

MANTENIMIENTO EN EMBARCACIONES DE CARGA

ORLANDO COPETE MURILLO

FRANCISCO LLANES CORONEL

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

MEDELLÍN

2011

MANTENIMIENTO EN EMBARCACIONES DE CARGA

ORLANDO COPETE MURILLO

FRANCISCO LLANES CORONEL

Proyecto de trabajo de grado

Asesor

Ingeniero John Alberto Betancur Maya

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

MEDELLÍN

2011

AGRADECIMIENTO

Agradecemos el apoyo brindado por las familias, al asesor que con su conocimiento orientamos el camino a seguir en la investigación, y a la empresa Navesco que nos permitió con la visita de campo realizar el proyecto.

CONTENIDO

	Pag.
1 INTRODUCCIÓN.....	11
2 OBJETIVO.....	14
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	14
3 EMBARCACIONES.....	16
3.1 HISTORIA DE LAS EMBARCACIONES.....	16
3.2 CLASES DE EMBARCACIONES.....	18
3.2.1 Buques de carga.....	19
3.2.1.1 Tipo de buques de carga.....	20
4 MANTENIMIENTO DE BUQUES DE CARGA.....	29
4.1 CASAS CLASIFICADORAS.....	30
4.2 BUQUE DE CARGA GENERAL “MV MACONDO”.....	32
4.2.1 Sistemas y subsistemas técnicos del buque macondo.....	34
4.2.1.1 Sistema de propulsión.....	35
4.2.1.2 Sistema de control del M.P.....	42
4.2.1.3 Sistema de generación de electricidad.....	43
4.2.1.4 Maquinaria naval auxiliar.....	48
4.3 EQUIPOS CRITICOS SUSCEPTIBLES DE MANTENIMIENTO.....	64
4.4 MODELO DE GESTION DE MANTENIMIENTO.....	66
4.4.1 Criterios selección equipos críticos.....	66
4.4.2 Diseño modelo de gestión de mantenimiento.....	66
4.4.3 Utilización de tabla de chequeo.....	67
4.4.3.1 Orientación información adicional.....	67
4.4.3.2 Primera columna.....	67

4.4.3.3	Segunda columna.....	67
4.4.3.4	Tercera columna.....	67
4.4.3.5	Cuarta columna	67
4.4.3.6	Quinta columna.	67
4.4.3.7	Sexta columna.....	68
5	CONCLUSIONES	74
	BIBLIOGRAFIA	76

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pag.
Ilustración 1 Clasificación general de embarcaciones.....	19
Ilustración 2 Clasificación de embarcaciones de carga	20
Ilustración 3 Buque petrolero.....	22
Ilustración 4 Buque químico	23
Ilustración 5 Buque gasero.....	24
Ilustración 6 Buque granelero.....	25
Ilustración 7 Buque contenedor	26
Ilustración 8 Buque frigorífico	27
Ilustración 9 Buque Ro - Ro	28
Ilustración 10 Buque MV Macondo.....	33
Ilustración 11 Esquema del sistema de propulsión	35
Ilustración 12 Motor principal MV Macondo.....	36
Ilustración 13 Turbo compresor	36
Ilustración 14 Especificaciones del motor.....	37
Ilustración 15 Motor reductor.....	38
Ilustración 16 Acople salida motor eje principal.....	39
Ilustración 17 Cojinete eje principal	39
Ilustración 18 Hélice sistema de propulsión	40
Ilustración 19 Volante	40
Ilustración 20 Sello de estanqueidad.....	41
Ilustración 21 Controles del motor principal.....	42
Ilustración 22 Generador principal.....	44
Ilustración 23 Generador de emergencia	45
Ilustración 24 Sistema acople moto - generador	46
Ilustración 25 Sistema automático de arranque	47
Ilustración 26 Compresor de arranque y botellas de aire	48
Ilustración 27 Purificadora fuel oil.....	49
Ilustración 28 Purificadora de diesel.....	50
Ilustración 29 Caldera ACV	50
Ilustración 30 Bombas de lastre	52
Ilustración 31 Sistema de válvulas de lastre.....	52

Ilustración 32 Bomba de circulación de combustible	53
Ilustración 33 Evaporadora.....	55
Ilustración 34 Producción de agua dulce.....	55
Ilustración 35 Box cooler	57
Ilustración 36 Sistema del timón.....	58
Ilustración 37 a) Control de separador, b) Tanque de separación de sentinas	58
Ilustración 38 Radar	59
Ilustración 39 Extractores de aires	60
Ilustración 40 Botes salva vidas	61
Ilustración 41 Sistemas de extracción de aires de bodega.....	62
Ilustración 42 Sistema de cargue y descargue del buque	62
Ilustración 43 Sistema de tapas	63
Ilustración 44 Carga en la cubierta.....	63
Ilustración 45 Tabla de chequeo, vista preliminar	68
Ilustración 46 Tabla de chequeo 1	69
Ilustración 47 Tabla de chequeo 2	70
Ilustración 48 Table de chequeo 3	71
Ilustración 49 Tabla de chequeo 4	72
Ilustración 50 Tabla de chequeo 5	73

LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1 Datos del buque	34
Tabla 2 Características del sistema de control	43
Tabla 3 Características del generador principal	44
Tabla 4 Características del motor diesel para la generación de energía.....	45
Tabla 5 Equipos críticos	65

GLOSARIO

- Ancla: elemento que, lanzado al fondo del mar, se agarra en él gracias a sus uñas, manteniendo la nave fija en su lugar de fondeo.
- Alcázar: la superestructura que se encuentra en la popa.
- Armador: dueño de la embarcación.
- Babor Lado izquierdo mirando de popa hacia proa del buque
- Bitá: columnas de hierro firmes a la cubierta donde se toman vuelta los cabos, alambres y cadenas que se utilizan a bordo.
- . Bodega: espacio interior de una nave, bajo la cubierta principal.
- Brazola: brocal que rodea a la escotilla para impedir la caída de agua y objetos al interior del buque.
- Casco: es el envoltorio impermeable de la nave.
- Cabrestante: maquinaria que sirve para izar la cadena del ancla y trabajar con los cabos de a bordo. Ejerce grandes esfuerzos.
- Calado: es la inmersión del buque en el agua. Se mide a partir de la línea de construcción, que es la intersección del plano longitudinal con la cara superior de la quilla hasta la línea de flotación.
- Castillo: es la superestructura de proa.
- Cubiertas: son las superficies horizontales que dividen el interior del buque en el sentido de su altura.
- Combés: es la superestructura que se encuentra en el centro del buque.
- Cuadernas: son las piezas curvas que se afirman a la quilla en forma perpendicular a esta. Sirven para dar forma al buque y sostener los forros.
- Cuaderna maestra: es la sección vertical transversal del casco de área máxima.
- Doble fondo: consiste en colocar un segundo forro interior entre las cuadernas, dividiendo en celdas el fondo de la nave.
- Escotilla: aberturas practicadas en las cubiertas, que sirven para comunicarlas y dar paso a la luz y al aire.
- Escobenes: agujeros practicados en la roda que permiten el paso de la cadena del ancla.

- Estribor Lado derecho mirando de popa hacia proa.
- Eslora: es la longitud del buque medida en el plano longitudinal. Existe la eslora máxima y la eslora entre perpendiculares.
- Forro exterior: es la parte exterior del casco, formado por tablonos o planchas, según el buque sea de madera o hierro.
- Línea de flotación: intersección del plano de nivel libre del agua con la superficie exterior del casco.
- Mamparos: longitudinales o transversales, subdividen el casco en varios compartimientos, aumentando su rigidez y resistencia.
- Mamparo estanco: aquellos que se cierran herméticamente, mediante puertas estancas, que impiden que el agua se comunique entre ellos en caso de avería.
- Manga: es el ancho del buque medido en el plano de la cuaderna maestra.
- Obra viva: es la parte sumergida del casco.
- Obra muerta: es la parte emergente del casco y cuyas superficies laterales se llaman costados.
- Proa Parte delantera.
- Popa Parte trasera.
- Puntal: es la altura del buque medida sobre la perpendicular media, desde el borde inferior de la quilla hasta la cubierta principal.
- Quilla: pieza longitudinal que corre de proa a popa en la parte más baja del buque, sirviendo de ligazón entre las cuadernas.
- Sentina: zona más baja de la bodega donde llegan las aguas que puedan haber penetrado en ella.

1 INTRODUCCIÓN

Las personas tienen necesidades, las cuales son la base de partida para construir o crear artefactos que su plan la demanda. Por este motivo se crea la ingeniería, y muchos de los problemas que existen son abordados para proporcionar una solución.

El diario vivir expone problemas a solucionar o a prevenir muchas situaciones, y una de ellas es el mantenimiento de máquinas o equipos existentes.

El mantenimiento en su esencia o razón mantiene una relación directa con el equipo en estudio y su funcionamiento, los subsistemas que lo conforman, las fallas que presenta y que altera la disponibilidad, como también, los costos en que se incurren para que esta gestión sea eficiente (Garcia, 2010).

Las empresas generan bienes y/o servicios que utilizan instalaciones, edificios, máquinas y/o equipos, herramientas, utensilios, dispositivos, entre otros. Para lograr su objetivo social y empresarial, necesitan que estos activos se mantengan en un buen estado de funcionamiento, de confiabilidad, de mantenibilidad y de disponibilidad, acorde a sus necesidades, por lo cual las organizaciones empresariales deben procurar que la vida útil de sus equipos sea la máxima posible al mínimo costo alcanzable (Mora, 2009).

Dentro de las maquinas que deben ser auspiciadas en un plan de mantenimiento para la exigencia del funcionamiento. Son las embarcaciones, al tener tiempos de entrega de los productos que transportan en un ambiente hostil, el cual induce a fallas y por ende a la indisponibilidad de las maquinas y la no oportuna entrega de los productos; esto se traduce en un servicio de transporte deficiente (Garcia, 2010).

El proceso de utilizar el mar como medio de transporte se da por varias razones, entre ellas la unión entre continentes teniendo como una prioridad el transporte de alimentos de todo tipo, formas y tamaño.

El primer objetivo que motiva al hombre para el desarrollo de embarcaciones es el aprovechamiento del mar en la riqueza pesquera, para eso ha creado diferentes tipos de maquinas transportadoras (embarcaciones); entre ellas, se

tiene el buque, como un barco con cubierta que por su tamaño, solides y fuerza, es apropiado para navegaciones de carga pesada (Baistrocchi, 1952) (Jimenez-Landi, 1973).

De igual forma la economía muestra en el mundo una creciente expansión del uso de estas maquinas; es así como se ha incrementado la sofisticación de ellas, proporcionando una gran variedad de productos a lugares lejanos.

Como factor determinante dentro de la economía de un país se debe garantizar el correcto funcionamiento de las embarcaciones, lo cual debe ir de la mano con la gestión de mantenimiento y es allí, donde se hace importante la elaboración del presente trabajo (Freire, y otros, 2010).

El comercio de materia prima hace que crezca la necesidad de transportar mayor cantidad de carga en menor tiempo; ya que esto causa un avance en los diseños para albergar mayor capacidad de carga. Por su condición de uso los equipos a bordo de las embarcaciones se consideran vitales para la seguridad y funcionamiento; por esto se tiene en cuenta un plan de mantenimiento con una buena elaboración y organización para tratar de prevenir las posibles fallas o inconvenientes (Cifuentes@, y otros, 2006).

La industria marítima ha presentado un atraso en la gestión del mantenimiento respecto a otras empresas, que también realizan o llevan a cabo un servicio de transporte con la diferencia que esta ultima desarrolla la implementación de tácticas y estrategias, que ayudan a facilitar dicha gestión.

El estudio enseña la viabilidad y verificación de cuan exitoso puede ser esta idea de negocio o no; Se pretende aplicar tácticas y estrategias de mantenimiento a los sistemas técnicos y garantizar un excelente servicio, donde todos los clientes van a salir satisfechos (Garcia, 2010).

Las embarcaciones de cargas cumplen ciclos de trabajo que advierten grandes desgates en las máquinas que están a bordo, ya que, son aparatos que están dispuestos al ambiente y al trabajo pesado. La demanda económica y la competencia de puntualidad a la entrega de un producto; no permite retrasos o demoras en el envío y, mucho menos tolera que sea por razones de

mantenimiento, ya que es dinero que se pierde o deja de ganar (Report, House, 2004).

Para el conocimiento del problema se va a apelar a la recolección de datos históricos de cómo se llevan los planes de mantenimientos en estos tipos de embarcaciones.

En el estudio se va identificar los equipos que comprometan la seguridad, o el funcionamiento de la embarcación de carga, los cuales son considerados como elementos críticos en el desarrollo de una operación.

2 OBJETIVO

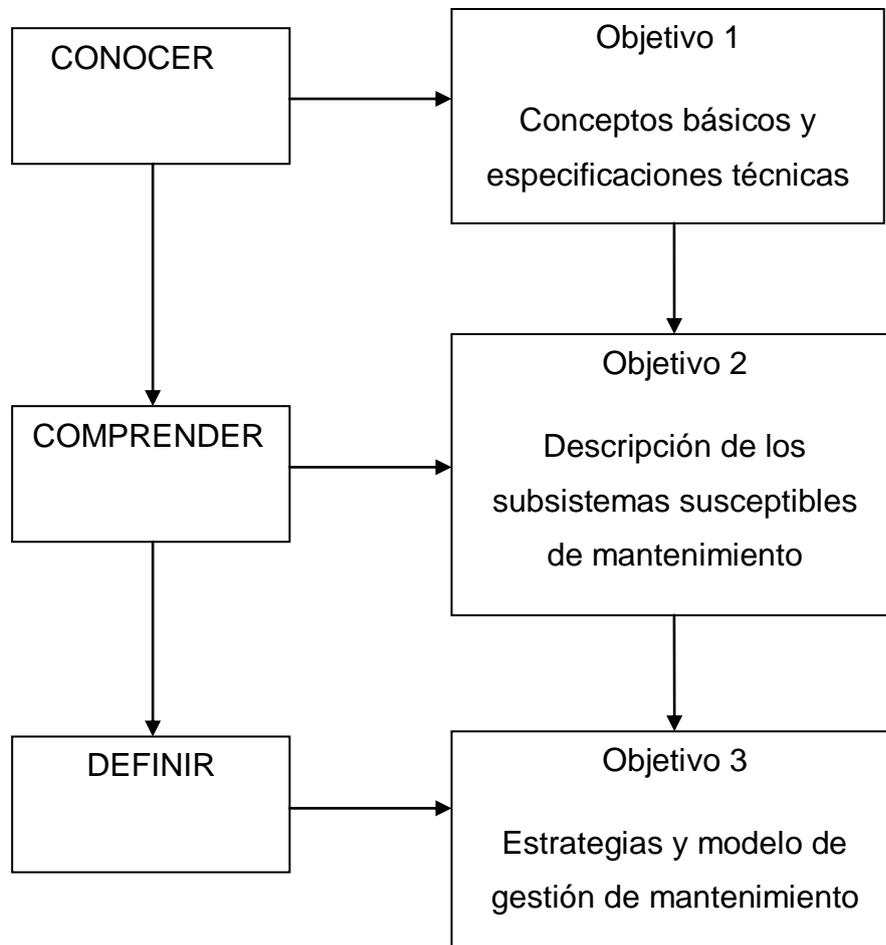
2.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer como estrategia dentro de la gestión del mantenimiento, de una embarcación de carga, un modelo práctico y aplicable con el fin de mejorar el mantenimiento en los equipos en estudio, tomando como referencia lo que se tiene actualmente.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Conocer el funcionamiento y las especificaciones técnicas de una embarcación de carga. – Nivel 1- Conocer.
- Comprender y clasificar los distintos subsistemas susceptibles de mantenimiento en la embarcación objeto de estudio. – Nivel 2 – Comprender.
- Definir una estrategia a seguir de acuerdo a lo que se tenga actualmente en la gestión de mantenimiento, y plantear un modelo de gestión de mantenimiento en el sector mercante. – Nivel 3 – Definir.

Secuencia lógica de objetivos



(Barret, y otros, 1996)

3 EMBARCACIONES.

3.1 HISTORIA DE LAS EMBARCACIONES.

Desde años atrás, el hombre para poder subsistir, utilizó el agua como un medio de transporte en su cadena alimenticia, lo anterior da origen a la aparición de las primeras embarcaciones, de las cuales se tienen como registro los troncos con algún detalle de construcción para la maniobrabilidad, que eran usados para trasladarse.

Con el tiempo estas construcciones eran más complejas en virtud de buscar una mayor capacidad en las embarcaciones, para poder transportar alimentos, y hacerlas más cómodas, por lo que empezaron a agregarle accesorios que eran complementarios para el control de la nave, como el remo y de forma más avanzada el timón; el cual le imprime la dirección al nave y la posibilidad al hombre de llegar a donde esté quisiera, posibilitándole el conocimiento de mar y las ganas de profundizar más en este nuevo mundo.

En lo referente a la construcción naval, se establece que entre el III y I milenio AC los Fenicios fueron los primeros constructores navales, y además siendo los primeros en hacer actividades comerciales mediante el transporte de objetos, por el Mediterráneo (Galeon@, 2010).

En el transcurrir del tiempo, los griegos y los romanos de la mano de los fenicios, adquirieron esta habilidad constructiva mejorando sus naves y además transformándolas de tal forma que se pudiera navegar en el mar.

Las situaciones en los diferentes momentos históricos en el desarrollo de las civilizaciones empiezan a demandar un cambio en el diseño de las embarcaciones; es por lo que, la época grecorromana y la época de las cruzadas, son puntos claves para que las embarcaciones empiecen evolucionar en el aspecto militar, debido que son diseñados con otros accesorios que demandaba la época que se vivía (Galeon@, 2010).

La época en la que evolución naval, se afianza en la construcción del aparato militar de los barcos como las galeras y los galeones y las carracas para el comercio.

La galera romana tenía una eslora entre los 30 y 60 metros y era impulsada por 20 remeros a babor y 20 remeros a estribor además llevaban entre dos o tres mástiles para velas. A partir del siglo XV las galeras se le adaptaron con cañones (Roberto Brunori@, 2005).

Las carracas provenían de modificar la coca (náutica) nórdica y se usaron desde el siglo XII hasta el siglo XVI. Eran embarcaciones grandes y robustas, de alta borda, de velas, hechas especialmente para el transporte de largas distancias y grandes cargas. Las carracas fueron los mayores buques de su época.

El galeón es una embarcación a vela al estilo de la carraca, pero con la velocidad de la carabela. Los galeones eran embarcaciones de gran tamaño y poseían gran capacidad de fuego que fue utilizado desde mediados del siglo XV (Galeon@, 2010).

En la marina militar, se construyó la fragata, que tenía dos puentes y la corbeta con sólo uno. En la marina mercante el bergantín-goleta y la goleta. El último tipo importante de nave a vela fue el Clíper que apareció en 1840 construido en los U.S.A., destinado a recorrer largas distancias. Era de casco de madera, fino y ligero y gran velocidad en sus travesías compitiendo con las naves a vapor que ya estaban apareciendo. (Galeon@, 2010)

Simultáneamente el desarrollo de las embarcaciones estrictamente de carga iba teniendo un desarrollo vertiginoso, debido a que la ambición del hombre y el poder económico de algunas civilizaciones, le posibilitaba lograr deseos.

Se tiene registros que los fenicios desarrollaron un comercio marítimo en las costas del mar Mediterráneo, usando embarcaciones de tipo costero. Los egipcios ejercieron un comercio fluvial a través del Nilo usando embarcaciones de bambú (Diograzia, y otros, 2010).

Ya en el siglo XV aparecen nuevos tipos de embarcaciones como las naos, las carabelas, y, finalmente, los galeones, que se utilizan entre Italia, España, Francia y las Indias.

En la primera mitad del siglo XIX, la incidencia de la piratería provocó que los buques de carga se armaran, algunas veces de manera bastante pesada, como el Galeón de Manila.

En los siglos XVII y XVIII los galeones dan paso a las fragatas, las corbetas y los galeones afragatados para el comercio, y aparece la piratería clásica, tal y como se le conoció en los siglos XVI, XVII y XVIII (Diograzia, y otros, 2010).

El diseño de los buques de carga ha evolucionado desde entonces son relación directa al crecimiento del comercio internacional y de la tecnología en la construcción naval. El uso del hierro y la maquinaria de vapor los hizo más grandes, con mayor capacidad y más veloces. Desde mediados del siglo XIX se transformaron en buques mixtos de pasaje y carga, perfil que subsistió hasta mediados del siglo XX. (Diograzia, y otros, 2010)

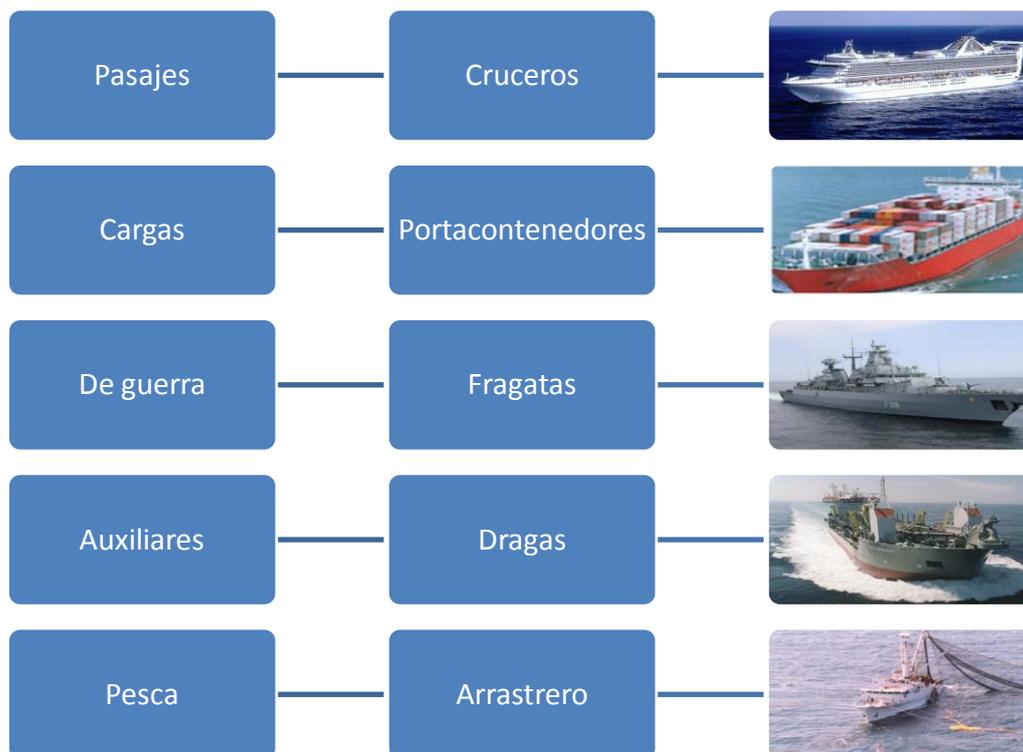
En la Primera y la Segunda Guerra Mundial los buques de carga fueron la base de la subsistencia de Inglaterra y de la Unión Soviética a partir de 1942 (Blanco, 2006).

3.2 CLASES DE EMBARCACIONES

Existen muchos niveles que permitan hacer una adecuada clasificación de los tipos de embarcaciones existentes en el mercado, sin embargo las embarcaciones fluviales están abocadas a cumplir diversas funciones que van desde la recreación para el público, sin perder su sentido principal de transporte, hasta la gran importancia que tienen en los confortamientos bélicos entre naciones. Es por lo anterior que se hará una clasificación en un nivel funcional, para luego abordar la función que es de interés en este proyecto (José Gonzales @, 2010).

El siguiente esquema expondrá los diferentes tipos de buques:

Ilustración 1 Clasificación general de embarcaciones



(José Gonzales @, 2010)

En acción a continuar con el estudio, dentro de la clasificación funcional, el estudio se centrará en los buques de cargas.

3.2.1 Buques de carga

El transporte por el mar está supeditado al tipo de carga que se desplaza por lo que, la forma de los buques y la estructura de los mismos, tanto en la parte interior como exterior, están diseñados y construidos en función a la carga que llevan. (Blanco, 2006)

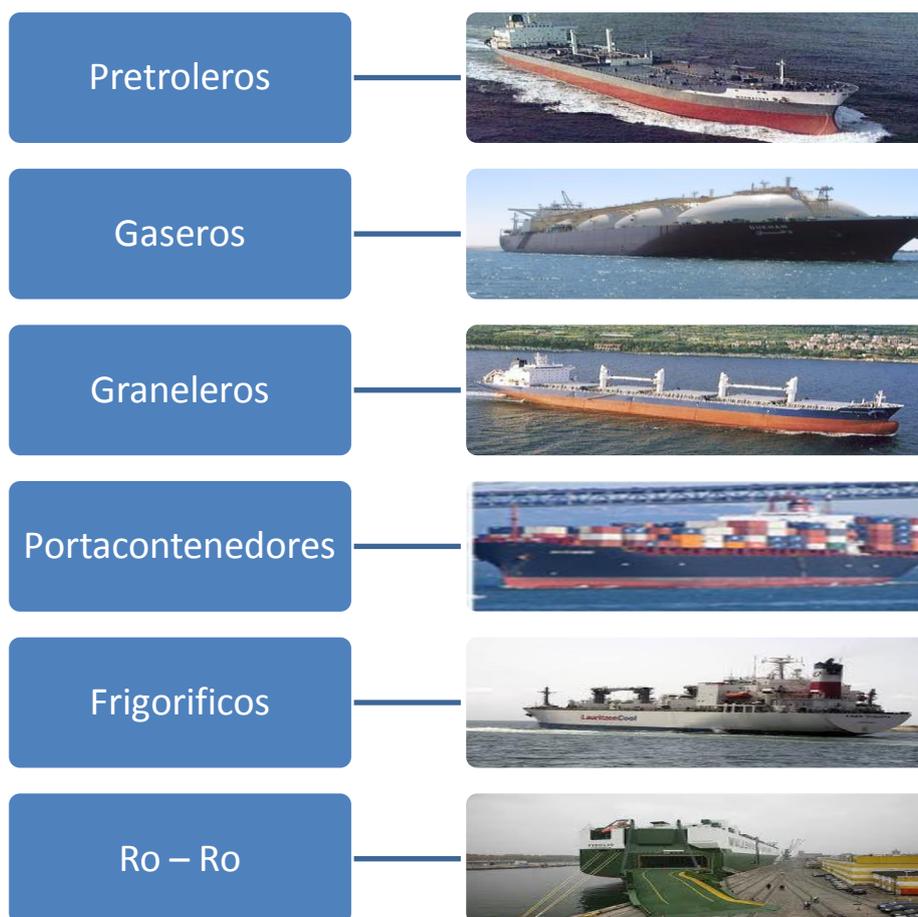
Un buque de carga es un tipo de nave o barco utilizado para transportar mercancías, bienes y materiales desde un puerto a otro. Otros nombres por el que se conoce a este tipo de embarcación son barco de carga, barco de cabotaje o sencillamente carguero, o bien buque mercante. En la actualidad se les denomina buque contenedor (Blanco, 2006).

Hoy en día, miles de buques de carga atraviesan los mares y océanos del mundo cada año y soportan el peso de la mayor parte del comercio internacional. Los buques de carga normalmente están diseñados específicamente para esta tarea, y están equipados con grúas u otros mecanismos que facilitan la carga y descarga. Pueden ser de muy diversos tamaños. En la actualidad suelen estar contruidos de acero y, salvo algunas excepciones, su vida media es de entre 25 y 30 años antes de ser desmantelados (Freire, y otros, 2010).

3.2.1.1 Tipo de buques de carga

Los tipos de buques especializados en el transporte, se separan en diferentes categorías, dependiendo el tipo de carga que van a transportar; a continuación la clasificación de estos buques:

Ilustración 2 Clasificación de embarcaciones de carga



(Blanco, 2006)

➤ Buques petroleros

Transportan petróleo crudo desde las plataformas *offshore* o desde puertos de países productores hasta las refinerías (Baena, 2002).

Son los buques de mayor tamaño. Hasta hace unos años se llegaron a construir petroleros de más de 500.000 TPM¹. Son de forma casi cubica de casi 400 m de largo en promedio (José Gonzales @, 2010).

Por motivos de flexibilidad de transporte y rentabilidad, la idea de construir buques de esta envergadura se ha abandonado, por el motivo que es más viable construir buques de medio tonelaje, sin embargo estos siguen siendo los de mayor tamaño.

La característica principal es la presencia a lo largo de la cubierta y en su eje central, de las tuberías de carga y descarga del crudo. El resto de la cubierta aparece casi despejada. Posee dos pequeñas grúas situadas a estribor y babor, se encargan de mover las mangueras que se conectan al muelle o a la plataforma para su carga y descarga (Jimenez-Landi, 1973).

De similares características pero aún más pequeños, y que cargan productos derivados del crudo están los asfalteros, bitumen tanker y otros que cargan productos indicados según su nombre.

¹ TPM: tonelada de peso muerto

Ilustración 3 Buque petrolero



(Robert Amsterdam @, 2008)

➤ Buques químicos

Son similares a los buque petroleros, en su construcción, y forma de operar en el cargue y descargue del producto, pero transportando productos químicos como fenol, amoniaco, gasolina y demás derivados. No son de gran tamaño como la categoría anterior (Baena, 2002).

En sus muchos tanques pueden cargar diferentes tipos de producto y se clasifican, según el tipo de agresividad o riesgo de su carga, en tres clases (Tipo 1, 2 ó 3). La tendencia es que se construyan para las tres (José Gonzales @, 2010).

Son buques de un elevado coste por las exigencias constructivas como el doble casco, tanques de acero inoxidable, o sofisticados sistemas de pinturas; se identifican por su menor tamaño comparado con el petrolero (unos 150 m de eslora) y un complejo ramal de tuberías repartidas sobre toda la cubierta. Incluso aparece algún pequeño tanque en la cubierta (Blanco, 2006).

El mayor armador de transporte de productos químicos vía marítima es la compañía americana de origen noruego Stolt Nielsen. (José Gonzales @, 2010)

Ilustración 4 Buque químico



(BSL @, 2010)

➤ Buques gaseros

Estos buques transportan gases, pero a su vez existen dos tipos de buques que son Los LNG (*liquified Natural Gas*) y los LPG (Blanco, 2006).

La diferencia radica en las temperaturas y presiones en que transportan gases. El primero en estado líquido a temperaturas de hasta -170 °C - y los segundos a -50° C y a una presión de 18 Kg/cm² (José Gonzales @, 2010).

Se identifican rápidamente ya que en su cubierta asoman grandes tanques esféricos, cilíndricos o una elevada cubierta para el nuevo sistema de transporte conocido por "Sistema Technigaz".

Ilustración 5 Buque gasero



(BSL @, 2010)

➤ Buques graneleros

Son un tipo de buque que pertenece a la familia general, también conocidos por la palabra inglesa “*bulkcarries*” se dedican al transporte de cargas secas a granel (Blanco, 2006).

Suelen ser de gran tamaño, hasta 200.000TPM superando en algunos casos los 300m de eslora. Normalmente navegan a baja velocidad (José Gonzales @, 2010).

Son fácilmente identificables por tener una única cubierta corrida con varias escotillas (normalmente impares) y unas correderas a uno o ambos lados por donde corren la tapa o tapas de las escotillas.

Pueden transportar cereales, minerales (mineraleros) o mixto “Oil/bulk/ore carrier” que transporta cargas secas, y crudo. En el caso del transporte de cargas pesadas sus bodegas están reforzadas para resistir golpes (Blanco, 2006).

Algunos buques pueden tener medios propios de descarga con grúas.

Los cementeros y aluminios son un tipo especial de bulkcarrier ya que son muy especializados. Suelen ser pequeños (6.000 TPM) y tienen medios propios de carga y descarga mediante tuberías por medios neumáticos (sistema de fluidificación) (José Gonzales @, 2010).

Ilustración 6 Buque granelero



(Integralcarga @, 2010)

➤ Buques portacontenedores

Estos buques son de gran tamaño, el transporte de carga se hace por medio de contenedores, que son unos prismas de diferentes tamaños, sin embargo la medida estándar es de 5898mm de largo, 2354mm de ancho y 2393mm de alto (J Gonzales @, 2005).

Estos buques pueden llegar a tener más de 400m de eslora y 55m de manga, se habla de buques que pueden contener hasta más 11000 contenedores, de allí la gran responsabilidad en estos transportes, muchas empresas y personas dependen de su cumplimiento (Baena, 2002).

Estas grandes dimensiones estructurales se hacen posibles por la construcción de potentes motores que permiten a las embarcaciones alcanzar velocidades

de 23 nudos, potencias de más 90.000 caballos y 250 Tm². de consumo diario de combustible (J Gonzales @, 2005).

Para manejar la descarga de este tipo de buques en los puertos se necesitan grúas especiales capaces de levantar grandes toneladas.

Las compañías más grandes que hacen este tipo de transporte son Maersk Line (tiene los buques más grandes del mundo), Evergreen , P&O y Sea-Land.

Ilustración 7 Buque contenedor



(My ship @, 2002)

➤ Buques frigoríficos

Estos buques comenzaron a navegar a partir de finalizada la segunda guerra mundial, cuando quedó resuelto el problema del aislamiento térmico de las bodegas y la instalación de equipos refrigerantes (J Gonzales @, 2005).

Dependiendo del tipo de carga la temperatura a mantener oscila entre los 12°C necesarios para el transporte del plátano, hasta la fruta y pescado congelado entre -15°C y -30°C (J Gonzales @, 2005).

Su tamaño está entre los 100 y 600 mil pies cúbicos. Se caracterizan exteriormente por tener una cubierta con unas casetas que sobresalen de esta y varias grúas de no más de 5/10 Tm que se encargaran de mover la

² Tm: Toneladas métricas.

mercancía de las bodegas. Normalmente van pintados en color blanco (por la reflexión de los rayos del sol y no absorción de temperatura) como ayuda a mantener las bajas temperaturas (Baena, 2002).

Ilustración 8 Buque frigorífico



(Manzoli@, 2010)

➤ Buques ro – ro

Los buques Ro –Ro están definidos en la legislación marítima como buques de transbordo rodado (Baena, 2002).

La entrada de estos buques al mercado marítimo, surge del estudio en virtud de agilizar las operaciones de carga y descarga, con la misión de optimizar el tiempo de los buques en los puertos, de esta manera al especializar el transporte marítimo según el tipo de carga, se consiguen procesos más eficientes de carga y descarga (Baena, 2002).

Los buques Ro –Ro disponen de una o varias cubiertas, a lo largo de toda la eslora. Son buques que transportan carros, camiones, vagones de ferrocarril, y otras cargas rodantes. (Blanco, 2006)

Ilustración 9 Buque Ro - Ro



(BSL @, 2010)

➤ Buques de carga general

Son conocidos por multipropósito. Transportan mercancías diversas, carga general, a granel, contenedores e incluso pueden llevar algún pequeño tanque. Normalmente llevan grúas en el centro para su propia carga y descarga. (Blanco, 2006)

Los buques de carga por lo general transitan en países con bajo desarrollo donde algunos de los puertos adolecen de medios modernos en la manipulación de la mercancía (Baena, 2002).

Como características relevantes, los buques de carga, poseen bodegas, una o varias grúas, y mecanismos propios de manejo de carga (ver ilustración10).

4 MANTENIMIENTO DE BUQUES DE CARGA

En el mantenimiento de un buque de carga la Metodología del Mantenimiento Preventivo es de gran importancia, ya que este método es una herramienta imprescindible para garantizar la seguridad, disponibilidad y explotación del Buque, ante el escenario actual que busca una, reducción en la tripulación debido al coste del mantenimiento y aumento del precio de los combustibles. Esta metodología llevada de manera correcta, permite evitar pérdidas de tiempo por averías sufridas en alta mar que tienen un costo muy alto. (Rivella, 2006)

Dentro de los aspectos relevantes que deben ser vigilados en el mantenimiento de un buque de carga, se encuentra, el manejo de variables.

Las vibraciones son una variable muy importante que debe ser controlada en el buque, cuando de evitar averías se trate. El mantenimiento basado en CONDICION, consiste en la medición de las vibraciones de un equipo en funcionamiento y su posterior análisis y comparación que permite la predicción de averías en fases incipientes de las mismas evitando fallos catastróficos con un elevado coste de reparación; como la mayoría unidades a flote no tienen los equipos adecuados para hacer estas mediciones se debe acudir a firmas especializadas que nos brindan estos servicios como por ejemplo la *Rockwell Automation* y la *T.S.I.*, que instala e implementan estos sistemas en las naves con eficiencia y seguridad (Rivella, 2006).

La tecnología del mantenimiento preventivo es aplicada eficazmente, tal y como lo requieren las Sociedades de Clasificación. Se basa en el punto de vista del mantenimiento que dice: *“sólo se ejecutan aquellas tareas que hay que ejecutar (cuando existen evidencias objetivas) y sólo cuando hay que ejecutarlas”*. (Veritas, Bureau, 2007)

Este sencillo principio, avalado en una base de datos de parámetros de funcionamiento de los diferentes equipos y sistemas, se traduce, entre otros aspectos, en reducción de desmontajes, reducción del alcance de las

intervenciones y alargamiento de las horas de funcionamiento; en definitiva se ahorra en los costes de explotación del buque con garantías de la seguridad y disponibilidad. Este es un mantenimiento moderno y revolucionario que brinda mejores resultados que el mantenimiento tradicional (Rivella, 2006).

La metodología del mantenimiento basado en condición, se fundamenta por medio de las mediciones permanentes o periódicas de niveles de vibración, que se complementan con medidas de caudal, temperatura, potencia, entre otros, que permiten la detección de averías en las primeras etapas de las mismas (Vasquez, 2010).

El tratamiento de la información se realiza por medio de tablas, esquemas de instalación, diagramas y gráficos de tendencias. El análisis de estos valores se realiza por medio de la transformada de Fourier y en comparación con un espectro base de vibraciones de cada equipo. El diagnóstico de la avería se rige por la normativa y la experiencia acumulada; cada componente de la máquina presenta una vibración con una longitud de onda específica y un límite máximo de amplitud antes de rotura, este límite se fija inicialmente por la normativa y con la experiencia acumulada se afina el valor del mismo. Por último el sistema presenta la posibilidad de automatizar labores de corrección al ser un análisis cuantitativo. (Garcia, 2010)

Otro factor importante, es la clasificación de los fallos, como son fallos parciales que afectan la capacidad de que una máquina cumpla con todas sus funciones; y los fallos totales que afecta todo el funcionamiento de máquina. (Garcia, 2010)

4.1 CASAS CLASIFICADORAS

Cuando se habla de mantenimiento, operación y certificación de buques hay que tener en cuenta las Sociedades Clasificadoras (Vasquez, 2010).

Todo barco debe de estar inscrito en una sociedad clasificadora, la cual inspecciona y certifica cada una de las piezas del buque, sus maquinarias,

equipos, sistemas y todos los elementos que lo conforman desde que comienza la construcción de la embarcación en procura de velar que cumpla con las especificaciones requeridas (IACS, 2006)

La sociedad inspecciona todo el barco y la maquinaria durante ciclos de cinco años y se va expidiendo los respectivos certificados, exigidos por normas internacionales, para dar constancia ante las autoridades de los puertos, confirmando que esté en condiciones de realizar operaciones en forma segura, cumpliendo todas las normas exigidas por las convenciones internacionales. (Correa, 2007)

La IACT está integrada por las diez sociedades clasificadoras más importantes como miembros de pleno derecho y dos como asociadas que son:

- LR LOYS REGISTER OF SHIPPING la más Antigua fundada en 1.760
- DNV DET NORSKE VERITAS (Noruega)
- BV BUREAU VERITAS (Francia)
- GL GERMANISCHER LLOYDS (Alemania)
- ABS AMERICAN BUREAU OF SHIPPING (USA)
- NKK NIPPON KAIJJ KYOKAI (JAPÓN)
- RINA REGISTRO ITALIANO NAVALE (Italia)
- KR KOREAN REGISTER OF SHIPPING (Korea)
- CCS CHINA CLASSIFICATION SOCIETY (China)
- RS RUSSIAN MARINE REGISTER OF SHIPPING (Rusia)
- CRS CROATION REGISTER OF SHIPPING (Croacia) - Asociado. -
- IRS INDIAN REGISTER OF SHIPPING (India) - Asociado . -

Es claro que no se puede desligar la idea del mantenimiento de buques con la de la clasificación de las mismas, y en últimas se puede decir que las sociedades clasificadoras son las que vigilan que el buque esté cumpliendo con las exigencias de tratados Internacionales (IACS, 2006).

En esta instancia juega un papel muy importante las normas de mantenimiento exigidas por las fábricas de las diversas maquinarias instaladas abordo.

Para el mantenimiento tradicional en los buques mercantes generalmente se dividen los elementos en sistemas y sub-sistemas y varía de acuerdo a cada armador del buque o empresa dueña del mismo (LoysRegister, 2010).

4.2 BUQUE DE CARGA GENERAL “MV MACONDO”

VISITA DE CAMPO.

Para el desarrollo de la investigación, se visitó la embarcación de carga Mv Macondo perteneciente a la naviera de NAVESCO, la cual se encontraba en un periodo de mantenimiento preventivo dentro del astillero de COTECMAR. A partir de la visita de campo se logro:

- Inspección física de la estructura de la embarcación.
- Identificación diferentes subsistemas.
- Comprensión del funcionamiento de los sistemas principales.
- Acceso a la información técnica de los equipos principales.
- Acceso a la información histórica de fallas y averías reportadas, durante los últimos dos años de navegación.
- Acceso a formatos de seguimiento variables principales equipos principales.
- Acceso a manual –fabricante funcionamiento Motor principal.
- Acceso manual- fabricante mantenimiento Motor principal.
- Requerimientos de mantenimiento Casa clasificadora bureau veritas.

La visita de campo se desarrolla de la siguiente manera:

- Recorrido de la cubierta y puente de mando.
- Recorrido sala de maquinas.
- Explicación funcionamiento equipos principales.
- Entrevista jefe ingeniero, a partir de la entrevista se recopiló información importante acerca de la actual gestión de mantenimiento.
- Acceso al sistema de información mantenimiento.
- Visita a la biblioteca sala de maquinas; dentro de esta se encuentra una recopilación de todos los manuales de los fabricantes, como también de los protocolos de puesta en marcha de los equipos principales.

- Entrevista con la tripulación de buque Mv Macondo.

El buque objeto de estudio, para la investigación de los sistemas técnicos y subsistemas susceptibles de mantenimiento es un buque de carga general de nombre “MV Macondo”.

Ilustración 10 Buque MV Macondo



Este buque se desempeña en la zona de Suramérica, el Caribe y Norte América, transportando todo tipo de carga, cumpliendo con la definición de buque de carga general.

El buque cuenta con la siguiente tripulación:

- Capitán 1 oficial, encargado del buque.
- Jefe de ingeniero encargado de la sala de maquinas.
- Primer oficial; encargado del sistema de propulsión, generación eléctrica y maquinaria auxiliar.
- Tres timoneles.
- Un cocinero.

Esta tripulación es “mínima” y es la que acompaña al buque en los viajes. El Mv Macondo, es usado para el transporte de carga tipo granel, empalmes, fertilizantes, abonos y cementos (Garcia, 2010).

En la parte estructural, esta embarcación cuenta con dos grúas (ver ilustración10), para carga y descarga de la mercancía.

La entidad que rige el mantenimiento del Mv Macondo es la casa clasificadora francesa BUREAU VERITAS (BV) (fundada en Amberes en 1828, trasladándose a París en 1832)

Tabla 1 Datos del buque

Datos del Buque	
Tipo de barco	Carga
Año de construcción	2005
Eslora x Manga	120 m X 14 m
Desplazamiento	7750 t
Velocidad registrada (Máxima / Media)	14.9 / 14 nudos
Bandera	Colombia [CO]
Identificativo de llamada	HJHO
IMO	9299109
MMSI	730031000
Tonelaje y dimensiones	
DWT (Peso muerto)	7750 TPM
Eslora	120 m
Manga	14 m
Calado (max)	45 m

(Navesco, 2003)

4.2.1 Sistemas y subsistemas técnicos del buque macondo

Los sistemas técnicos en que se divide una embarcación de carga, y principalmente la escogida son los siguientes:

- Sistema de propulsión
- Sistema de control
- Sistema de generación eléctrica
- Maquinaria naval auxiliar

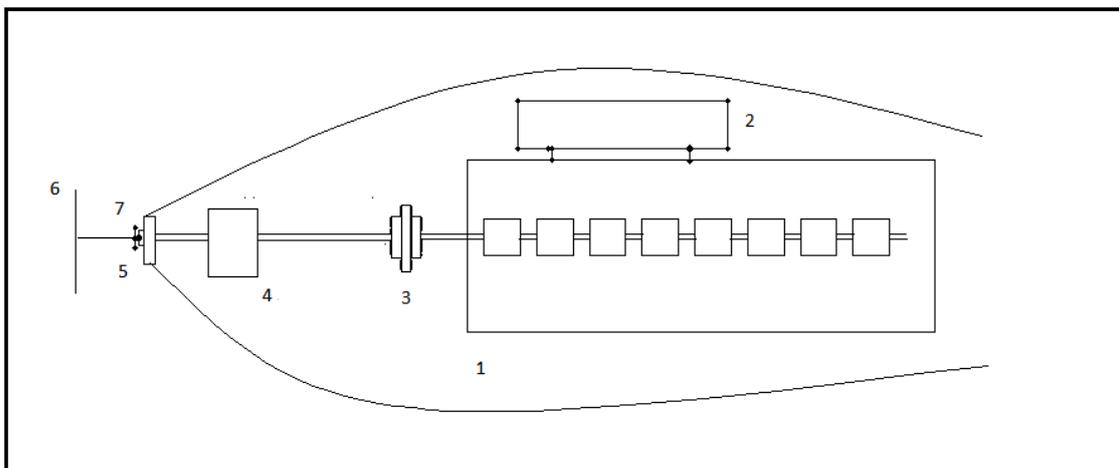
Cada sistema de estos posibilitan el funcionamiento correcto de la embarcación, y de cada uno de ellos se derivan unos subsistemas que permiten la coordinación la coordinación correcta de los sistema (Garcia, 2010)

4.2.1.1 Sistema de propulsión

Este sistema es el encargado de la propulsión del buque, el cual está integrado por los siguientes componentes (ver ilustración 11):

- Motor
- Motor reductor
- Acople salida motor eje principal
- Cojinete eje principal
- Volante
- Sello de estanqueidad
- Hélice

Ilustración 11 Esquema del sistema de propulsión



- Motor

La embarcación cuenta con un motor CAT tipo 8M32C (ver ilustración 12), es un motor cuatro tiempos que, tiene ocho cilindros en línea, en su haber y produce una potencia de 3840kW (ver tabla 2)

Ilustración 12 Motor principal MV Macondo



Este motor, está compuesto por un turbo cargador (ver ilustración 13) de alta eficiencia, que modera el nivel de temperatura de los componentes que rodean en la cámara de combustión. Y la finalidad es la de ingresar o empujar la mezcla dentro de los cilindros, aumentando la relación de compresión.

Como precaución en el barco, se tiene una culata de repuesto (auxiliar), en caso que haya que hacer un mantenimiento correctivo, y se esté en alta mar, se pueda hacer el cambio, evitando grandes pérdidas de tiempo en la entrega de la carga.

Ilustración 13 Turbo compresor



Ilustración 14 Especificaciones del motor

		
Motor		
Tipo de motor 8 M32 C	Record No: 261604	Motor No 38372
Potencia:	3840KW	
Rango de control:	359-600 1/min	
Velocidad a carga completa :	600	
Momento de inercia total	1872 Kgm ²	
Datos Controlador:		
Tipos de controlador UG40-FI	Designación del controlador C8600-300	Serial No: 14203384
EQUIPO		
<i>Verstel</i> motor 4-20mA.S.S	<i>Speed droop</i> :0%	
<i>Synchorizing</i> motor 24 VDC	Embolo válvula piloto: 032105	
Solenoides 24 VDC	Buje válvula piloto: 3020-203	
Eje principal 5356-078	Pistón de potencia: Largo	
Eje impulsor 032708	Corta compensación Piston:033127	
Volante 196089	Acople eje impulsor 12	
Amortiguacion:0.2	Carga limite de correa	
Frecuencia:400	Perilla de sincronización especial	
Aceite de lubricación válvula gobernadora		
Si las condiciones climáticas son cambiantes en la zona de operación (cambio de océanos) eventualmente causa fallos, Caterpillar Motoren Gmbtt Co debe consultarse con respecto al grado de aceite		
Velocidad válvula gobernadora	1691 X Velocidad del motor	

Esta generación de motores posee una tecnología en la reducción de emisión de gases llamado *Caterpillar Common Rail*. Hace que la inyección de la presión sea independiente de la carga y de la velocidad optimizando para cada punto el funcionamiento del motor. Como resultado, NOx y las emisiones de hollín se reducen, cumplimiento con los actuales y futuros límites de emisión para los rangos de potencia.

➤ Motor – reductor

La labor es rebajar las 600 rpm (revoluciones por minuto) del motor principal a 187rpm, para aumentar el torque del mismo (ver ilustración 15)

Ilustración 15 Motor reductor



➤ Acople salida motor eje principal

Esta pieza permite unir el motor principal con el eje de propulsión del barco (ver ilustración 16).

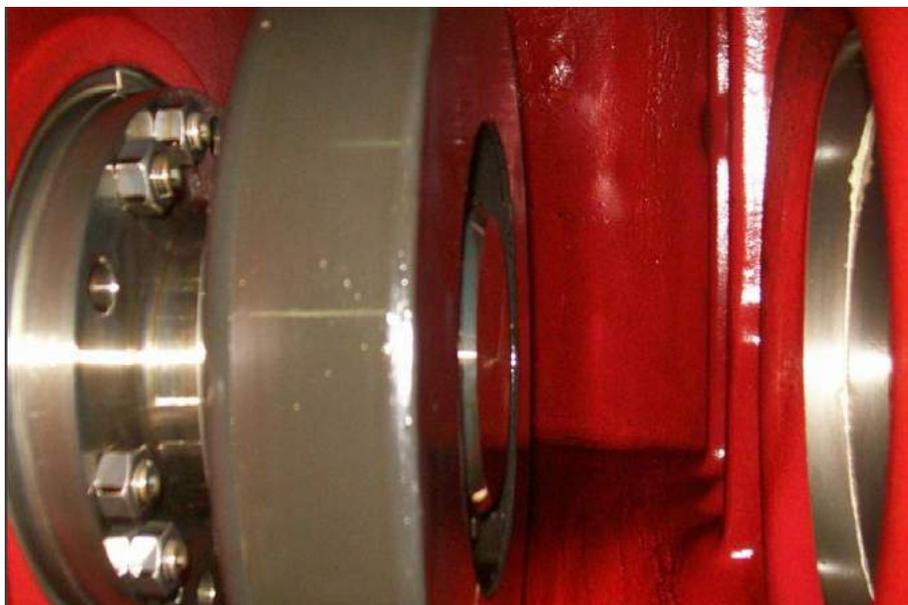
Ilustración 16 Acople salida motor eje principal



➤ Cojinete eje principal

Elemento mecánico, que se utiliza como soporte del eje de propulsión (ver ilustración 17).

Ilustración 17 Cojinete eje principal



➤ Hélice

Es una hélice escualizable que permite variar la velocidad a partir de la rotación de las aspas (ver ilustración 18).

Ilustración 18 Hélice sistema de propulsión



➤ Volante

Por este elemento pasa el torque transmitido por la caja reductora, la función es amortiguar las vibraciones producidas en esa operación (ver ilustración19).

Ilustración 19 Volante



➤ Sello de estanqueidad

Elemento que restringe el ingreso del agua de mar, por la salida del eje de propulsión de la propela de la embarcación (ver ilustración 20).

Ilustración 20 Sello de estanqueidad



➤ Funcionamiento del sistema de propulsión

El sistema de propulsión, activa su funcionamiento a partir del centro de control del motor principal, el cual manda una señal de encendido al sistema de arranque del motor, que configura la inyección de aire comprimido proporcionado por un grupo de compresores los cuales impulsan el movimiento de los pistones del motor principal, con la inercia generada por la compresión de aire se mueve el cigüeñal del motor, generando una compresión en los pistones impares y una expansión en los pares (Garcia, 2010).

Cuando el pistón se encuentra en el punto muerto superior, el sistema de control principal del motor envía una señal a la bomba principal de combustible, la cual bombea combustible dirigiéndolo a la admisión del motor. A partir del proceso de combustión generado por la mezcla de aire, chispa y combustible, se impulsan los pistones del motor principal los cuales mueven el cigüeñal del motor (Garcia, 2010).

El cigüeñal es conectado al eje principal de propulsión a través de un acople el cual conecta la salida del eje del motor a al eje principal de propulsión. Este eje es soportado por un cojinete que es conectado a una caja reductora, la cual

disminuye las revoluciones generadas por el motor al eje de propulsión aumentando el torque.

Posterior a la caja reductora se encuentra una volante que transmite el torque de la caja reductora y absorbe las vibraciones producidas por la caja reductora. Este torque es transmitido hasta la propela escualizable generando la propulsión del barco. El sello de estanqueidad es el sello que restringe el ingreso de agua al interior de la embarcación a través del eje principal de propulsión (Garcia, 2010).

4.2.1.2 Sistema de control del M.P

Dentro de este tablero de control, se monitorean las principales variables del motor, como lo son la temperatura la presión y las revoluciones del mismo (en variación de velocidad).

Ilustración 21 Controles del motor principal



Tabla 2 Características del sistema de control

CARACTERÍSTICAS MAQUINA EQUIPO			
MARCA:	BERG	HORAS TOTALES:	20.310
TIPO:	ERC 3000	(Horas de la Máquina)	
Nº:	ORDER No. 5168	HORAS PARCIALES	20.310
C.P.P. REMOTE CONTROL SYSTEM (Horas desde el último desmonte)			

4.2.1.3 Sistema de generación de electricidad

Se encarga de la generación de electricidad (ver ilustración 22), en el buque, y también ayuda al funcionamiento en el motor.

El buque cuenta con tres generadores, y uno de ellos es de emergencia que es usado, en caso que existe algún fallo en el sistema (ver ilustración 24).

El generador que trabaja con el motor diesel, es usado para el arranque del buque, el segundo generador, es para el funcionamiento de maquinas auxiliares.

Esté sistema tiene una gran importancia en el desempeño del buque, y es fuente controladora de los siguientes subsistemas (Vasquez, 2010).

- Motores Diesel para generación de energía
- Sistemas de acople (Motor-Generador)
- Sistema Automático de arranque.

Ilustración 22 Generador principal

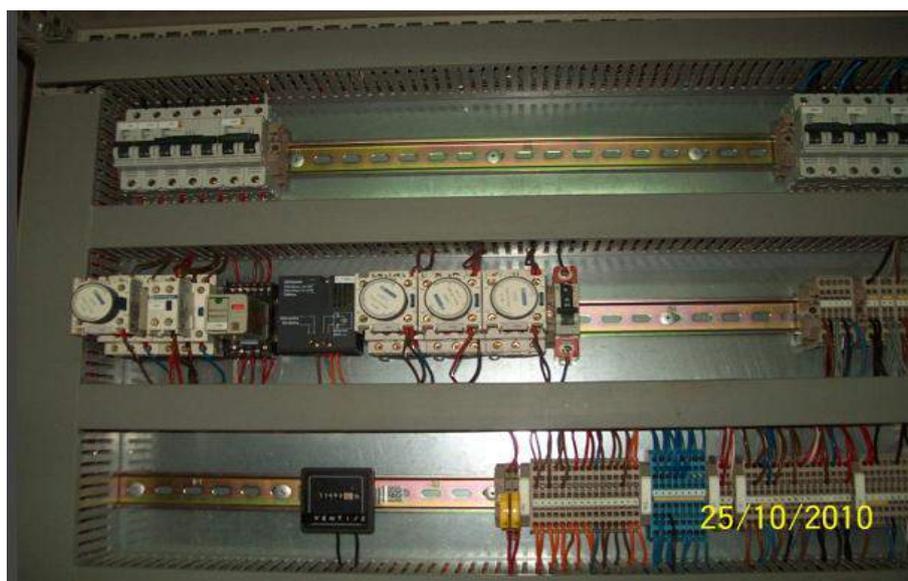


Los generadores se usan principalmente en la carga de la maquinaria eléctrica auxiliar, emulando el comportamiento de una planta industrial, es decir, la iluminación, los motores de accionamiento de las maquinas rotativas (las bombas), y en el accionamiento del sistema de propulsión del buque (Vasquez, 2010), (Pigazo, y otros, 2006).

Tabla 3 Características del generador principal

CARACTERÍSTICAS MAQUINA EQUIPO			
MARCA:	MARATHON ELECTRIC	HORAS TOTALES:	16.604
TIPO:	N/A	(Horas de la Máquina)	
Nº:	WA-541887-1104	HORAS PARCIALES	16.604
SHAFT GENERATOR		(Horas desde el último desmonte)	

Ilustración 23 Generador de emergencia



- Motores diesel para generación de energía.

El generador, mediante el motor diesel, produce la energía en los sistemas de control, y por consiguiente en toda la embarcación.

La embarcación tiene a disposición dos motores diesel de igual capacidad operativa (ver tabla 4), el segundo es usado para casos de emergencia, en reemplazo del usado en caso de daño

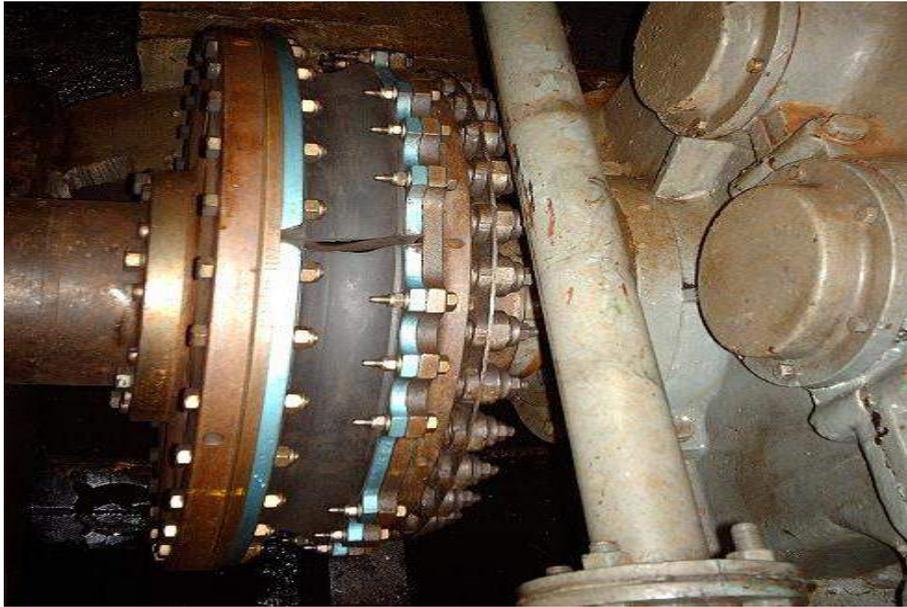
Tabla 4 Características del motor diesel para la generación de energía

CARACTERÍSTICAS MAQUINA EQUIPO			
MARCA:	CUMMINS	HORAS TOTALES:	8.326
TIPO:	N 14 D	(Horas de la Máquina)	
Nº:	43202365 CPL 2287	HORAS PARCIALES	8.326
MOTO-GENERADOR No. 2		(Horas desde el último desmonte)	

- Sistemas de acople (motor generador)

Conecta el motor diesel con el generador que posibilita el arranque del motor (ver ilustración24).

Ilustración 24 Sistema acople moto - generador



➤ Sistema automático de arranque

Compuesto por dos compresores de aires y dos pipetas (ver ilustración 25).

Las dos pipetas contienen aire, luego ese aire pasa por los compresores, donde se comprimen. Este aire es inyectado a la cámara de combustión, lugar donde el aire vence la inercia del pistón, posibilitando el movimiento de este, y por consiguiente del conjunto mecánico del motor, y por ultimo entra el combustible dando fin al ciclo de arranque del motor (Garcia, 2010).

Ilustración 25 Sistema automático de arranque



➤ Funcionamiento generación eléctrica

Para abastecer de energía eléctrica a la embarcación, es necesario utilizar los dos generadores principales los cuales están activos en navegación y además de esto se cuenta con un tercer generador, el cual entrará en funcionamiento una vez uno de estos falle.

Los generadores funcionan con combustible diesel, el cual alimenta a un motor de combustión interna, que genera un torque transmitido y convertido en energía eléctrica a través de un alternador (Pigazo, y otros, 2006).

El sistema eléctrico es el sistema más importante que tiene el barco ya que sin este no se podrían acceder a ninguna de las consolas de control ni se podría activar ninguno de los compresores de arranque del motor principal. Estos generadores entregan, la energía necesaria para el funcionamiento de la embarcación. El sistema eléctrico es complementado por un sistema, que transforma el torque producido por la pópela en navegación para suplir en el viaje algunos requerimientos de energía eléctrica. Este sistema esta complementado por un sistema de turbo alimentadores, los cuales toman aire del ambiente y lo comprimen, este aire es pasado por el motor y es calentado hasta alcanzar altas temperaturas, este es utilizado para el precalentamiento del full oil y del diesel. (Caceres, 2010 - 2011)

4.2.1.4 Maquinaria naval auxiliar

Es el sistema que contiene todos los componentes de los subsistemas que hacen posible el funcionamiento del buque a todos los niveles de operación naval, desde el arranque hasta los sistemas de seguridad. Los más relevantes en el funcionamiento del buque son:

- Compresores de aire para arranque

La embarcación cuenta con dos compresores de aires (ver ilustración 26), y su función es comprimir el aire a una presión de 30 BAR máxima, para luego este ser inyectado a la cámara de combustión, para romper la inercia de los pistones y así, iniciar el proceso de arranque del buque (Caceres, 2010 - 2011).

Ilustración 26 Compresor de arranque y botellas de aire



- Botellas de aire para arranque y servicios

Son las que almacenan el aire antes de pasar a los compresores, y posteriormente producir el arranque (ver ilustración 26).

- Unidad de control para válvulas hidráulicas

Es un cuerpo de mangueras y válvulas, que maneja todo el sistema hidráulico del buque mediante el sistema de control.

Como toda unidad hidráulica, esta tiene un motor eléctrico, en este caso asíncrono, que contiene dos unidades de bombas para el flujo del líquido hidráulico y se maneja una presión máxima de 100 BAR.

➤ Purificadoras para combustible fuel oil

La función es limpiar el combustible que pueda tener algún tipo de impurezas, antes de ser inyectado al sistema de propulsión.

Este proceso se hace pasando el combustible por un tanque de sedimentación por gravedad, este residuo es enviado por los conductos hasta el tanque de lodo (Caceres, 2010 - 2011).

El buque contiene dos purificadores para el combustible (ver ilustración 27).

Ilustración 27 Purificadora fuel oil



➤ Purificador para lubricante

Purifica el lubricante del motor principal, esta limpieza del aceite se hace antes que el lubricante entre al motor, y después de salir, es decir que existe un ciclo de limpieza.

El proceso tiene el mismo orden y forma del purificador de combustible fuel oil y diesel.

➤ Purificadora para combustible diesel oil

Limpia el combustible diesel que se utiliza para los motores diesel que funcionan con el sistema de generación eléctrica (ver ilustración 28) (Garcia, 2010).

Ilustración 28 Purificadora de diesel



➤ Calentador

Este es un calentador el cual calienta el agua hasta máximo 80°C (Garcia, 2010).

Ilustración 29 Caldera ACV



- Bombas de circulación agua para la calefacción

Existen dos bombas de estas en la embarcación cuyo propósito es transportar el agua caliente, para el uso de la tripulación.

- Tuberías / válvulas / tanques

Se refiere a todas las tuberías, válvulas y tanque que componen el buque y hacen posible el funcionamiento del buque

- Bomba auxiliar de lubricante motor principal

Como es constante en toda embarcación, las maquinas auxiliares están en todos los niveles del buque. Así esta bomba, está para el caso que ocurra una falla en la bomba de lubricación, del motor principal, y su función es la de lubricar las partes internas del mismo (Garcia, 2010).

- Bomba auxiliar de lubricante reductor m/p

Es la bomba que permite la lubricación del motor reductor del motor principal

- Bomba auxiliar de ht y lt del motor principal

Permite la refrigeración del motor principal. Para este proceso se usan dos bombas, una de alta temperatura, y otro de baja temperatura.

La bomba de baja temperatura es la que inyecta el agua para la refrigeración del motor, luego con la transferencia de calor esta agua se calienta y pasa por una bomba de alta temperatura, cuya finalidad es enviar el agua caliente a otros sistemas del buque (Caceres, 2010 - 2011).

- Bomba servicios y contra-incendios principal

Esta bomba transporta agua, que sirve para uso de la tripulación, y además es de vital importancia para la seguridad de la embarcación, en caso de un percance (Pereira, 2010).

- Bombas de lastre

Hace parte del sistema de lastre que permite balancear el buque de acuerdo a la cantidad de carga que lleve el buque. Las bombas hacen el ingreso de agua para que sea posible estabilizar el buque (Pereira, 2010).

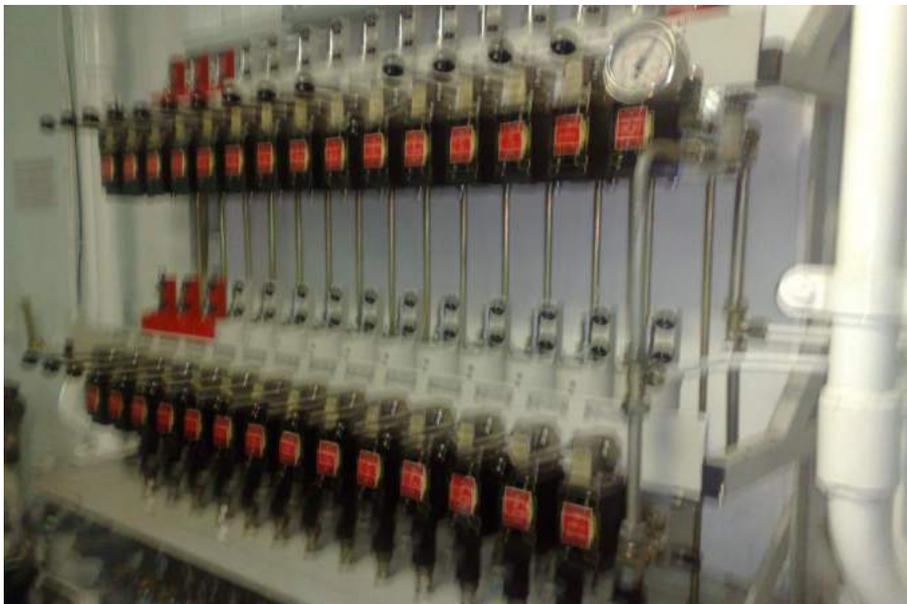
Para el proceso el buque utiliza dos bombas marca AZCUE, con una potencia de 15KW (ver ilustración 30).

Ilustración 30 Bombas de lastre



Las bombas son controladas con un sistema de válvulas hidráulicas, donde se controla la cantidad de agua que debe ser ingresada o desalojada del buque, su control se hace en cubierta. (Ver ilustración 31)

Ilustración 31 Sistema de válvulas de lastre



- Unidad reforzadora sistema combustible del M.P

Esta unidad se encarga de hacer la purificación, el calentamiento del combustible del motor principal y la circulación del combustible en el motor principal (Pereira, 2010).

- Bombas reforzadoras de combustible m/p

Hacen parte de la unidad reforzadora del combustible, y la función de las bombas es transportar el combustible desde la purificadora, hasta donde el combustible es calentado (Caceres, 2010 - 2011).

Para el proceso se utilizan dos bombas.

- Bombas de circulación de combustible del M.P

Se usan dos bombas de similares características de funcionamiento, y bombean el combustible al motor principal (Ver ilustración 32), esto se hace después del haber calentado el combustible a 122°C (Garcia, 2010).

Ilustración 32 Bomba de circulación de combustible



- Bombas trasiego de fuel oil y diesel

Se usa para pasar el combustible del tanque de almacenamiento a otros tanques, donde el combustible tendrá las propiedades óptimas para la condición de operación del sistema, es decir que tenga la viscosidad requerida.

En el caso del fuel oil, al motor principal y en caso del diesel, para el motor diesel del generador. (Caceres, 2010 - 2011)

Una bomba para cada combustible.

➤ Bomba de drenaje y precalentamiento agua del m/p

Esta Bomba es la encargada de suministrar al motor principal de combustible diesel el cual es utilizado como carburante para el arranque el cual a su vez sirve para limpiar al motor de las impurezas del fuel oil el cual tiene un menor grado de pureza, este es utilizado durante los trayectos de navegación.

Cabe resaltar que el fuel oil debe ser precalentado a una temperatura de 210°C para tener una óptima combustión. Para esto se utiliza la misma bomba, que está acoplada a un sistema de válvulas, que permiten el paso de combustible de los tanques de servicio, cuando el barco se prepara para partir. Esta bomba envía el combustible al intercambiador de calor para ser utilizado en el motor. (Garcia, 2010)

➤ Bomba de lodos

La función es sacar los lodos del buque; la limpieza de filtros, los residuos de las purificadoras, y desechos generales del buque. Cada subsistema de rebose tiene cierta cantidad permitida de desechos, una vez se alcanza cierta altura, la bomba los lleva a un tanque de lodo, el cual es vaciado cuando el buque llega a puerto (Vasquez, 2010).

➤ Generadora de agua dulce (evaporadora)

La evaporadora se usa para generar agua dulce, y opera con una presión de vacío absoluto, evaporando el agua a 80°C. El agua se recoge del mar, se evapora y luego forma parte el proceso de purificación, para el consumo de la tripulación en la embarcación (Pereira, 2010).

Ilustración 33 Evaporadora



Luego de evaporar el agua, esta pasa por un sistema de producción de agua dulce.

Ilustración 34 Producción de agua dulce



➤ Sistema de agua potable

La función de este sistema es convertir el agua de mar en agua potable, sin embargo al sistema se le entrega agua dulce ya tratada por el evaporador; luego el sistema está compuesto por unos equipos los cuales se encargan de potabilizar el agua. Las maquinas son:

- Esterilizador U.V. y filtro de carbón

Hacen parte del proceso de convertir el agua de mar en agua potable. Con el esterilizador U.V se consigue una desinfección del agua que no va a producir ninguna variación de sabor, olor o composición química de la misma, en primera instancia, y con el filtro de carbón que es el segundo proceso de purificación, termina de descontaminar el agua; Este proceso consiste en hacer pasar el agua a través de un tanque o filtro con carbón activado (Vasquez, 2010).

Este medio es eficiente para remover el cloro, mal olor y sabor del agua, así como sólidos pesados (plomo, mercurio) en el agua.

- Mineralizador

Es un equipo capacitado para hacer el procesos de mineralizar el agua, que consiste en añadir cierta cantidad de sales minerales al agua para poder volverla potable. Este proceso en el buque se realiza con una mineralizadora marca GEFICO ENTERPRISE.

- Caja enfriadora de agua HT y LT del Motor principal (*box cooler HT / LT*)

El buque tiene dos circuitos de agua fría y agua caliente cerrados (ver ilustración 35). El circuito de agua caliente, sirve para sacar el exceso de calor que hay en el motor, luego el agua se va a la evaporadora y genera el proceso de evaporización.

A su vez el agua caliente pasa por la caja enfriadora; y lo que hace es enfriar el agua dulce, por el contacto con el agua de mar.

Ilustración 35 Box cooler



➤ Caja enfriador agua moto generadores (*box cooler*)

Son dos cajas (intercambiadores de calor) que enfrían el agua, procedente del motor, en la caja también se hace un intercambio de calor para bajarle la temperatura al fluido, y así esta poder ser usada para refrigerar el moto-generador (Garcia, 2010).

➤ Servo timón

La finalidad de este sistema es darle dirección al barco. El efecto se produce al multiplicar el esfuerzo que hace el timonel al mover la rueda del timón y así disminuir la resistencia que opone la pala al chocar contra la corriente del agua al ponerla a la banda.

El servo timo es un dispositivo que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición.

Ilustración 36 Sistema del timón



- Separador de aguas aceitosas (equipo 15 ppm)

El separador de agua de sentinas se encarga de separar los hidrocarburos del agua. Para este equipo la misión consiste en separar el agua con un contenido menor de 15 ppm para poder sacarla al mar (ver ilustración 37) (Caceres, 2010 - 2011).

Ilustración 37 a) Control de separador, b) Tanque de separación de sentinas



➤ Maquinaria de seguridad y orientación

Es la maquinaria, que se encarga de la seguridad de la embarcación, tanto de la protección física de la tripulación, como de la embarcación. En virtud de la seguridad el buque lleva a bordo equipos de orientación tales como:

- Equipos de comunicaciones: Radios teléfonos.
- Equipo de localización: la embarcación cuenta con un GPS a bordo.
- Sextantes: instrumento que se utiliza para medir los ángulos entre dos objetos o puntos de referencia en la costa.
- Radares: es un sistema de orientación que sirve para medir distancias, direcciones y latitudes, por medio de ondas electromagnéticas (ver ilustración 38).

Ilustración 38 Radar



El buque también está compuesto con otros sistemas de seguridad más complejos, para situaciones de catástrofes marítimas, como son los incendios e inundaciones, o para un naufragio de la embarcación. Para contrarrestar estos casos especiales, el buque cuenta con la siguiente equipación (Medina, 2010):

- Sistemas contra incendio

Este sistema de las maquinas auxiliares, está compuesto por extractores de aire, botes salvavidas, y extintores, además de los ductos que dan salida a aguas en caso de ser necesario (Medina, 2010).

- Extractores de aire

Son ductos en forma de trompetas, que succionan aires del interior del buque, que en una emergencia, posiblemente pueden ser gases de vapor o gases tóxicos, o por incendios (ver ilustración 39) (Medina, 2010).

Ilustración 39 Extractores de aires



- Botes salvavidas (casco – motor – sistemas)

El buque cuenta con dos botes salvavidas compuestos por casco y sistema de propulsión, esto es en necesidad de alguna emergencia en el buque, (Medina, 2010) (ver ilustración 40)

Ilustración 40 Botes salva vidas



➤ Sistema de carga y almacenamiento

El sistema de carga en el buque permite cargar, almacenar y descargar la mercancía que lleva el buque a bordo.

Este buque cuenta con dos grúas, una bodega cubierta, una compuerta de tapas que aísla la bodega del exterior, y con un sistema de extracción de aire de la bodega (Medina, 2010).

• Extracción de aire de la bodega

Esta máquina extrae el aire de la bodega, debido que puede haber residuos de la mercancía que se transporte, y eso pueda contaminar la nueva mercancía que se cargue, el proceso principalmente es de limpieza (ver ilustración 41)

Ilustración 41 Sistemas de extracción de aires de bodega



- Sistema de carga y descarga (grúas)

Este proceso el buque lo realiza con dos grúas, manejadas independientemente (externas al control del buque), por los operarios capacitados (Medina, 2010). (ver ilustración 42).

Las grúas sirven para la carga y descarga de la mercancía que se va a transportar o que se transportar.

Ilustración 42 Sistema de cargue y descargue del buque



- Sistema de apertura y cierre de bodegas

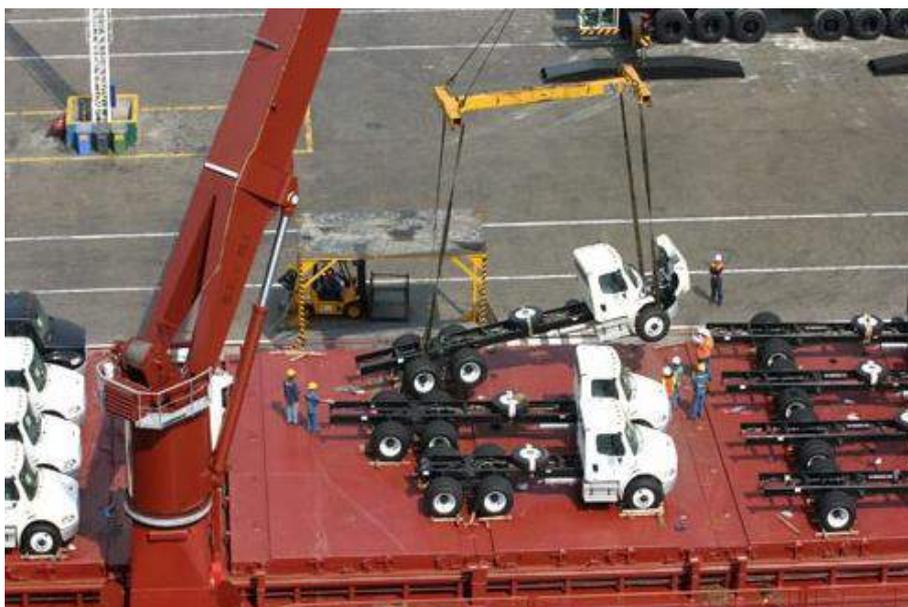
Funcionan con un sistema hidráulico que es manejado desde la cubierta del buque, consta de unas tapas que se deslizan por dos rieles, y la misión es la de abrir y cerrar la bodega (Ver ilustración 43) (Garcia, 2010).

Ilustración 43 Sistema de tapas



Las tapas también sirven de piso para soportar cargas, en caso que se transporten otro tipo de carga como vehículos (Ver ilustración 44).

Ilustración 44 Carga en la cubierta



4.3 EQUIPOS CRITICOS SUSCEPTIBLES DE MANTENIMIENTO

Los equipos mencionados en la tabla 5, son clasificados como equipos susceptibles de mantenimiento. La información proporcionada por el Ingeniero Jefe ingeniero Mauricio Herrera García del Mv Macondo, quien en con la experiencia de estar a cargo de la embarcación y de conocer el comportamiento de los sistemas, los determina por prioridad de afección al buque.

Por la importancia en el funcionamiento, cualquier fallo de en uno de los subsistemas podría detener la embarcación.

Además de los equipos que proporciona el Jefe ingeniero del Mv Macondo, se opta por agregar ciertos equipos que son críticos, determinados por los registros históricos de fallos, proporcionado por la empresa Navesco propietaria del Mv Macondo, y que la frecuencia repetitiva en el fallo, hace que la tripulación pierda tiempo para la reparación el equipo.

Se anexan otros equipos que no atentan contra el funcionamiento del barco pero, si contra la seguridad de este, en situaciones de emergencia.

Tabla 5 Equipos críticos

EQUIPOS CRITICOS	
DESCRIPTION	REQUERIMIENTO
Bomba L.O Stand-by Motor Propulsor	Arranque y verificación de funcionamiento, Presión etc.
Bomba enfriamiento H.T. Stand-by Motor Propulsor	Arranque y verificación de funcionamiento, Presión etc.
Bomba enfriamiento L.T. Stand by Motor Propulsor	Arranque y verificación de funcionamiento, Presión etc.
Bomba Alimentación y Circulación Combustible Motor Propulsor	Arranque y verificación de funcionamiento, Presión etc.
Bomba L.O Stand by CPP Sistema Propulsor	Arranque y verificación de funcionamiento, Presión etc.
Arranque Motores Propulsores de cero	Arrancarlos desde posición '0' con solo una carga de botellas
Sistema control Emergencia del Timón	Antes de cada zarpe
Moto generador de Emergencia	Arranque y verificación de funcionamiento. Man/Elec
Bomba de Incendio de Emergencia	Arranque y verificar presión con descarga a dos mangueras.
Sistema de Cierre Remoto válvulas de Combustible	Verificar Funcionamiento de todas las válvulas
Sistema detector de Incendios	Verificar funcionamiento de los Sensores
Sistema de Control de incendios	Soplar tuberías, verificar alarma CO2 Maquinas
Sistema De Parada remoto de Ventilación	Verificar funcionamiento
Sistema de cierre de Ventoleras y claraboyas	Verificar operatividad de sistema de apertura y cierre
Motores de botes Salvavidas	Verificar arranque en frío, marcha avante y atrás
Sistema de Luces de Emergencia. y de Navegación	Verificar el funcionamiento
Sistema de Achique	Verificar que el sistema funcione en todos los posetes de Bodegas y alarmas de sentina sala de Maquinas, Bowthruster, Antiheeling.
Sistema de lastre	Verificar que el sistema este operando bien.

4.4 MODELO DE GESTION DE MANTENIMIENTO

A partir de la información proporcionada por el personal abordo y del registro histórico de averías de la embarcación, se definieron y clasificaron un conjunto de diecinueve equipos perteneciente a los diferentes sistemas ya antes mencionados. Los cuales fueron seleccionados como equipos susceptibles de mantenimiento. Teniendo en cuenta los siguientes criterios.

4.4.1 Criterios selección equipos críticos.

Una avería en este equipo provoca una interrupción de alguno de los cuatro sistemas principales, llevando a paro la embarcación.

Equipos que normalmente se encuentran inactivos pero en la aparición de un estado de emergencia debe responder de una manera confiable y eficaz.

Todos los equipos principales que interfieran con la seguridad de la tripulación y de la embarcación.

4.4.2 Diseño modelo de gestión de mantenimiento.

Se diseña una tabla de chequeo para la gestión.

De la información histórica de las horas de trabajo de los equipos y del comportamiento que presentan estos durante la operación, se plantearon unas frecuencias de revisión, de los parámetros básicos de funcionamiento de los equipos. Durante el desarrollo de este modelo se encontraron una serie de diez equipos pertenecientes a esta lista los cuales presentan una alta frecuencia en la aparición de irregularidades y averías.

Aprovechando la gran experiencia del personal a bordo, se recopiló información importante de los síntomas de las irregularidades en el funcionamiento de los equipos, con lo cual se investigó y se consultaron las posibles causas de estas, llevándonos a plantear un pequeño protocolo de operación ante estas situaciones, el cual llega en algunos equipos un nivel de detalle tal que incluye procedimientos de armado y desarmado de los equipos.

4.4.3 Utilización de tabla de chequeo.

La caratula principal de la tabla presenta en su parte superior, los títulos de las diferentes columnas de esta. Esta contiene en su primera columnas información de los equipos requerimientos y frecuencia de revisión los equipos. (Ver ilustración 45) y (ver documento equipos críticos).

4.4.3.1 Orientación información adicional.

Para acceder a la información adicional fácil y ágilmente se dispuso de un sistema de flechas las cuales indican el lado de la tabla del cual se despliega la información además se incluye un sistema de números que indica el número correspondiente al equipo.

4.4.3.2 Primera columna

Dentro de esta se encuentra la lista con los diecinueve equipos considerados como críticos de mantenimiento, de los cuales se seleccionan diez equipos (sombreados en color gris) los cuales presentan una mayor frecuencia en la aparición de fallo, para estos equipos se incluye información adicional la cual ilustra los parámetros y protocolos los cuales deben ser aplicados de no cumplir con los requerimientos de la columna dos.

4.4.3.3 Segunda columna.

Dentro de esta se encuentran los requerimientos básicos de funcionamiento de la embarcación.

4.4.3.4 Tercera columna

A partir de esta se plantea la frecuencia de revisión para estos equipos.

4.4.3.5 Cuarta columna

En esta columna se clasifica la operación del equipo en satisfactoria o no satisfactoria (S/N) dependiendo de los requerimientos ilustrados en la columna número dos.

4.4.3.6 Quinta columna.

En esta se deja el campo para entrar la información de la fecha de revisión del equipo.

4.4.3.7 Sexta columna

Espacio diseñado para consignar las anotaciones de las irregularidades y comentarios acerca del equipo.

Ilustración 45 Tabla de chequeo, vista preliminar

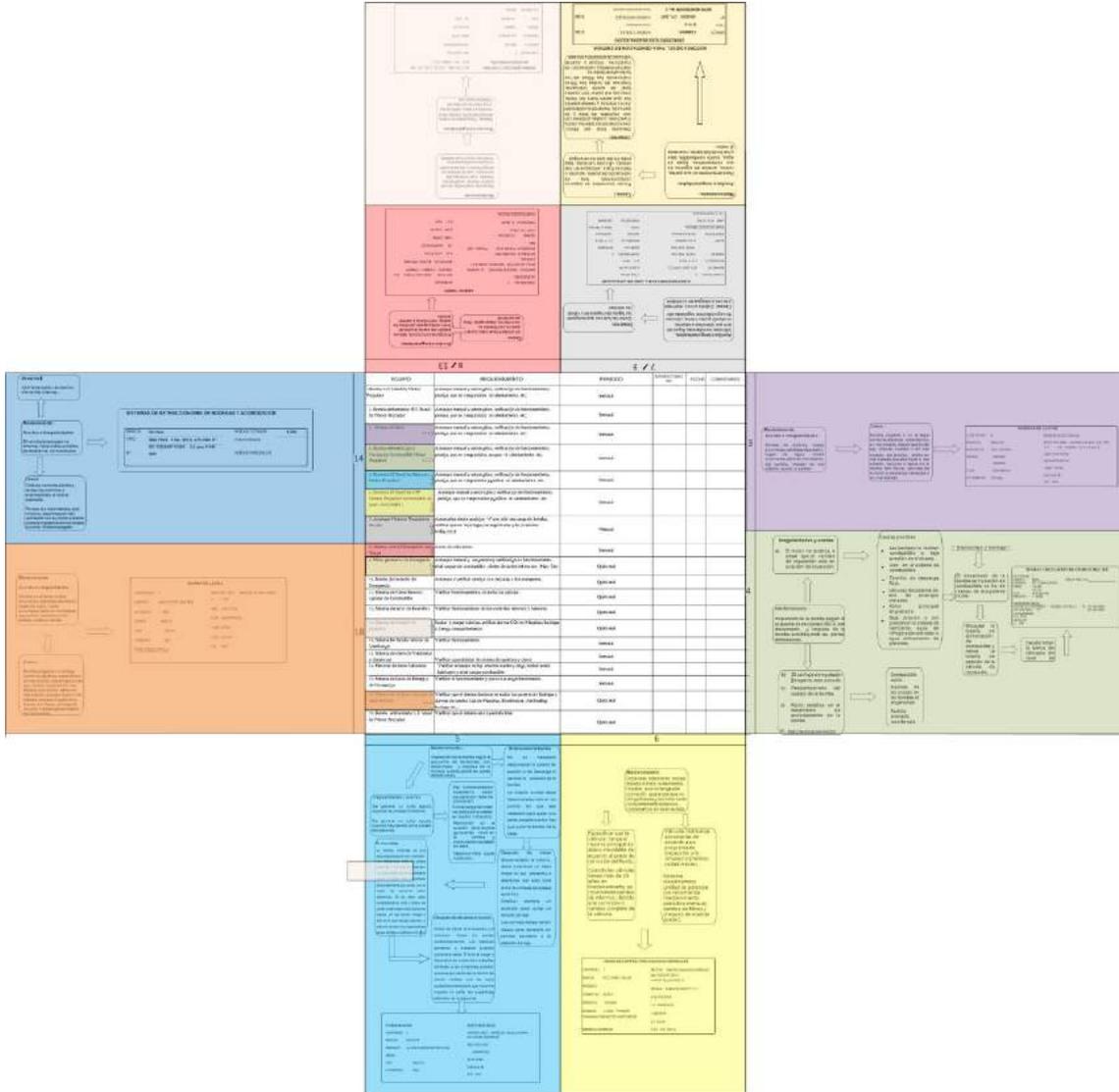


Ilustración 46 Tabla de chequeo 1

EQUIPO	REQUERIMIENTO	PERIODO	SATISFACTORIO/ NO	FECHA	COMENTARIOS
1. Bomba LO Stand-by Motor Propulsor	Arranque manual y automático, verificación de funcionamiento, presión, que no tenga ruidos ni calentamiento. etc.	Semanal			
2. Bomba enfriamiento H.T. Stand-by Motor Propulsor	Arranque manual y automático, verificación de funcionamiento, presión, que no tenga ruidos ni calentamiento. etc.	Semanal			
3. Sistema de lastre	Arranque manual y automático, verificación de funcionamiento, presión, que no tenga ruidos ni calentamiento. etc.	Semanal			
4. Bomba Alimentación y Circulación Combustible Motor Propulsor	Arranque manual y automático, verificación de funcionamiento, presión, que no tenga ruidos, escapes ni calentamiento. etc.	Semanal			
5. Bomba LO Stand by Reductor Motor Propulsor	Arranque manual y automático, verificación de funcionamiento, presión, que no tenga ruidos perdidas ni calentamiento. etc.	Semanal			
6. Bomba LO Stand by CPP Sistema Propulsor (controlador de peso controlable)	Arranque manual y automático, verificación de funcionamiento, presión, que no tenga ruidos perdidas ni calentamiento. etc.	Semanal			
7. Arranque Motores Propulsores de cero	Arranques desde posición '0' con solo una carga de botellas, verificar que no haya fugas, las seguridades y las presiones. (10Kg/cm2)	Mensual			
8. Sistema control Emergencia del Tanque	Antes de cada zarpe	Semanal			
9. Moto generador de Emergencia	Arranque manual y automático y verificación de funcionamiento, nivel tanque de combustible, niveles de aceite del motor, Man/ Elec	Quincenal			
10. Bomba de incendio de Emergencia	Arranque y verificar presión con descarga e dos mangueras.	Quincenal			
11. Sistema de Cierre Remoto válvulas de Combustible	Verificar funcionamiento de todas las válvulas	Quincenal			
12. Sistema detector de incendios	Verificar funcionamiento de los controles remotos y Sensores,	Quincenal			
13. Sistema de Control de incendios	Soplar y purgar tuberías, verificar alarma CO2 en Maquinas, bodega y demás compartimientos	Quincenal			
14. Sistema De Parada remoto de Ventilación	Verificar funcionamiento	Semanal			
15. Sistema de cierre de Ventoleros y claraboyas	Verificar operatividad de sistema de apertura y cierre	Semanal			
16. Motores de botes Selvidas	Verificar arranque en trjo, marcha avante y atrás, revisar aceite lubricante y nivel tanque combustible	Semanal			
17. Sistema de Luces de Emerg y de Navegación	Verificar el funcionamiento y que todas estén funcionando	Semanal			
18. Sistema de Achique (vacuación de agua sentina)	Verificar que el sistema funcione en todos los puertos de Bodega y alarmas de sentina Sole de Maquinas, Bowthruster, Antifouling, bodega etc.	Quincenal			
19. Bomba enfriamiento L.T. Stand by Motor Propulsor	Verificar que el sistema este operando bien	Quincenal			

Ilustración 47 Tabla de chequeo 2

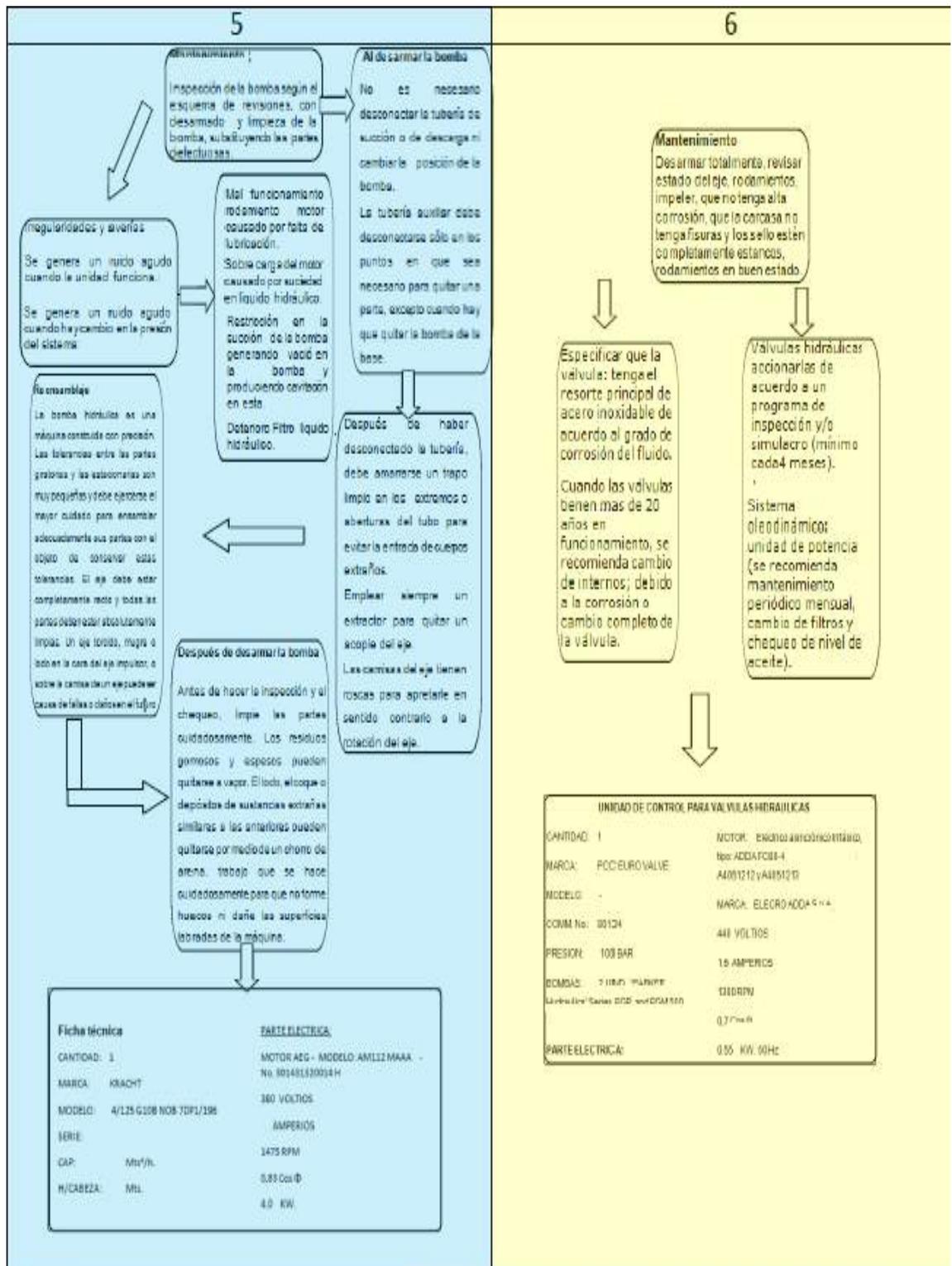


Ilustración 48 Tabla de chequeo 3

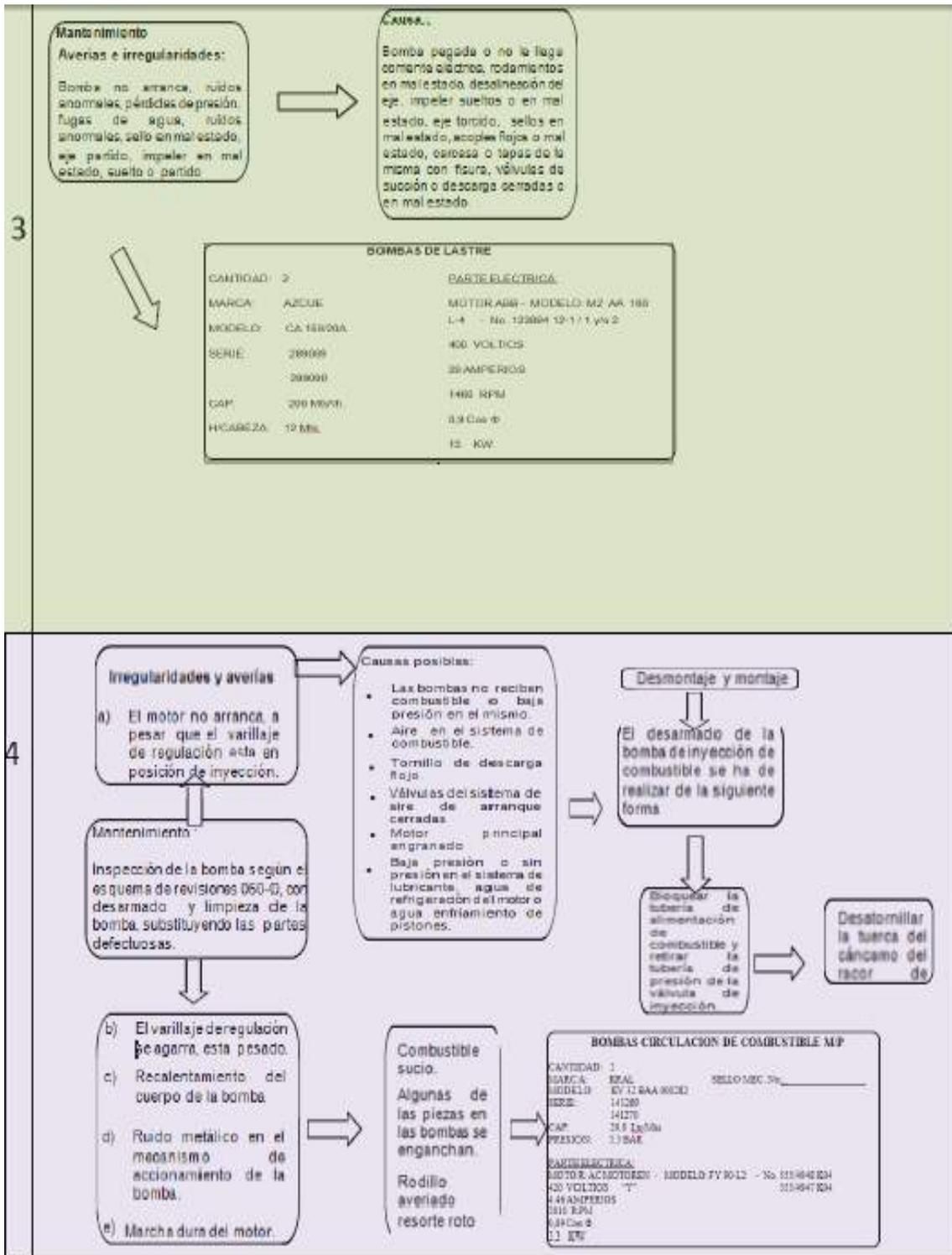


Ilustración 49 Tabla de chequeo 4

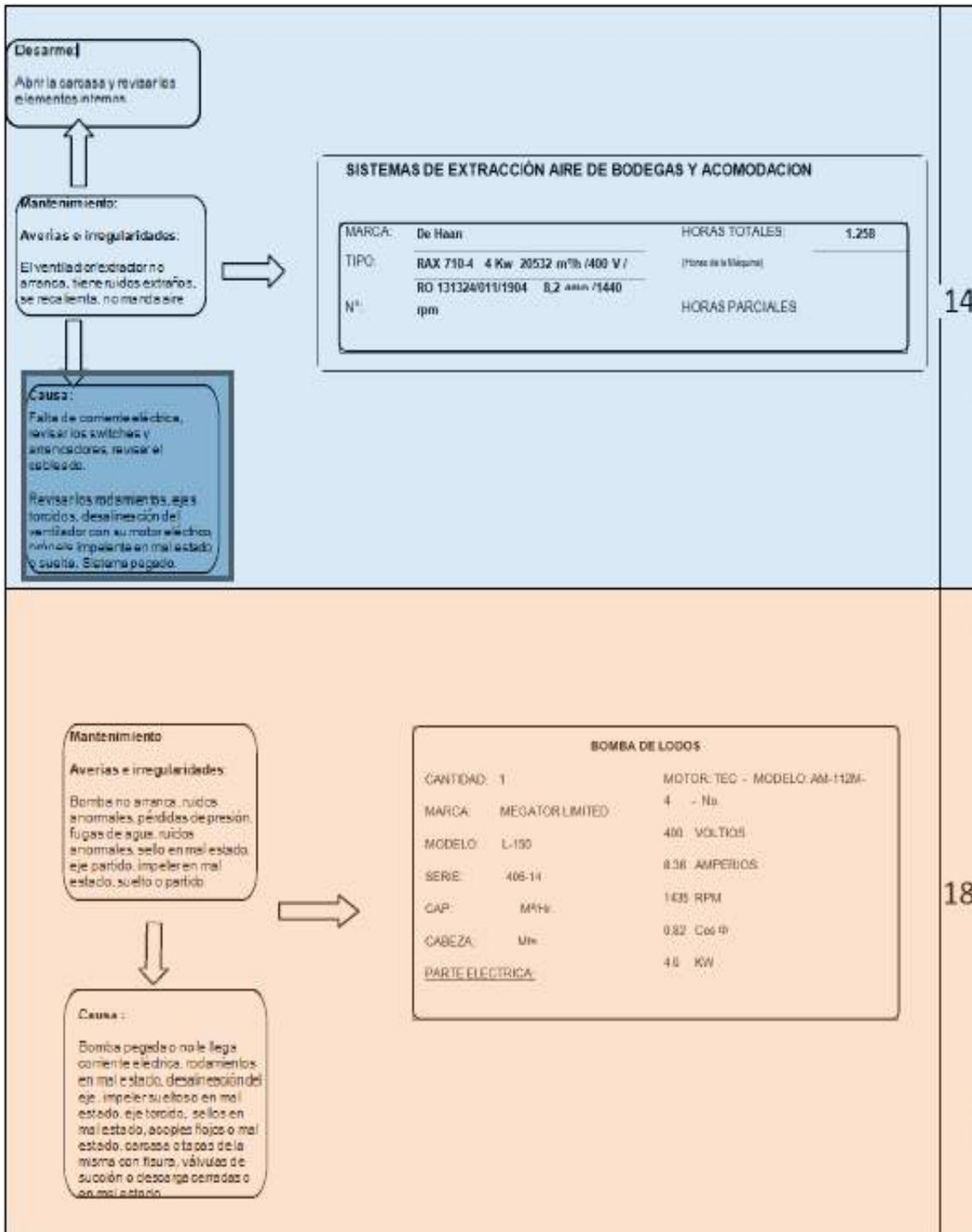
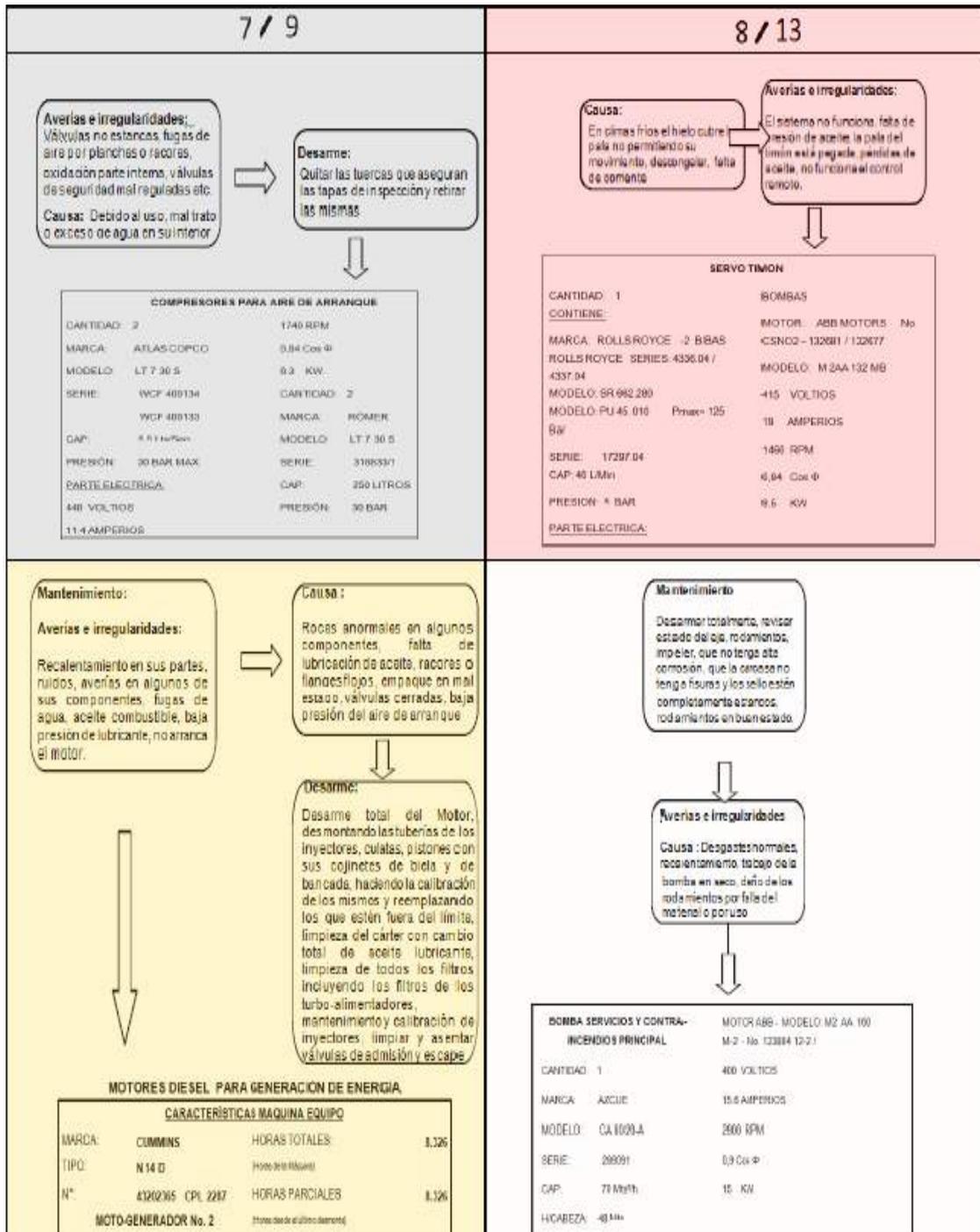


Ilustración 50 Tabla de chequeo 5



5 CONCLUSIONES

Para adelantar el presente trabajo se realizó una visita de campo en la embarcación Macondo en la ciudad de Cartagena y se encontraron los siguientes hallazgos.

- Personal de mantenimiento de una embarcación.
- Subsistemas del funcionamiento de una embarcación de carga.
- Poca información de primera mano en los gestores de mantenimiento.
- Trazabilidad de la instrumentación sin declaración de los tiempos de calibración.
- La gestión de mantenimiento depende en un 95 % de los manuales del fabricante.
- Se observa que las especificaciones técnicas de la embarcación estudiada, son semejantes en su estructura y configuración dentro de los sistemas principales de las embarcaciones de carga.
- En la visita de campo se observa que se sigue una estrategia de mantenimiento, básicamente apegada al manual del fabricante, donde especifica la forma de abordar la maquinaria de la embarcación y a partir del conocimiento y de la experiencia del personal a bordo.

El mantenimiento de los barcos mercantes está regido por las exigencias de las casas clasificadoras, las que controlan la frecuencia de las intervenciones y el cumplimiento de las normas que ellos establecen; pero deja libre a la embarcación para realizar la gestión. Esta gestión debe tener como objetivo principal los requisitos de las casas clasificadoras.

La gestión de mantenimiento en un barco mercante apunta al cumplimiento de los requisitos de la IACS, a la disminución de la accidentalidad, a la reducción de costos en reparaciones y prevención de averías. La gran mayoría de las embarcaciones no se cuentan con el personal suficiente para cumplir a cabalidad dicha gestión, por lo tanto se necesita un protocolo que se concentre en los puntos más importantes del buque. Apoyados con técnicos en tierra y en los diques.

La complejidad de los sistemas de una embarcación está ligada a la función principal de éste, como también a la capacidad de carga y a la velocidad óptima rivalizado con el consumo de combustible.

Por otro lado existe una gran similitud entre los diferentes tipos embarcaciones de carga. El barco de carga general se podría clasificar como la embarcación con la configuración más compleja siendo comparada con los diferentes tipos de barcos de carga este tipo de embarcación tiende a disminuir debido a la tendencia de transportar la carga en barcos contenedores.

En la visita de campo, se observa que se sigue una estrategia de mantenimiento básicamente apegada al manual del fabricante, donde especifica la forma de abordar la maquinaria de la embarcación y a partir del conocimiento y de la experiencia del personal a bordo.

BIBLIOGRAFIA

➤ CLASICA

Baena Josep Transporte Internacional [Libro]. - Barcelona, España : Logis.Book, 2002. ISBN: 978-84-92442-57-7.

Blanco Ricardo Gonzales Manual de estiba para transporte maritimo solido [Libro]. - Barcelona, España : UPC, 2006. ISBN 978-84-8301-894-1.

Freire Jesus y Gonzáles Fernando Los agentes particioante en el comercio marítimo [Sección del libro] // Economía del transporte marítimo. - España : Instituto universitario de estudios maritimos, 2010. ISBN 84-9745-043-4.

Garcia Raúl Organización y mantenimiento del buque [Libro]. - [s.l.] : Universidad del país vasco, 2010. ISBN: 84-8373-525-3.

Jimenez-Landi Antonio Barcos [Libro]. - Madrid : Águila S.A. , 1973. ISBN: 84-03-45278-0..

Mora Alberto Mantenimiento industrial efectivo [Libro]. - Medellín : Coldi, 2009. - AMG. ISBN: 978-958-98902-02.

Pigazo Alberto y Moreno Víctor Sistemas electronicos de potencia en el buque [Libro]. - Santander, España : Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria, 2006. ISBN: 84-8102-422-8.

➤ PUBLICACIONES PERIODICAS

Navesco General arragment [Informe]. - Bogotá : [s.n.], 2003.

Report, House departments of transportation and treasury and independet agencies appropriations bill [Publicación periódica]. - 2004.

Rivella Oscar Mantenimiento basado en condicion para el buque [Publicación periódica] // Ingenieria Naval. - Ferrol, España : [s.n.], 23 de Julio de 2006. - págs. 49-59. ISSN 1885-3331.

➤ ENTREVISTAS

Caceres Francisco LLanes Capitan de corbeta [Entrevista]. - Medellín : [s.n.], Junio - Enero de 2010 - 2011.

Garcia Jorge Antonio Herrera Jefe ingeniero sala de maquinas Mv Macondo NAVESCO [Entrevista]. - Cartagena : [s.n.], 7 de 11 de 2010.

Medina Jorge Contramaestre Mv Maconso [Entrevista]. - Catagena : [s.n.], 10 de 2010.

Pereira Mauricio Ingeniero Mecanico Atilero Cotecmar [Entrevista]. - 2010.

➤ INTERNET

BSL @ BSL [En línea] // http://www.bsl.com.mx/docspdf/tipo_de_buques.pdf. - 2010. - 1 de Febrero de 2011. - <http://www.bsl.com.mx>.

Cifuentes@ Juan, Torres Pilar y Frias Marcela bibliotecadigital [En línea]. - 11 de Junio de 2006. - 2 de Marzo de 2009. - http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/067/htm/sec_9.htm.

Correa Katalina bureauveritas.com.ec [En línea]. - 2007. - 23 de Agosto de 2010. - <http://www.bureauveritas.com.ec/html/certif.html>.

Diograzia, Cohen y Diograzia@ el portal del los barcos [En línea]. - 2010. - Octubre de 2010. - <http://www.elportaldelosbarcos.com>.

Eaglespeak@ eaglespeak@ [En línea]. - 2009. - Marzo de 2009. - www.eaglespeak.us.

Galeon@, 2010 Evolucion de los buques atraves de la historia [En línea] // <http://www.galeon.com/navegue/mardecadiz/evolucion.htm>. - 20 de Septiembre de 2010. - <http://www.galeon.com>.

IACS [iacs.org.uk](http://www.iacs.org.uk) [En línea]. - 2006. - <http://www.iacs.org.uk/explained/default.aspx>.

Integralcargo@ Integralcargo [En línea] // <http://www.integralcargo.com.ar/cargos/buques.pdf>. - 2010. - 1 de Febrero de 2011. - <http://www.integralcargo.com.ar>

J Gonzales@ <http://www.jonbaraq.eu/gonzalva/wp-content/uploads/2009/06/clasificacion-y-tipos-de-barcos1.pdf> [En línea]. - 2005. - 3 de Noviembre de 2010. - <http://www.jonbaraq.eu>.

José Gonzales@ modelismonaval [En línea] // <http://www.modelismonaval.com/magazine/buques/>. - 2010. - Enero de 2011. - <http://www.modelismonaval.com>.

Manzoli@ <http://www.manzoli.com.ar/datos-utiles-buques.html> [En línea]. - 2010. - 2 de Enero de 2011. - www.manzoli.com.a .

My ship @ <http://myship.com/imo/search?imosearch=maersk> [En línea]. - 2002. - 20 de Enero de 2011. - <http://myship.com>.

Robert Amsterdam @ <http://www.robertamsterdam.com/espanol/petrolero.jpg> [En línea]. - 2008. - 2 de Agosto de 2010. - <http://www.robertamsterdam.com>.

Veritas, Bureau www.bureauveritas.com [En línea]. - 2007. - 12 de Noviembre de 2010. - www.bureauveritas.com.