garantizar unos nuevos.<sup>27</sup>

**2.1.3 Aproximaciones al mantenimiento.** El mantenimiento es la actividad a través de la cual se logra que los equipos estén disponibles y confiables para el logro de un resultado o una función requerida, en un periodo de tiempo establecido, con el propósito de no interrumpir el funcionamiento y la operación de una empresa, planta, sistema o equipo.

Para el autor Moubray, el mantenimiento es “asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que hagan”<sup>28</sup>. Sin embargo, el concepto de mantenimiento también puede ser el “conjunto de actividades (planificadas y coordinadas) que propenden a mantener los equipos (de diversa índole), en una condición operativa, lo más cercana posible de su estado teórico o nominal, con el mínimo de inversión (económica, tiempo, insumos), de manera segura para el personal y el medio ambiente, apoyando de manera positiva el cumplimiento de las metas de una organización”<sup>29</sup>.

---

<sup>27</sup> MORA. Alberto. Mantenimiento planeación, ejecución y control. Bogotá. Alfaomega Colombiana S.A. Inc 2009. p. 108.

<sup>28</sup> MOUBRAY. John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. México: Aladon, 2008, p. 7.

<sup>29</sup> MONTILLA. Carlos. Fundamentos de Mantenimiento Industrial. Pereira. Editorial Universidad Tecnológica de Pereira. 2016, p. 21.

De lo anterior, se podría deducir que la actividad que le permite a una empresa, organización o persona, lograr que sus equipos cumplan las funciones establecidas en los estándares requeridos, es el mantenimiento. No obstante, al depender de las consecuencias sobre la seguridad, medio ambiente, operación y/o nombre de la empresa que una falla ocasione, así mismo será la necesidad de evitarla.

Desde el punto de vista operacional y rentable, la condición ideal de los equipos involucrados en el proceso de producción es el de estar disponibles en el momento requerido y que su funcionamiento sea confiable.

Por lo tanto, la necesidad de una empresa de alcanzar sus metas de rentabilidad dentro de un ambiente competitivo, sin descuidar aspectos de seguridad, de medio ambiente y legales, hace indispensable mantener los activos en un alto nivel de disponibilidad y confiabilidad.

**2.1.4 Evolución del mantenimiento.** El nivel de calidad y eficacia del mantenimiento en el tiempo ha evolucionado. Una de las justificaciones de esta evolución en un mundo globalizado, es el nivel de competitividad en las empresas por cumplir los requisitos de calidad exigidos por los clientes, lo que hace que sea necesario incrementar la optimización en sus procesos y así evitar las fallas. Por lo que esta es una de las acciones que se toman para no faltar a los compromisos adquiridos. También, esta evolución apunta a evitar daños personales y ambientales que, en algunos casos irreparables, terminan afectando las finanzas de la empresa.

El concepto de la evolución de la calidad del mantenimiento que propone Alberto Mora, en la tabla 1<sup>30</sup>, es el siguiente:

---

<sup>30</sup> MORA. Alberto. Mantenimiento planeación, ejecución y control. Bogotá. Alfaomega Colombiana S.A. Inc 2009, p. 11.

Tabla 1. Evolución del mantenimiento.

		Producción – Manufactura.		Mantenimiento e ingeniería de fábricas.	
Etapa.	Sucede aproximadame nte	Orientación hacia...	Necesidad específica	Orientación hacia...	Objetivo que pretende
I	Antes de 1950	El producto	Generar el producto	Hacer acciones correctivas	Reparar fallos imprevistos
II	Entre 1950 - 1959	La producción	Estructurar un sistema productivo	Aplicar acciones planeadas	Prevenir, predecir y reparar fallos
III	Entre 1960 y 1980	La productivid ad	Optimizar la producción	Establecer tácticas de mantenimie nto	Gestar y operar bajo un sistema organizado
IV	Entre 1981 - 1995	La competitivid ad	Mejorar índices mundiales	Implementa r una estrategia	Medir costos, CDM, comparars e, predecir, índices, etc.
V	Entre 1996 y 2003	La innovación tecnológica	.		

		Producción – Manufactura.	Mantenimiento e ingeniería de fábricas.
VI	Desde 2004	Gestión y operación integral de activos en forma coordinada entre ambas dependencias anticiparse a las necesidades de los equipos y de los clientes de mantenimiento – predicciones – pronósticos – gestión de activos.	

Fuente. MORA. Alberto. Mantenimiento planeación, ejecución y control. Bogotá. Alfaomega Colombiana

Adicional a evitar las consecuencias descritas anteriormente, otros factores que han exigido la mejora en la calidad y eficacia del mantenimiento, son los relacionados con los adelantos dados en el campo de la siderurgia, la electrónica y la cibernética.

Alberto Mora, define un concepto de mantenimiento para la época actual “La metalurgia, la electrónica y la cibernética se desarrolla a velocidades exponenciales, lo que obliga a los mantenedores a desarrollar un profundo conocimiento para mantener en funcionamiento los mecanismos de producción”<sup>31</sup>.

Por lo anterior, para estructurar un plan de mantenimiento, es indispensable sincronizarse con las exigencias de producción y legales que garanticen la disponibilidad y confiabilidad de los equipos, y así, poder contar con una producción que sea competitiva en el mercado, segura y amigable con el medio ambiente

**2.1.5 Estrategias de Mantenimiento.** Existen diferentes estrategias de mantenimiento relacionadas a continuación:

---

<sup>31</sup> Íbid, p. 11.

✓ Mantenimientos correctivos.

Montilla define un mantenimiento correctivo como el sistema en el que se interviene un equipo una vez que ha ocurrido una falla funcional o potencial; y depende si ha ocurrido o es evidente, este procedimiento se divide en mantenimiento correctivo de emergencia o correctivo programado. En el primer caso se evidencia la falla funcional con la posibilidad de consecuencias a la seguridad, medio ambiente y/o a la producción. En el segundo caso se da la posibilidad de evaluar si se interviene de inmediato o es viable culminar la jornada de producción. Las ventajas y desventajas se relacionan en la siguiente tabla<sup>32</sup>:

Tabla 2. Ventajas y desventajas del mantenimiento correctivo.

Ventajas.	Desventajas.
1. No implica detalladas planificaciones o programaciones.	1. Conlleva a la ocurrencia de fallas funcionales y sus consecuencias.
2. No exige organización técnica – administrativo.	2. En el mediano y largo plazo es muy costoso.
3. En el corto plazo es un sistema de mantenimiento económico.	

Fuente. MONTILLA. Carlos. Fundamentos de Mantenimiento Industrial. Pereira. Editorial Universidad Tecnológica de Pereira. 2016, p. 32

✓ Mantenimientos preventivos.

Según Carlos Montilla, “es el sistema de mantenimiento cuyo objetivo esencial es prevenir la ocurrencia de fallas en un sistema productivo, con base en la ejecución de unas tareas básicas (observar, inspeccionar, calibrar, ajustar,

---

<sup>32</sup> MONTILLA. Carlos. Fundamentos de Mantenimiento Industrial. Pereira. Editorial Universidad Tecnológica de Pereira. 2016, p. 32

cambiar, lubricar, reparar, etc.), a unas frecuencias predeterminadas, asociadas a cada ciclo productivo en particular”<sup>33</sup>

En otras palabras, el mantenimiento preventivo consiste en mantener la función de un equipo a través de actividades básicas relacionadas con la inspección, lubricación, ajuste y cambio de componentes.

Tabla 3. Ventajas y desventajas del mantenimiento preventivo <sup>34</sup>

Ventajas.	Desventajas.
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aumentan la confiabilidad de las máquinas / equipos puesto que operan en mejores condiciones de seguridad ya que se conoce su estado y sus condiciones de funcionamiento.</li> <li>2. Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de mantenimiento debido a una programación de actividades.</li> <li>3. Mayor duración de los equipos e instalaciones.</li> <li>4. Disminución de repuestos en existencia y en costos asociados.</li> <li>5. Disminución del tiempo muerto, de parada de máquinas y equipos.</li> <li>6. Menor costo de las reparaciones.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Implica realizar una inversión inicial y sostenida en infraestructura y mano de obra.</li> <li>2. Si no se priorizan y eligen adecuadamente la cantidad y profundidad de las tareas de mantenimiento, se llegan a generar sobrecargas de trabajo que no aportan al desempeño y rendimiento de las máquinas.</li> <li>3. Alto costo en inspecciones.</li> </ol>

Fuente. MONTILLA. Carlos. Fundamentos de Mantenimiento Industrial. Pereira. Editorial Universidad Tecnológica de Pereira. 2016, p. 34

<sup>33</sup> Íbid, p. 59.

<sup>34</sup> Íbid, p. 34.

✓ Mantenimiento Predictivo.

Según Carlos Montilla, “el mantenimiento predictivo es poder analizar el comportamiento de un equipo y poder predecir con base en las tendencias de su comportamiento (vibraciones, parámetros de operación), en que momento puede ocurrir la falla”<sup>35</sup>.

Tabla 4. Ventajas y desventajas del mantenimiento predictivo.<sup>36</sup>

Ventajas.	Desventajas.
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Brinda una alta posibilidad de anticiparse a la ocurrencia de la falla, ya que se evidencia la gestación de la misma, en la medida que la variable de referencia se salga de control.</li> <li>2. Muchos de los ensayos, pruebas y mediciones se hacen con la máquina en operación, por lo tanto, la afectación al proceso productivo es mínima.</li> <li>3. Minimización de los tiempos de intervención del equipo. el equipo se interviene cuando las pruebas y ensayos confirman que hay falla en gestación.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Muchas de sus técnicas y ensayos implican inversión en equipos costosos.</li> <li>2. Implica disponer de personal calificado tanto para la utilización del equipo como para analizar la información.</li> <li>3. Muchas de las técnicas y ensayos del PdM pueden indicar la falla en gestación, pero no su causa, por lo que es fundamental la labor de personal calificado.</li> </ol>

Fuente. MONTILLA. Carlos. Fundamentos de Mantenimiento Industrial. Pereira. Editorial Universidad Tecnológica de Pereira. 2016, p. 36

✓ Mantenimiento productivo total.

<sup>35</sup> Íbid, p. 34.

<sup>36</sup> Íbid, p. 36.

Según Carlos Montilla, “el mantenimiento productivo total, busca la sincronización de los procesos productivos para lograr la mayor efectividad entre los recursos invertidos versus la producción obtenida”<sup>37</sup>

✓ Mantenimiento basado en confiabilidad.

Para John Moubray, este tipo de mantenimiento es “un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual”<sup>38</sup>.

Por otra parte, existen algunas otras definiciones para el concepto del mantenimiento basado en confiabilidad:

“Es una filosofía de gestión de mantenimiento, que optimiza la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, en función de qué tan crítico son los activos, tomando en cuenta los posibles efectos que originan los modos de fallas de dichos activos, sobre la seguridad, al ambiente, a las operaciones. En este sistema de mantenimiento se pone especial énfasis en el funcionamiento global del sistema, más que en el de cada equipo individualmente; un equipo no es intrínsecamente importante, sino por la función que desempeñe dentro de un proceso productivo”<sup>39</sup>.

Al revisar atentamente cada una de las diferentes estrategias de mantenimiento, es importante conocer las ventajas y desventajas en relación a costo, tiempos de programación, duración de los equipos, nivel de confiabilidad, nivel de conocimiento de los mantenedores, afectaciones al medio ambiente; para que, con base en la misión y los objetivos de una empresa, se pueda establecer la estrategia de mantenimiento que contribuya a su cumplimiento.

---

<sup>37</sup> Íbid, p. 36.

<sup>38</sup> MOUBRAY. John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. México: Aladon, 2008, p. 7.

<sup>39</sup> MONTILLA. Carlos. Fundamentos de Mantenimiento Industrial. Pereira. Editorial Universidad Tecnológica de Pereira. 2016, p. 37.

**2.1.6 Objetivos del Mantenimiento.** Para puntualizar los objetivos del mantenimiento en una empresa, es importante conocer la misión y los objetivos, así como la evaluación del impacto de una avería en la seguridad, el medio ambiente, la operación y la imagen de la compañía. Sin embargo, los planes de mantenimiento deben cumplir con la siguiente función “maximizar la disponibilidad de maquinaria y equipo para la producción. Preservar el valor de las instalaciones, minimizando el uso y el deterioro. Conseguir estas metas en la forma más económica posible y a largo plazo”<sup>40</sup>.

Carlos Montilla, también define en cuatro los objetivos del mantenimiento:

1. Minimizar las fallas funcionales (paradas imprevistas) de los equipos y los costos asociados a ellas.
2. Asegurar unos costos operativos razonables de los equipos, y procurar mejoras de ellos.
3. Maximizar la inversión en plantas y equipos, asegurando el cumplimiento de mínimo su vida útil esperada.
4. Asegurar que los equipo operen de manera segura para los usuarios y para el medio ambiente<sup>41</sup>.

### **2.1.7 Recursos y restricciones para realizar las tareas de mantenimiento.**

El cumplimiento de los objetivos del mantenimiento se basa en tareas que hay que planear y programar y esto dependerá de la disponibilidad de los recursos (presupuesto). Dentro de los recursos que son necesarios para su cumplimiento, también se encuentran:

---

<sup>40</sup> NEWBROUGH. E.T. Administración de mantenimiento Industrial. México. Editorial Diana.1997, p. 24.

<sup>41</sup> MONTILLA. Carlos. Fundamentos de Mantenimiento Industrial. Pereira. Editorial Universidad Tecnológica de Pereira. 2016, p. 24 – 28.

- ✓ Abastecimiento o aprovisionamiento: Son los repuestos, elementos de reparación, consumibles, suministros especiales y artículos de inventario necesarios para cumplir la activa establecida.
- ✓ Equipos de prueba y apoyo: Incluye todas las herramientas, equipos especiales de vigilancia de la condición, equipos de comprobación, metrología y calibración, bancos de mantenimiento, y equipos auxiliares de servicio necesarios para garantizar el cumplimiento de la actividad.
- ✓ Personal: Se considera el necesario para la instalación, comprobación, manejo y realización del mantenimiento del elemento o sistema y de los equipos necesarios de prueba y apoyo. Debe considerarse las competencias específicas del personal necesario para cada tarea de mantenimiento.
- ✓ Instalaciones: se debe considerar el sitio donde se va a desarrollar desde el punto de vista facilidad de acceso, de apoyo logístico, de personal competente, de seguridad y en algunos casos de costumbres y de idiomas.
- ✓ Datos técnicos: instrucciones de mantenimiento, procedimientos de comprobación, de inspección, de calibración y de revisiones generales, instrucciones de modificación, información sobre las instalaciones, planos y especificaciones que son necesarios para realizar las funciones de mantenimiento del sistema. Tales datos no sólo se refieren al sistema sino también al equipo de prueba y apoyo, transporte y manejo, junto a su instrucción e instalación.
- ✓ Recursos informáticos: comprende los ordenadores y sus accesorios, «software», discos y cintas de programas, bases de datos, etc., necesarios para realizar las funciones de mantenimiento. Incluye tanto la vigilancia de la condición como el diagnóstico<sup>42</sup>.

### **2.1.8 Niveles de Mantenimiento**

- ✓ Tarea de Mantenimiento Nivel 1.

Tabla 5. Alcance mantenimiento nivel 1.

---

<sup>42</sup> KNEZEVIC. Jezdimir. Mantenimiento. © Isdefe c/ Edison, 4 28006 Madrid, 1996, p. 22.

Alcance.	Inspección básica del equipo. (limpieza e inspección externa, cambio de filtros, verificación de niveles, parámetros de operación, engrase, lubricación).
Datos Técnicos.	Manual del operario, planos de instrucción.
Mano de obra.	Operario entrenado.
Herramienta – equipos.	Herramientas básicas en caso de requerirse.

Fuente. Autor Trabajo.

✓ Tarea de Mantenimiento Nivel 2.

Tabla 6. Alcance mantenimiento nivel 2.

Alcance.	Nivel intermedio de desarme. Componentes de fácil desmonte para limpieza, inspecciones y/o cambio.
Datos Técnicos.	Manual del operario, planos de instrucción.
Mano de obra.	Técnico habilitado. Personal con conocimientos académicos y formación en el área.
Herramienta – equipos.	Herramientas de soporte.

Fuente. Autor Trabajo.

✓ Tarea de Mantenimiento Nivel 3.

Tabla 7. Alcance mantenimiento nivel 3.

Alcance.	Procedimiento con mediano nivel de complejidad, incluyen aquí actividades como cambios de componentes que requieren un nivel intermedio de desarme, cambios componentes y de piezas de desgaste.
Datos Técnicos.	Manual del operario - Manual de taller.
Mano de obra.	Técnico - especializado. Técnico especializado. Personal con conocimientos académicos y formación en el equipo.

Herramienta – equipos.	Herramienta especializada.
------------------------	----------------------------

Fuente. Autor Trabajo.

✓ Tarea de Mantenimiento Nivel 4.

Tabla 8. Alcance mantenimiento nivel 4.

Alcance.	Actividades de reemplazo de sub-equipos y componentes mayores, sin alcanzar la reconstrucción.
Datos Técnicos.	Información técnica del fabricante.
Mano de obra.	Personal especializado del fabricante o de una empresa certificada.
Herramienta – equipos.	Herramienta especializada de uso del fabricante.

Fuente. Autor Trabajo

✓ Tarea de Mantenimiento Nivel 5.

Tabla 9. Alcance mantenimiento nivel 5.

Alcance.	Son las actividades de mantenimiento recuperativo de alto nivel ingenieril, desarme total del equipo, recuperación de componentes manteniendo sus características de peso, geométricas y mecánicas se realizan generalmente en fabrica.
Datos Técnicos.	Información técnica del fabricante, evaluación por parte de un comité técnico con asesoría del área de diseño.
Mano de obra.	El fabricante o una empresa certificada por el fabricante, con técnicos especializados, entrenados y certificados.
Herramienta – equipos.	Herramienta especializada de uso del fabricante.

Fuente. Autor Trabajo

**2.1.9 Planeación de la tarea de mantenimiento.** La planeación del mantenimiento es poder visualizar las actividades que en un futuro (no inferior a un mes) se deben realizar, y con base en ellas, poder determinar el alcance de la tarea de mantenimiento. Además, la justificación de la planeación se basa en el conocer el ¿qué? y ¿por qué?, por lo tanto, se deben contemplar las actividades:

- ✓ El alcance. Es el trabajo total requerido para desarrollar la actividad de mantenimiento. Consiste en establecer lo que se quiere hacer, el modo en que la actividad se desarrollará, los requisitos que se deben cumplir, los puntos de control y los criterios de aceptación de la tarea. Lo anterior permite tener un conocimiento común a los interesados y participantes de la tarea de mantenimiento.
- ✓ Datos técnicos. Son los datos como manuales, planos, fichas técnicas y procedimientos establecidos que se deben conocer para garantizar el retorno al servicio del equipo. También son importante los historiales de fallas que con anterioridad estén reportados.
- ✓ Cumplimiento de normas y procedimientos. Hace referencia a las normas de seguridad para el personal, ambientales y operacionales, establecidos por la fábrica o el equipo legal. También relata los permisos requeridos en relación a afectación a otros sistemas, equipos o personas.
- ✓ Los involucrados. Son todas las dependencias y personas internas y externas, que están involucradas en el cumplimiento del alcance.
- ✓ Actividades. Son el paso a paso para cumplir la tarea de mantenimiento. Con base en la descripción de las actividades se podrá dar respuestas a los puntos relacionados a continuación: recursos, tiempo, riesgo. Así mismo permitirá validar el alcance definido inicialmente. También permitirá establecer la secuencia en la que se debe hacer la tarea de mantenimiento y poder establecer las dependencias de estas.
- ✓ Mano de obra. Son las personas con el nivel de competencias requerido. (conocimiento, entrenamiento, habilidades y experiencia), en las áreas para la

tarea, como pueden ser mecánicos, electricistas, soldadores, paileros, entre otros. En este punto también se establecerán los roles en relación al responsable, supervisor y técnico.

- ✓ Materiales. Son todos los insumos que se requieran para hacer la actividad, consumibles requeridos como elementos para limpiar, lijas, grasas, aceites, entre otros. Así mismo se relacionan materiales como son las eslingas de levante, diferenciales, con sus certificaciones.
- ✓ Herramientas. Es el instrumento que se utilizará para el desmonte, monte y prueba de componentes, con su respectiva calibración metrológica que garantice cumplir los requerimientos metrológicos exigidos por el fabricante en los manuales de reparación.
- ✓ Equipos. Es toda la maquinaria requerida para la realización de la actividad, en esta se relacionan equipos como grúas, bancos de pruebas, tornos, máquinas de soldar, medidor de vibraciones, pistolas termografías, entre otros, con sus respectivos certificados de calibración.
- ✓ Repuestos. Verificar la confiabilidad, disponibilidad y tiempo de entrega de los repuestos requeridos para la realización de la tarea.
- ✓ Lugar de ejecución de la tarea de mantenimiento.
- ✓ El tiempo. Conocido el alcance, los recursos y el lugar de realización de la tarea de mantenimiento, se podría estimar el tiempo requerido para su alistamiento, ejecución, prueba y entrega de la tarea de mantenimiento.
- ✓ El costo. Con los datos anteriormente identificados y avalados, se podrá estimar el valor monetario de la actividad requerida.
- ✓ El riesgo. Son todos los eventos que de presentarse puedan afectar a las personas, al medio ambiente y al equipo, durante la ejecución de la tarea de mantenimiento.
- ✓ El nivel de calidad esperado. Son los parámetros en los cuales se espera vuelva a tener el equipo.

**2.1.10 Importancia de un sistema de información.** Al tomar por fundamento los recursos y las restricciones que demandan las actividades de mantenimiento para alcanzar el control requerido para realizar las tareas de mantenimiento, es indispensable desarrollar una sinergia entre los gestores responsables de los recursos. Por lo anterior, según Carlos Borrás “un sistema de mantenimiento verifica todo el ciclo de administración, y sus fases permanecen continuamente cambiando, transformándose y desarrollándose, constituyéndose en un proceso cíclico administrativo. Las fases del mantenimiento son: planeación, dirección y gestión”<sup>43</sup>.

Observando que los recursos informáticos cumplen un papel importante dentro de las tareas de mantenimiento y en especial en lo relacionado a la programación, planeación y análisis de estadística de funcionamiento, que permitan predecir tiempos de intervención antes de la falla, la Armada Nacional de Colombia adquirió un sistema de información - **ERP** que por su sigla en inglés significa "Enterprise Resource Planning", o bien, "Planeamiento de Recursos Empresariales".

Según el autor David Fuentes, un sistema de información de mantenimiento:

“Es una base de datos computarizada diseñada para optimizar el manejo de la gestión del mantenimiento y las actividades de recuperación de activos mediante el uso de procedimientos estandarizados para documentar y dar prioridad a las instalaciones y necesidades de equipo y reportar los logros. Se trata de una herramienta para la gestión del mantenimiento que involucra la planeación, elaboración del presupuesto, las actividades de mejora de activos, reparación y reemplazos de equipos, y proyectos de construcción”<sup>44</sup>.

Cabe recordar que, a bordo de las unidades tipo fragatas con una información estandarizada, se podría explotar de una mejor forma las capacidades del sistema

---

<sup>43</sup> BORRAS. Carlos. Principios de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Escuela de ingeniería Mecánica Bucaramanga, p. 32.

<sup>44</sup> FUENTES. David. Sistemas de Información en Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2015. p. 10.

en relación a informes que nos permita conocer la disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad, costo y son incorporados los ítems mantenibles se podría realizar los análisis causa raíz.

**2.1.11 Indicadores del mantenimiento.** Los indicadores nos van a permitir comparar lo que se esté realizando con respecto a lo deseado, y a través de esta información, tomar decisiones para mantener la empresa en la búsqueda de los objetivos propuestos para alcanzar sus metas.

Según Alberto Mora “la confiabilidad, la mantenibilidad y la disponibilidad son prácticamente las únicas medidas técnicas y científicas fundamentadas en cálculos matemáticos, estadísticos y probabilísticos que tienen el mantenimiento para su análisis (Mora, 2007b) y su evaluación integral y específica. Por medio del CMD<sup>45</sup> es como se puede planear, organizar, dirigir, ejecutar y controlar totalmente la gestión y la operación del mantenimiento”<sup>46</sup>.

La disponibilidad también se define como “la probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en el momento que se ha requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables”<sup>47</sup>.

La confiabilidad es “la probabilidad de que un equipo desempeñe satisfactoriamente las funciones para las cuales se diseña durante un periodo de tiempo específico y bajo las condiciones normales de operación, ambientales y de entorno”<sup>48</sup>. Y así, la mantenibilidad el mismo autor la presenta como la probabilidad

---

<sup>45</sup> CMD. Confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad.

<sup>46</sup> MORA. Alberto. Mantenimiento planeación, ejecución y control. Bogotá. Alfaomega Colombiana S.A. Inc 2009, p. 59

<sup>47</sup> Íbid, p. 67.

<sup>48</sup> Íbid, p. 95.

de que un equipo vuelva a recuperar su función, a través de actividades de mantenimiento enfocadas a eliminar las causas inmediatas<sup>49</sup>.

Adicional a los indicadores señalados con anterioridad, existen dos indicadores que contribuyen a su cálculo, como lo son:

- ✓ El MTBF - Mean Time Between Failures, que por sus siglas en inglés significan, el tiempo entre fallas de un componente susceptible a reparación.
- ✓ El MTTR - Mean Time To Repair, que por sus siglas en inglés significa el tiempo requerido entre el momento que ocurre la falla hasta el momento que el equipo aporta con su función a la producción.

El cálculo de los anteriores indicadores, nos permitirá evaluar de una forma más lógica el comportamiento pasado y futuros de los equipos, información vital en la toma de decisiones. Es por eso la importancia de estandarizar los datos ingresados para su cálculo.

## **2.2 PASOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.**

De acuerdo con los conceptos de Carlos Montilla, en su libro Fundamentos de mantenimiento industrial<sup>50</sup>, un plan de mantenimiento debe tener como entrada los siguientes aspectos:

---

<sup>49</sup> Íbid, p. 104.

<sup>50</sup> Montilla. Carlos. Fundamentos de mantenimiento industrial editorial Universidad Tecnológica de Pereira p.63 – 79.

**2.2.1 Inventario de equipos.** El entregable de esta actividad es la relación de todos los equipos, incluyendo los sub-equipos, que tienen una función definida y que aportan valor al cumplimiento de la función de un sistema. En la Armada Nacional, los equipos son agrupados teniendo como marco el “Ship Work Breakdown Structure – SWBS<sup>51</sup>”. Todos los equipos a bordo de la unidad cumplen una función que contribuye a mantener las capacidades de los sistemas. La siguiente tabla, discrimina los grupos constructivos y la función que cada uno aporta para que la unidad pueda cumplir las misiones para lo cual fue adquirida.

Tabla 10. Función de los grupos constructivos.

Grupos constructivo. SWBS.	Función.
Grupo 100. Casco y estructura.	Dar la resistencia y estanqueidad a la unidad.
Grupo 200. Planta propulsora.	Dar la propulsión a la unidad, para poder desplazarse a determinada velocidad.
Grupo 300. Planta eléctrica.	Generar y distribuir la energía a todos los equipos y compartimientos de la unidad.
Grupo 400. Mando y vigilancia.	Dar la ubicación de la unidad, contar con comunicación externa e interna, detectar otras embarcaciones.
Grupo 500. Sistemas auxiliares.	Son todos los sistemas de apoyo para el funcionamiento de los grupos 200, 300, 400 y 600. Están relacionados con la ventilación, plantas de aire acondicionado, cuartos fríos, sistemas de incendio, sistemas de achique, sistemas de agua potable, mecanismos de maniobras, entre otros.

<sup>51</sup> SWBS. Es la agrupación de todos los equipos y componentes que se encuentran a bordo de un buque en 08 grupos, denominados grupos constructivos.

Grupos constructivo. SWBS.	Función.
Grupo 600. Habitabilidad y equipo.	Proporcionan las condiciones de acomodación a la tripulación, adicional hace referencia a los esquemas de pintura y de protección, cocina entre otros.
Grupo 700. Armas.	Las armas y sensores de combate del buque.

Fuente. Autor trabajo.

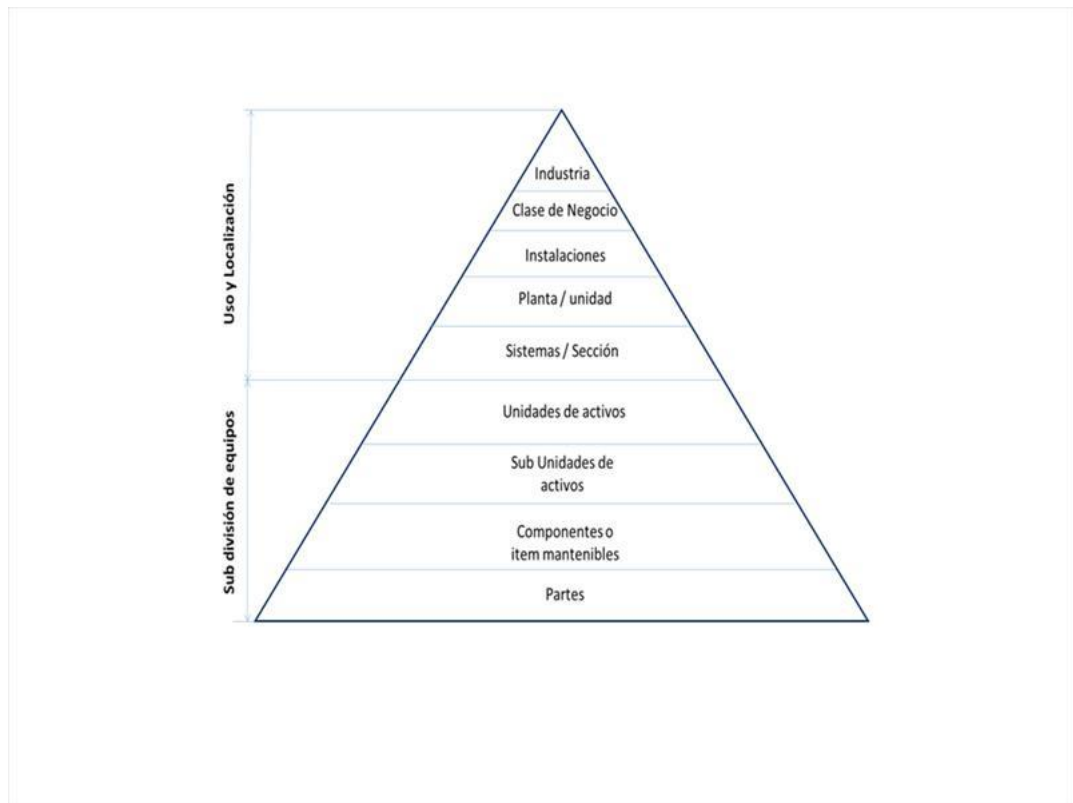
Complementando el concepto anterior y teniendo como referencia la norma ISO 14224<sup>52</sup>, en el presente trabajo se aplicará el concepto de taxonomía y de fronteras.

Según la norma ISO 14224 (2006), La taxonomía es una clasificación sistemática de los elementos en grupos genéricos en función de factores posiblemente comunes a varios de los artículos (ubicación, uso, subdivisión del equipo, etc.). (p.- 18). Una representación de la taxonomía se presenta en el siguiente esquema:

Figura 5. Taxonomía.

---

<sup>52</sup> ISO 14224. International Standard. Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment.



Fuente. Norma ISO 14224 – 2006.

Una ampliación de la información de la figura anterior se relaciona en la siguiente tabla:

Tabla 11. Tabla taxonomía.

Categoría principal.	Nivel de taxonomía.	Jerarquía de taxonomía.	Definición.	Ejemplos.
Uso/dato de localización.	1	Industria.	Tipo principal de industria.	Petróleo, gas natural, petroquímica.
	2	Categoría del negocio.	Tipo de negocio o proceso.	Extracción, producción, refinación,

Categoría principal.	Nivel de taxonomía.	Jerarquía de taxonomía.	Definición.	Ejemplos.
				petroquímica.
	3	Categoría instalación.	Tipo de facilidad	Producción, transporte, perforación.
	4	Planta / unidad.	Tipo de planta o unidad.	Plataforma, estación de compresión, planta de metanol.
	5	Sección / forma.	Sección principal / sistemas de la planta.	Compresión, licuefacción, regeneración, oxidación.
Subdivisión de equipos.	6	Clase de equipo / unidad.	Clase de equipos similares. Cada clase contiene unidades de equipos comparables.	Intercambiador de calor, compresor, tubería, bomba, caldera.
	7	Sub sistema.	Subsistema necesario para la función del equipo.	Lubricación, enfriamiento, control, calentamiento.
	8	Componente / ítem mantenible.	Grupo de partes del equipo que son mantenidos (reparados /	Enfriador, reductor, bomba de aceite, loop de instrumentos,

Categoría principal.	Nivel de taxonomía.	Jerarquía de taxonomía.	Definición.	Ejemplos.
			restaurados) como un todo. Para algunos tipos de equipo, es posible que no exista un Item Mantenibles; p. ej. Si la clase de equipo es de tuberías, puede que no haya un IM, pero el componente puede ser el "codo".	válvulas.
	9	Parte (opcional).	Una pieza o repuesto individual de un equipo.	Sello, tubo, carcasa, impeller.

Tabla ISO 14224.

De igual modo, Alexis Larez (2016) en su artículo Ingeniería de mantenimiento; Estructura desagregada de activos y taxonomía, expresa que

“Establecer una clara y ordenada taxonomía de los activos permite obtener una descripción de los límites y frontera de estos dentro de los sistemas, y resulta imprescindible para efecto de obtener la información necesaria, así como para el análisis de los datos del mantenimiento y la confiabilidad en cualquier tipo de industria, planta u organización intensiva en activos”.

Además, identificación los registros de activos puede dar respuesta a las siguientes preguntas:

- ✓ ¿Cuál es el inventario de activo de mi organización?
- ✓ ¿Cuál es el estado actual de mis activos?
- ✓ ¿Dónde están ubicados?
- ✓ ¿Qué tipo de intervenciones, Tipos de mantenimientos y costos están asociado a los activos?
- ✓ ¿Es posible establecer estrategias de reemplazo? (p. 1).

Adicional a lo anterior, Alexis Larez (2016), expresa que de una correcta taxonomía se pueden obtener las siguientes ventajas:

- ✓ Planificación y programación. Gestión y administración de las actividades del mantenimiento (Ordenes de trabajos, Solicitud de pedidos de servicios y compras), Gestión de costos, catalogación de repuestos, gestión de indicadores, etc.
- ✓ Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad. Optimización de planes de mantenimiento mediante el uso de metodologías como RCM<sup>53</sup>, FMECA<sup>54</sup>, IBR<sup>55</sup>, Análisis estadísticos de pérdidas, análisis de causa raíz.
- ✓ Ejecución del Mantenimiento. Entregas de OT<sup>56</sup>, generación de avisos en campo, retroalimentación OT.
- ✓ Operaciones. Generación de solicitudes de OT por el usuario (operadores), interacción directa con mantenimiento.
- ✓ Finanzas. Apoyo en la gestión financiera de los costos del ciclo de vida de los activos: NIC 16<sup>57</sup>, NIC 36<sup>58</sup>. (Revalorización de activos, etc)

---

<sup>53</sup> RCM. Reliability Centered Maintenance. Mantenimiento centrado en confiabilidad.

<sup>54</sup> FMECA. Failure Mode, Effects and Criticality Analysis, Análisis de Criticidad de Modo de Falla y Efectos.

<sup>55</sup> IBR. Inspection Based Risk. Inspección basada en riesgo.

<sup>56</sup> OT. Ordenes de trabajo.

<sup>57</sup> NIC 16. Norma Internacional de Contabilidad 16. Propiedades, Planta y equipo.

<sup>58</sup> NIC 36. Norma Internacional de Contabilidad 16. Deterioro del valor de los activos.

Del anterior concepto de taxonomía, es importante entender y delimitar hasta donde quiero discriminar los objetos de mantenimiento, lo cual dependerá de las siguientes variables:

- ✓ Si la intención es conocer los modos de falla, la disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad o el costo de reparaciones de un equipo, con llegar hasta el nivel 6 de la taxonomía podría obtener la información.
- ✓ Si se desea realizar análisis causa raíz de un objeto de mantenimiento, es importante discriminar hasta el ítem mantenible, ya que en este es donde ocurren los mecanismos de falla.
- ✓ La complejidad del equipo. un ejemplo la taxonomía que puede tener la planta de aire acondicionado de las unidades tipo fragata, la cual basándose en el concepto de función, esta conformada por sub equipos como las bombas de enfriamiento, esta a su vez tendrá componentes como la parte eléctrica y esta a su vez tendrá ítem mantenibles como el estator. Mientras que la bomba de incendio, cuya función es presionar el sistema a determinada presión, solo tendrá componentes y partes mantenibles.

Un ejemplo de taxonomía en las fragatas, es su sistema propulsor, el cual esta conformado por lo siguiente:

- ✓ Equipos. Como son el motor, reductor y hélices. Cada uno de estos equipos para su funcionamiento tendrán componentes que serán necesarios relacionar en el plan de mantenimiento.
- ✓ Sub-equipos. Del motor propulsor serian los instalados en los sistemas de combustión, de refrigeración, de lubricante, de agua tratada y de enfriamiento. Como son el precalentador de agua tratada.
- ✓ Componentes. En el caso del precalentador de agua tratada, estaríamos hablando de la bomba de recirculación y de la resistencia de calentamiento.
- ✓ Partes o elementos mantenibles. En el caso de la bomba de recirculación, estaríamos hablando de los rodamientos, ejes, sellos, entre otros.
- ✓ Instrumentos de control a la función. Como son los manómetros, presostatos,

termómetros entre otros.

Cada uno de estos equipos, componentes y elementos de control a la función, son los que contribuyen a que el sistema propulsor de una fragata cumpla la función de propulsar a la velocidad especificada al momento de construirse, por lo que hace necesario incluir en el plan de mantenimiento no solo el equipo, sino el subequipos, componentes y en el caso de los motores eléctricos y bombas, los elementos mantenibles

Adicional al concepto de taxonomía, el concepto de frontera es imprescindible tenerlo en cuenta, según la norma ISO 14224 (2006), "El propósito de la definición de límite es garantizar una comprensión común de la "subunidad / componente" y "elemento / elementos mantenibles" incluido dentro del límite de una unidad de equipo particular y, por lo tanto, qué eventos de falla y mantenimiento registrar.

Analizando y discriminando el concepto de fronteras las actividades que deben quedar sustentables son:

- ✓ Las entradas y salidas de los equipos.
- ✓ Los puntos y requisitos de las conexiones.
- ✓ A que equipo se cargara la actividad de mantenimiento.
- ✓ No puede quedar una actividad en dos equipos.

En una fragata los anteriores conceptos son importante por la complementariedad de todos sus sistemas al momento de definir los equipos. Una descripción del anterior concepto, es al momento de cumplir con una operación en donde es necesario la utilización de manera simultanea de todas sus capacidades como puede ser:

- ✓ Poder navegar en un mar 9 acuerdo la escala de Beaufort<sup>59</sup>. Lo cual significara esfuerzos en su estructura, que los equipos funcionen con escoras<sup>60</sup> de mas de 30 grados y con niveles de vibración generados por el golpe del casco con la ola.
- ✓ Poder navegar a la máxima velocidad de diseño. Para el cumplimiento de este requisito, se evidencia la complementariedad de la función de equipos transmisores de potencia y de los sistemas auxiliares que contribuyen a un buen funcionamiento, como son: sistemas de combustible, de agua de enfriamiento externo, de la ventilación en los cuartos de maquinas, entre otros.
- ✓ Soportar la demanda eléctrica de todos los equipos en funcionamiento. Por lo que se considera diferentes niveles de carga dependiendo de la condición del buque, sin embargo, debe soportar la máxima condición, que es en condición de combate, donde se encuentran energizados no solo lo equipos básicos de funcionamiento (ventilación, plantas de aire acondicionado, cocina, entre otros), si no, los equipos de detección y de armas.

**2.2.2 Codificación de los equipos.** El entregable de esta actividad es identificar los equipos y subequipos relacionados en el punto anterior manteniendo los siguientes principios:

- ✓ Que la nomenclatura no se repita en dos equipos.
- ✓ Que la identificación permita llegar rápido al equipo en físico y en documentos.
- ✓ Que sea lo mas estándar posible para la organización.
- ✓ Que su marcación no factible desde el punto de vista técnico y económico.

---

<sup>59</sup> Escala Beaufort. La escala de Beaufort es una medida empírica para la intensidad del viento, basada principalmente en el estado del mar, de sus olas y la fuerza del viento.

<sup>60</sup> Escora. Inclinaciones al lado izquierdo y derecho que sufrirá un buque por efectos del oleaje.

**2.2.3 Creación de la tarjeta maestra de datos TMD, para cada maquina/equipo.** El entregable de esta actividad, es poder conocer la información técnica y logística de los equipos y subequipos que le aportan a la función, con el propósito de contar con un entendimiento de la función que desempeña, los parámetros en la que la desempeña y las entradas que requiere para que la desempeñe. Adicional a lo anterior, en lo relacionado al campo logístico, es aportar información que contribuya a disminuir los tiempos de mantenimiento y que los recursos utilizados, contribuyan a la confiabilidad del equipo.

Esta actividad en la Amada Nacional se cumple con el índice de maquinaria donde se debe registrar la siguiente información, que dependerá del tipo de equipo:

- ✓ Información general de la empresa.  
Para nuestro caso sería Armada Nacional – Fuerza asignada – Flotilla - Unidad.
- ✓ Características generales de la maquina/equipo.  
Se relaciona el código de activo fijo (SILOG) – nombre – marca – modelo – serie – año de fabricación – año de instalación – código o numero de catalogo (manual de operación, manual de mantenimiento, manual de reparación y manual de partes, plano esquemático, plano isométrico), fotografía, etc
- ✓ Información comercial.  
Hace referencia a la información necesaria para ubicar el proveedor y al representante comercial, en el país o en la ciudad. Con esta información se podrá consultar temas relacionados con garantías, catálogos, repuestos, servicio técnico, consultas operativas etc.
- ✓ Características técnicas y operativas.  
Corresponden a información sobre dimensiones principales, especificaciones y condiciones de trabajo de la maquina/equipo. Dentro de las dimensiones principales se tiene longitud, altura, profundidad y peso bruto. Las especificaciones y condiciones de trabajo informan la capacidad productiva del equipo, la criticidad del equipo en el proceso productivo, los turnos de trabajo (perfil operacional del equipo), los servicios que requiere para poder operar

(electricidad, vapor, aire comprimido etc). La capacidad productiva o de trabajo de los equipos debe ser definida en variables de ingeniería como por ejemplo: flujos volumétricos, flujos de calor, fuerza aplicada y sobre que área, recorridos etc. En lo relacionado a servicios se debe relacionar corrientes, voltajes, presión, flujos etc.

- Dimensiones. Alto, ancho, largo y peso.
  - Capacidad de trabajo. Potencia, presión del flujo entregado.
  - Requerimientos para operar. Tipo de combustible, tipo de aceite lubricante (viscosidad, índice de viscosidad, aditivos), tipo de aceite hidráulico, tipo de refrigerante, voltaje, corriente, frecuencia, presión de aire.
  - Perfil operacional.
  - Nivel de criticidad para el cumplimiento de la función de la unidad.
  - Parámetros de operación. Temperatura agua enfriamiento, presión de aceite lubricante, revoluciones de sobre velocidad, nivel de vibraciones permitido.
- ✓ Características de los sub-equipos. (entradas al equipo que aportan para su función).

Hace referencia a los equipos que aportan a la función del equipo principal, que sin estos sería imposible su funcionamiento. La información registrada de estos equipos será la requerida por el equipo principal. Un ejemplo es el flujo de combustible que debe enviar una bomba de combustible para que un propulsor de su máxima potencia.

**2.2.4 Creación de las Hojas de Vida de maquinas/equipos.** El entregable de esta actividad, es poder contar con un formato que contenga los datos necesarios para tener el soporte y trazabilidad de datos que permitan generar información y evaluaciones que aporte a la toma de decisiones en relación a:

- ✓ La disponibilidad. Contar con la información estadística de la confiabilidad y la mantenibilidad.

- ✓ Confiabilidad. Contar con información del tiempo operado por el equipo, el tiempo en reparación y del número de fallas presentadas.
- ✓ Mantenibilidad del equipo. contar con información del tiempo que ha estado el equipo en reparación y de la cantidad de averías presentada. Así mismo, contar con información relacionada con los recursos y la información requerida para su reparación.

**2.2.5 Relación de requerimientos de Mantenimiento.** El entregable de esta actividad, son las actividades de mantenimiento requeridas para garantizar la función del equipo. Para garantizar la función del equipo, también es importante considerar los sub equipos, componentes y partes mantenibles que aportan a su función.

Una de las alternativas para conocer las actividades requeridas para garantizar el cumplimiento de la función, es conocer la forma en la cual el equipo dejara de cumplir la función, es decir, conocer sus modos de falla.

Las fuentes que nos permiten conocer estos modos de falla son:

- ✓ Manuales de servicio.
- ✓ Catalogo de partes.
- ✓ Evaluación de planos de los sistemas entregados por los fabricantes de los equipos o en el caso de instalaciones que contienen equipos que se complementan entre si, los planos de construcción de los sistemas.
- ✓ Conocimiento y experiencia del personal.
- ✓ Consulta con colegas que operen y mantengan los mismos equipos.
- ✓ La internet.

Las actividades de mantenimiento que se determinen para un equipo, dependerán de la estrategia de mantenimiento que se desee aplicar al equipo y esto dependerá de las consecuencias que se puedan dar cuando el equipo falle. por ejemplo. Un

equipo con unas capacidades específicas, dependiendo de la función que cumpla, su falla podrá tener consecuencias que afectaran en determinado nivel a la seguridad, al medio ambiente, a la operación o la imagen de una empresa.

En el caso particular de una bomba que suministra agua potable, se puede establecer las siguientes estrategias de mantenimiento:

- ✓ Mantenimiento correctivo, cuando su falla no tiene afectación.
- ✓ Mantenimiento preventivo, cuando se tiene un respaldo de la función de la bomba y la consecuencia de su falla es asumible.
- ✓ Mantenimiento basado en confiabilidad, cuando no se tiene remplazo de la función y su falla, tiene consecuencias que no se deseen contemplar.

Con base en la doctrina de mantenimiento de la Armada Nacional, la estrategia de mantenimiento aplicada son las tareas de mantenimiento preventivo y predictivo, y se enmarcan en las siguientes actividades:

- ✓ Limpieza. Consiste no solo en eliminar la suciedad producto del polvo, si no, posibles contaminaciones que pueden provenir del mismo equipo o de equipos con los que interactúe. También permite despejar el área de trabajo del equipo, evitando que elementos extraños puedan afectar su funcionamiento. Adicional a lo anterior, permite a través de la inspección por parte de una persona que conozca el equipo, verificar su estructura física, sus rangos de operación y sus conexiones, para evaluar los siguientes aspectos:
  - Estructura. posibles anomalías ocasionadas por fisuras que afecten los sistemas que contienen fluidos, como pueden ser fugas de líquidos (agua, aceite, combustible), excesos de temperatura que hayan dejado evidencias en la pintura o en su estructura, corrosión en la estructura y componentes de acople, estado de material aislante cuando se tenga.
  - Conexiones. Conexiones flojas o sueltas, holguras en correas y poleas, filtros sucios, apriete de tornillos.
  - Instrumentos de control. Que los instrumentos estén operando

correctamente, estado físico, fecha de calibración.

- Operación. Ruidos, olores, vibraciones perceptibles a los sentidos, parámetros de operación relacionados con presiones, temperaturas, revoluciones, voltajes, amperajes, frecuencias, entre otras.
- ✓ Lubricación y engrase. La cual evita la fricción entre los componentes mecánicos que están en operación. De una mala lubricación y engrase se genera la fricción entre los componentes que desencadena los siguientes eventos:
  - Incremento en la fricción entre los componentes y posible pérdida de geometría.
  - Incremento de la temperatura.
  - Disminución de la viscosidad, generando disminución de la película lubricante.
  - Incremento de la fricción y deformación de los componentes.Y así de forma sucesiva hasta llegar a la destrucción de la pieza y posterior afectación al componente, equipo y pérdida de la función de este.
- ✓ Ajuste. La pérdida de ajuste, genera el incremento de holgura entre dos componentes mecánicos, y si estos giran uno con respecto al otro, el incremento de la holgura generara un mayor nivel de vibraciones que terminara afectando a los componentes hasta ocasionarles la falla.
- ✓ Cambio de componentes. El cambio de componentes es una actividad recomendada por el fabricante o evidenciada por los históricos del equipo y esta dependerá del tiempo, de las horas y/o kilómetros de operación.

Sin embargo, conociendo que los patrones de falla de un equipo no solo dependen de las condiciones anteriores, la Armada Nacional en sus equipos críticos como propulsores, reductores, generadores y líneas de eje, ha montado un plan de mantenimiento predictivo basado en las siguientes inspecciones:

- ✓ Análisis de lubricantes.
- ✓ Análisis de vibraciones.

- ✓ Inspecciones oculares a los componentes internos.
- ✓ Termografía.

**2.2.6 Instructivos de mantenimiento.** El entregable de esta actividad, tiene dos enfoques:

- ✓ Contemplar un sistema con base en la función que ejecuta y no entender los equipos y su función de manera particular. Por lo anterior se hace la descripción del funcionamiento del sistema desde el área mecánica, eléctrica, de control automático y la forma como interactúan entre si los equipos que hagan parte del sistema, en especial en las fronteras entre los equipos y sistemas para conocer los requerimientos en el punto de frontera.
- ✓ Establecer el “como” se van hacer las actividades de mantenimiento relacionadas en los requerimientos de mantenimiento, relacionando los recursos, protocolos y procedimientos necesarios para cumplir con las actividades de mantenimiento. Los instructivos de mantenimiento deberán contener la siguiente información:
  - ✓ La descripción del funcionamiento del sistema.
  - ✓ El alcance y las actividades para su realización.
  - ✓ Datos técnicos requeridos, manuales, planos.
  - ✓ Recursos humanos y nivel de competencia.
  - ✓ Recursos de equipos, herramientas y consumibles.
  - ✓ Repuestos.
  - ✓ Procedimientos, normas y permisos requeridos.
  - ✓ Tiempo estimado de ejecución.
  - ✓ Riesgos asociados a la actividad.
  - ✓ Lubricante, grasas y ajustes requeridos.
  - ✓ Parámetros de operación.

Una de las ventajas de contar con instructivos de mantenimientos, es que estos

han sido desarrollados con anterioridad y que han sido validados por los resultados obtenidos.

**2.2.7 Programación de los requerimientos de mantenimiento.** El entregable de esta actividad es poder sincronizar las actividades establecidas en el plan de mantenimiento, con la necesidad operacional y los recursos requeridos para hacerla.

Para lograr esta sincronización es necesario visualizar la fecha estimada de los mantenimientos programados, para esto es importante visualizar las siguientes condiciones y las variables relacionadas:

- ✓ Actividades de mantenimiento relacionadas por tiempo de operación. En este caso, conocida la fecha del mantenimiento, es posible concertar con los interesados la realización del mantenimiento, es decir planear el alcance del mantenimiento, definir los recursos requeridos, gestionar y solicitar los permisos pertinentes, gestionar y solicitar los repuestos requeridos y coordinar con el área de producción la parada del equipo. El propósito de concertar con los interesados y responsables de cada una de las anteriores variables, es evitar la afectación a la producción, cumplir la actividad en el tiempo estimado y devolver a través de un mantenimiento con calidad, un equipo con una alta confiabilidad en las condiciones de operación requeridas por el usuario.
- ✓ Actividades de mantenimiento relacionadas por horas de uso, por ciclos, por unidades producidas. En este caso y a diferencia del anterior, dependerá de la carga operacional o de producción que se tenga. Para lograr el objetivo de evitar la afectación a la producción, es importante a través de la estadística estimar la fecha del mantenimiento, por lo que a diferencia del anterior punto, es importante el monitoreo de la operación del equipo. una vez se tenga esta estimación, lograr concertar a las partes interesadas para planear la actividad de mantenimiento

Adicional a las variables anteriores, es importante en la planeación de la actividad de mantenimiento, tener las siguientes consideraciones:

- ✓ Criticidad del equipo. que tanto afecta a la operación no cumplir con el tiempo estimado de reparación.
- ✓ Nivel del mantenimiento. Que nivel de técnicos necesito para la intervención.
- ✓ Experiencia en la realización de la actividad de mantenimiento. Este punto es importante por que nos permite conocer el grado de seguimiento y control que debemos tener durante la planeación y ejecución de la actividad. Una actividad compleja que se realice por primera vez, necesita un mayor nivel de planeación, de seguimiento, de control, para evitar que peligros que no se hayan visualizados, se materialicen y afecten la actividad de mantenimiento.
- ✓ Disponibilidad de repuestos. Tiempo para contar con los repuestos requeridos.
- ✓ Facilidad para la intervención. Ubicación del equipo, contexto en el que se desarrollara el mantenimiento.

**2.2.8 Rutina básica de mantenimiento - RBM.** El entregable de esta actividad es poder optimizar el tiempo para realizar actividades de mantenimiento que son comunes para equipos similares con las mismas características que se encuentran en diferentes puntos de la empresa o estén en una misma sección.

Las actividades que se desarrollan durante una rutina básica están relacionadas con la condición básica de equipo y están enmarcadas en:

- ✓ Limpiezas.
- ✓ Inspecciones.
- ✓ Lubricación y engrase.
- ✓ Ajuste y calibración.

### **2.2.9 Software de mantenimiento CMMS (Computerized Maintenance Management System, por su sigla en ingles).**

Un sistema de información, debe procesar la información relacionada en el ítem anterior, y traducirlos en indicadores que aporten a la toma de decisiones en especial en los siguientes aspectos:

- ✓ Porcentaje de disponibilidad a nivel equipo, sistema, buque.
- ✓ Porcentaje de confiabilidad a nivel equipo, sistema y buque.
- ✓ Porcentaje de mantenibilidad a nivel equipo, sistema y buque.
- ✓ Costos de operación y mantenimiento.
- ✓ Información relacionada con tipos de equipos, modos y mecanismos de falla.

Así mismo, Borrás conceptúa que para la puesta en marcha de este concepto de mantenimiento existen cuatro puntos esenciales a los cuales se debe prestar atención si se quiere realizar un buen mantenimiento preventivo:

1. El estándar utilizado para definir una falla funcional, a su vez define el nivel de mantenimiento proactivo para evitar la falla.
2. En pro de ahorrar tiempo, energía y reducir costos, se definen los estándares de funcionamiento antes de que ocurra la falla.
3. Los estándares de funcionamiento para definir la falla deben estar establecidos por el personal de mantenimiento, personal operativo y/o cualquier otra persona que deba decir sobre el comportamiento del equipo, la instalación o los activos.
4. Las fallas es necesario que sean registradas en base a los estándares de funcionamiento ya mencionados y estas deben ser codificadas alfabéticamente.<sup>61</sup>

## **2.3 CRITICIDAD.**

Conociendo que las necesidades siempre superaran los recursos disponibles, es importante establecer una metodología de priorización de los activos dependiendo

---

<sup>61</sup> BORRAS. Carlos. Principios de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Escuela de ingeniería Mecánica Bucaramanga, p. 10.

las consecuencias de los efectos de su falla y así poder contar con referencias para la toma de decisiones con relación a los riesgos que se generan.

**2.3.1 Objetivo de la criticidad.** El objetivo de establecer el análisis de criticidad, es poder establecer de manera concertada y matemática con los involucrados para gestionar y hacer cumplir un propósito misional o operacional, la importancia de los sistemas y equipos que afectarían el propósito y sus consecuencias colaterales a la seguridad, medio ambiente y a su imagen.

Una priorización de los equipos acuerdo la Doctrina de Material Naval de la Armada Nacional, en su tomo III, capítulo III, sección B<sup>62</sup>, divide los equipos en tres grupos:

- ✓ Equipos o sistemas críticos. Son aquellos que al dejar de cumplir su función comprometen la seguridad de la tripulación y de la unidad.
- ✓ Equipos críticos o sistemas importantes. Son aquellos que al dejar de cumplir su función afectan la misión de la unidad, pero no comprometen la seguridad de la tripulación no de la unidad.
- ✓ Equipos o sistemas prescindibles. Son aquellos que disminuyen una capacidad de la unidad, afectan el bienestar, pero la consecuencia de sus fallas no afecta la supervivencia de la unidad y permite el término de la operación.

**2.3.2 Cálculo de la criticidad.** El cálculo matemático de la criticidad depende de dos variables, una variable está relacionada con la frecuencia de ocurrencia de la falla y la otra variable está relacionada con la consecuencia. Esta misma operación matemática, también es considerada como el cálculo del NPR (numero riesgo/probabilidad).

---

<sup>62</sup> Armada Nacional de Colombia. Doctrina Material Naval. Tomo III. Mantenimiento. p.92.

Para John Moubray, del resultado de esta operación, aquellos sistemas o equipos que tengan el número más alto, serán los activos que se deban evaluar primero y los de un número más bajo no se justifica un análisis detallado<sup>63</sup>.

**2.3.3 Variables para determinar la criticidad.** Según Silva Pedro y Orrego Juan, exponen que desde el punto de vista matemático la criticidad se puede expresar como:

- ✓ Criticidad = Frecuencia por Consecuencia.
- ✓ Consecuencia = (Impacto Operacional x Flexibilidad Operacional) + Costo Mantenimiento + Impacto Seguridad y Medio Ambiente)<sup>64</sup>.

Para los valores en cada una de las matrices anteriores, se tomó como referencia el documento Aprendizaje sin fronteras<sup>65</sup>.

---

<sup>63</sup> MOUBRAY. John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. México: Aladon, 2008, p. 284.

<sup>64</sup> SILVA. Eliseo – Orrego Juan. Confiabilidad en la Práctica. Colombia: Barranquilla/Medellín, 2014, p. 72.

<sup>65</sup> Aprendizaje sin fronteras. [Aprendizaje.virtual@pemex.com](mailto:Aprendizaje.virtual@pemex.com) p. 10 – 19.

### 3 RECOLECCIÓN DE DATOS.

Para dar cumplimiento al objetivo general de proponer la estandarización del plan de mantenimiento para establecer la criticidad de los equipos y a los objetivos específicos, relacionados con la gestión, seguimiento y control del mantenimiento, se realizó la recolección de datos durante visitas a las cuatro unidades tipo fragatas de la Armada Nacional (ARC Almirante Padilla, ARC. Caldas, ARC. Antioquia, ARC. Independiente).

Durante las visitas se interactuó con los tripulantes encargados de los diferentes equipos, con los supervisores y con los jefes de Divisiones encargados de la operación y el mantenimiento de los equipos, se visitó los sitios de ubicación de los equipos y adicionalmente se solicitó la información con la que se gestiona el mantenimiento en las unidades.

De las visitas a las cuatro unidades y de la evaluación de la información, se estableció como punto de partida lo siguientes:

1. Por ser de carácter estratégico los planes de mantenimiento de las armas (misiles y torpedos) y sistemas de armas (equipos de control de los misiles y torpedos), no se relacionaron en el listado de equipos y no hacen parte del trabajo.
2. Los equipos instalados a bordo son iguales. Lo anterior teniendo en cuenta la verificación en sitio efectuada y las funciones que cumplen las unidades a nivel general, a nivel grupo constructivo y los parámetros en lo que las cumplen. Por ejemplo, velocidad máxima de 27 nudos con los cuatro motores a máximas revoluciones.
3. Los formatos de gestión del mantenimiento son iguales para tres unidades y la cuarta unidad tiene los siguientes formatos diferentes:
  - Actividades y frecuencias de mantenimiento.
  - Instructivos de mantenimiento.

Por lo anterior, para continuar con la formulación de la propuesta, se tomó como referencia una de las tres fragatas que tienen los mismos formatos (ARC Almirante Padilla, ARC. Caldas y ARC. Antioquia), para el caso del estudio se seleccionó la ARC. Almirante Padilla y la segunda unidad que se analizará es la que cuenta con los formatos diferente (ARC. Independiente). A continuación, se relaciona la información obtenida en dos unidades tipo fragatas

### **3.1 UNIDAD 1.**

**3.1.1 Determinar el listado maestro de equipos instalados a bordo por grupos constructivos (sistemas funcionales).** No existe un documento que permita determinar el listado maestro, sin embargo, se tomó como referencia los equipos asignados a los cuatro departamentos (Figura 2), para posteriormente compararlos entre las unidades.

El listado de equipos abordo unidad 1, es: (ver anexo 8),

- ✓ Número total de equipos. 106.
- ✓ Número total de subequipos. 53.
- ✓ Número total de componentes. 48.
- ✓ Número total de partes mantenibles. 20.

y este fue tomado de los anexos 1,2,3,4,5,6 y 7.

**3.1.2 Determinar equipos cargados y codificados en el módulo de mantenimiento SILOG.** No existe un documento que me permita conocer cuál es el listado de equipos ingresados al módulo SILOG, así mismo no existe un cargo que tenga la responsabilidad de validar si los equipos ingresados al módulo son los que realmente aportan a la función del buque y que hayan sido avalados en el numeral 1 (listado de equipos a bordo).

El listado de equipos cargados y codificados en el módulo SILOG de la unidad 1, es: (ver anexo 9).

- ✓ Número total de equipos. 179.
- ✓ Número total de subequipos. 58.
- ✓ Número total de componentes. 72.
- ✓ Número total de partes mantenibles. 75

y este fue tomado de los anexos 1,2,3,4,5,6 y 7.

**3.1.3 Determinar que equipos cuentan con tarjeta maestra de datos. (índice de maquinaria).** Este formato es llenado en forma escrita (ver anexo 10) y en el módulo de mantenimiento. La información registrada en el formato escrito, no tiene el mismo alcance de información que la cargada en el módulo del SILOG. En el formato escrito se carga información de localización del equipo, técnica y contacto del fabricante.

En el módulo de mantenimiento del SILOG, dependiendo el tipo de equipo, se carga información de localización, contacto y la información técnica relacionada con el tipo de equipo, por ejemplo: equipos rotativos, equipos estáticos, equipos eléctricos, equipos de control, equipos de navegación y equipos de armamento.

Adicional a lo anterior, no se tiene la referencia del listado de equipo, por lo que se desconoce si los equipos cargados en el formato escrito o el módulo de mantenimiento del SILOG corresponden a la totalidad de los equipos.

El listado de equipos con tarjeta maestra de datos de la unidad 1 es de 71 equipos. (ver anexo 11), y este fue tomado de los anexos 1,2,3,4,5,6 y 7.

**3.1.4 Determinar que equipos cuentan con historial.** Como en el anterior punto, este formato es llenado en un formato de forma escrita y en el módulo de mantenimiento del SILOG.

La información cargada en el módulo de mantenimiento contempla las fechas de parada del equipo por avería, fecha de puesta en servicio y la información relacionada con modos de fallas y mecanismos de falla, al igual que la planeación de la actividad del mantenimiento.

El listado de equipos con historial en la unidad 1 es de 401 equipos. (ver anexo 12) y este fue tomado de los anexos 1,2,3,4,5,6 y 7.

Así mismo, el registro escrito es llenado en el formato de historial código MANT-FT-821-JEMAN. (ver anexo 13).

**3.1.5 Determinar los equipos incluidos en el plan maestro de mantenimiento.** Las actividades de mantenimiento preventivo relacionadas a los equipos, contemplan las cuatro actividades básicas de un plan de mantenimiento preventivo, y sus frecuencias de mantenimientos están por día, por semana, por quincena, mensual, trimestral, anual y por horas de servicio. Sin embargo, al no contar con el listado de equipos y su taxonomía, no es posible determinar si la totalidad de equipos está incluido en el plan.

Para el cargue en la plataforma de mantenimiento del SILOG, se utiliza un formato denominado hoja de ruta, en el cual se relacionan las actividades de mantenimiento de los equipos y subequipos establecidos. Sin embargo, igual que en el punto anterior, no es posible determinar si las hojas de ruta cargadas, cubren la totalidad de los equipos de abordó.

El listado de equipos incluidos en el plan de mantenimiento es de 300. (ver anexo 14), y este fue tomado de los anexos 1,2,3,4,5,6 y 7.

**3.1.6 Determinar que equipos tienen instructivos de mantenimiento están establecidos.** La Armada Nacional maneja 09 instructivos de mantenimientos relacionados en las siguientes tarjetas:

- Tarjeta 00. Presentación del sistema.  
En esta tarjeta describe de manera general la operación del sistema y de los equipos.
- Tarjeta 01. Búsqueda de falla.  
Describe las posibles fallas que se presentan en los equipos, su posible causa y su posible solución.
- Tarjeta 02. De mantenimiento.  
Describe las actividades que permite evaluar la condición básica del equipo a través de actividades de inspección visual, escucha de ruidos, limpieza, ajuste de correas, cambio de indicadores luminosos, lubricación. Relaciona las precauciones de seguridad, equipos y herramientas y el procedimiento
- Tarjeta 03. De reparaciones.  
Describe las actividades para el remplazo de componentes, relaciona las precauciones de seguridad, equipos y herramientas y el procedimiento.
- Tarjeta 04. Plan de lubricación.  
Describe las diferentes marcas que se pueden utilizar en la lubricación del equipo.
- Tarjeta 05. De repuestos.  
Relaciona las partes y sus números en un equipo.
- Tarjeta 06. De herramienta.  
Relaciona la herramienta que se debe utilizar en la actividad de mantenimiento.
- Tarjeta 10. De operación.

En esta tarjeta se relaciona las actividades de verificación previas al arranque, las actividades para arrancarlo, las actividades de verificación posterior al arranque, los parámetros de operación y la parada del equipo.

- Tarjeta 20. De ajuste.

Relaciona los ajustes requeridos para el funcionamiento del equipo.

El listado de equipos con instructivos de mantenimiento es de 351. (ver anexo 15), y este fue tomado de los anexos 1,2,3,4,5,6 y 7.

**3.1.7 Determinar los formatos utilizados para la programación del mantenimiento.** La programación del mantenimiento se estructura con base en la relación de actividades de mantenimientos del numeral 3.1.5 (Actividades y frecuencias de mantenimiento), del que se deriva un plan anual, trimestral, mensual y semanal de programación de actividades.

Las actividades de mantenimiento, dependiendo del nivel de complejidad, son realizadas hasta un nivel III de mantenimiento por los operadores que son los mismos mantenedores de los equipos y los recursos y el tiempo requerido son suministrados por el jefe del departamento (dependencia) al que esta asignado el equipo.

La propuesta de la programación del mantenimiento se basa en los siguientes formatos:

- ✓ Programación plan de mantenimiento anual.

En este formato se relacionan los siguientes datos: centro de trabajo, el responsable, el año, los trimestres, el grupo constructivo, el nombre del equipo, sub equipo, componente, parte mantenible y la frecuencia del mantenimiento.

- ✓ Programación plan de mantenimiento trimestral.

En este formato se relacionan los siguientes datos: centro de trabajo, el responsable, el año, el trimestre, las semanas, el grupo constructivo, el nombre

del equipo, sub equipo, componente, parte mantenible y la frecuencia del mantenimiento.

- ✓ Programación plan de mantenimiento semanal.

En este formato como complemento a lo anterior, se relaciona el responsable de la actividad y en los casos necesarios, la tarjeta de mantenimiento que explica el “como” realizar la actividad y los recursos requeridos para hacerla.

- ✓ Programación tareas semanal.

En este formato se relacionan aquellas actividades que son necesarias para conservar la condición básica del equipo, pero que no estaban contempladas en el plan de mantenimiento para la semana correspondiente.

- ✓ Programación fallas imprevistas. (formato informe de averías).

Es el formato en el cual se registran las averías, contiene información general del equipo, identificación del equipo o sistema, estado del buque cuando ocurrió la avería, criticidad, avería y efecto, naturaleza de la avería, diagnóstico, acción tomada para corregir y prevenir la avería, conclusiones y recomendaciones.

**3.1.8 Determinar a qué equipos se les efectúa rutina básica de mantenimiento preventivo.** Los registros de los equipos relacionados a continuación, son considerados como una rutina básica de mantenimiento, por que los datos con los cuales son llenados los formatos, se toman cada hora por un tripulante de guardia, quien tiene la función de evaluar el estado y operación del equipo en relación a:

- ✓ Limpieza. (polvo, aceite, escapes de fluidos).
- ✓ Inspección física. (que no tenga objetos extraños que afecten su operación, puntos de posibles escapes que estén contaminando el equipo y que afecten los niveles de fluidos, efectos de pérdida de fluidos sobre otros equipos o riesgos de accidentes o incendios).
- ✓ Inspección de operación. (vibraciones, ruidos, olores, parámetros de operación de presiones, temperaturas, revoluciones).

- ✓ Relleno de líquidos en caso de ser necesario.

Los registros son:

- ✓ Grupo 200. Planta propulsora.
  - Registro operación motores propulsores.
  - Registro operación Engranajes.
- ✓ Grupo 300. Planta eléctrica.
  - Registro operación de plantas eléctricas.
- ✓ Grupo 500. Sistemas auxiliares.
  - Registro de plantas aire acondicionado.
  - Registro operación grupos de aire.
- ✓ Grupo 600. Habitabilidad y equipo.
  - Control diario sistema cathelco.

## **3.2 UNIDAD 2.**

**3.2.1 Determinar el listado maestro de equipos instalados a bordo por grupos constructivos (sistemas funcionales).** Igual que la unidad 1, no cuenta con un formato que relacione el listado de equipo. El listado de equipos abordo unidad 2, es: (ver anexo 16).

- ✓ Número total de equipos. 132.
- ✓ Número total de subequipos. 51.
- ✓ Número total de componentes. 40.
- ✓ Número total de partes mantenibles. 17.

y este fue tomado de los anexos 1,2,3,4,5,6 y 7.

**3.2.2 Determinar equipos cargados y codificados en el módulo de mantenimiento del SILOG.** Igual que la unidad 1, no cuenta con un formato que relacione los equipos cargados y codificados del módulo mantenimiento del SILOG.

El listado de equipos cargados y codificados en el módulo SILOG de la unidad 2, es: (ver anexo 17).

- ✓ Número total de equipos.174.
- ✓ Número total de subequipos. 58.
- ✓ Número total de componentes. 63.
- ✓ Número total de partes mantenibles. 49.

y este fue tomado de los anexos 1,2,3,4,5,6 y 7.

**3.2.3 Determinar que equipos cuentan con tarjeta maestra de datos. (índice de maquinaria).** Igual que la unidad 1, la información es cargada en formato escrito y en el módulo de mantenimiento del SILOG. El listado de equipos con tarjeta maestra de datos de la unidad 2 es de 235 equipos. (ver anexo 18), y este fue tomado de los anexos 1,2,3,4,5,6 y 7.

**3.2.4 Determinar que equipos cuentan con historial.** Igual que en la unidad 1, los historiales de los equipos son llenados en formato escrito y en el módulo de mantenimiento del SILOG.

El listado de equipos con historial en la unidad 1 es de 353 equipos. (ver anexo 19), y este fue tomado de los anexos 1,2,3,4,5,6 y 7.

Así mismo el registro escrito, es llenado en el formato de historial código MANT-FT-821-JEMAN. (ver anexo 13).

**3.2.5 Determinar los equipos incluidos en el plan maestro de mantenimiento.** Las actividades de mantenimiento se basan en las actividades de un plan de mantenimiento preventivo igual que en la unidad, así mismo para el cargue de la información en el módulo de mantenimiento del SILOG se utiliza el formato denominado Hoja de Ruta.

El listado de equipos incluidos en el plan de mantenimiento es de 672. (ver anexo 20), y este fue tomado de los anexos 1,2,3,4,5,6 y 7.

### **3.2.6 Determinar cuáles instructivos de mantenimiento están establecidos.**

El tipo de instructivos llevados son igual a los de la unidad 1. El listado de equipos con instructivos de mantenimiento es de 107. (ver anexo 21), y este fue tomado de los anexos 1,2,3,4,5,6 y 7.

**3.2.7 Determinar los formatos utilizados para la programación del mantenimiento.** Para la programación del mantenimiento se utilizan los mismos formatos de la unidad 1.

- ✓ Formato `plan de mantenimiento Anual - trimestral.
- ✓ Formato plan de mantenimiento semanal.
- ✓ Formato de trabajos semanales.
- ✓ Formato registro trabajos diarios.
- ✓ Formato reporte avance trabajos.
- ✓ Formato informe de avería.

**3.2.8 Determinar a que equipos se les efectúa rutina básica de mantenimiento preventivo.** Las rutinas básicas de mantenimiento, se les efectúa a los mismos equipos de la unidad 1. Las rutinas son:

- ✓ Grupo 200. Planta propulsora.
  - Registro operación motores propulsores.
  - Registro operación Engranajes.
  - Registro operación Hélices.
  
- ✓ Grupo 300. Planta eléctrica.
  - Registro operación de plantas eléctricas.
  
- ✓ Grupo 500. Sistemas auxiliares.

- Registro de plantas aire acondicionado.

## **4 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.**

Una vez obtenidos los datos en las dos unidades objeto del estudio la ARC Almirante Padilla y la ARC Independiente, se procedió a comparar la información con base en los puntos relacionados a continuación:

### **4.1 LISTADO MAESTRO DE EQUIPOS INSTALADOS A BORDO DE LA UNIDAD 1 Y DE LA UNIDAD 2 POR GRUPOS CONSTRUCTIVOS.**

Una vez verificado el número de equipos existente por cada unidad, se procedió a compararlos para establecer la diferencia entre el listado de equipos, sub equipos, componentes y partes mantenibles entre ambas unidades, evidenciando las siguientes diferencias: (ver anexo 22).

- ✓ Diferencia en número de equipos: 26.
- ✓ Diferencia en número de subequipos: 2.
- ✓ Diferencia en número de componentes: 8.
- ✓ Diferencia en número de partes mantenibles: 3.
- ✓ Total equipos, sub-equipos, componentes y partes mantenibles relacionados en listado de equipos, unidad 1. 227.
- ✓ Total equipos, sub-equipos, componentes y partes mantenibles relacionados en listado de equipos, unidad 2. 240.

### **4.2 EQUIPOS CODIFICADOS A BORDO DE LA UNIDAD 1 Y DE LA UNIDAD 2 EN EL MÓDULO SILOG.**

Como resultado de la comparación entre cada uno de los equipos, sub equipos, componentes y partes mantenibles, se evidencio las siguientes diferencias en los equipos codificados: (ver anexo 23).

- ✓ Diferencia en número de equipos: 22.
- ✓ Diferencia en número de subequipos: 0.

- ✓ Diferencia en número de componentes: 9.
- ✓ Diferencia en número de partes mantenibles: 26.
- ✓ Total equipos, sub-equipos, componentes y partes mantenibles relacionados en listado de quipos, unidad 1: 384.
- ✓ Total equipos, sub-equipos, componentes y partes mantenibles relacionados en listado de quipos, unidad 2: 327.

#### **4.3 EQUIPOS CON TARJETAS MAESTRAS DE DATOS A BORDO DE LA UNIDAD 1 Y DE LA UNIDAD 2 Y EL TIPO DE FORMATO QUE UTILIZAN. (ÍNDICE DE MAQUINARIA).**

Como resultado del ejercicio se evidencio las siguientes diferencias: (ver anexo 24).

- ✓ Total equipos con índice de maquinaria unidad 1. 71.
- ✓ Total equipos con índice de maquinaria unidad 2. 172.

El formato utilizado para registrar los datos maestros de los equipos es el mismo para ambas unidades. (ver anexo K).

#### **4.4 EQUIPOS QUE CUENTAN CON HISTORIAL A BORDO DE LA UNIDAD 1 Y DE LA UNIDAD 2 Y EL TIPO DE FORMATO QUE UTILIZAN.**

Adicional al formato escrito (ver anexo 25), también se lleva la información en el módulo de mantenimiento SILOG, con base en los equipos cargados acuerdo el ítem 4.2.

- ✓ Total equipos con historial unidad 1. 401.
- ✓ Total equipos con historial unidad 2. 353.

#### **4.5 EQUIPOS RELACIONADOS EN EL PLAN MAESTRO DE MANTENIMIENTO A BORDO DE LA UNIDAD 1 Y DE LA UNIDAD 2.**

El total de equipos relacionados en el plan maestro de mantenimiento de cada unidad se reacciona a continuación: (ver anexo 26).

- ✓ Total equipos incluidos en el plan maestro de mantenimiento unidad 1. 300.
- ✓ Total equipos incluidos en el plan maestro de mantenimiento unidad 2. 672.

#### **4.6 EQUIPOS CON INSTRUCTIVOS DE MANTENIMIENTO A BORDO DE LA UNIDAD 1 Y DE LA UNIDAD 2 Y EL TIPO DE FORMATO QUE UTILIZAN.**

El total de equipos con instructivos de mantenimiento de cada unidad se reacciona a continuación: (ver anexo 27).

- ✓ Total equipos con instructivos de mantenimiento unidad 1. 327.
- ✓ Total equipos con instructivos de mantenimiento unidad 2. 107.

#### **4.7 FORMATOS UTILIZADOS PARA LA PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO A BORDO DE LA UNIDAD 1 Y DE LA UNIDAD 2.**

Los formatos de mantenimientos en los que se programa el mantenimiento son iguales para ambas unidades, acuerdo lo relacionado en los numerales 3.1.7 y 3.2.7.

#### **4.8 EQUIPOS CON RUTINAS BÁSICA DE MANTENIMIENTO A BORDO DE LA UNIDAD 1 Y DE LA UNIDAD 2.**

Los formatos de rutina básica de mantenimiento para los equipos relacionados en el numeral 3.1.8 y 3.2.8, son iguales para ambas unidades.

## 5 PROPUESTA DE ESTANDARIZACIÓN.

La propuesta de estandarización contemplara los siguientes aspectos:

1. Los equipos, sub equipos, componentes y partes mantenibles que se deben considerar en las unidades. (ver anexos 1,2,3,4,5,6 y 7.).
2. Un formato que discrimine los equipos, sub equipos, componentes y partes mantenibles, con el propósito que se les asigne un código del SILOG y los equipos y sub equipos, tendrán de manera adicional un numero de ubicación en el buque y los documentos como planos.
3. Con base en la cantidad de equipos establecidos, se estructura un formato para los datos maestros (índice de maquinaria), que contenga la información logística y técnica del equipo.
4. Con base en la cantidad de equipos establecidos, se estructurará un formato de historial que contenga información que alimente a los indicadores de confiabilidad, mantenibilidad, costos y los procesos de análisis causa raíz, establecidos en el módulo de mantenimiento SAP - SILOG.
5. Con base en la cantidad de equipos establecidos, se determinará la diferencia entre los equipos que cuentan con actividades de mantenimiento y cuales no están relacionados. Adicionalmente se propondrán las actividades básicas y su secuencia.
6. Con base en la cantidad de equipos establecidos, se propondrá que instructivos de mantenimientos se deben llevar por las actividades de mantenimiento relacionadas para los equipos. Adicionalmente se evaluarán los formatos establecidos.
7. Se propondrá continuar con los formatos de programación establecidos.
8. Se propondrá continuar con los formatos de rutina básica de mantenimiento.
9. Con base en los equipos establecidos, se establecerá la criticidad para una condición de operación particular.

## 5.1 PROPUESTA DEL LISTADO MAESTRO DE EQUIPOS POR GRUPOS CONSTRUCTIVOS. (SISTEMAS FUNCIONALES).

Para el inventario de equipo, se tuvo en cuenta los siguientes conceptos:

- ✓ Equipos que hicieran parte de la plataforma<sup>66</sup>.
- ✓ Equipos que aportarán valor a la función de los sistemas relacionados en los grupos constructivos.
- ✓ De función y no de equipos de manera aislada.
- ✓ De taxonomía en relación a sub división de equipos, componentes y partes mantenibles relacionados en la norma ISO 14224 versión 2009.
- ✓ De fronteras relacionados en la norma ISO 14224 versión 2009.
- ✓ Elementos de monitoreo. Termómetro, manómetro, indicador de revoluciones, voltímetro, amperímetro, frecuencímetro, sensor de nivel, sensor de asilamiento, sensor de vibraciones, flujo metro, serán considerados como partes mantenibles.
- ✓ Elementos de protección. Presostato, termostato, fusibles, contactores, guarda motores, interruptores, serán considerados como partes mantenibles.
- ✓ Los equipos relacionados se agrupan en los grupos constructivos teniendo como referencia la función que cumplan los equipos y no al equipo per se.

Con base en lo anterior se establecieron dos objetivos:

1. Identificar los equipos, subequipos, componentes y partes mantenibles que hacen parte de los grupos y subgrupos constructivos. (ver anexos 1,2,3,4,5,6 y 7.).

Tabla 12. Numero de equipos, sub equipos, componentes y partes mantenibles propuestos para la estandarización de los equipos en el plan de mantenimiento de las fragatas.

---

<sup>66</sup> Plataforma. Es el buque en si. Plataforma flotante.

Grupo Constructivo	Equipos.	Sub – equipo.	Componente.	Parte Mantenible.
Grupo 100.	00	00	04	81
Grupo 200.	24	40	212	323
Grupo 300.	33	09	105	254
Grupo 400.	51	09	23	25
Grupo 500.	84	45	320	605
Grupo 600.	47	01	08	31
Grupo 700.	03	06	08	12
Total.	242	110	680	1331

Fuente. Autor trabajo.

2. Establecer el formato que permita relacionar los equipos, sub equipos, componentes y partes mantenibles, con el propósito de concertar los elementos sobre los cuales se realizará la gestión del mantenimiento. (ver anexo 28).

## 5.2 PROPUESTA FORMATO PARA LA CODIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS.

La marcación de los equipos a bordo de las unidades de la Armada Nacional lo identifican una serie de números y letras que se discriminan a continuación:

Compartimento<sup>67</sup> o Equipo 2-25-2-L.

La anterior designación tiene el siguiente significado:

- ✓ El primer número (2). Significa la cubierta<sup>68</sup> en la que está ubicado el equipo.

<sup>67</sup> Compartimento. Son cada uno de los espacios del buque donde se desarrolla una actividad específica.

<sup>68</sup> Cubierta. Son las diferentes superficies "pisos" que tiene un buque desde su quilla hacia arriba.

puede variar dependiendo de lo siguiente: la cubierta principal se denomina cubierta 1, las cubiertas que estén hacia abajo se denominaran en su orden, cubierta 2, cubierta 3, cubierta 4 y así sucesivamente hasta llegar a la quilla<sup>69</sup>; las cubiertas por encima de la cubierta principal se denominaran cubierta 01, cubierta 02, cubierta 03 y así sucesivamente.

- ✓ El segundo número (25). Significa la cuaderna<sup>70</sup> mas próxima hacia proa<sup>71</sup> de donde se ubica el equipo.
- ✓ El tercer número (2). Es el costado del buque. Cuando el equipo está ubicado a estribor<sup>72</sup> se designa con el número 1, cuando está ubicado en la línea de crujía<sup>73</sup> se denomina con el número 0 y cuando eta ubicado a babor<sup>74</sup> se denomina con el número 2.
- ✓ La letra hace referencia a la actividad que se desempeña en el compartimento, como se relaciona a continuación:
  - A. Almacenes.
  - C. Áreas de control y maquinaria normalmente tripuladas.
  - F. Tanques de combustible.
  - J. Tanques de combustible para el helicóptero.
  - K. Almacenamiento de material químico inflamable diferente a combustible, gasolina y aceite.
  - L. Áreas de alojamientos permanentes como camarotes, baños pasillos y enfermería.
  - M. Santabárbaras y cuartos de listos.
  - Q. Misceláneos, cocina, pantry y cantina.
  - T. Accesos verticales como escaleras.
  - V. Espacios libres.

---

<sup>69</sup> Quilla. La quilla es el elemento central del fondo del buque, la cual contribuye sustancialmente a la resistencia longitudinal, al mismo tiempo que es un elemento básico de distribución de esfuerzos locales causados durante la construcción del buque, ya que ha de soportar prácticamente la totalidad del peso del mismo.

<sup>70</sup> Cuaderna. Son elementos de soporte del costado, situados según secciones transversales que tienen. Como función, contribuir a la resistencia transversal del buque, aumenta la esbeltez el costado para evitar el pandeo del buque. Las cuadernas junto con la quilla, las cubiertas hacen parte de los elementos que le dan resistencia al casco del buque.

<sup>71</sup> Proa. Es la parte delantera del buque, es la parte que corta el agua cuando el buque esta navegando.

<sup>72</sup> Estribor. Es la parte derecha de un buque.

<sup>73</sup> Línea de crujía. Es la línea central que divide al buque de proa a popa en dos secciones completamente iguales.

<sup>74</sup> Babor. Es la parte izquierda del buque.

- W. Espacios de reserva de flotabilidad, tanques de agua.

Sin embargo, en relación al módulo de mantenimiento, es necesario no solo identificar al equipo y sub equipo, si no, también necesario la identificación del componente y parte mantenibles, por lo que una vez ingresados al sistema de información, acuerdo nombres relacionados en los anexos 1,2,3,4,5,6 y 7. por grupos constructivos, se asignara en automático el número de identificación.

Sin embargo, con el propósito de mantener la trazabilidad entre la nomenclatura a bordo de los buques y la plataforma de mantenimiento, los equipos y subequipos codificados con la nomenclatura internacional para buques, se relacionarán con el número de identificación único arrojado por el SILOG, anexo 29, con los siguientes propósitos:

- ✓ Hacer una correlación entre la ubicación del equipo a bordo de la unidad y la ubicación en el sistema de información.
- ✓ Hacer la ubicación en los planos esquemáticos de la unidad.
- ✓ Poder conocer el historial de los equipos, cuando se este efectuando la lectura de planos.

### **5.3 PROPUESTA FORMATO DE LA TARJETA MAESTRA DE DATOS (ÍNDICE DE MAQUINARIA).**

Con base en la cantidad de equipos relacionados en el ítem 5.2, se actualizará la tarjeta maestra de datos, que deberá contener la siguiente información: (ver anexo 30).

- ✓ Información general de la empresa.  
Fuerza y unidad a la que pertenece.
- ✓ Identificación del equipo.  
Nombre, grupo constructivo, sub grupo constructivo, numero de ubicación, numero identificación SILOG, tipo de equipo y denominación tipo de equipo.

- ✓ Características generales del equipo.
  - Marca, modelo, serie, año de fabricación, año de instalación, manuales y planos disponibles.
- ✓ Información comercial.
  - Teléfono y dirección e-mail del representante y proveedor.
- ✓ Características operativas.
  - Dimensiones y peso.
- ✓ Requerimientos para operar.
  - Salida del equipo.
  - Entradas del equipo.
  - Parámetros de operación. (máximos y mínimos).
- ✓ Información adicional.
  - Características de subequipos que aporten al cumplimiento de la función.

La creación de la tarjeta maestra de datos, tendrá como insumo la norma ISO 14224 y la doctrina de material naval Tomo I – Generalidades – Capitulo III documentación<sup>75</sup>, con el propósito de conocer las características técnicas de los siguientes equipos:

- ✓ Motores de combustión interna. Se debe relacionar la siguiente información:
  - Características generales: Perfil operacional y tipo de aplicación. (marina o terrestre).
  - Salida del equipo. potencia entregada en la volante, sentido de giro.
  - Entrada del equipo. Tipo de refrigeración, capacidad de aceite para cambio, capacidad de agua de refrigeración, capacidad de agua de refrigeración del aire de sobrealimentación, presión máxima de combustible, consumo aire de arranque.
  - Parámetros de operación. (máximos y mínimos). Temperatura máxima de aceite, temperatura gases escape después cilindros, temperatura gases de escape después del turbo alimentador, consumo de aceite después de un

---

<sup>75</sup> Armada Nacional. Doctrina de Material Naval. Tomo I. Mantenimiento. p. 205 -219.

tiempo de 100 horas de servicio continuo, consumo de combustible en la gama de servicio principal y según la carga.

✓ Ejes de propulsión.

Longitud total en metros, número de secciones; longitud y diámetro de cada sección en metros; clase de material; esfuerzo de torque nominal; thrust rating; SHP<sup>76</sup>; RPM máximas.

✓ Cojinetes y chumaceras.

SHP de diseño, rpm de diseño, diámetro exterior en cm, diámetro interior en cm, tipo, superficie de fricción en cm<sup>2</sup>, clase de lubricación y/o refrigeración.

✓ Hélices.

Tipo, número de aspas, diámetro exterior de la hélice en centímetros, peso de la hélice en kilogramos, clase de material usado, paso máximo de la hélice en centímetros, diámetro mayor del cono en centímetros, diámetro menor del cono en centímetros, longitud del cono en centímetros, dirección de rotación de la hélice.

✓ Purificador.

Rango de capacidad (litros por hora) a la temperatura de trabajo en °C, conexiones de entrada: diámetro exterior en centímetros, diámetro interior en centímetros, conexiones de salida: diámetro exterior en centímetros, diámetro interior en centímetros, presión de succión en kg/cm<sup>2</sup>, presión de descarga en kg/cm<sup>2</sup>, con o sin bombas de succión y descarga, potencia motor (Hp) y características corrientes eléctrica (DC, AC, fases, ciclos y voltaje).

✓ Filtros. (lubricante – combustible).

Conexiones de entrada y salida: diámetro exterior en centímetros, diámetro interior en centímetros; tipo del elemento o medio filtrante, de auto limpieza, magnéticos, número de etapas, capacidad en litros por hora.

✓ Generadores eléctricos.

---

<sup>76</sup> SHP. Shaft Horse power. Potencia en el eje.

Sistema de impulsión, disposición, tipo de enfriamiento, temperatura ambiente, KVA, factor de potencia, voltios, fases, ciclos, rpm, ratas de sobrecarga (porcentajes y tiempos), excitatriz: tipo, rata, kw, voltios, amperios, rpm, vatios del calentador eléctrico, tipo de conexiones para obtener diferentes voltajes, conexiones para obtener diferentes voltajes, clase de aislamiento, otras características: tipo de regulador de voltaje, tipo de protección térmica por sobrecarga, tipo de acoplamiento, tipo de amortiguación, sentido de rotación, detectores de tierra, tipo de escobillas, generación de corriente continua

✓ Motores eléctricos.

Disposición, Hp rating, Kw rating, tipo de corriente (AC o DC), grado de protección, características de corriente: voltios, amperaje arranque, amperaje en marcha, rpm, torque de arranque, temperatura ambiente; máxima temperatura de trabajo; clase de trabajo; tipos de rodamiento y referencia; tipo de enfriamiento; aparato de control; conectado a; fusible de protección; diámetro del eje en centímetros; tipo de acople.

✓ Tableros eléctricos.

Dimensiones en metros (AxBxC), clase de material, (acabados y calibres), aparatos de medición y control (descripción y rango), número de circuitos, características del barraje (cada barra: clase de material, dimensiones, voltios, fases, tipo de corriente), interruptores conectados a cada barra, capacidad de fusibles para cada circuito, luces piloto, otras características. Características de los cortacircuitos principales: tipo de corriente, voltaje, amperaje, tipo de relé de sobrecarga, tipo de seguro de disparo.

✓ Transformador.

Dimensiones, frecuencia, potencia de diseño, factor de potencia, grado de protección, eficiencia, designación de clase térmica, numero de fases, nivel de aislamiento, conector de transformador trifásico, KVA rating, voltaje primario, amperaje primario, voltaje secundario, amperaje secundario, montaje; protección antichoque, aparato de control conectado, fusible de protección, tipo de conexión.

- ✓ UPS. Aplicación, voltaje de entrada al sistema, frecuencia de entrada, número de fases de voltaje de entrada, variación de voltaje, variación de frecuencia, voltaje de salida sistema, frecuencia de salida, número de fases de voltaje de salida, factor de carga y potencia de salida clasificado, grado de protección, temperatura ambiente, método de enfriamiento.
- ✓ Ventiladores.  
 Tipo de impulsión, tipo ventilador, capacidad nominal en  $\text{mts}^3$  a presión estática (PS) en centímetros de agua; capacidad máxima en  $\text{mts}^3$  a presión estática (PE) en centímetros de agua; rpm nominal, rpm máxima, Hp nominal, Hp máxima, sentido de rotación, disposición del montaje: vertical, horizontal, conexiones de entrada y salida (dimensiones sección transversal), material: aspas, carcasa, dimensiones de las partes principales.
- ✓ Plantas de refrigeración.
  - Capacidad en Btu/hrs, dimensiones interiores en centímetros (AxBxC), rangos de temperatura, clase de refrigerante, tipo de aislamiento y espesores de pared, tipo de acabado de las puertas exteriores e interiores.
  - Unidad condensadora Características de motores eléctricos, características de ventilador (s), características del compresor, características del evaporador: dimensiones, clase de tubería, número de aletas por centímetro, eliminadores de vibración, litros de humedad, visores de líquido, presostatos, separadores, etc.
  - Evaporador Tipo, dimensiones, clase de tubería, clase y número de aletas por centímetro, control termostático, válvula de expansión, número y característica del ventilador (s), potencia de resistencias de congelación, reloj programador.
- ✓ Compresor de aire.  
 Clasificación: alta presión, media presión, baja presión, tipo de impulsor, disposición, capacidad en  $\text{mts}^3/\text{minuto}$  a las condiciones de presión y

temperatura normales, rpm, potencia en Hp, diámetro en centímetros, presión de entrada en Kg/cm<sup>2</sup>, presión de salida en Kg/cm<sup>2</sup>; tipo de filtro para entrada de aire, interenfriador entre cada etapa, regulación: automática, manual, etc., tanque de almacenamiento: capacidad en mts<sup>3</sup>, dimensiones en metros, material, accesorios, conexiones de entrada y salida (tipos de unión y diámetros en centímetros).

✓ Bombas.

Tipo de la bomba, potencia, tipo de impulsión, capacidad (LPM), presión dinámica (Kg/cm<sup>2</sup>), cabeza de presión (mts), rpm o ciclos, montaje (horizontal, vertical), número de etapas, tipo de bridas y diámetros interiores de succión y descarga (cm), sentido de rotación, clases de material: carcasa, impulsor, eje, fluido a bombear, tipo de acople entre bomba e impulsor, diámetro eje bomba en centímetros, tipo impulsor: número de aspas, álabes o elementos, dimensiones en centímetros, características de sellos y cojinetes.

✓ Tuberías.

Dimensiones: diámetros exterior e interior en centímetros, longitud total y efectiva en metros, material, clasificación: ASTM, DIN, grosor o Schedule, tipo y características del fluido que conduzca: agua salada, ácidos, vapor a las condiciones de caudal, presión, temperatura etc., tipo de conexión: diámetro exterior e interior en centímetros, soldada, roscada.

✓ Válvulas.

Clasificación: retención, compuerta, globo etc., tipo de operación: local, remonta, de accionamiento rápido, de disparo etc., función: reguladora de flujo, reguladora de presión, de estrangulamiento, de expansión, etc., presión de trabajo o condiciones específicas de temperatura, fluido que regula, dimensiones en centímetros: del volante, de las conexiones de entrada y salida, del vástago, del cuerpo de la válvula, etc., material: del cuerpo de la válvula, asientos, vástagos, obturadores.

✓ Intercambiadores de calor.

Posición, tipo de soporte, rata de circulación de agua en LPM, área de condensación en mts<sup>2</sup>; tubos: diámetro exterior en centímetros, diámetro interior en centímetros, longitud efectiva en metros, longitud total en metros, material, con o sin costura, cantidad total, espesor placa tubular en centímetros, material de las placas tubulares, vacío, material de la carcasa, agua circulación en centímetros, diámetro salida agua circulación en centímetros, mangas de expansión: tipo, material, dimensiones en centímetros, peso en kilogramos, tamaño (cm) y número de zinqués.

✓ Desalinizadora.

Capacidad nominal en litros por cada 24 horas, número de calentadores eléctricos, consumo en vatios de cada calentador.

✓ Cabrestante.

Tipo de impulsión, capstan head; shaft mounting, rango de velocidad para cobrar en metros por minuto, capacidad de levante en kilos, diámetros mínimos y máximo del tambor y su longitud en centímetros, diámetro del eje del tambor en centímetros, tipo de freno, cadena: longitud total en metros, tamaño de los eslabones.

✓ Winche.

Tipo de impulsión, rango de velocidad para cobrar en metros por minuto, capacidad de levante en kilos, cantidad de tambores, diámetros mínimo y máximo de los tambores y longitud en centímetros, diámetro del eje del tambor en centímetros, tipo de control de operación, guayas: diámetros en centímetros, longitud en metros, materiales, si el medio de impulsión es eléctrico: características de la corriente de los motores.

✓ Grúa. Tipo de accionador, altura máxima total, extensión de la pluma principal, altura del armazón, ángulo mínimo de la pluma, ángulo máximo de la pluma, tipo de rodamiento de giro, medio de operación hidráulica, presión de operación hidráulica, peso total equipo, peso total pluma, carga de trabajo segura (SWL), giro máximo de operación, momento máximo (toneladas-metro), sistema de

protección automática contra sobrecarga, sistema de protección manual sobrecargas.

✓ Equipos cocina.

○ Estufa Eléctrica

Cantidad y datos de las resistencias de platos como: potencia, voltaje, A.C. etc., tipos de interruptores de varios colores, resistencias del horno, termóstatos, luces piloto, datos de la plancha asadora.

○ Marmitas de vapor o eléctricas

Tamaño; capacidad en litros; material: clase y calibre; manómetros; termómetros; trampas de humedad; válvulas de seguridad; Presión de disparo y trabajo en kg/cm<sup>2</sup>, dimensiones acometidas en centímetros, potencia; clase de aceite del baño de las resistencias.

○ Hornos

Número de cavidades, tamaño de las cavidades, potencia de las resistencias, termóstatos, acabado exterior, capacidad.

✓ Lavadora.

Tamaño, capacidad en kilogramos de ropa seca por libra, fluido que requiera para lavar (vapor, agua fría, agua caliente; dimensiones de las acometidas de estos fluidos), número y potencia en Kw de los motores eléctricos, sistema de amortiguación, seguros de operación, sistema de operación: manual, automática, materiales de las partes en contacto con agua.

✓ Secadora.

Tamaño, capacidad en kilogramos de ropa por hora, consumo en vatios de las resistencias, consumo en Kw de los motores eléctricos, sistema de secamiento: eléctrico, a vapor, gas etc.

#### **5.4 PROPUESTA DEL FORMATO HISTORIAL DE EQUIPOS.**

Con el fin de capturar los datos requeridos para evaluar la disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad, costos y posibles análisis causa raíz de fallas, la

propuesta de estandarización actualizará el formato del anexo 13 por el formato del anexo 31.

## **5.5 PROPUESTA DE LOS FORMATOS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO.**

La propuesta para relacionar la frecuencia de actividades se encuentra en el anexo 32.

## **5.6 PROPUESTA DE LOS FORMATOS INSTRUCTIVOS DE MANTENIMIENTO.**

La estandarización de las tarjetas de mantenimiento se hará en las siguientes tarjetas:

- ✓ Tarjeta 05 – Descripción del sistema. (ver anexo 33), Se tendrá como referencia no solo la función a nivel equipo, si no la función del sistema. Es decir, el grupo 200 de propulsión, deberá relacionar la siguiente información:
  - Función general del grupo constructivo – parámetros generales de operación del grupo constructivo – elementos de control y protección a nivel grupo constructivo - Equipos que contribuyen a la función – parámetros de operación de los equipos – entradas y salidas de los equipos – elementos de control y protección de los equipos, parámetros establecidos.
- ✓ Tarjeta 06 – Modos de Fallas (ver anexo 34). Debe relacionar los modos de fallas<sup>77</sup>, sus efectos<sup>78</sup> y consecuencias<sup>79</sup> y posibles mecanismos de falla<sup>80</sup>.
- ✓ Tarjeta 07 - Mantenimiento. (ver anexo 35). Se deben estructurar incluyendo información del procedimiento para la relación de las actividades de mantenimiento, de lubricación (04), de repuesto (05), de herramienta (06) y de

---

<sup>77</sup> Modo de falla. Cualquier evento que causa una falla funcional. MOUBRAY. John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. México: Aladon, 2008. p. 57

<sup>78</sup> Efecto. Evento producido por causa de un modo de falla.

<sup>79</sup> Consecuencia. Importancia del efecto producido por un modo de falla.

<sup>80</sup> Mecanismo de falla. Manera de producirse el modo de falla.

ajuste y metrología de los componentes (20), incluir actividades de mantenimiento predictivo.

- ✓ Tarjeta 08 – Procedimientos de operación. (ver anexo 36). Procedimientos de operación, en relación a las inspecciones previas, pasos para el arranque, verificaciones en vacío y pasos para la parada.

## **5.7 PROPUESTA DE LOS FORMATOS PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO.**

Una vez evaluados los documentos con que se efectúa la programación del mantenimiento relacionados en los numerales 3.1.7 y 3.2.7, se evidencio que contienen la información requerida para la correcta programación del mantenimiento, así mismo son utilizados por las cuatro unidades. Sin embargo, se propone modificar el formato de informe de avería,

## **5.8 PROPUESTA DE LOS FORMATOS RUTINA BÁSICA DE MANTENIMIENTO - RBM.**

Una vez evaluados los documentos que hacen relación a las rutinas de mantenimiento, relacionados en los numerales 3.1.8 y 3.2.8, se evidencio que contienen la información requerida para la correcta gestión del mantenimiento, así mismo son utilizados por las cuatro unidades.

## **5.9 DETERMINAR LA CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS.**

La criticidad de los equipos será establecida con base en las capacidades requeridas por grupos constructivos para cumplir operaciones de control del mar (asimétricas), en donde se deben cumplir las siguientes funciones:

1. Grupo 100. Estanqueidad y resistencia estructural.
2. Grupo 200. Generar y transmitir 8400 KW para alcanzar 15 nudos.
3. Grupo 300. Generar y distribuir 720 KW.

4. Grupo 400. Contar con sensores para detección de contacto, comunicaciones interiores, comunicaciones exteriores y ayudas a la navegación en relación a la posición, rumbo y profundidad.
5. Grupo 500. Suministrar las entradas a los equipos del grupo 200 y 300, contar con sistema de aire acondicionado, refrigeración, achique, incendio y fondeo.
6. Grupo 600. Proveer la preparación de la comida.

Para el calculo se establecieron las siguientes matrices, acuerdo anexo ALL:

- ✓ Matriz de frecuencia.
- ✓ Matriz de impacto operacional.
- ✓ Matriz de flexibilidad operacional.
- ✓ Matriz de costo de mantenimiento.
- ✓ Matriz de impacto a la seguridad y Medio ambiente.

El resultado de la matriz de criticidad se relaciona en el anexo ALL quedando con las siguientes criticidades:

- |                             |     |
|-----------------------------|-----|
| ✓ Equipos críticos.         | 05. |
| ✓ Equipos media criticidad. | 16. |
| ✓ Equipos baja criticidad.  | 53. |

## 6 CONCLUSIONES.

Con relación al objetivo general, se estructuro la metodología para la estandarización del plan mantenimiento. El proceso de estandarización de la propuesta esta relacionado en el numeral 5, en donde a través de la verificación en sitio de los equipos que conforman los buques, los documentos con que gestionan el plan de mantenimiento y su interacción con el modulo de mantenimiento SILOG, se desarrollaron los siguientes puntos:

1. El listado maestro de equipos por grupos constructivos. Anexo 1,2,3,4,5,6 y 7.
2. Formato para realizar el inventario y codificación de equipos. Anexo 29.
3. Formato de la tarjeta maestra de datos (índice de maquinaria), anexo 30.
4. Formato historial de equipos. Anexo 31.
5. Formatos actividades de mantenimiento. Anexo 32.
6. Formatos instructivos de mantenimiento. Anexos, 33, 34, 35, 36.
7. La evaluación y aval de los formatos existentes para la programación del mantenimiento.
8. La evaluación y el aval de los formatos rutinas básica de mantenimiento.
9. Determinar la criticidad de los equipos. Anexo 39.

Para lograr cumplir con el objetivo general fue necesario cumplir con los siguientes objetivos particulares:

- ✓ Los anexos 1,2,3,4,5,6 y 7, y el anexo 26 (Comparación listados de equipos a bordo de la unidad 1 y 2), evidenciaron que no existe una correlación en el numero de equipos entre las unidades.
- ✓ Los anexos 1,2,3,4,5,6 y 7, y el anexo 28 (Propuesta numero de equipos a bordo de las unidades), relacionan los equipos, sub equipos, componentes e ítem mantenibles para la estandarización.
- ✓ En los anexos 1,2,3,4,5,6 y 7, y al comparar el anexo 26 (Comparación listados de equipos a bordo de la unidad 1 y 2) y 23 (Comparación listados de equipos cargados y codificado modulo SILOG unidad 1 y 2), se evidencio que no

coinciden los equipos relacionados a bordo de las unidades con los equipos cargados en el modulo de mantenimiento SILOG.

- ✓ En los anexos 1,2,3,4,5,6 y 7, y en el anexo 24 (Comparación listados de equipos con tarjeta maestra de datos unidad 1 y 2), se evidenció que no todos los equipos tienen una tarjeta maestra de datos (índice de maquinaria). Adicionalmente se evidencio en el anexo 10 (Formato tarjeta maestra de datos - Índice de maquinaria), que la tarjeta con la que se captura la información, relaciona preguntas técnica y logística, sin embargo, se propone actualizar la tarjeta captura de datos, acuerdo el formato del anexo 30 (Tarjeta de mantenimiento 02. Índice de maquinaria).
- ✓ El Formato donde se relaciona la información de los historiales (ver anexo 13), no relaciona preguntas que contribuyan a obtener información relacionada con disponibilidad y confiabilidad, mantenibilidad, por lo que se propone actualizarla al formato relacionado en el anexo 31 (Tarjeta de mantenimiento 03. Formato historial de equipos).
- ✓ En los anexos 1,2,3,4,5,6 y 7, se estableció que las actividades de mantenimiento, si cuentan con las cuatro actividades básicas de un plan de mantenimiento. (limpieza, ajuste, engrase, lubricación y cambio de componentes), sin embargo, para tener una mejor organización de las actividades se propone relacionarlas acuerdo el anexo 32 (Tarjeta de mantenimiento 04. Plan maestro de mantenimiento).
- ✓ Adicional a los formatos de programación relacionados en los numerales 3.1.7 y 3.2.7, en los se programa el plan de mantenimiento existente, el formato informe de avería (anexo 37), es el documento existente a bordo para programar y gestionar los mantenimiento requeridos por averías imprevistas. Se evidencio que el formato de informe de avería, a pesar que cuenta con las preguntas para determinar la disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad, costo y posibles análisis causa raíz (RCA), se propone puntualizar lo relacionado con la descripción de la falla y las tareas propuestas una vez realizado el análisis causa Raíz. (anexo 38).

- ✓ Se estableció la criticidad de los equipos instalados en las unidades acuerdo anexo 39.

## BIBLIOGRAFÍA.

Aprendizaje sin fronteras. Aprendizaje.virtual@pemex.com p. 10 – 19.

BORRAS. Carlos. Principios de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Escuela de ingeniería Mecánica Bucaramanga. ... 8p.

BORRAS. Carlos. Principios de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Escuela de ingeniería Mecánica Bucaramanga. ... 10p.

BORRAS. Carlos. Principios de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Escuela de ingeniería Mecánica Bucaramanga. ... 26p.

BORRAS. Carlos. Principios de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Escuela de ingeniería Mecánica Bucaramanga. ... 32p.

BORRAS. Carlos. Principios de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Escuela de ingeniería Mecánica Bucaramanga. ... 76p.

BORRAS. Carlos. Principios de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Escuela de ingeniería Mecánica Bucaramanga. ... 132p.

BORRAS. Carlos. Principios de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Escuela de ingeniería Mecánica Bucaramanga. ... 133p.

KNEZEVIC. Jezdimir. Mantenimiento. © Isdefe c/ Edison, 4 28006 Madrid. 21p.

LAREZ. Alexis. Ingeniería de mantenimiento; estructura desagregada de activo y taxonomía. 1p.

MONTILLA. Carlos. Fundamentos de Mantenimiento Industrial. Pereira. Editorial Universidad Tecnológica de Pereira. 2016. 20p.

MONTILLA. Carlos. Fundamentos de Mantenimiento Industrial. Pereira. Editorial Universidad Tecnológica de Pereira. 2016. 21p.

MONTILLA. Carlos. Fundamentos de Mantenimiento Industrial. Pereira. Editorial Universidad Tecnológica de Pereira. 2016. 30p.

MONTILLA. Carlos. Fundamentos de Mantenimiento Industrial. Pereira. Editorial Universidad Tecnológica de Pereira. 2016. 34p.

MONTILLA. Carlos. Fundamentos de Mantenimiento Industrial. Pereira. Editorial Universidad Tecnológica de Pereira. 2016. 37p.

MONTILLA. Carlos. Fundamentos de Mantenimiento Industrial. Pereira. Editorial Universidad Tecnológica de Pereira. 2016. 38p.

MONTILLA. Carlos. Fundamentos de Mantenimiento Industrial. Pereira. Editorial Universidad Tecnológica de Pereira. 2016. 59p.

MONTILLA. Carlos. Fundamentos de Mantenimiento Industrial. Pereira. Editorial Universidad Tecnológica de Pereira. 2016. 62p.

MONTILLA. Carlos. Fundamentos de Mantenimiento Industrial. Pereira. Editorial Universidad Tecnológica de Pereira. 2016. 160p.

MORA. Alberto. Mantenimiento planeación, ejecución y control. Bogotá. Alfaomega Colombiana S.A. Inc 2009. 11p.

MORA. Alberto. Mantenimiento planeación, ejecución y control. Bogotá. Alfaomega Colombiana S.A. Inc 2009. 11p.

MORA. Alberto. Mantenimiento planeación, ejecución y control. Bogotá. Alfaomega Colombiana S.A. Inc 2009. 59p.

MORA. Alberto. Mantenimiento planeación, ejecución y control. Bogotá. Alfaomega Colombiana S.A. Inc 2009. 92p.

MORA. Alberto. Mantenimiento planeación, ejecución y control. Bogotá. Alfaomega Colombiana S.A. Inc 2009. 104p.

MORA. Alberto. Mantenimiento planeación, ejecución y control. Bogotá. Alfaomega Colombiana S.A. Inc 2009. 108p.

MOUBRAY. John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. United Kingdom. Editorial Aladon Ltd 44 regent streer Lutterworth Leicestershire Le17 4bd. 7p.

MOUBRAY. John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. United Kingdom. Editorial Aladon Ltd 44 regent streer Lutterworth Leicestershire Le17 4bd. 23p.

MOUBRAY. John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. United Kingdom. Editorial Aladon Ltd 44 regent streer Lutterworth Leicestershire Le17 4bd. 27,28p.

MOUBRAY. John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. United Kingdom. Editorial Aladon Ltd 44 regent streer Lutterworth Leicestershire Le17 4bd. 42-48p.

MOUBRAY. John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. United Kingdom. Editorial Aladon Ltd 44 regent streer Lutterworth Leicestershire Le17 4bd. 50p.

NEWBROUGH. E.T. Administración de mantenimiento Industrial. México. Editorial Diana.1997. 24p.

SERNA. Aníbal. Análisis de falla. Ingeniero Metalúrgico, M.Sc., Ph. D I.Q. ...1p.

SERNA. Aníbal. Análisis de falla. Ingeniero Metalúrgico, M.Sc., Ph. D I.Q. ...2p.

SERNA. Aníbal. Análisis de falla. Ingeniero Metalúrgico, M.Sc., Ph. D I.Q. ...4p.

SILVA. Eliseo, ORREGO. Carlos. Confiabilidad en la practica. Impreso en Colombia Barranquilla / Medellín – Colombia. 72p.

SILVA. Eliseo, ORREGO. Carlos. Confiabilidad en la practica. Impreso en Colombia Barranquilla / Medellín – Colombia. 140p.

SUSUKI. Tokutaro. TPM en industrias de proceso. Marques de Cubas, 25. 28014. Madrid, España. 1995. 88p.

TOBAR. Gustavo. Fundamentos del análisis de fallas. Bogotá. Escuela Colombiana de Ingenieros. 2006. 01p.

TOBAR. Gustavo. Fundamentos del análisis de fallas. Bogotá. Escuela Colombiana de Ingenieros. 2006. 09p.

**Tabla de anexo 1. Anexo 8. Listado de equipos a bordo de la unidad 1.**

Grupos constructivo.	Número de equipos.	Numero de sub equipos.	Número de Componentes.	Numero partes mantenibles.
Grupo 100. Casco y estructura.	00	00	00	00
Grupo 200. Planta propulsora.	16	32	04	09
Grupo 300. Planta eléctrica.	27	00	31	0
Grupo 400. Mando y vigilancia.	00	00	00	00
Grupo 500. Sistemas auxiliares.	61	21	13	11
Grupo 600. Habitabilidad y equipo.	02	00	00	00
Grupo 700. Armas.	00	00	00	00
Total.	106	53	48	20


Fuente. Autor trabajo.

**Tabla de anexo 2. Anexo 9. Listado de equipos cargados y codificados módulo SILOG unidad 1.**

Grupos constructivo.	Número de equipos.	Numero de sub equipos.	Número de Componentes.	Numero partes mantenibles.
Grupo 100. Casco y estructura.	00	00	04	09
Grupo 200. Planta propulsora.	18	20	10	37
Grupo 300. Planta eléctrica.	31	05	16	00
Grupo 400. Mando y vigilancia.	26	00	09	03
Grupo 500. Sistemas auxiliares.	72	32	33	26
Grupo 600. Habitabilidad y equipo.	30	01	00	00
Grupo 700. Armas.	02	00	00	00
Total.	179	58	72	75

Fuente. Autor trabajo.

**Tabla de anexo 3. Anexo 10. Formato tarjeta maestra de datos (índice de maquinaria).**

 <p><b>ARMADA NACIONAL REPUBLICA DE COLOMBIA</b></p>	<h2>INDICE DE MAQUINARIA</h2>	
	<b>Procedimiento:</b> MANTENIMIENTO	<b>Autoridad:</b> JEMAN
<b>Código:</b> MAN-FT-822-JEMAN-V01	<b>Rige a partir de:</b> Junio de 2009	<b>Página</b> de
<b>Unidad:</b>	<b>Fecha:</b>	
<b>CLASIFICACION TECNICA:</b>	<b>LOCALIZACION :</b>	
<b>UNIDAD Y DESCRIPCION :</b>		
<b>I. DATOS STANDARD</b>		
APLICACION		
FABRICANTE Y DIRECCIÓN		
NUMERO PLANO DEL FABRICANTE		
NUMERO PLANO ASTILLERO		
NUMERO IDENTIFICACION DEL FABRICANTE		
TIPO		
NUMERO DE SERIE		
POTENCIA EN HP		
R.P.M.		
DIMENSIONES EN MTS (AxBxC)		
PESO EN KG.		
CAPACIDAD MANUAL TECNICO DE INSTRUCCIÓN		
<b>NOTA: NO APLICABLE A TODOS LOS EQUIPOS</b>		
<b>II. DATOS NO STANDARD</b>		

**Tabla de anexo 4. Anexo 11. Listado de equipos con tarjeta maestra de datos unidad 1.**

Grupos constructivo.	Número de equipos.
Grupo 100. Casco y estructura.	00
Grupo 200. Planta propulsora.	16
Grupo 300. Planta eléctrica.	08
Grupo 400. Mando y vigilancia.	00
Grupo 500. Sistemas auxiliares.	47
Grupo 600. Habitabilidad y equipo.	00
Grupo 700. Armas.	00
Total.	71

Fuente. Autor trabajo.

**Tabla de anexo 5. Anexo 12. Listado de equipos con historial en la unidad 1.**

Grupos constructivo.	Número de equipos.
Grupo 100. Casco y estructura.	13
Grupo 200. Planta propulsora.	86
Grupo 300. Planta eléctrica.	52
Grupo 400. Mando y vigilancia.	51
Grupo 500. Sistemas auxiliares.	164
Grupo 600. Habitabilidad y equipo.	31
Grupo 700. Armas.	04
Total.	401

Fuente. Autor trabajo.

**Tabla de anexo 6. Anexo 13. Formato historial equipos unidad 1.**



**HISTORIAL DE EQUIPOS**

ARMADA REPUBLICANA DE  
COLOMBIA

**Procedimiento:**  
MANTENIMIENTO  
**Rige a partir de :** Junio

**Autoridad:** JEMAN

Código: MANT-FT-821-JEMAN

2009

Página 1 DE-1

Unidad:

Fecha:

Nombre Equipo:

Modelo

Serie\_\_\_\_\_

FECHA	ASUNTO	OBSERVACIONES
-------	--------	---------------

Autor. Armada Nacional de Colombia.

**Tabla de anexo 7. Anexo 14. Listado de equipos incluidos en el plan maestro de mantenimiento unidad 1.**

Grupos constructivo.	Número de equipos.
Grupo 100. Casco y estructura.	14
Grupo 200. Planta propulsora.	83
Grupo 300. Planta eléctrica.	65
Grupo 400. Mando y vigilancia.	00
Grupo 500. Sistemas auxiliares.	121
Grupo 600. Habitabilidad y equipo.	17
Grupo 700. Armas.	00
Total.	300

Fuente. Autor trabajo.

**Tabla de anexo 8. Anexo 15. Listado de equipos con instructivos de mantenimiento unidad 1.**

Grupos constructivo.	Número de equipos.
Grupo 100. Casco y estructura.	00
Grupo 200. Planta propulsora.	82
Grupo 300. Planta eléctrica.	15
Grupo 400. Mando y vigilancia.	16
Grupo 500. Sistemas auxiliares.	214
Grupo 600. Habitabilidad y equipo.	24
Grupo 700. Armas.	00
Total.	351

Fuente. Autor trabajo.

**Tabla de anexo 9. Anexo 16. Listado de equipos a bordo de la unidad 2.**

Grupos constructivo.	Número de equipos.	Numero de sub equipos.	Número de Componentes.	Numero partes mantenibles.
Grupo 100. Casco y estructura.	00	00	00	00
Grupo 200. Planta propulsora.	20	18	08	09
Grupo 300. Planta eléctrica.	30	01	21	0
Grupo 400. Mando y vigilancia.	00	00	00	00
Grupo 500. Sistemas auxiliares.	58	32	11	08
Grupo 600. Habitabilidad y equipo.	24	00	00	00
Grupo 700. Armas.	00	00	00	00
Total.	132	51	40	17

Fuente. Autor trabajo.

**Tabla de anexo 10. Anexo 17. Listado de equipos cargados y codificado modulo SILOG unidad 2.**

Grupos constructivo.	Número de equipos.	Numero de sub equipos.	Numero de Componentes.	Numero partes mantenibles.
Grupo 100. Casco y estructura.	00	00	04	09
Grupo 200. Planta propulsora.	20	18	08	17
Grupo 300. Planta eléctrica.	31	01	19	00
Grupo 400. Mando y vigilancia.	28	00	09	03
Grupo 500. Sistemas auxiliares.	67	33	23	20
Grupo 600. Habitabilidad y equipo.	28	01	00	00
Grupo 700. Armas.	01	05	00	00
Total.	174	58	63	49

Fuente. Autor trabajo.

**Tabla de anexo 11. Anexo 18. Listado de equipos con tarjeta maestra de datos unidad 2.**

Grupos constructivo.	Número de equipos.
Grupo 100. Casco y estructura.	00
Grupo 200. Planta propulsora.	70
Grupo 300. Planta eléctrica.	69
Grupo 400. Mando y vigilancia.	00
Grupo 500. Sistemas auxiliares.	91
Grupo 600. Habitabilidad y equipo.	05
Grupo 700. Armas.	00
Total.	235

Fuente. Autor trabajo.

**Tabla de anexo 12. Anexo 19. Listado de equipos con historial en la unidad 2.**

Grupos constructivo.	Número de equipos.
Grupo 100. Casco y estructura.	13
Grupo 200. Planta propulsora.	64
Grupo 300. Planta eléctrica.	51
Grupo 400. Mando y vigilancia.	43
Grupo 500. Sistemas auxiliares.	144
Grupo 600. Habitabilidad y equipo.	29
Grupo 700. Armas.	09
Total.	353

Fuente. Autor trabajo.

**Tabla de anexo 13. Anexo 20. Listado de equipos incluidos en el plan maestro de mantenimiento unidad 2.**

Grupos constructivo.	Número de equipos.
Grupo 100. Casco y estructura.	16
Grupo 200. Planta propulsora.	117
Grupo 300. Planta eléctrica.	154
Grupo 400. Mando y vigilancia.	72
Grupo 500. Sistemas auxiliares.	244
Grupo 600. Habitabilidad y equipo.	54
Grupo 700. Armas.	15
Total.	672

Fuente. Autor trabajo.

**Tabla de anexo 14. Anexo 21. Listado de equipos con instructivos de mantenimiento unidad 2.**

Grupos constructivo.	Número de equipos.
Grupo 100. Casco y estructura.	45
Grupo 200. Planta propulsora.	09
Grupo 300. Planta eléctrica.	26
Grupo 400. Mando y vigilancia.	09
Grupo 500. Sistemas auxiliares.	09
Grupo 600. Habitabilidad y equipo.	09
Grupo 700. Armas.	00
Total.	107

Fuente. Autor trabajo.

**Tabla de anexo 15. Anexo 22. Comparación listados de equipos a bordo de la unidad 1 y 2.**

Grupos constructivo.	No. equipos unidad 1.	No. equipos unidad 2.	No. de sub equipos unidad 1.	No. de sub equipos unidad 2.	No. de Componentes unidad 1.	No. de Componentes unidad 2.	No. partes mantenibles unidad 1.	No. partes mantenibles unidad 2.
Grupo 100.	00	00	00	00	00	00	00	00
Grupo 200.	16	20	32	18	04	08	09	09
Grupo 300.	27	30	00	01	31	21	0	00
Grupo 400.	00	00	00	00	00	00	00	00
Grupo 500.	61	58	21	32	13	11	11	08
Grupo 600.	02	24	00	00	00	00	00	00
Grupo 700.	00	00	00	00	00	00	00	00
Total.	106	132	53	51	48	40	20	17

Fuente. Autor trabajo.

**Tabla de anexo 16. Anexo 23. Comparación listados de equipos cargados y codificado modulo SILOG unidad 1 y 2.**

Grupos constructivo.	No. equipos unidad 1.	No. equipos unidad 2.	No. de sub equipos unidad 1.	No. de sub equipos unidad 2.	No. de Componentes unidad 1.	No. de Componentes unidad 2.	No. partes mantenibles unidad 1.	No. partes mantenibles unidad 2.
Grupo 100.	00	00	00	00	04	04	09	09
Grupo 200.	18	20	20	18	10	08	37	17
Grupo 300.	31	31	05	01	16	19	00	00
Grupo 400.	26	28	00	00	09	09	03	03
Grupo 500.	72	67	32	33	33	23	26	20
Grupo 600.	30	28	01	01	00	00	00	00
Grupo 700.	02	01	00	05	00	00	00	00
Total.	179	157	58	58	72	63	75	49

Fuente. Autor trabajo.

**Tabla de anexo 17. Anexo 24. Comparación listados de equipos con tarjeta maestra de datos unidad 1 y 2.**

Grupos constructivo.	Número de equipos unidad 1.	Número de equipos unidad 2.
Grupo 100. Casco y estructura.	00	00
Grupo 200. Planta propulsora.	16	70
Grupo 300. Planta eléctrica.	08	69
Grupo 400. Mando y vigilancia.	00	00
Grupo 500. Sistemas auxiliares.	47	91
Grupo 600. Habitabilidad y equipo.	00	05
Grupo 700. Armas.	00	00
Total.	71	172

Fuente. Autor trabajo.

**Tabla de anexo 18. Anexo 25. Comparación listados de equipos con historial en la unidad 1 y 2.**

Grupos constructivo.	Número de equipos unidad 1.	Número de equipos unidad 2.
Grupo 100. Casco y estructura.	13	13
Grupo 200. Planta propulsora.	86	64
Grupo 300. Planta eléctrica.	52	51
Grupo 400. Mando y vigilancia.	51	43
Grupo 500. Sistemas auxiliares.	164	144
Grupo 600. Habitabilidad y equipo.	31	29
Grupo 700. Armas.	04	09
Total.	401	353

Fuente. Autor trabajo.

**Tabla de anexo 19. Anexo 26. Comparación listados de equipos incluidos en el plan maestro de mantenimiento unidad 1 y 2.**

Grupos constructivo.	Número de equipos unidad 1.	Número de equipos unidad 2.
Grupo 100. Casco y estructura.	14	16
Grupo 200. Planta propulsora.	83	117
Grupo 300. Planta eléctrica.	65	154
Grupo 400. Mando y vigilancia.	00	72
Grupo 500. Sistemas auxiliares.	121	244
Grupo 600. Habitabilidad y equipo.	17	54
Grupo 700. Armas.	00	15
Total.	300	672

Fuente. Autor trabajo.

**Tabla de anexo 20. Anexo 27. Comparación listados de equipos con  
instructivos de mantenimiento unidad 1 y 2.**

Grupos constructivo.	Número de equipos unidad 1.	Número de equipos unidad 2.
Grupo 100. Casco y estructura.	00	45
Grupo 200. Planta propulsora.	82	09
Grupo 300. Planta eléctrica.	15	26
Grupo 400. Mando y vigilancia.	16	09
Grupo 500. Sistemas auxiliares.	214	09
Grupo 600. Habitabilidad y equipo.	24	09
Grupo 700. Armas.	00	00
Total.	327	107

Fuente. Autor trabajo.

**Tabla de anexo 21. Anexo 28. Propuesta número de equipos a bordo de las unidades.**

Grupos constructivo.					
Subgrupo Constructivo	Sistema	Equipos.	Sub – equipo.	Componente.	Parte Mantenible.
110. Forro del casco	111. Planchas del forro.	00	00	00	02
	113. Doble fondo.	00	00	00	09
120. Mamparos estructurales.	122. Mamparos estructurales transversales.	00	00	00	10
130. Mamparos estructurales.	131. Cubierta principal.	00	00	00	01.
	132. Cubierta 200.	00	00	00	01.
	133. Cubierta 300.	00	00	00	01.
	136. Cubierta 01.	00	00	00	01.
	137. Cubierta 02.	00	00	00	01.
	138. Cubierta 03.	00	00	00	01.
	139.	00	00	00	01.

Grupos constructivo.					
Subgrupo Constructivo	Sistema	Equipos.	Sub – equipo.	Componente.	Parte Mantenible.
	Cubierta 04.				
150. Superestructura	151. Superestructura hasta primer nivel.	00	00	00	01.
	152. Superestructura hasta segundo nivel.	00	00	00	01.
	153. Superestructura hasta tercer nivel.	00	00	00	01.
160. Estructuras especiales.	162. Chimenea.	00	00	00	01.
	163. Tomas de mar	00	00	04	27
	165. Domo del sonar.	00	00	00	01.
	167. Cierres estructurales.	00	00	00	02.
170. Bases mástiles.	171. Mástiles y torres.	00	00	00	01
180.	182.	00	00	00	06

Grupos constructivo.					
Subgrupo Constructivo	Sistema	Equipos.	Sub – equipo.	Componente.	Parte Mantenible.
Polines.	Polines planta propulsora.				
	183. Polines de la planta eléctrica.	00	00	00	04
	185. Polines sistemas auxiliares.	00	00	00	01
	187. Polines armas.	00	00	00	07
TOTAL GRUPO 100.		00	00	04	81
Grupos constructivo. Grupo 200 – Planta Propulsora.					
Subgrupo Constructivo	Sistema	Equipos.	Sub – equipo.	Componente.	Parte Mantenible.
230. Maquinaria propulsora.	233. Motores propulsores de combustión interna.	04	28	72	108
240. Sistema transmisión de potencia	241. Engranajes reductores.	02	06	46	40
	242. Acoplamiento y	00	00	06	00

Grupos constructivo.					
Subgrupo Constructivo	Sistema	Equipos.	Sub – equipo.	Componente.	Parte Mantenible.
	embrague.				
	243. Ejes de propulsión.	02	00	02	38
	244. Cojinetes y chumaceras.	00	00	00	12
	245. Hélices.	02	06	18	46
250. Sistemas auxiliares de la propulsión.	252. Sistemas automáticos de control de la propulsión.	00	00	26	04
	256. Sistema de circulación y enfriamiento.	02	00	10	12
	259. Sistema de exhaustacion.	00	00	00	20
260. Sistemas auxiliares de la propulsión. Combustible y	261. Sistemas de combustible.	10	00	24	33
	261. Sistemas de	02	00	08	10

Grupos constructivo.					
Subgrupo Constructivo	Sistema	Equipos.	Sub – equipo.	Componente.	Parte Mantenible.
lubricante.	lubricación.				
TOTAL GRUPO 200.		24	40	212	323
Grupos constructivo. Grupo 300 – Planta Eléctrica.					
Subgrupo Constructivo	Sistema	Equipos.	Sub – equipo.	Componente.	Parte Mantenible.
310. Generadores de energía eléctrica.	311. Generadores de energía para servicio del buque.	04	08	68	140
	312. Generador de emergencia.	01	01	03	07
	313. Baterías y medios auxiliares.	07	00	00	06
	314. Equipos convertidores de energía.	21	00	01	24
320. Sistemas de distribución de fuerza.	321. Cableado de la red de fuerza.	00	00	00	50
	322.	00	00	00	06

Grupos constructivo.					
Subgrupo Constructivo	Sistema	Equipos.	Sub – equipo.	Componente.	Parte Mantenible.
	Cableado de la red de emergencia.				
	324. Tableros, paneles, conmutadores e interruptores.	00	00	22	00
330. Sistema de alumbrado.	331. Distribución de alumbrado.	00	00	11	00
	332. Aparatos de alumbrado.	00	00	00	021
TOTAL GRUPO 300.		33	09	105	254
Grupos constructivo. Grupo 400 – Mando y Vigilancia.					
Subgrupo Constructivo	Sistema	Equipos.	Sub – equipo.	Componente.	Parte Mantenible.
420. Sistemas de Navegación.	421. Ayudas a la navegación no electrónica.	01	07	00	00
	422. Ayudas eléctricas a la	05	00	03	00

Grupos constructivo.					
Subgrupo Constructivo	Sistema	Equipos.	Sub – equipo.	Componente.	Parte Mantenible.
	navegación.				
	423. Sistemas de navegación radioeléctricos.	02	00	04	00
	424. Sistemas electro acústicos de navegación.	02	01	02	00
	426. Sistemas eléctricos de navegación.	04	00	03	01
430. Comunicaciones interiores.	432. Sistemas telefónicos.	05	01	00	00
	433. Sistemas de ordenes generales e intercomunicadores.	02	00	00	00
	436. Sistema de alarma	01	00	01	00

Grupos constructivo.					
Subgrupo Constructivo	Sistema	Equipos.	Sub – equipo.	Componente.	Parte Mantenible.
	seguridad y avisos.				
	4373. Anemómetro.	01	00	01	01
	4391. Sistema de televisión y grabación.	03	00	01	00
440. Comunicaciones exteriores.	441. Radios.	18	00	05	19
	443. Sistemas visuales y fonicos.	03	00	00	00
	445. Sistema de facsímil y teletipo.	01	00	00	00
450. Sistema de exploración de superficie.	451. Radar de navegación y exploración de superficie.	02	00	03	04
	455. Sistema de identificación	01	00	00	00

Grupos constructivo.					
Subgrupo Constructivo	Sistema	Equipos.	Sub – equipo.	Componente.	Parte Mantenible.
	IFF.				
TOTAL GRUPO 400.		51	09	23	25
Grupos constructivo. Grupo 500 – Sistemas Auxiliares.					
Subgrupo Constructivo	Sistema	Equipos.	Sub – equipo.	Componente.	Parte Mantenible.
500. Servicios auxiliares.	504. Instrumentos y paneles de instrumentos.	00	00	03	02
	506. Reboses atmosféricos y tubos de sondas.	00	00	00	10
510. Control ambiental.	512. Sistema de ventilación fuera de los cuartos de maquinas.	18	00	51	17
	513. Sistemas de ventilación en los espacios de maquinas.	10	00	30	10
	514.	02	22	59	218

Grupos constructivo.					
Subgrupo Constructivo	Sistema	Equipos.	Sub – equipo.	Componente.	Parte Mantenible.
	Sistema de aire acondicionado.				
	516. Sistema de refrigeración.	01	03	09	46
520. Sistemas de agua de mar.	521. Bombas contra incendio.	02	00	08	14
	522. Sistemas de rociadores.	00	05	00	00
	526. Imbornales y desagüe de cubierta.	00	00	00	06
	529. Sistema de achique y lastre.	07	02	19	21
530. Sistema de agua potable.	531. Planta desalinizadora.	02	06	24	12
	533. Agua potable bebederos.	15	00	22	94
540. Manipulación y	542. Combustible de	01	00	04	13

Grupos constructivo.					
Subgrupo Constructivo	Sistema	Equipos.	Sub – equipo.	Componente.	Parte Mantenible.
almacenamiento de combustible.	aviación y uso general				
550. Sistema de aire gases y fluidos diversos.	551. Sistema de aire comprimido.	03	00	11	30
	555. Sistema de extinción de incendio.	11	00	22	34
560. Sistema de control del buque.	562. Timón.	02	00	10	23
	565. Sistemas estabilizadores	02	00	00	00
580. Sistemas mecánicos de maniobra.	581. Sistema de maniobra y estiba del ancla.	01	00	03	09
	582. Sistema de amarre y remolque.	02	00	07	08
	583. Botes y sistema de estiba.	00	00	11	05
	585.	01	00	02	04

Grupos constructivo.					
Subgrupo Constructivo	Sistema	Equipos.	Sub – equipo.	Componente.	Parte Mantenible.
	Maniobra de estiba y servicio de aeronave.				
	589. Diversos sistemas de elevación.	02	00	08	19
590. Sistemas para fines especiales.	5931. Sistema de control de contaminación sanitaria.	01	06	13	05
	5932. Sistema de control de contaminación por hidrocarburos.	01	01	04	05
TOTAL GRUPO 500.		84	45	320	605
Grupos constructivo. Grupo 600 – Habitabilidad y equipos.					
Subgrupo Constructivo	Sistema	Equipos.	Sub – equipo.	Componente.	Parte Mantenible.
610. Accesorios del buque.	602. Señales y marcas de	00	00	00	01

Grupos constructivo.					
Subgrupo Constructivo	Sistema	Equipos.	Sub – equipo.	Componente.	Parte Mantenible.
	casco.				
	604. Cerraduras, llaves y rótulos.	00	00	00	01
	604. Cerraduras, llaves y rótulos	00	00	00	01
	612 candeleros, pasamanos y andariveles.	00	00	00	01
620. Compartimenta ción del casco.	621. Mamparos no estructurales.	00	00	00	01
	622. Falsos pisos y enjarretados.	00	00	00	01
	6232. Escala real.	01	01	01	05
	624 Cierres no estructurales.	01	00	01	02
	6251. Portillos fijos y ventanas.	01	00	02	02
630.	631.	00	00	00	05

Grupos constructivo.					
Subgrupo Constructivo	Sistema	Equipos.	Sub – equipo.	Componente.	Parte Mantenible.
Recubrimiento y protecciones.	Pintura.				
	6331. Protección catódica.	02	00	04	03
640. Zona de habitabilidad.	641. alojamiento y cámara de oficiales.	00	00	00	01
	644. Espacios de aseo y aparatos sanitarios.	04	00	00	07
650. Espacios de servicios.	651. espacios de preparación de comidas.	22	00	00	00
	655. Lavandería.	06	00	00	00
660. Espacios de trabajo	665. Talleres, laboratorios y locales de prueba.	10	00	00	00
TOTAL GRUPO 600.		47	01	08	31
Grupos constructivo. Grupo 700 – Armas.					

Subgrupo Constructivo	Sistema	Equipos.	Sub – equipo.	Componente.	Parte Mantenable.
700. Armas.	711-1. Cañón 40 mm.	01	04	02	00
	711-2. Cañón 76 mm.	01	02	04.	00
	712. Manejo de munición.	01	00	02	12
TOTAL GRUPO 700.		03	06	08	12

**Tabla de anexo 22. Anexo 29. Tarjeta de mantenimiento 01. Inventario y codificación equipos.**

**Tarjeta de Mantenimiento 01.**  
(inventario y codificación equipos).

Grupo Constructivo – Sub-Grupo.

Equipo – Sub equipo –  
Componente – parte  
mantenable.

Nomenclatura de ubicación  
equipo – Subequipo.


Código Asignado por SILOG.

Ship Work Breakdown  
Structure – SWBS.

Taxonomía 14224.

- ✓ Cubierta.
- ✓ Cuaderna.
- ✓ Costado.
- ✓ Tipo de compartimento.

**Tabla de anexo 23. Anexo 30. Tarjeta de mantenimiento 02. Índice de maquinaria.**

		<b>Tarjeta de Mantenimiento 02.</b> (Índice de Maquinaria).	
<b>ARMADA NACIONAL REPUBLICA DE COLOMBIA</b>		<b>Proceso:</b> MANTENIMIENTO	<b>Autoridad:</b> JEMAT
<b>Código:</b> MANTTO-FT-029-JEMAT-V02		<b>Rige a partir de:</b> 25/09/14	<b>Página</b> 1 de 1
<b>UNIDAD.</b>		<b>FECHA:</b>	
<b>IDENTIFICACIÓN EQUIPO.</b>			
<b>NOMBRE:</b>			
<b>GRUPO CONSTRUCTIVO:</b>		<b>SUBGRUPO CONSTRUCTIVO:</b>	
<b>NUMERO DE UBICACIÓN.</b>		<b>NUMERO DE CODIGO SILOG.</b>	
<b>TIPO DE EQUIPO:</b>		<b>DENOMINACION TIPO DE EQUIPO:</b>	
<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES.</b>			
<b>MARCA:</b>		<b>MODELO:</b>	<b>SERIE:</b>
<b>AÑO DE FABRICACIÓN:</b>		<b>AÑO DE INSTALACIÓN:</b>	
<b>MANUALES DISPONIBLES (DE OPERACIÓN - MANUAL DE REPARACIÓ - MANUAL DE PARTES).</b>			
<b>No. PLANO DISPONIBLES (ESQUEMATICO – ISOMÉTRICO).</b>			
<b>INFORMACIÓN COMERCIAL.</b>			
<b>FABRICANTE:</b>		<b>DIRECCIÓN E-MAIL:</b>	<b>TELÉFONO:</b>
<b>REPRESENTANTE:</b>		<b>DIRECCIÓN E-MAIL:</b>	<b>TELÉFONO:</b>
<b>CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS.</b>			
<b>DIMENSIONES EN CENTIMETROS.</b> (ALTO - ANCHO - LARGO)		<b>PESO.</b> (KG)	
<b>REQUERIMIENTOS PARA OPERAR.</b> (SALIDA).			

<p>Hace referencia a la función por la cual se adquirió el equipo en los estándares definidos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Función: Transmitir potencia – acoplar – soportar - generar potencia – convertir potencia – acumular voltaje – explorar – transmitir – detectar - ventilar – extraer – refrigerar – bombear – succionar – descargar – desalinizar – almacenar – trasegar – comprimir – aprovisionar -manipular – aislar.</li> <li>✓ Estándares: representa los parámetros cuantitativos en los que opera el equipo en relación a temperaturas, presiones, revoluciones, niveles, voltajes, frecuencias, corriente. Pueden ser múltiples, absolutos y variables.</li> <li>✓ Señales de control, de monitoreo, de protecciones.</li> </ul>
<p><b>REQUERIMIENTOS PARA OPERAR. (ENTRADAS).</b></p>
<p>Son los requerimientos que necesita el equipo para poder cumplir con su función. Hacen relación a: voltaje que requiere, frecuencia, caudal, presión, señales de control, de estado, de protecciones.</p>
<p><b>PARAMETROS DE OPERACIÓN MÁXIMOS Y MÍNIMOS.</b></p>
<p>Son los parámetros en los cuales el equipo opera de forma correcta. Presión, temperatura, niveles, frecuencia, flujo. Entre otros.</p>
<p><b>INFORMACION ADICIONAL.</b></p>
<p>Información de interés relacionada con los subequipos y componentes.</p>

**Tabla de anexo 24. Anexo 31. Tarjeta de mantenimiento 03. Formato historial de equipos.**

 <b>ARMADA NACIONAL REPUBLICA DE COLOMBIA</b>		<b>Tarjeta de Mantenimiento 03.</b> (Formato historial de equipo).					
# CÓDIGO SILOG:		NOMBRE EQUIPO:				CRITICIDAD:	
TIPO DE EQUIPO. Acuerdo SILOG.		DENOMINACION TIPO DE EQUIPO. Acuerdo SILOG.				CLASE DE EQUIPO. Acuerdo SILOG.	
FECHA REPORTE AVERIA.	MODO DE FALLA. Acuerdo ISO 14224.	MECANISM O DE FALLA. Acuerdo ISO 14224.	FECHA INICIO TRABAJOS.	FECHA PUSTA EN SERVICIO.	DESCRIPCIÓN TRABAJO REALIZADO.	EQUIPO - HERRAMIENTA - RESPUESTO - INSUMO	COSTO ACTIVIDAD
				✓	Se debe relacionar: ✓ Que tipo de actividad de mantenimiento fue: correctivo – preventivo – predictivo. ✓ Las personas que lo realizaron. Nombre, especialidad, nivel de competencia, certificados, empresas a la que pertenecen. ✓ Documentación utilizada. Manuales – planos – instructivos – procedimientos – normas aplicadas. ✓ Lecciones aprendidas que mejoren la confiabilidad y tiempo de reparación del equipo. ✓ Actividad pendiente por hacer y tiempo y recursos estimado para realizarlo. ✓ Pruebas de validación que garanticen la confiabilidad para el uso del equipo.	✓ Equipos (grúa – instrumentos de medición). Certificaciones metrológicas. ✓ Herramienta utilizada. Certificaciones metrológicas. ✓ Repuestos utilizados con sus numero de partes. (Del mercado Nacionales o importados). ✓ Materiales adicionales. Insumos de limpieza entre otros.	

**Tabla de anexo 25. Anexo 32. Tarjeta de mantenimiento 04. Plan maestro de mantenimiento.**

REPUBLICA DE COLOMBIA ARMADA NACIONAL 		<b>Tarjeta de Mantenimiento 04.</b> (Plan maestro de mantenimiento).														
										<b>Proceso:</b> Mantenimiento				<b>Autoridad:</b> JEMAT		
<b>Código:</b> MANTTO-FT-242-JEMAT-V01							<b>Rige a partir de:</b> 11/08/2016				<b>Página</b> 1 de 1					
Grupos Constructivo							Subgrupo Constructivo:									
Nombre Equipo:							Código de Identificación SILOG									
Nombre sub equipo, componente y parte mantenible asociado al equipo:							Sub equipo -Componente - Parte mantenible.									
Actividad	Nivel de Mantenimiento					Periodicidad							Tarjeta de Instrucción de Mantenimiento No.	Referencias.		
	1	2	3	4	5	D	W	Q	M	S	A	U			Horas	
<b>Limpieza - inspección.</b> <u>Estructura:</u> Geometría estructura, fisuras, fugas, pintura, corrosión, evidencias de golpes, altas temperaturas, estado de material aislante. <u>Conexiones:</u> ajuste de correas, poleas, apriete tornillo, estado filtros. <u>Instrumentos de control.</u> Estado físico de los instrumentos, fecha de calibración. <u>Operación.</u> Ruidos, olores, vibraciones perceptibles, parámetros de operación.																
<b>Lubricación y engrase.</b> Discriminar los puntos de engrase y relacionar en la tarjeta 03, el tipo de lubricante y/o grasa a utilizar.																
<b>Ajuste.</b> Discriminar en la tarjeta 03, el parámetro de ajuste con relación a torques, vibraciones.																
<b>Cambio de componente.</b> ✓ Discriminar en la tarjeta 03, El alcance y las actividades para su realización. ✓ Datos técnicos requeridos, manuales, planos. ✓ Recursos humanos y nivel de competencia. ✓ Recursos de equipos, herramientas y consumibles, Repuestos. ✓ Procedimientos, normas y permisos requeridos - Riesgos asociados a la actividad. ✓ Tiempo estimado de ejecución. ✓ Lubricante, grasas y ajustes requeridos. ✓ Parámetros de operación.																
<b>Actividades predictivas.</b> ✓ Análisis de lubricante, Análisis de vibraciones, Análisis de termografía.																

**Tabla de anexo 26. Anexo 33. Tarjeta de mantenimiento 05. Descripción del sistema.**

**Tarjeta de Mantenimiento 05.**

(descripción del sistema).

Sistema.

Grupo constructivo.

Sub grupo

constructivo.

Localización.

**Descripción de la función del sistema.**

(acuerdo grupos constructivos).

- ✓ Función del sistema y estándares de funcionamiento. (RPM, nivel de vibraciones).
- ✓ Relación de manuales y planos del sistema.

**Relación de equipo – sub equipos involucrados en la función del sistema.**

- ✓ Equipos involucrados y estándares de funcionamiento. (RPM, Voltaje, Frecuencia, nivel de vibraciones, presiones, temperaturas, niveles, flujos de agua, flujos de aire), se deben relacionar en el índice de maquinaria.

**Requerimiento por equipo.**

- ✓ Requerimiento de entrada del equipo para cumplir su función. (RPM, Voltaje, Frecuencia, nivel de vibraciones, presiones, temperaturas, niveles, flujos de agua, flujos de aire, señales eléctricas, señales de estado, señales de control, señales de monitoreo, señales de protección)
- ✓ Definición de las fronteras entre el equipos y requerimientos de las conexiones. (Que se incluye y que se excluye - se debe relacionar el sub grupo constructivo en donde se relacionará el elemento excluido).
- ✓ Relación de manuales y planos.
- ✓ Funciones secundarias de los equipos, si esta relacionada con el funcionada de otro sistema o equipo.

**Tabla de anexo 27. Anexo 34. Tarjeta de mantenimiento 06. Modos de falla.**

**Tarjeta de Mantenimiento 06.**

(Modos de Falla).

Equipos

Grupo constructivo.

Sub grupo

constructivo.

Localización.

Modo de Falla.	Efecto de la Falla.	Consecuencia.	Mecanismo de falla.
La forma como un equipo deja de cumplir su función. Para su descripción se debe relacionar un sustantivo y un verbo.	Describe los eventos (suceso imprevisto, acontecimiento, especialmente si es de cierta importancia) que ocurren posterior a la falla.	Importancia de la ocurrencia del evento en relación a: 1. Seguridad personal. 2. Medio ambiente. 3. Producción. 4. Imagen empresa.	Un mecanismo de falla es la manera de producirse una falla. Estos mecanismos suelen ser procesos físico-químicos, de diferente naturaleza (mecánica, instrumental, material y electrónica) que originan los modos de falla, los mecanismos de falla se generan en los ítems mantenibles.
	¿Qué eventos ocurren después de materializarse el modo de falla?	¿Que importancia tiene la falla?	

**Tabla de anexo 28. Anexo 35. Tarjeta de mantenimiento 07.  
Mantenimiento.**

**Tarjeta de Mantenimiento 07.**  
(Mantenimiento).

Grupo constructivo.

Numero

Tarjeta.

Sub grupo  
constructivo.

Equipos

Localización.

Nombre de la actividad de mantenimiento:

Código de la actividad:

Periodicidad.

Duración:

**Descripción de la actividad (alcance).**

Es el trabajo total requerido para desarrollar la actividad de mantenimiento. Consiste en establecer lo que se quiere hacer, el modo en que la actividad se desarrollará, los requisitos que se deben cumplir, los puntos de control y los criterios de aceptación de la tarea. Lo anterior permite tener un conocimiento común a los interesados y participantes de la tarea de mantenimiento.

**Datos técnicos.**

Son los datos como manuales, planos, fichas técnicas y procedimientos establecidos que se deben conocer para garantizar el retorno al servicio del equipo. También son importante los historiales de fallas que con anterioridad estén reportados.

**El riesgo.**

Son todos los eventos que de presentarse puedan afectar a las personas, al medio ambiente y al equipo, durante la ejecución de la tarea de mantenimiento.

**Cumplimiento de normas y procedimientos.**

Hace referencia a las normas de seguridad para el personal, ambientales y operacionales, establecidos por la fábrica o el equipo legal. También relata los permisos requeridos en relación a afectación a otros sistemas, equipos o personas.

**Actividades – Lubricación – Ajuste - Pruebas.**

Son el paso a paso para cumplir la tarea de mantenimiento. Con base en la descripción de las actividades se podrá dar respuestas a los puntos relacionados a continuación: recursos, tiempo, riesgo. Así mismo permitirá validar el alcance definido inicialmente. También permitirá establecer la secuencia en la que se debe hacer la tarea de mantenimiento y poder establecer las dependencias de estas.

**Mano de obra.**

Son las personas con el nivel de competencias requerido. (conocimiento, entrenamiento, habilidades y experiencia), en las áreas para la tarea, como pueden ser mecánicos, electricistas, soldadores, paileros, entre otros. En este punto también se establecerán los roles en relación al responsable, supervisor y técnico.

**Materiales – Herramienta – Equipos – Repuestos.**

- ✓ Materiales. Son todos los insumos que se requieran para hacer la actividad, consumibles requeridos como elementos para limpiar, lijas, grasas, aceites, entre otros. Así mismo se relacionan materiales como son las eslingas de levante, diferenciales, con sus certificaciones.
- ✓ Herramientas. Es el instrumento que se utilizará para el desmonte, monte y prueba de componentes, con su respectiva calibración metrológica que garantice cumplir los requerimientos metrológicos exigidos por el fabricante en los manuales de reparación.
- ✓ Equipos. Es toda la maquinaria requerida para la realización de la actividad, en esta se relacionan equipos como grúas, bancos de pruebas, tornos, máquinas de soldar, medidor de vibraciones, pistolas termografías, entre otros, con sus respectivos certificados de calibración.

**Tabla de anexo 29. Anexo 36. Tarjeta de mantenimiento 08.  
Procedimientos de operación.**

**Tarjeta de Mantenimiento 08.**

(Procedimiento de Operación).

Grupo constructivo.

Numero

Sub grupo  
constructivo.

Tarjeta.

Localización.

Equipos

Procedimiento de Arranque.

Verificaciones previas.


Procedimiento de Arranque.

Verificaciones en vacío.

Verificaciones con carga.

Verificaciones posterior a la parada.

## Tabla de anexo 30. Anexo 37. Formato utilizado para reportar una avería.

 <b>FORMATO INFORME AVERÍA DE EQUIPO/SISTEMA</b>							
ARMADA NA <small>0001</small>	Proceso: Mantenimiento	Autoridad: JEMAT					
Código: MANTTO-FT-059-JEMAT-V04	Rige a partir de: 03/10/2014	Pagina 1 de 1					
INFORMACIÓN GENERAL							
Unidad _____	Fecha reporte: _____						
Numero de secuencia _____	Fecha y hora de la avería _____						
Fecha y hora de reparación _____	Avería similar ocurrió antes? <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	Número de secuencia avería similar _____					
IDENTIFICACIÓN EQUIPO / SISTEMA							
Nombre _____	Fabricante _____						
Plano No _____	No Serie fabricante _____						
Localización en la Unidad _____	Modelo _____						
Modificación del Equipo/Sistema: _____							
Características Técnicas: _____							
PUNTOS BÁSICOS DEL INFORME							
A.- Estado del buque cuando sucedió la avería _____		Orden de Operación N° _____					
B.- Clasificación criticidad:							
Critica: _____	Muy Importante: _____	Importante: _____ Poco Importante: _____					
C.- Avería y efecto _____							
D. Registro Fotográfico _____		D. Registro Fotográfico: _____					
D. Registro Fotográfico _____		D. Registro Fotográfico: _____					
E.- Naturaleza de la Avería							
Naturaleza:		Tipo de Fallo:					
Mecánica: _____	Electrónica: _____	Neumática: _____					
		Según se Manifiesta:					
		Súbito: _____ Progresivo: _____					
		Según su Magnitud:					
		Parcial: _____ Total: _____					
		Según sus Efectos:					
		Menor: _____ Significativo: _____ Crítico: _____					
Eléctrica: _____ Hidráulica: _____ Otros: _____							
Descripción: _____							
F.- Diagnóstico:							
Causas Intrínsecas:		Causas Extrínsecas:					
Fatiga del material _____	<table border="1" style="width: 50px; height: 100px;"> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> </table>						Mala utilización: _____
Desgaste prematuro _____	Accidente: _____						
Corrosión _____	No respetar las Instrucciones: _____						
Desajuste _____	Falta de procedimiento escrito: _____						
Anomalías en Lubricación _____	Error procedimientos: _____						
Otras: _____	Mal diseño: _____	Falta de mantenimiento: _____					
Mal montaje _____	Mal mantenimiento: _____	Coordinación: _____					
Mal mantenimiento: _____		Anomalías en Alimentación Eléctrica: _____					
		Mala Filtración de Combustible: _____					
		Otras causas externas: _____					
Descripción: _____							
G.- Acción tomada para corregir la avería _____							
H.- Acción tomada para prevenir la avería _____							
I.- Conclusión: _____							
J.- Recomendación: _____							
k. COMENTARIO (Jefe Departamento Ingeniería de la Fuerza)							

**Tabla de anexo 31. Anexo 38. Tarjeta de mantenimiento 09. Informe de avería.**



ARMADA NACIONAL  
REPUBLICA DE  
COLOMBIA

**FORMATO INFORME AVERÍA DE EQUIPO/SISTEMA**

Proceso: Mantenimiento

Autoridad: JEMAT

**INFORMACION GENERAL**

Unidad.	Fecha reporte.
Orden de operaciones.	Fecha y hora avería.
Numero de secuencia.	¿Avería similar ocurrió antes?
Numero secuencia avería similar.	No. Si. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

IDENTIFICACIÓN EQUIPO.		
Nombre:		
Grupo constructivo:	Subgrupo constructivo:	
Numero de ubicación.	Numero de código SILOG.	
Tipo de equipo:	Denominación tipo de equipo:	
CARACTERÍSTICAS GENERALES.		
Marca:	Modelo:	Serie:
Año de fabricación:	Año de instalación:	
Manuales disponibles (de operación - manual de reparación - manual de partes).		
No. Plano disponibles (esquemático – isométrico).		
FALLA.		
Se debe relacionar la función que no se esta cumpliendo, posible modo de falla, los eventos consecuentes e imprevistos posteriores a la falla y las consecuencias a la seguridad personal, medio ambiente y disponibilidad operacional.		
DESCRIPCION DE LA FALLA.		
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se debe construir una oración en el siguiente orden: ¿Cómo? - ¿Qué? - ¿Dónde? - ¿Cuándo? - ¿Cuál? - ¿Quién?</li> <li>✓ No se deben utilizar palabras como: a consecuencia de, debido a, por culpa de, quien, como, y por qué, es decir no se debe hacer ningún señalamiento en la descripción del problema.</li> <li>✓ Como aporte al análisis posterior del problema, se podría colocar la fecha en el que ocurrió, la consecuencia a seguridad, medio ambiente y operación, el lugar geográfico donde ocurrió, la magnitud (extensión del problema, cuántas unidades afectadas, porcentaje de afectación).</li> </ul>		
<b>¿Que paso?</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Es una frase cualitativa.</li> <li>✓ ¿Qué hace evidente el problema?</li> <li>✓ ¿En qué se manifiesta el inconveniente?</li> </ul>		
<b>¿Donde paso?</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ¿En qué lugar, sitio o parte de la maquina ocurre el problema?, se debe considerar acuerdo taxonomía hasta que parte de la</li> </ul>		

<p>maquina es evidente: equipo – subequipo – componente – elemento mantenible, lugar de la maquina donde se ubica el componente mantenible.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Para facilitar este análisis se debe entender el funcionamiento del equipo o del sistema, para lo cual se deberá contar con los planos, manuales, fichas técnicas, personal de ingenieros y operadores que conozcan el funcionamiento.</li> </ul>	
<p>¿Cuándo?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ¿Cuándo ocurrió el problema? (estado del buque cuando ocurrió la falla).</li> <li>✓ ¿Bajo qué circunstancia ocurre el problema?</li> <li>✓ Se debe conocer cuál es la condición inicial de operación de la maquinaria y cuál fue el cambio de la condición de la maquinaria, generada por una acción humana o de la maquinaria que género o hizo evidente el problema.</li> </ul>	
<p>¿Quién?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se debe tener presente que una falla es un evento NO es una persona.</li> <li>✓ ¿Depende de las actuaciones humanas el hecho de que aparezca el problema?</li> <li>✓ Se debe evaluar la matriz de habilidad y de competencia de los operarios y mantenedores.</li> </ul>	
<p>¿Cuál?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ¿Hay una tendencia del problema?</li> <li>✓ ¿Hay un patrón de comportamiento?</li> <li>✓ Se debe conocer si es primera vez, frecuente, siempre, aleatorio o no hay tendencias, para lo cual es necesario evidenciar los historiales y organizar y presentar la información en histogramas, graficas estadísticas, gráficos de control.</li> </ul>	
<p>¿Cómo?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ¿Cuál es la forma como se presenta el problema?</li> <li>✓ ¿Cómo difiere de la situación normal o de un patrón?</li> <li>✓ Es una frase cuantitativa, como fue lo que paso, se debe tener claro el principio de funcionamiento, estado ideal de lo que se está estudiando, real versus lo óptimo (ideal), porcentaje de desviación.</li> </ul>	
<p><b>REGISTRO FOTOGRÁFICO.</b></p>	
<p>Fotografía de frente.</p>	<p>Fotografía lateral.</p>
<p>Ultimo mantenimiento efectuado. (relacionar registro en el SILOG).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Limpieza.</li> <li>✓ Lubricación - engrase.</li> <li>✓ Ajuste.</li> <li>✓ Cambio de componentes. Especificar el alcance del trabajo, nombre y referencia del componente, persona o empresa que lo realizo.</li> </ul>	
<p>Trabajo requerido para reparar la avería.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Alcance del trabajo.</li> <li>✓ Recursos. (personal y competencias, repuestos, herramientas, equipos).</li> <li>✓ Procedimientos requeridos.</li> <li>✓ Riesgos en la ejecución del trabajo.</li> <li>✓ Parámetros del equipo que se deben verificar para aprobar el trabajo.</li> </ul>	
<p>Resultado Análisis Causa Raíz.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ítem mantenible que genero el modo de falla.</li> <li>✓ Mecanismo de falla. Fuga, vibración, desalineamiento, deformación, suelto, pegado, cavitación, corrosión, erosión, desgaste, fractura, fatiga, sobrecalentamiento, quemado, corto circuito, señal de control, señal eléctrica, software).</li> <li>✓ Causa que origino el mecanismo de falla. Errores de diseño, defectos de manufactura o del proceso de fabricación, defecto de instalación, operación inapropiada, deficiencias de mantenimiento, fatiga de material, fenómenos naturales, otras causas.</li> <li>✓ Lecciones por aprender. (requiere modificar el plan de mantenimiento).</li> <li>✓ Divulgación del análisis causa raíz y lecciones por aprender.</li> </ul>	
<p>Comentarios adicionales del Ingeniero de la Fuerza.</p>	



**Tabla de anexo 32. Anexo 39. Listado de criticidad equipos para realizar operaciones simetricas.**

IDENTIFICACION DEL SISTEMA.			Valor Criticidad.	
Identificacion.	Funcion Requerida grupo.	Funcion Requerida subgrupo.		
<b>Estructura del casco.</b>				
Planchas del forro en buques de superficie.	Mantener la estanqueidad de la unidad.	Aporta a la resistencia estructural del casco y mantener la estanqueidad de la unidad .	32	media criticidad
Doble fondo.		Aporta a la resistencia estructural del casco y sirve para almacenamiento de liquidos y en casos de rotura de la lamina de fondo sirve para contener una entrada de agua a la unidad.	12	baja criticidad
Mamparos estructurales transversales. (estancos).		Aporta a la resistencia estructural y divide verticalmente al buque en areas estancas para contener posibles inundaciones.	12	baja criticidad
Cubiertas		Aporta a la resistencia estructural del buque y lo divide en planos horizontales.	6	baja criticidad
Chimeneas y combinaciones entre mastiles y chimeneas		Protege los exhostos de los motores propulsores y generadores hasta su descarga al exterior.	6	baja criticidad
Tomas de mar		Son las succiones de agua de mar para los sistemas de enfriamiento y succion de las bombas contra incendio.	49	media criticidad

IDENTIFICACION DEL SISTEMA.			Valor Criticidad.	
Identificacion.	Funcion Requerida grupo.	Funcion Requerida subgrupo.		
Domo de sonar		Protege los sensores del sonar de la unidad.	9	baja criticidad
Cierre estructurales estancos		Permiten el paso entre cubiertas y mamparos, manteniendo la estaqueidad de las cubiertas y mamparos.	31	media criticidad
Mastiles y torres		Permite la ubicación de las antenas.	4	baja criticidad
Bases principales de grua y estructura de soporte.		Permite el anclaje de los equipos a las cubiertas de la unidad.	12	baja criticidad
<b>Planta propulsora en general.</b>				
Motores propulsores de combustion interna.	Proveer 8400 KW para dar una velocidad de 15 nudos con dos lineas de ejes.	Generan 8400 KW para la propulsion de la unidad.	17	baja criticidad
Engranajes reductores de la propulsion.		Trasmitir 8400 KW de potencia de los motores propulsores a la helice (s), disminuyendo las revoluciones de los propulsores en una relacion de 3,98 a 1	33	media criticidad
Acoplamiento y embragues de la propulsion.		Trasmitir 8400 KW a 1100RPM del motor propulsor al reductor.	19	baja criticidad
Ejes.		Trasmitir 8400 KW de los engranjes reductores a la helice.	33	media criticidad
Cojinetes y chumaceras de los ejes de propulsion.		Soportan 26228 kilogramos del peso del eje, evitando su flexion.	33	media criticidad
Cojinete Pasamamparo.		Soportar 4420 kilogramos el eje a la salida del casco y evitar el ingreso de agua a	66	critico

IDENTIFICACION DEL SISTEMA.			Valor Criticidad.	
Identificacion.	Funcion Requerida grupo.	Funcion Requerida subgrupo.		
		la unidad.		
Propulsores helice.		Generar un efecto tornillo de 8400 KW a 276 RPM, con un paso de .	35	media criticidad
Sistema de aire de combustion.		Suministra el flujo de aire requerido para que los motores propulsores generen 8400 KW.	3	baja criticidad
Sistema de control de la propulsion.		Integrar, controlar y proteger a travez de señales electricas, de control y protecciones, la operación de los motores, reductores, ejes y helice.	3	baja criticidad
Sistema de circulacion y enfriamiento por agua de mar.		Suministra el flujo requerido para el enfriamiento por agua de mar de los motores propulsores, reductores, ejes, cojinetes y helice.	3	baja criticidad
Sistema de refrigeracion de agua dulce de motores diesel.		Suminsitra el flujo requerido para el enfriamiento por agua dulce a los motores propulsores.	3	baja criticidad
Sistema de exhaustacion.		Evacuar los gases de exhosto generado por los motores desde los cuartos de maquinas al exterior de la unidad.	3	baja criticidad
Sistema de combustible.		Suminsitrar el flujo y calidad del combustible para el funcionamiento de los motores propulsores.	3	baja criticidad

IDENTIFICACION DEL SISTEMA.			Valor Criticidad.	
Identificacion.	Funcion Requerida grupo.	Funcion Requerida subgrupo.		
sistema de lubricacion de la propulsion principal.		Suministrar el lubricante requerido para el funcionamiento del motor propulsor.	3	baja criticidad
<b>Planta electrica.</b>				
Generacion de energia para servicio del buque	Proveer 720 KW de potencia para el funcionamiento de los equipos a bordo.	Generar 720 KW para el funcionamiento de la unidad.	10	baja criticidad
UPS y baterias.		Almacenar la energia requerida para los sistemas de control de la unidad.	34	media criticidad
Equipo convertidor de energia.		Convertir la frecuencia de los motores generadores a la frecuencia requerida para el sistema de armas de la unidad.	17	baja criticidad
Cableado. MG - Tablero principal.		Conducir el voltaje desde los motores generadores al tablero de distribucion principal de la unidad.	17	baja criticidad
Cableado de la red de emergencia.		En caso de emergencia conducir el voltaje desde el tablero principal a los tableros secundarios de distribucion.	5	baja criticidad
Tablero principal.		Distribuir el voltaje a los tableros de distribucion secundarios.	43	media criticidad
Tablero de distribucion.		Distribuir el voltaje desde los tableros secundarios a los diferentes consumidores.	7	baja criticidad
Distribucion de alumbrado.		Distribuir el voltaje a los tableros de luces de la unidad.	5	baja criticidad

IDENTIFICACION DEL SISTEMA.			Valor Criticidad.	
Identificacion.	Funcion Requerida grupo.	Funcion Requerida subgrupo.		
<b>Mando y Vigilancia.</b>				
Ayudas a la navegacion no electrica/ni electronica. Compas Magnetico.	Disponer de los sensores activos para identificar contactos de superficie.	Permite conocer el norte maganetico.	5	baja criticidad
Ayudas electricas a la navegacion. Luces de Navegacion.		Permite en horas nocturnas dar la referencia del rumbo de la unidad.	6	baja criticidad
Sistema de navegacion radioelectronicos. GPS.		Permite conocer la ubicación de la unidad.	6	baja criticidad
Sistema electroacusticos de navegacion. Ecosonda.		Permite conocer la profundidad en la que navega la unidad.	14	baja criticidad
Sistema electrico de navegacion. Girocompás.		Permite conocer el norte verdadero.	6	baja criticidad
Sistema electrico de navegacion. Corredera.		Permite concoer la velocidad de la unidad.	6	baja criticidad
Comunicaciones interiores. Telefonos.		Permite la comunicación entre todos los compartimientos de la unidad.	6	baja criticidad
Comunicaciones interiores. Telefonos autoexitados.		Permite la comunicación entre todos los compartimientos de la unidad.	6	baja criticidad
Comunicaciones interiores. Intercomunicadores.		Permite la comunicación entre todos los compartimientos de la unidad.	6	baja criticidad
Comunicaciones interiores. Anunciador general.		Permite que las ordenes e instrucciones sean escuchadas en todos los compartimientos de la unidad.	12	baja criticidad

IDENTIFICACION DEL SISTEMA.			Valor Criticidad.	
Identificacion.	Funcion Requerida grupo.	Funcion Requerida subgrupo.		
Sistema de esparcimiento, recreo e instrucción.		Permite el esparcimiento de la tripulación.	6	baja criticidad
Sistema de alarmas, seguridad y aviso.		Permite emitir avisos de emergencia en todos los compartimientos de la unidad.	8	baja criticidad
Sistema de television y grabacion.		Permite el esparcimiento de la tripulación.	9	baja criticidad
Comunicaciones exteriores.		Permite la comunicación de la unidad con otros buques y puestos en tierra.	12	baja criticidad
Equipo de cripto y de seguridad.		Permite que comunicaciones exteriores solo sean escuchadas por receptores militares.	6	baja criticidad
Radar de navegacion y de exploracion de superficie.		Permite conocer la ubicación de otros buques.	12	baja criticidad
<b>Sistemas Auxiliares.</b>				
Sistema de Ventilacion fuera de los cuartos de maquinas	Proveer los requerimientos de los sistemas principales y auxiliares de la unidad.	Mantiene el flujo de aire en los compartimientos no habitables. (almacenes, bodegas).	9	baja criticidad
Sistema de ventilacion de los espacios de maquinas.		Provee el flujo de aire requerido para el funcionamiento de los motores y mantener la temperatura en los cuartos de maquinas.	27	media criticidad
Sistema de aire acondicionado		Proveer 70 toneladas de aire de refrigeración para mantener los espacios habitables a una temperatura confort.	69	critico

IDENTIFICACION DEL SISTEMA.			Valor Criticidad.	
Identificacion.	Funcion Requerida grupo.	Funcion Requerida subgrupo.		
Sistema de refrigeracion		Mantener y conservar los viveres de la unidad.	36	media criticidad
Sistema de contraincendio y baldeo. (agua de mar).		Proveer 150 metros cubicos hora a una presion de 9 bares y distribuir presion de incendio a los compartimentos de la unidad.	46	media criticidad
Sistema de rociadores		Proveer presion de incendio a los compartimentos con peligro de incendio de la unidad.	16	baja criticidad
Imbornales y desagues de cubierta.		Descargar de manera rapida el agua de las cubiertas exteriores.	3	baja criticidad
Descarga sanitaria		Tratar y descargar las aguas residuales de la unidad.	84	critico
Sistema de achique y lastre		Achicar 50 metros cubicos hora a los compartimentos inferiores en caso de inundacion.	48	media criticidad
Planta destiladora - desalinizadora		Producir 19000 litros de agua para consumo de la unidad.	9	baja criticidad
Agua potable - Bebederos		Suministrar agua fria en diferentes puntos de la unidad.	3	baja criticidad
Sistema de combustible y de compensacion de combustible.		Almacenar el combustible de uso de la unidad.	3	baja criticidad
Combustible de aviacion y de uso general		Almacenar y suminsitar el combustible para el helicoptero.	7	baja criticidad

IDENTIFICACION DEL SISTEMA.			Valor Criticidad.	
Identificacion.	Funcion Requerida grupo.	Funcion Requerida subgrupo.		
Sistema de aire comprimido		Comprimir hasta 40 bares de aire y distribuir el aire a los diferentes consumidores.	69	critico
Sistema de extincion de incendios		Sofocar los incendios que se puedan generar en compartimentos criticos.	10	baja criticidad
Sistemas hidraulicos		Dar la potencia requerida para las maniobras de izado y arriado con el bote de la unidad.	18	baja criticidad
Timon		Dar el rumbo de la unidad.	42	media criticidad
Sistema de maniobra y estiba de las anclas		Efectuar las maniobra de fondeo de la unidad.	99	critico
Maniobras, estiba y servicios de aeronaves.		Recibir y resguardar al helicoptero de la unidad.	31	media criticidad
<b>Habitabilidad y equipamiento.</b>				
Portillos fijos y ventanas	Dar condiciones de habitabilidad y conservacion de la estructura de la unidad.	Permitir visualizar el exterior en el puente de gobierno.	7	baja criticidad
Proteccion catodica		Proteger la estructura metalica de la unidad contra la corrosion.	12	baja criticidad
Espacios refrigerados		Guardar los viveres de la unidad.	20	media criticidad
Espacios de preparacion de comida		Preparar los alimentos para la tripulaci3n.	16	baja criticidad
<b>Armas.</b>				
Cañones	Disponibilidad del armamento	Proteccion y defensa unidad.	4	baja criticidad

IDENTIFICACION DEL SISTEMA.			Valor Criticidad.	
Identificacion.	Funcion Requerida grupo.	Funcion Requerida subgrupo.		
Manejo de municion	para ser utilizado.	Trasladar la municion desde el almacenamiento a los cañones.	4	baja criticidad
Estiba de la municion		Guardar la municion.	4	baja criticidad