



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO – MECÁNICA CON
MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL**

TEMA:

**Análisis de fallas en motores y generadores eléctricos de
embarcación marítima de carga**

AUTOR:

ROJAS MOSQUERA, CARLOS EMMANUEL

**Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de
INGENIERO EN ELÉCTRICO- MECÁNICA**

TUTOR:

ING. LUIS ORLANDO PHILCO ASQUI MGS.

Guayaquil, Ecuador

9 de marzo del 2021



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA CON
MENCION EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Rojas Mosquera, Carlos Emmanuel**, como requerimiento para la obtención de Título de **Ingeniería en Eléctrico- Mecánica**.

TUTOR

ING. LUIS ORLANDO PHILCO ASQUI. MGS

DIRECTOR DE LA CARRERA

ING. HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO, MGS.

Guayaquil, a los 9 días del mes de marzo del año 2021



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO – MECÁNICA CON
MENCIÓN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **ROJAS MOSQUERA, CARLOS EMMANUEL**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación **Análisis de fallas en motores y generadores eléctricos de embarcación marítima de carga** previo a la obtención del Título de **Ingeniería en Eléctrico–Mecánica**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecutivamente este trabajo es de mi total autoría. En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 9 días del mes de marzo del año 2021

EL AUTOR

ROJAS MOSQUERA, CARLOS EMMANUEL



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO – MECÁNICA CON
MENCION EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL

AUTORIZACIÓN

Yo, **ROJAS MOSQUERA, CARLOS EMMANUEL**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución del trabajo de titulación, **Análisis de fallas en motores y generadores eléctricos de embarcación marítima de carga** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 9 días del mes de marzo del año 2021

EL AUTOR

ROJAS MOSQUERA, CARLOS EMMANUEL

REPORTE URKUND

The screenshot displays the URKUND interface. On the left, a sidebar shows document details: 'Documento: ROJAS CARLOS.docx (D96553696)', 'Presentado: 2021-02-25 13:11 (-05:00)', 'Presentado por: orlandophilco_7@hotmail.com', 'Recibido: orlando.philco.ucsg@analysis.orkund.com', and 'Mensaje: Tesis Carlos Rojas. A yellow highlight indicates '3% de estas 37 páginas, se componen de texto presente en 1 fuentes.' On the right, a 'Lista de fuentes' (List of sources) table is visible with columns for 'Categoría' and 'Enlace/nombre de archivo'. The table lists several URLs, including 'http://www.navals82.com/maquinas/pdf/electricidad.navai.patron.pdf', 'https://de.slideshare.net/Otorongosabroso/dimensionamiento-de-los-mot...', 'http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/12742/1/T-UCSG-PRE-TEC1...', 'Christopher_Garay_Final.docx', and 'https://riull.uill.ec/vmlui/bitstream/handle/915/5175/EL%20ELEMENTOS%20DE%20...'. At the bottom of the interface, a toolbar contains icons for '2 Advertencias', 'Reiniciar', 'Exportar', and 'Compartir'. The main content area shows a list of sources with vertical bars indicating the percentage of text overlap.

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN
ELECTRICO - MECÁNICA
CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL
INDUSTRIAL
TEMA: ANÁLISIS DE FALLAS EN MOTORES Y GENERADORES ELÉCTRICOS DE EMBARCACIÓN
MARÍTIMA DE CARGA
AUTOR: ROJAS MOSQUERA, CARLOS EMMANUEL
Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de INGENIERO EN ELECTRICO-
MECÁNICA
TUTOR: ING. LUIS ORLANDO PHILCO ASQUI MGS.
Guayaquil, Ecuador

Reporte Urkund del trabajo de titulación en Ingeniería en Eléctrico Mecánica
titulado: **“Análisis de fallas en motores y generadores eléctricos de
embarcación marítima de carga”** del estudiante **Rojas Mosquera, Carlos
Emmanuel** el análisis de coincidencia indica el 3% de coincidencias.

Atentamente

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Orlando Philco'.

Ing. Orlando Philco A. M.Sc.

Revisor

AGRADECIMIENTO

Cerrando un ciclo de vida agradezco a DIOS todo poderoso que con su infinita bendición me ha permitido llegar hasta este día sin el nada es posible. Ya que ha puesto en mi camino a personas valiosas en el momento exacto.

A la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil por brindarme la oportunidad de formar parte de la comunidad estudiantil.

A mi Padre y Madre a mis abuelitos que con esfuerzo me han dado su apoyo, cariño y ejemplo para superarme, a mi familia que me ha apoyado en este reto el cual lo hemos ganado juntos.

A mi tutor Ing. Orlando Philco A. que impartió su experiencia y conocimiento para la aportación de este trabajo de titulación.

El Autor

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico a DIOS por haberme dado la sabiduría, entendiendo y fuerzas necesarias para llegar hasta alcanzar esta meta trazada desde muchos años atrás y que hoy estoy cumpliendo.

A mis padres que con su ferviente amor han sabido guiarme y darme la oportunidad de cumplir este reto ustedes son los mejores.

El autor



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO - MECÁNICA CON MENCIÓN
EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

ING.ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS, M. Sc.

DECANO

ING. PALACIOS MELÉNDEZ, EDWIN FERNANDO, M. Sc.
COORDINADOR DE TITULACIÓN

ING. QUEZADA CALLE, EDGAR RAÚL, M. Sc.

OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

REPORTE URKUND	V
AGRADECIMIENTO	VI
DEDICATORIA	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
INDICE DE TABLAS	XVI
RESUMEN	XVII
ABSTRACT.....	XVIII
CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	2
1.1 Introducción.....	2
1.2 Justificación.....	3
1.3 Planteamiento del problema.....	3
1.4. Objetivo General	4
1.5 Objetivos Específicos	4
1.6 Metodología	4
CAPÍTULO 2: INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EMBARCACIONES	5
2.1 Equipos y máquinas principales en un buque.....	5
2.1.1 Red eléctrica en una embarcación.....	6
2.1.2 Consumidores de una embarcación	8
2.1.2.1 Tomas de corrientes externas al buque	8
2.2 Grado de protección de dispositivos eléctricos (IPxx)	9
2.2.1 Código IP	10

2.3 Conductores Eléctricos: cableados y líneas	12
2.2.1 Selección de un conductor.....	14
2.2.1.1 Cableados específicos para instalaciones en los buques..	14
2.3 Cableado de sistemas en los buques.....	16
2.3.1 Tipos de tensiones y frecuencias.....	16
2.3.2 Tipología de redes a bordo	17
2.3.3 Número de conductores	19
2.3.4 Compatibilidad electromagnética	20
2.4 Elección de las tensiones y frecuencias a utilizar	21
2.5 Instalaciones en los buques	22
2.5.1 Las instalaciones especiales	22
2.6 La justificación del balance eléctrico	22
2.7 Instalaciones auxiliares del buque.....	24
2.8 Plantas eléctricas en los buques y sus sistemas	25
2.8.1 Planta eléctrica del buque. Generación y distribución.....	25
2.8.2 Servicios a alimentar simultáneamente	26
2.8.3 Situación de las plantas generadoras de un buque	26
2.9 Remolcadores con diésel mecánica	27
2.10 Remolcadores o barcos multipropósito híbridos. Diésel eléctricos	28
2.10.1 Diésel-eléctricos	29
2.11 Aplicaciones de motores y generadores en embarcaciones	31

2.11.1 Factor de carga del grupo electrógeno	33
2.12 Potencia auxiliar de emergencia	34
2.12.1 Administración de carga	35
2.12.1.1 Aislado de energía con menos de 500 horas por año	36
2.12.1.2 Aislado con más de 500 horas por año	36
2.12.1.3 Operación de energía durante menos de 500 horas por año.	36
2.12.1.4 Operación de energía durante más de 500 horas por año	37
2.13 Normas	37
2.14 Capacidad de clasificación del generador	38
2.14.1 Límites de tolerancia del generador	40
2.15 Propulsión diésel mecánica.....	41
2.15.1 Propulsión híbrida, mecánica y eléctrica.....	42
2.16 Criterios de mantenimiento en embarcaciones remolcadores	42
2.16.1 Mantenimiento de la sala de máquinas.....	42
2.16.1.1. Mantenimiento Planeado.....	43
2.16.2.1 Plan regular de trabajos	44
2.16.2.2 Hojas de trabajo	45
2.16.2.3 Plan de mantenimiento (mantenimiento periódico).....	46
2.16.2.4 Mantenimiento diario	47
2.16.2.5 Mantenimiento semanal	48

2.16.2.6 Mantenimiento predictivo y preventivo	48
2.16.2.7 Mantenimiento del motor principal.....	48
2.17 Mantenimiento motores generadores auxiliares	50
CAPÍTULO 3: LEVANTAMIENTO DE DATOS.....	53
3.1 Datos de equipos en remolcador.....	53
3.2 Inspección del generador 2 Babor.....	54
3.3 Pruebas de aislamiento del cableado eléctricos del generador de 300kW estribor y babor	57
3.4 Reguladores de voltaje y PLCA de datos	59
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE CALIDAD DE ENERGÍA	61
4.1 Fallas en motores eléctricos.....	61
4.2 Ensayos de aislamiento eléctrico	62
4.2.1 Mediciones de aislamiento.....	62
4.2.2 Inspección generador 1 estribor	64
CONCLUSIONES	66
RECOMENDACIONES	67
BIBLIOGRAFÍA.....	69
ANEXO 1: Mantenimiento realizado de acuerdo a las horas de trabajo	74
Anexo 2: Controles diarios y medidas de vigilancia	75
Anexo 3: Mantenimientos de motores auxiliares, según las hs. de trabajo y control del reglaje de válvulas.....	80
Anexo 4: Fallos de motores auxiliares	81
Anexo 5: Mantenimiento generador de emergencia.....	82
Anexo 6: Tabla de trabajos de mantenimiento en la sala de máquinas.....	83

Anexo: 7 Propuestas de mejoras en los trabajos de mantenimientos en las máquinas.....	84
Anexos 8: Motores principals, cargador y baterías, tablero eléctrico.....	86

1.2 ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 2:

Figura 2. 1 Sistema diesel-eléctrico de propulsión y maniobra de un buque. .6	
Figura 2. 2 Alambre13	13
Figura 2. 3 Cable13	13
Figura 2. 4 Monoconductor13	13
Figura 2. 5 Multiconductor14	14
Figura 2. 6 Características y especificaciones de los cables.....15	15
Figura 2. 7 Distribución esquemática de la planta eléctrica general de un buque.24	24
Figura 2. 8 Distribución real de la planta eléctrica de un buque.25	25
Figura 2. 9 Esquema general de la planta de un buque.27	27
Figura 2. 10 Remolcador con altura “eslora” de 39,7 metros y anchos de 12,5 metros Fuente. (Canela, 2018)28	28
Figura 2. 11 Esquema del sistema de propulsión y generación eléctrica28	28
Figura 2. 12 Esquema del sistema de propulsión y generación eléctrica30	30
Figura 2. 13 Motor y generador Caterpillar modelo C4.4 DITA de un remolcador marítimo Fuente: (Caterpillar, 2005).....31	31
Figura 2. 14 Capacidad reactiva de un generador de polo saliente.....41	41
Figura 2. 15 Esquema de propulsión y generación del remolcador.....41	41
Figura 2. 16 Esquema de la propulsión híbrida, mecánica y eléctrica42	42
Figura 2. 17 Modelo de hoja de trabajo general45	45
Figura 2. 18 Hoja de control del motor principal.49	49
Figura 2. 19 Equipos de mediciones para las fallas de motores trifásicos por mala calidad de energía eléctrica.52	52

CAPÍTULO 3:

Figura 3. 1 motor de ventilación-extracción del estribor de un remolcador...	53
Figura 3. 2 Rotor principal del generador estribor y excitatriz fija generador estribor	54
Figura 3. 3 Excitatriz giratoria del generador estribor	54
Figura 3. 4 Estator principal babor	55
Figura 3. 5 Rotor principal generador babor y excitatriz fija generador estribor	56
Figura 3. 6 Excitatriz giratoria del generador babor.....	57
Figura 3. 7 Mediciones del cableado del generador de estribor.	58
Figura 3. 8 Mediciones del cableado del generador de babor.	59
Figura 3. 9 Cableado	59
Figura 3. 10 Generador estribor DVR 2000E+, corona de diodos nueva	60
Figura 3. 11 Generador babor DVR 2000E, corona de diodos con desgaste.	60
Figura 3. 12 placa de datos de generador de babor y estribo	60

1.3

1.4 INDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 2:

Tabla 2. 1 Tipos de consumidores en una embarcación	8
Tabla 2. 2 Cifra sobre los objetos que no deben penetrar en la envolvente .	10
Tabla 2. 3 Cifra sobre el tipo de protección proporcionada por la envolvente	11
Tabla 2. 4 Cifras caracterizados por símbolos	12
Tabla 2. 5 Ejemplos de cables, utilizados en la industria naval.	15
Tabla 2. 6 Niveles de tensión.....	16
Tabla 2. 7 Clasificaciones ISO de grupos electrógenos y la correlación con las clasificaciones de grupos electrógenos Caterpillar	35
Tabla 2. 8 Aislado de la empresa de servicios públicos de energía	36
Tabla 2. 9 Aislado de la empresa de servicios públicos de energía	36
Tabla 2. 10 Operación en paralelo con la empresa de servicios públicos de energía	36
Tabla 2. 11 Operación en paralelo con la empresa de servicios públicos de energía	37
Tabla 2. 12 Aumento de temperatura para los generadores de clase F y H.	39
Tabla 2. 13 Control del motor principal y sus componentes	50
Tabla 2. 14 Horas de los motores auxiliares	51
Tabla 2. 15 Tabla de reconocimientos para los trabajos de mantenimiento de 20-60 horas y de 200 hs. a 1000hs.....	51

CAPÍTULO 4:

Tabla 4. 1 Datos obtenidos de los manuales para la condición navegación.	61
Tabla 4. 2 Valores de pruebas de aislamiento	63

1.5 RESUMEN

En el presente trabajo de titulación, tiene como objetivo principal analizar fallas en motores y generadores eléctricos de una embarcación tipo remolcador, se emplean tres métodos de investigación. La metodología descriptiva; la cual desglosa las condiciones operativas de una embarcación marítima de carga tipo remolcador. La metodología sintética-analítica la cual descompone las partes o elementos de la fuente de energía para la navegabilidad de un remolcador, se relaciona la operación de dos grupos electrógenos es factor importante para maniobrar o navegar, por consiguiente, se identifican las causas de falla en especial de sus motores eléctricos. La metodología deductiva efectúa predicciones a la capacidad individual de motores eléctricos y generadores para lograr las condiciones de operación normales de propulsión y seguridad de un remolcador. El resultado del trabajo de titulación en ingeniería eléctrico mecánica plantea soluciones de reparación y recomienda criterios de mantenimiento a motores eléctricos y generadores de forma periódica.

PALABRAS CLAVES: REMOLCADOR, PROPULSIÓN, MOTOR ELÉCTRICO, GRUPO ELECTRÓGENO, MANTENIMIENTO, PRUEBA DE AISLAMIENTO.

ABSTRACT

In the present degree work, its main objective is to analyze failures in electric motors and generators of a tug-type vessel, three research methods are used. The descriptive methodology; which breaks down the operating conditions of a maritime tug-type cargo vessel. The synthetic-analytical methodology which decomposes the parts or elements of the energy source for the navigability of a tugboat, the operation of two generator sets is related is an important factor for maneuvering or navigating, therefore, the causes of failure are identified in special of its electric motors. The deductive methodology makes predictions to the individual capacity of electric motors and generators to achieve the normal operating conditions of propulsion and safety of a tugboat. The result of the degree work in mechanical electrical engineering proposes repair solutions and recommends maintenance criteria for electric motors and generators on a regular basis.

KEYWORDS: Tugboat, Propulsion, Electric Motor, Generator Set, Maintenance, Insulation test.

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

1.1 Introducción

Dentro de las embarcaciones marítimas de carga se puede encontrar a naves remolcadoras y el suministro general de energía eléctrica se realizará por medio de una red de corriente alterna trifásica de baja tensión. Por su parte, el suministro de energía eléctrica a los consumidores (dispositivos varios) de 220 V se hará por medio de una red de corriente alterna bifásica, y el suministro de energía eléctrica a los consumidores de 24 V se hará por medio de una red de corriente continua.

La red de distribución se establece conectando con líneas (cables o feeders), y los cuadros de interconexión con los generadores, motores y otros posibles consumidores. Los generadores principales se conectarán con el llamado cuadro principal, que será el encargado de suministrar energía a los de distribución a través de los distintos escalones, pasándose a denominar éstos como cuadros primarios, secundarios, terciarios, etc. Por otra parte, y de la misma forma, el grupo de emergencias se conecta al cuadro de emergencia. De cada cuadro o terminal saldrán a su vez las distintas líneas (una o varias) denominadas circuitos finales o terminales. De forma general cada una de éstas alimentará a un consumidor (motor) aunque dependiendo del consumo de éste, se puede alimentar a más de un equipo.

Para realizar las conexiones de las líneas de distribución de sistemas a bordo se utilizan tres sistemas, tipologías o disposiciones geométricas, que pueden ser:

Red en líneas abiertas o red lineal: se basa en la utilización de líneas de gran longitud, que partiendo del cuadro principal alimentan los distintos cuadros primarios. Este sistema parece el más fácil y económico de realizar, pero es una de las peores soluciones técnicas, ya que obliga a distribuir líneas de gran sección en los tramos más próximos.

Red en anillo cerrado, mallado o bucle: se basa en la conexión de todos los sistemas con una línea cerrada de alimentación en forma de anillo, a la que aportan energía los generadores principales a través de uno o más cuadros

principales que podrían incluso estar distribuidos en distintas posiciones del buque.

Red en derivaciones sucesivas, radial o árbol: se basa en la distribución de sistemas en árbol desde el cuadro principal. Desde el cuadro principal salen algunas líneas que a su vez se conectan a cuadros primarios o grandes terminales (motores), y a su vez de éstos últimos cuadros salen varias líneas hacia cuadros secundarios y así consecutivamente según las necesidades del buque o la instalación.

Se debe prever una alimentación doble desde el cuadro principal que no incluya a los cuadros de distribución comunes y con tendidos o distribuciones lo más separados posible.

La capacidad de la fuente de energía principal será suficiente para alimentar todos los servicios antes mencionados. Esta fuente de energía estará constituida por, al menos, dos grupos electrógenos y su capacidad individual será tal que aunque uno de ellos se pare, el resto pueda alimentar los servicios necesarios

1.2 Justificación

En las embarcaciones marítima es primordial contar con las máquinas de generación eléctrica, propulsión, en buenas condiciones de operatividad, caso contrario puede quedar a la deriva, o sufrir tragedias como incendios como producto de instalaciones y equipamiento eléctrico defectuoso. En el caso de los generadores eléctricos, permite el funcionamiento de sistemas de propulsión, teniendo a los motores eléctricos, ventiladores, compresores como máquinas a considerar en planes de mantenimiento. Ante aquello, los datos de operación y mantenimiento suelen ser también importante en el trabajo maniobra.

1.3 Planteamiento del problema

Falta de plan de mantenimiento a máquinas eléctricas como son los generadores eléctricos en la embarcación marítima tipo remolcador. Ante eventual falla, o bien por máquinas eléctricas alimentadas por dichos generadores se pierde la maniobra de la embarcación.

1.4. Objetivo General

Análizar las fallas en motores y generadores eléctricos de una embarcación marítima tipo remolcador. Propuesta de un plan de mantenimiento a motores eléctricos.

1.5 Objetivos Específicos

- Describir las instalaciones eléctricas en embarcaciones marítimas.
- Identificar las máquinas eléctricas con fallas de una embarcación tipo remolcador
- Evaluar las fallas en motores y generadores eléctricos
- Plantear un plan de mejoras de mantenimiento a motores eléctricos de la embarcación tipo remolcador

1.6 Metodología

Se emplean tres métodos de investigación en este trabajo de titulación.

La metodología descriptiva; permite desglosar condiciones operativas de una embarcación marítima de carga tipo remolcador. La metodología sintética-analítica que descompone las partes o elementos de la fuente de energía constituida por dos grupos electrógenos para identificar las causas de falla. La metodología deductiva efectúa predicciones a normativas y datos de operación y mantenimiento de motores eléctricos y generadores. Por consiguiente, efectúa también el análisis de fallas y con ello se plantea soluciones de reparación y mantenimiento para el sistema propulsión de un remolcador marítimo.

CAPÍTULO 2: INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EMBARCACIONES

2.1 Equipos y máquinas principales en un buque

Las embarcaciones se clasifican de acuerdo a su capacidad o tamaño, finalidad o servicio, tipo de propulsión entre otros aspectos más.

Una embarcación tipo buque puede contar con los siguientes equipos y máquinas:

- Motor principal.
 - Turbina generadora.
 - Salida de 3.300 V, 60 Hz, 3150KW y 689 A.
 - Revoluciones del alternador 1800 rpm.
 - Generador diésel.
 - Salida de 3.300 V, 60 Hz, 3150KW y 689 A.
 - Revoluciones del alternador 1800 rpm.
- Generador diésel de emergencia.
 - 4450V, 3 fases, 60Hz, 570kW, 915^a, 713kVA.

En cuanto a la distribución eléctrica del buque, esta puede tener:

- Equipamiento eléctrico
- Cuadro de mandos principal y operaciones en el generador.
- Distribución eléctrica.
- Energía en costa.
- Alternador principal.
- Alternador de emergencia.
- “Tripping” preferencial y reiniciando secuencial.
- Sistemas de baterías y sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI/UPS).
- El sistema de protección catódica.

En cuanto a embarcaciones tipo remolcador, estas son embarcaciones destinadas a remolcar y ayudar a maniobrar a otras embarcaciones en puertos o mar abierto, por causas de maniobrabilidad o incapacidad.

La figura 2.1 muestra el sistema diesel-eléctrico de propulsión y maniobra de

un buque.

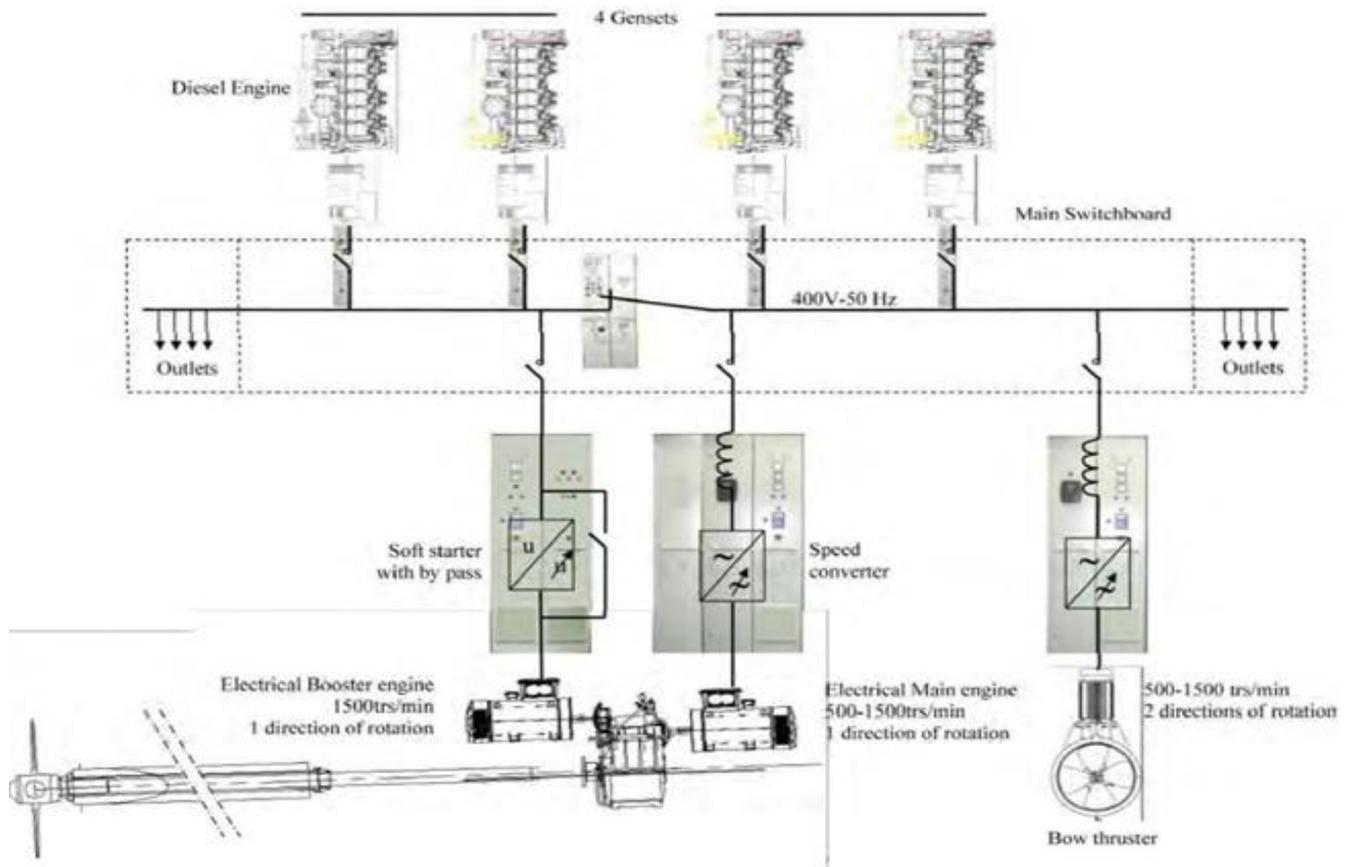


Figura 2. 1 Sistema diesel-eléctrico de propulsión y maniobra de un buque.

Fuente. (Canela, 2018)

2.1.1 Red eléctrica en una embarcación

Para la distribución de la energía eléctrica son:

Distribución en paralelo a tensión constante:

⊗ Corriente continua:

- Dos conductores
- Tres conductores (dos activos más el neutro)

⊗ Corriente alterna:

- Monofásica con dos conductores
- Trifásica con tres conductores
- Trifásica con cuatro conductores (tres más el neutro)

Distribución en serie a intensidad constante:

⊗ Corriente continua.

El suministro general de energía eléctrica se realiza por medio de una red de corriente alterna trifásica de baja tensión. Por su parte, el suministro de

energía eléctrica a los consumidores de 220 V se hace por medio de una red de corriente alterna bifásica, y el suministro de energía eléctrica a los consumidores de 24 V se hace por medio de una red de corriente continua. Las redes de distribución del buque proyecto comprenden tres subredes, los cuales son:

- **Red de fuerza:** Viene condicionada por las características de los más importantes consumidores, ya que los consumidores de grandes potencias requieren tensiones de trabajo altas para que las intensidades en su interior no sean excesivamente altas. En nuestro caso, los motores son los que definirán esta tensión, y dado que funcionan a 400V, esta será la que emplearemos. El problema que se plantea en este punto es la elección del tipo de tensión y frecuencia que bien puede ser a 60Hz ó 50Hz.

Es por ello que se tienen que ponderar las ventajas e inconvenientes de cada alternativa. La de 60Hz tiene la ventaja de que a mayor tensión y frecuencia el peso debido a los cables necesario es menor y los equipos resultan más baratos. Un inconveniente en el caso de usar la frecuencia de 60 Hz es que es de uso limitado a los puertos norteamericanos, por lo que, si se desea que el buque opere en puertos distintos a los de esta región, no se podría conectar el buque al circuito del puerto.

Esto también repercute en otro sentido, y es que es mayor la oferta de equipos que utilizan 50 Hz. Se toma la decisión de que el buque prestará servicios en puertos europeos. De este modo se elige utilizar la de 50 Hz.

- **Red de 220 V:** A pesar de que la tensión principal de generación y distribución de la planta va a ser la que se ha indicado anteriormente, existen otros muchos consumidores que requieren una alimentación con diferentes características, como el alumbrado interior y exterior, los proyectores, equipos electrónicos, cocina, horno, etc. Se alimentarán con una tensión de 220V y 50Hz bifásica.

Esta tensión se obtendrá por medio de transformadores de 400/220 V a partir de la tensión principal de 400V.

- **Red de 24 V:** Existen en el buque una serie de consumidores que se alimentarán con una tensión de 24 V. Dicha tensión se obtendrá por medio de rectificadores de AD/CD de 220 V a 24 V.

2.1.2 Consumidores de una embarcación

A continuación, se describe, para los equipos consumidores más habituales, su peso relativo respecto a la potencia total de consumidores instalada y el consumo máximo que supone cada uno sobre el total de potencia eléctrica consumida en una condición de navegación.

Los principales consumidores en una instalación eléctrica de embarcación, se pueden apreciar en la tabla 2.1.

Tabla 2. 1 Tipos de consumidores en una embarcación

Tensión	Consumidores
400 V	Motores propulsores
	Hélice de proa
	Sistema CI
	Servicios anticontaminación
	Servicios de ventilación y aire acondicionado
	Equipos de remolque
	Servicios de combustible, lubricación, agua dulce y aguas residuales
	Refrigeración
	Habilitación
220 V	Grúas
	Comunicaciones y equipos de navegación
	Alumbrado interior y exterior
24 V	Servicios del taller
	Alumbrado de emergencia
	Luces de navegación
	Alarmas y equipos de detección de incendios

Fuente. (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), 2009)

Todo lo referente a las fuentes de energía eléctrica principal y de reserva para los equipos de comunicación a bordo de un buque, cuenta con la condición indispensable de fuentes de energía principal; pues deben ser capaces de suministrar la energía necesaria para el correcto funcionamiento de las instalaciones radioeléctricas y para cargar las baterías, es decir, la fuente de energía de reserva.

2.1.2.1 Tomas de corrientes externas al buque

Las tomas de corrientes externas al buque se utilizan para garantizar el suministro eléctrico durante periodos de estancia en astilleros. Los mismos cuentan con:

- Una caja o armario situado, generalmente en el mismo compartimento que el grupo de emergencia dotándola de terminales de conexión para el cable procedente del exterior que incluirá una toma de tierra.
- Aparatos de medida, interruptor general, mecanismos de protección, indicador del orden de fases y lámparas de señalización.
- Un cuadro principal en donde existen mecanismos de enclavamiento para impedir la conexión simultánea del suministro propio y el de tierra.
- Una vigilancia en la compatibilidad de los valores de voltaje y frecuencia, a la hora de conectar el suministro al exterior.

2.2 Grado de protección de dispositivos eléctricos (IPxx)

A continuación, se definen algunos términos:

Envolvente: Es el elemento que proporciona la protección del material contra las influencias externas y en cualquier dirección, la protección contra los contactos directos. Esta definición, que se ha sacado del Vocabulario Electrotécnico Internacional (VEI 826-03- 12), requiere alguna aclaración antes de aplicarla para la explicación de los grados de protección. Las envolventes proporcionan también la protección de las personas contra el acceso a partes peligrosas y la protección del material contra los efectos nocivos de los impactos mecánicos. Pues, se considerará parte de dicha envolvente, todo accesorio o tapa que sea solidario con o forme parte de ella y que impida o limite la penetración de objetos en la envolvente, salvo que sea posible quitar las tapas sin la ayuda de una herramienta o llave. (Palomo Cano, 2013)

Grado de protección: Es el nivel de protección proporcionado por una envolvente contra el acceso a las partes peligrosas, contra la penetración de cuerpos sólidos extraños, contra la penetración de agua o contra los impactos mecánicos exteriores, y que además se verifica mediante métodos de ensayo normalizados. Existen dos tipos de grados de protección y cada uno de ellos, tiene un sistema de codificación diferente, el Código IP y el Código IK. Los tres primeros enunciados anteriores están contemplados en el código IP y el último, en el código IK. Cada uno de estos códigos se encuentran descritos

en una norma, en las que además se indican la forma de realizar los ensayos para su verificación:

- Código IP: UNE 20324, que es equivalente a la norma europea EN 60529.
- Código IK: UNE-EN 50102.

2.2.1 Código IP

Sistema de codificación para indicar los grados de protección proporcionados por una envolvente contra el acceso a partes peligrosas, la penetración de cuerpos sólidos extraños, la penetración de agua y para suministrar una información adicional unida a la referida protección. Dicho código IP está formado por dos números de una cifra cada uno, situado después de las letras “IP” y que son independientes uno del otro.

- El número que va en primer lugar, normalmente denominado como “primera cifra característica”, indica la protección de las personas contra el acceso a partes peligrosas (típicamente partes bajo tensión o piezas en movimiento que no sean ejes rotativos y análogos), limitando o impidiendo la penetración de una parte del cuerpo humano o de un objeto tomado por una persona y, garantizando simultáneamente, la protección del equipo contra la penetración de cuerpos sólidos extraños. (Raien Ingeniería y Sistemas, 2016). Véase la tabla 2.2.

Tabla 2. 2 Cifra sobre los objetos que no deben penetrar en la envolvente

Cifra	Grado de protección	
	Descripción abreviada	Indicación breve sobre los objetos que no deben penetrar en la envolvente
0	No protegida	Sin protección particular
1	Protegida contra los cuerpos sólidos de más de 50 mm	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 50 mm.
2	Protegida contra los cuerpos sólidos de más de 12 mm.	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 12 mm.
3	Protegida contra cuerpos sólidos de más de 2,5 mm.	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 2,5 mm.
4	Protegida contra cuerpos sólidos de mas de 1 mm.	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 1 mm.
5	Protegida contra la penetración de polvo	No se impide totalmente la entrada de polvo, pero sin que el polvo entre en cantidad suficiente que llegue a perjudicar el funcionamiento satisfactorio del equipo.
6	Totalmente estanco al polvo	Ninguna entrada de polvo.

Fuente. (Palomo Cano, 2013)

La primera cifra característica está graduada desde 0 (cero) hasta 6 (seis) y a medida que va aumentando el valor de dicha cifra, éste indica que el cuerpo sólido que la envolvente deja penetrar es menor.

El número que va en segundo lugar, normalmente denominado como “segunda cifra característica”, indica la protección del equipo en el interior de la envolvente contra los efectos perjudiciales debidos a la penetración de agua.

La segunda cifra característica está graduada de forma similar a la primera, desde 0 (cero) hasta 8 (ocho). A medida que va aumentando su valor, la cantidad de agua que intenta penetrar en el interior de la envolvente es mayor y también se proyecta en más direcciones (cifra 1 caída de gotas en vertical y cifra 4 proyección de agua en todas direcciones). Véase la table 2.3.

Tabla 2. 3 Cifra sobre el tipo de protección proporcionada por la envolvente

Cifra	Grado de protección	
	Descripción abreviada	Tipo de protección proporcionada por la envolvente
0	No protegida	Sin protección particular
1	Protegida contra la caída vertical de gotas de agua	La caída vertical de gotas de agua no deberán tener efectos perjudiciales
2	Protegida contra la caída de gotas de agua con una inclinación máxima de 15°	Las caídas verticales de gotas de agua no deberán tener efectos perjudiciales cuando la envolvente está inclinada hasta 15° con respecto a la posición normal
3	Protegida contra la lluvia fina (pulverizada)	El agua pulverizada de lluvia que cae en una dirección que forma un ángulo de hasta 60° con la vertical, no deberá tener efectos perjudiciales
4	Protegida contra las proyecciones de agua	El agua proyectada en todas las direcciones sobre la envolvente no deberá tener efectos perjudiciales
5	Protegida contra los chorros de agua	El agua proyectada con la ayuda de una boquilla, en todas las direcciones, sobre la envolvente, no deberá tener efectos perjudiciales
6	Protegida contra fuertes chorros de agua o contra la mar gruesa	Bajo los efectos de fuertes chorros o con mar gruesa, el agua no deberá penetrar en la envolvente en cantidades perjudiciales
7	Protegida contra los efectos de la inmersión	Cuando se sumerge la envolvente en agua en unas condiciones de presión y con una duración determinada, no deberá ser posible la penetración de agua en el interior de la envolvente en cantidades perjudiciales
8	Protegida contra la inmersión prolongada	El equipo es adecuado para la inmersión prolongada en agua bajo las condiciones especificadas por el fabricante NOTA – Esto significa normalmente que el equipo es rigurosamente estanco. No obstante para ciertos tipos de equipos, esto puede significar que el agua pueda penetrar pero solo de manera que no produzca efectos perjudiciales
Los procedimientos especializados de limpieza no están cubiertas por los grados de protección IP. Se recomienda que los fabricantes suministren, si es necesario, una adecuada información en lo referente a los procedimientos de limpieza. Esto esta de acuerdo con las recomendaciones contenidas en la CEI 60529 para los procedimientos de limpieza especiales.		

Fuente. El autor

En ocasiones, algunas envolventes no tienen especificada una cifra característica, porque no es necesaria para una aplicación concreta, o bien porque no ha sido ensayada en ese aspecto. En este caso, la cifra característica correspondiente se sustituye por una “X”, como por ejemplo, IP2X, el cual indica que la envolvente proporciona una determinada protección contra la penetración de cuerpos sólidos, pero que no ha sido ensayada en lo referente a la protección contra la penetración del agua. (Raíen Ingeniería y Sistemas, 2016)

No obstante, puede darse el caso que una determinada envolvente proporcione dos grados de protección diferentes en función de la posición de montaje de la misma. Si este fuera el caso, siempre deberá indicarse este aspecto en las instrucciones que suministre el fabricante. (Palomo Cano, 2013)

El marcado del grado de protección IP en las envolventes suele adoptar la forma de las mismas cifras, por ejemplo “IP 54”. Por tanto, en algunas ocasiones las cifras características pueden sustituirse por símbolos, como se puede apreciar en la tabla 2.3.

Tabla 2. 4 Cifras caracterizados por símbolos

Primera cifra	IP5X		Malla sin recuadro
	IP6X		Malla con recuadro
Segunda cifra	IPX1		Una gota
	IPX3		Una gota dentro de un cuadrado
	IPX4		Una gota dentro de un triángulo
	IPX5		Dos gotas, cada una dentro de un triángulo
	IPX7		Dos gotas
	IPX8		Dos gotas seguidas de una indicación de la profundidad máxima de inmersión en metros
	NOTA: Los grados de protección no incluidos en esta tabla no tienen símbolo para su representación.		

Fuente. (Palomo Cano, 2013)

1.3 2.3 Conductores Eléctricos: cableados y líneas

Los conductores eléctricos son los elementos utilizados para el transporte de la corriente eléctrica, la cual circula a través de éstos. Los conductores

eléctricos están formados principalmente por un cuerpo conductor metálico, normalmente de cobre (Cu), pero que podría por orden de conducción la plata, el cobre el oro y el aluminio. Otra parte importante del cable es la cobertura aislante que puede ser de Etileno propileno o Neopreno (EPR), Policloruro de vinilo (PVC) y Polietileno reticulado (XLPE). (Palomo Cano, 2013)

Los conductores dependiendo de su construcción o arquitectura pueden ser:

❖ **Constitución:**

Alambre; conductor eléctrico formado por un solo elemento o hilo. Está construido por un solo alambre cilíndrico, de una determinada sección. Se fabrica hasta de una sección de 4 mm². Este tipo de conductor suele presentar cierta rigidez dependiendo de su sección. Véase la figura 2.2.



Figura 2. 2 Alambre

Fuente. (Palomo Cano, 2013)

Cable; conductor eléctrico formado por una asociación de hilos. Véase la figura 2.3.



Figura 2. 3 Cable

Fuente. (Pesantes, 2012)

❖ **Número de conductores:**

Existen 2 tipos de conductores, los cuales se detallan a continuación:

Monoconductor; un elemento conductor o alambre con aislamiento y cubierta protectora. Véase la figura 2.4.



Figura 2. 4 Monoconductor

Fuente. (Palomo Cano, 2013)

Multiconductor; múltiples conductores aislados con cubierta protectora. La figura 2.6 muestran un monoconductor y un multiconductor. Véase la figura 2.5.

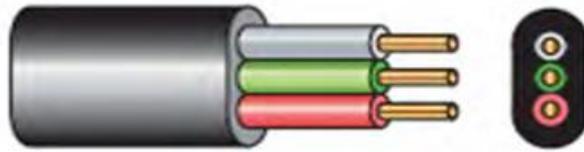


Figura 2. 5 Multiconductor
Fuente. (Pesantes, 2012)

2.2.1 Selección de un conductor

Para la selección de un conductor se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Consideraciones eléctricas; rigidez eléctrica.
- Consideraciones mecánicas; presión mecánica, abrasión, elongación, torsión, dobléz a 80° y 180°.
- Consideraciones químicas; agua, hidrocarburos, ácidos y alcalinos.
- Consideraciones térmicas; dilatación del aislante y resistencia térmica.

La verificación del tamaño o sección transversal del conductor se puede efectuar mediante los siguientes criterios:

- En base a la capacidad de corriente.
- En base a sobrecargas de emergencias.
- En base a la regulación de tensión.
- En base a la corriente de cortocircuito.

2.2.1.1 Cableados específicos para instalaciones en los buques

La especificación y las características de los cables, pertenece a una designación muy extendida, que consiste en una clave de cinco letras, cuyo significado y configuración se muestra en la figura 2.6:

1ª Letra	2ª Letra	3ª Letra	4ª Letra	5ª Letra
Aplicación M- Marina	Cubierta interior P- Plomo		Armadura (si existe) F- Fleje de hierro	
Aislamiento G- Goma EPR	G- Goma neopreno		M- Corona de hilos de hierro	
V- PVC	V- PVC		T- Trenza metálica de hierro.	
X- XLPE	Si- Silicona		Ta - Trenza metálica de aldreya	
Si- Silicona	T - Trenzado fibra vidrio		Tc - Trenza metálica de cobre	
	H- Hypalón		Cubierta sobre armadura V - PVC	

Figura 2. 6 Características y especificaciones de los cables.

Fuente. El autor

A continuación, en la tabla 2.4 se puede ver algunos ejemplos de cables reales, utilizados en la industria naval.

Tabla 2. 5 Ejemplos de cables, utilizados en la industria naval.

TIPO/NOMBRE	EXZHELLENT MAR, RDt – Control.	EXZHELLENT MAR; RO2Dt – Instrumentation.	EXZHELLENT-MAR; S2 RFOU(c).
TENSIONES	150/250 V.	150/250 V.	250 V.
CONDUCTOR	Cobre, semirrígida clase 2.	Cobre, semirrígida clase 2.	Cobre estañado, semirrígido clase 2.
AISLAMIENTO	Polietileno reticulado (XLPE).	Polietileno reticulado (XLPE).	Etileno Propileno (EPR).
CUBIERTA EXT.	Compuesto termoplástico libre de halógenos (SHF1).	Compuesto termoplástico libre de halógenos (SHF1).	Compuesto termoestable libre de halógenos (SHF2).
PANTALLA	-----	O2. Al/poliéster, pantalla colectiva.	Cinta Cu/Poliéster. Trenzas de alambres de Cu/Sn.
APLIC. CARAC.	Cables multiconductores para instalación en buques con especiales características de no propagación del incendio y reducida emisión de humos opacos, gases tóxicos y corrosivos.	Cables multipares apantallados colectivamente para instalación en circuitos de control en buques con especiales características de no propagación del incendio y reducida emisión de humos opacos, gases tóxicos y corrosivos.	Cables armados multipares/multitríos apantallado colectivamente para instalación de circuitos de control en plataformas con especiales características de no propagación del incendio y reducida emisión de humos opacos, gases tóxicos y corrosivos. Resistente a los aceites.
TEMPERATURA	Temperatura máxima del conductor en servicio	Temperatura máxima del conductor en servicio permanente: 90°C.	Temperatura máxima del conductor en servicio permanente: 90°C.

	permanente: 90°C.		
NORMATIVA	IEC 60092-350 - Norma constructiva; IEC 60092-376 - Norma constructiva; IEC 60092-351 - Norma constructiva (aislamientos); IEC 60092-359 - Norma constructiva (cubiertas); IEC 60754 - Libre de halógenos. Baja acidez y corrosividad de los gases; IEC 61034 - Baja emisión de humos opacos; IEC 60332-1 - No propagador de la llama; IEC 60332-3-22 - No propagador del incendio, cat. A.		
IMAGEN			

Fuente. El autor

1.4 2.3 Cableado de sistemas en los buques

2.3.1 Tipos de tensiones y frecuencias

La separación entre niveles de tensión en el mundo del mar y el terrestre difieren muy poco, y a veces en los buques se pueden encontrar cierta discrepancia entre las distintas fuentes, siendo la nomenclatura más usual la que muestra en la table 2.5.

Tabla 2. 6 Niveles de tensión

NIVELES DE TENSIÓN	
Tensión de seguridad	< 50 V.
Baja tensión	Entre 50 y 500 V.
Media tensión	Entre 500 y 1.000 V.
Alta tensión	> 1.000 V.

Fuente. El autor

Por consiguiente, la parte fundamental de las redes de distribución comprende normalmente a las de baja tensión, dividiendo ésta en dos redes fundamentales:

Fuerza; generalmente con vales de 400 V – 50 Hz, 480 V–60 Hz y 690 V. Dicha fuente se encarga principalmente de la alimentación de los consumidores de a bordo de mayor potencia, tales como motores, entre otros.

Alumbrado; generalmente a 240 V–50 Hz. Además, del alumbrado en sí, tanto el exterior como el interior y el de navegación, también se alimenta a los

pequeños consumidores de la zona de habilitación (superestructura), sistemas de control y la mayoría de los sistemas y equipos electrónicos.

En caso de que la potencia eléctrica sea muy elevada, podría existir o montarse una red de alta tensión, con unos valores típicos que rondan los 6,6 y los 11 KV.

2.3.2 Tipología de redes a bordo

En el caso más general, para un buque se debe tener en cuenta a las fuentes de energía eléctrica más comunes en los buques, tales como principal, emergencia y transitoria. La red de distribución se establece conectando con líneas (cables o feeders), y los cuadros de interconexión con los generadores, motores y otros posibles consumidores.

Los generadores principales se conectarán con el llamado cuadro principal, que será el encargado de suministrar energía a los de distribución a través de los distintos escalones, pasándose a denominar éstos como cuadros primarios, secundarios, terciarios, etc.

Por otra parte, y de la misma forma, el grupo de emergencias se conecta al cuadro de emergencia. De cada cuadro o terminal saldrán a su vez las distintas líneas (una o varias) denominadas circuitos finales o terminales. De forma general cada una de éstas alimentará a un consumidor (motor) aunque dependiendo del consumo de éste, se puede alimentar a más de un equipo, siempre que se cumplan los tres puntos de la norma UNE que dicen:

- Se alimentan motores cuya potencia no exceda de 1KW.
- Ningún consumidor pertenece a un servicio esencial.
- La intensidad de línea es menor a 16 A.

No obstante, para realizar las conexiones de las líneas de distribución de sistemas a bordo, se utilizan tres sistemas, tipologías o disposiciones geométricas, que pueden ser:

Red en líneas abiertas o red lineal: se basa en la utilización de líneas de gran longitud, que partiendo del cuadro principal alimentan los distintos cuadros primarios.

Este sistema parece el más fácil y económico de realizar, pero es una de las peores soluciones técnicas, ya que obliga a distribuir líneas de gran sección

en los tramos más próximos a los generadores principales y complica la instalación de sistemas de protección unitarios o selectivos.

Red en anillo cerrado, mallado o bucle: se basa en la conexión de todos los sistemas con una línea cerrada de alimentación en forma de anillo, a la que aportan energía los generadores principales a través de uno o más cuadros principales que podrían incluso estar distribuidos en distintas posiciones del buque. Este tipo de red hace que incluso con un fallo en un punto determinado de la instalación, el resto de los cuadros y sus sistemas seguirían recibiendo alimentación. A nivel de red eléctrica, es más segura, y debido a esta razón se hace uso de ella en buques de guerra o en instalaciones “offshore”, donde la disponibilidad de sistemas suceda lo que suceda es esencial independientemente del precio o el tipo de instalación.

Los inconvenientes son el volumen, peso, sección, longitud y coste elevado de la instalación, y la mayor complejidad a la hora de instalar y distribuir los sistemas de protecciones. Otro inconveniente, es la previsión de la desconexión de la línea en los dos extremos para solucionar ciertos tipos de averías, mantenimientos y/o instalaciones adicionales.

Red en derivaciones sucesivas, radial o árbol: se basa en la distribución de sistemas en árbol desde el cuadro principal. Desde el cuadro principal salen algunas líneas, que a su vez se conectan a cuadros primarios o grandes terminales (motores) y a la vez, de éstos últimos cuadros salen varias líneas hacia cuadros secundarios y así consecutivamente, según las necesidades del buque o la instalación.

Esta tipología tiene principalmente dos ventajas que son:

- Secciones adecuadas a la intensidad nominal requerida (suma de la distribución que cuelga del cuadro).
- Diseño sencillo y estratificado (escalado) de las protecciones selectivas.

Por lo tanto, para aumentar la fiabilidad de los servicios esenciales del buque, la norma UNE indica que se debe prever una alimentación doble desde el cuadro principal, que no incluya a los cuadros de distribución comunes y con tendidos o distribuciones, lo más separados posible.

- Ejemplo: si una bomba o motor se alimenta con una línea desde un extremo, desde el cuadro principal de proa-estribor y la otra, por el otro extremo, pero esta vez recorriendo un camino por popa-babor. (Palomo Cano, 2013)

2.3.3 Número de conductores

Otro parámetro a tener en consideración en las instalaciones es el número de conductores y a su vez, el tipo de los mismos. Pues, uno de los grandes problemas es principalmente las diferencias entre la línea de tierra y la de masa, que se hace uso de éstas como una misma, pero tiene diferencias, los cuales se detallan a continuación:

-Tierra: representa el nivel de potencial de la tierra y por extensión las conexiones eléctricas hacia esta línea se realizan a través de una pica enterrada o con un contacto directo con el agua; en el caso de los buques, que se realiza con un contacto directo con el agua que sustenta al buque, ya sea el buque de fibra o madera tendrá que ser específica. Dicha línea se utiliza para eliminar o desviar las variaciones de la instalación eléctrica, o las generadas por situaciones meteorológicas adversas, como rayos.

- Masa: representa cualquier punto, línea o plano de conexión equipotencial que sirva de referencia (0 voltios) y retorno para un circuito impreso o placa electrónica (PCB). Las masas se pueden aislar (conexiones o circuitos flotantes) pero también pueden estar conectadas a tierra.

Una vez aclaradas las dudas, con algunos de los conductores más típicos de las instalaciones eléctricas, hay que tener en cuenta el resto de los conductores de la instalación, que por lo general y según lo visto en los apartados anteriores, será trifásica, lo que da como resultado las siguientes combinaciones posibles:

Según el número de conductores:

- A tres líneas (fases, R, S y T o L1, L2 y L3).
- A cuatro líneas (fases, R, S y T o L1, L2 y L3 más neutro N).
- A cinco líneas (fases, R, S y T o L1, L2 y L3 más neutro N y tierra E).

Según el conexionado del neutro:

- Neutro aislado o flotantes (esquema IT).
- Conexión real del neutro a tierra (esquema TN de baja impedancia).
- Conexión del neutro a tierra limitada (interruptor y/o resistencia).

Asimismo, hay que tener en cuenta que las redes conectadas entre neutro y tierra, representan muchos problemas técnicos, entre los que se pueden mencionar son:

- Una fuga puede provocar el disparo de las protecciones e interrumpir como mínimo, el servicio afectado.
- La intensidad de fuga se vuelve crucial, pudiendo originar incendios y/o accidentes personales.
- Con contaminaciones por armónicos, el neutro podría servir de línea de distribución y/o dispersión perfecta.

2.3.4 Compatibilidad electromagnética

La compatibilidad electromagnética, también llamada por sus siglas CEM o EMC (*Electro Magnetic Compatibility*). Es la rama de la tecnología electrónica y de telecomunicaciones, que estudia los mecanismos para eliminar, disminuir y prevenir los efectos de acoplamiento entre un equipo eléctrico o electrónico y su entorno electromagnético. Aún desde su diseño, basándose en normas y regulaciones, asegurando la confiabilidad y seguridad de todos los tipos de sistemas en el lugar donde sean instalados y bajo un ambiente electromagnético específico.

Bien se sabe, que un equipo es electromagnéticamente compatible cuando funciona en un ambiente electromagnético de forma satisfactoria y sin producir interferencias o perturbaciones electromagnéticas que afecten la operación normal de cualquier aparato o dispositivo que se encuentra en ese ambiente. En los buques, la compatibilidad electromagnética debe encargarse de evitar que cualquier fenómeno electromagnético pueda degradar el funcionamiento de cualquier dispositivo, equipo o sistema eléctrico o electrónico. Asimismo, hay que tener en consideración que, si dos o más sistemas están relativamente cerca, existe la posibilidad de que uno produzca interferencias sobre otro, en base a las siguientes vías:

- Uno de los sistemas radie o induzca señales (energía) sobre el otro (camino aéreo o inducido).
- Uno de los sistemas a través del cableado de alimentación (potencia) y/o señal produzca la interferencia en el otro (camino conducido).

Igualmente, para evitar y/o reducir las interferencias a través de dichos caminos, existen diversas técnicas que deben ser consideradas en su ejecución:

- Prevenir la posibilidad de interferencias al comienzo de la fase de diseño de los circuitos, en lugar de buscar cómo solucionarlas cuando aparezcan. Durante el proceso de diseño, la primera solución, es recolocar los componentes de este, buscando conexiones más cortas, de menor impedancia y un mejor diseño de la masa del circuito.
- Añadir nuevos componentes (filtros, condensadores de desacoplo, núcleos de ferrita, transformadores de aislamiento, fibras ópticas).
- Reducir la velocidad de trabajo en algunos sistemas electrónicos. Esto puede exigir una reprogramación.
- Blindar los dispositivos a proteger, o bien recolocarlos y situarlos donde no se den problemas de interferencias.
- Cambiar los componentes problemáticos por otros más resistentes. (Palomo Cano, 2013)

1.5 2.4 Elección de las tensiones y frecuencias a utilizar

En la actualidad, es comúnmente aceptado el uso de la corriente trifásica en detrimento de la corriente continua. Entre las ventajas que se obtienen con el empleo de este tipo de corriente, se destaca las siguientes:

- Posibilidad de conectarse a la red de puerto.
- Mayor robustez, menor costo, mantenimiento más sencillo y menor peso y empacho de los motores y generadores.
- Permiten el uso de tensión más elevada, por lo que se puede ahorrar en cobre a ser la sección de los conductores menor.
- En general, la tripulación conoce con más profundidad estos equipos por lo que la fiabilidad en el mantenimiento que realizan es mayor.
- No exigen un control tan elevado de la velocidad de régimen.

Por estas razones se elige la instalación de corriente eléctrica alterna trifásica. La elección de la tensión y la frecuencia está condicionada principalmente por la corriente empleada en los puertos, ya que el buque va a atracar en su recorrido más frecuente. En este caso, supongamos que el buque realizará recorridos por Europa, en donde la tensión empleada es de 380 V a 50 Hz. En

consecuencia, esas son las características de la corriente que se obtiene en los generadores instalados, en contraposición a la empleada en EE.UU. que es de 440 V a 60 Hz. De cualquier manera, se debe particularizar el tipo de corriente a emplear en los distintos tipos de instalaciones.

1.6 2.5 Instalaciones en los buques

Las instalaciones que deben realizarse en los buques son los siguientes:

- **Fuerza**; en este se utiliza la corriente que se obtiene directamente de los generadores, niveles de tensión de entre 380 y 440 V a 50 Hz o 60 Hz, al igual que una instalación en tierra.

- **Alumbrado**; para este se utiliza una tensión de 220 V, la distribución es monofásica en paralelo, obtenida de la conexión entre cualquiera de las fases y el neutro, de manera que el reparto sea equilibrado entre las tres fases.

2.5.1 Las instalaciones especiales

Existen consumidores que requieren de un tipo de corriente continua a 24 V. Para la misma, se utilizan baterías de acumuladores que se cargan de la red trifásica o de la monofásica, mediante grupos transformadores-rectificadores. Estos consumidores son:

- Luces de navegación.
- Luces de señales.
- Luces de Morse.
- Aparatos de navegación.
- Aparatos de comunicaciones.
- Motor de arranque del generador de emergencia.

1.7 2.6 La justificación del balance eléctrico

La instalación eléctrica es el funcionamiento de los servicios eléctricos auxiliares que son necesarios para mantener el buque en condiciones de funcionamiento y habitabilidad sin necesidad de recurrir a la fuente de energía de emergencia.

Además, la capacidad de fuente de energía principal es suficiente para alimentar todos los servicios antes mencionados. Dicha fuente de energía está constituida por dos grupos electrógenos y su capacidad individual es tal que,

aunque uno de ellos se pare, el resto se alimenta de los servicios necesarios para lograr las condiciones de operación normales de propulsión y seguridad.

Como consecuencia, el cálculo del balance eléctrico se realiza para una serie de condiciones operativas que cubren casi completamente el rango de operación del buque. (Palomo Cano, 2013)

Estas son:

- Buque navegando en condiciones normales.
- Buque maniobrando para atracar.
- Buque en puerto con tripulación únicamente.
- Buque en puerto en condiciones de hotel con todo el pasaje.

Todos ellos se calculan para la operación durante el día y durante la noche, en donde se obtienen, en total ocho condiciones a estudiar. En cada una de estas ocho condiciones, la potencia de los equipos está multiplicada por el coeficiente de utilización ku , producto de otros dos coeficientes, kn y ksr , de simultaneidad de marcha, de servicio y de régimen respectivamente, donde:

- El coeficiente de simultaneidad de marcha, kn refleja la relación entre el número de aparatos de un mismo tipo instalados y el número de estos que se utilizan de manera simultánea.
- El coeficiente de servicio y régimen, ksr tiene en cuenta el hecho de que el equipo esté funcionando de manera continua o no, y si lo hace a pleno régimen o no.

Por último, se han clasificado los consumidores en los siguientes grupos:

- Servicios generales de máquinas y propulsión.
- Servicios de maquinaria auxiliar para calderas.

Balance de día y de noche. Nocturno el mayor.

- Servicios auxiliares de maquinaria y propulsión.
- Servicios de maquinaria auxiliar para calderas.
- Servicios sanitarios, sépticos y otros diversos.
- Maniobra.
- Auxiliares de cubierta, carga y elevación.
- Alumbrado.
- Navegación, radio y automatización.
- Calefacción y ventilación.
- Servicios de habitación, cocina, lavandería y taller.

- Aire acondicionado.

De acuerdo a estos resultados, se debe realizar la elección y número de los grupos a instalar, de manera que el régimen de trabajo de los grupos se encuentre entre el 70 % y el 90-95 %, en todo momento con tendencia hacia el límite superior. Además, se tiene que instalar un generador de respeto. En consecuencia, se instalan 3 generadores movidos por motores de unos 1800 kW y 2 generadores movidos por motores de unos 2100 kW, ambos a 50 ó 60 Hz y unas 750 u 850 rpm.

1.8 2.7 Instalaciones auxiliares del buque

Los servicios auxiliares en los buques incluyen los motores, bombas y ventiladores/extractores en la sala de máquinas; los “winches” y molinetes de cubierta, la iluminación general, servicios de restauración (cocina, entre otros) y aire acondicionado. La energía eléctrica y la red del buque se utilizan para dar energía a todos estos servicios mencionados. Es más, el sistema de energía eléctrica del buque debe estar perfectamente diseñado para proporcionar un suministro seguro a todas estas cargas con una adecuada protección (incorporada en el propio equipo o de forma general), para el equipo y para el personal de operaciones (mantenimiento y reparación). Véase la figura 2.6. y la figura 2.7.

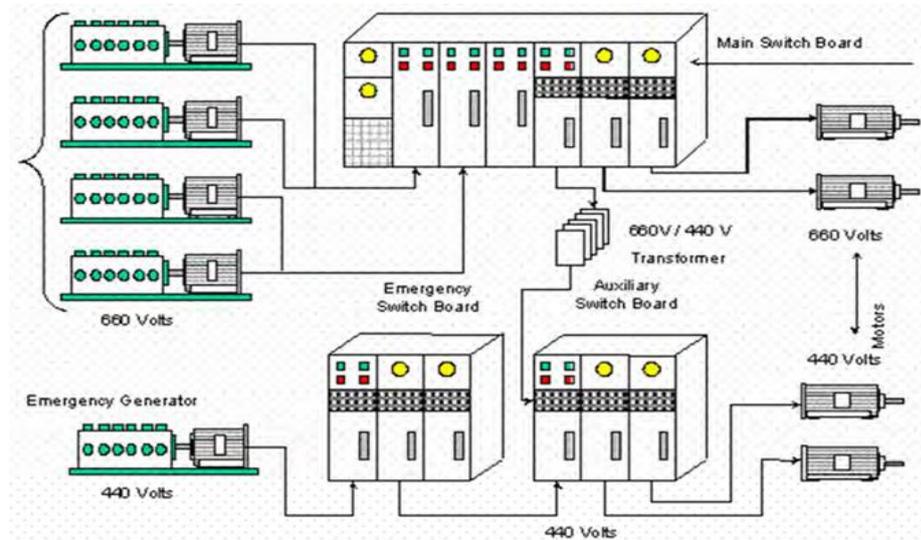


Figura 2. 7 Distribución esquemática de la planta eléctrica general de un buque.

Fuente (Palomo Cano, 2013):

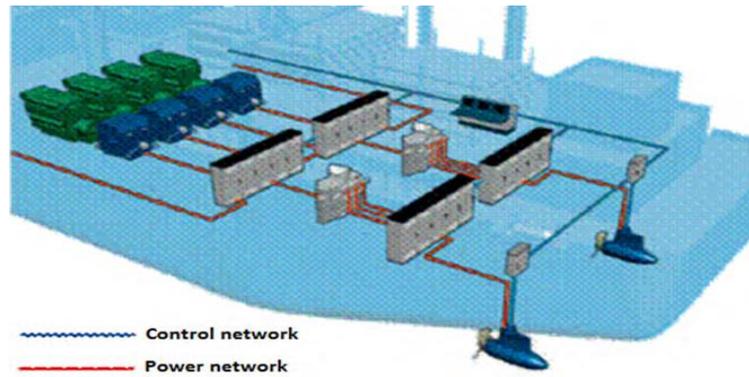


Figura 2. 8 Distribución real de la planta eléctrica de un buque.

Fuente. (Pesantes, 2012)

1.9 2.8 Plantas eléctricas en los buques y sus sistemas

Los sistemas, fuentes e instalaciones de un buque no difieren por lo que puede tener una casa o un coche, pero pueden tener similitudes tan próximas en todo lo referente a la aparamenta, distribución e instalación. Algunas de las diferencias pueden residir en los niveles de protección de los sistemas, debido a la atmósfera de trabajo que se encuentra en un buque y los distintos tipos de corrientes que se pueden encontrar, sobre todo, en buques grandes.

2.8.1 Planta eléctrica del buque. Generación y distribución.

A continuación, se describen los tipos de planta eléctrica del buque.

- ❖ Planta eléctrica del buque; es el conjunto de todos los equipos eléctricos instalados a bordo, tales como generadores, motores, conductores, aparamenta, entre otros.
- ❖ Planta generadora; es el conjunto de sistemas que generan o producen energía para el aprovechamiento a bordo, como generadores eléctricos y sus fuentes primarias de energía. A su vez, las plantas generadoras se dividen en:
 - Planta principal; se encarga del suministro eléctrico en condiciones normales. Está compuesta por dos o más grupos electrógenos (motor diesel acoplado directamente a un alternador). Su potencia debe permitir el normal funcionamiento de la instalación, incluso si uno de los grupos queda o está fuera de servicio.
 - Planta de emergencia o auxiliar; tiene como propósito suministrar la energía eléctrica necesaria para alimentar todos los servicios

esenciales para la seguridad, en caso de emergencia. Está formada por un grupo diesel o alternador autónomo, con arranque propio o por una batería de acumuladores.

2.8.2 Servicios a alimentar simultáneamente

Unos de los servicios a alimentar es el alumbrado de emergencia para todos los puestos de reunión y embarco, luces de navegación, bomba contra incendios, radio comunicaciones (también con energía de reserva), comunicaciones interiores, detección de incendios y los instrumentos de navegación.

- ❖ Fuente transitoria; se utiliza sólo si es necesaria en buques en donde la conexión de la planta de emergencia no esté automatizada. Está compuesta por uno o varios sistemas acumuladores (baterías), capaces de iluminar las vías de evacuación. También debe suministrar iluminación durante un breve periodo de tiempo, desde la caída de la planta principal hasta el arranque del grupo de emergencia.
- ❖ Planta de reserva; se utiliza en caso de pérdida total de energía a bordo, y en breves momentos de ausencia de energía principal o de emergencias, mientras se activa la fuente transitoria.

2.8.3 Situación de las plantas generadoras de un buque

Los grupos generadores de la “planta principal” se sitúan en la sala de máquinas, en la cubierta plataforma (entrepunte) y en un costado en buques menores.

“La planta de emergencia” se encuentra encima de la cubierta continua más alta, en local independiente, con acceso desde el exterior, para que pueda funcionar en caso de incendio, inundación, escora, entre otros.

“La fuente transitoria” se ubica en un local alto con buena ventilación por las emanaciones de las baterías. Las baterías van incorporadas en las luminarias o equipos, deben ser estancas y entran en funcionamiento de forma automática, en caso de fallo de la fuente principal. Véase la figura 2.8.



Figura 2. 9 Esquema general de la planta de un buque.

Fuente (Palomo Cano, 2013):

1.10 2.9 Remolcadores con diésel mecánica

En el diseño de embarcaciones marítimas, sea estos remolcadores con configuración con propulsión eléctrica mecánica poseen ventajas que los remolcadores tradicionales Independientemente del tipo de hélices que utilicen, ya sea a través de un eje, acimutales o cicloidales (más conocidos por su nombre comercial propulsores Voith). Todos necesitan de una transmisión mecánica. Generalmente se utilizan motores de dos tiempos para remolcadores con hélices convencionales y motores de cuatro tiempos para los acimutales y los Voith. Dado que el primero de ellos está en desuso, no hay constancia de que se construyan remolcadores que no lleven sistemas Voith o acimutales.

A continuación, se describe el funcionamiento de uno de estos barcos, con una propulsión Voith.

En el caso de un remolcador de altura con una eslora de 39,7 metros y una manga de 12,5 metros. Tiene una capacidad de tiro de 60 toneladas y puede navegar a 12,7 nudos a máxima potencia. Dicha potencia es suministrada por dos motores diesel marinos de la marca ABC (Anglo Belgian Corporation) modelo 8MDZC-1000-175 A, de 8 cilindros en línea, 4 tiempos. Trabajando a 1000 r.p.m. tiene una potencia de 1852kW o 2508 C.V., su régimen de trabajo va desde las 450 a las 1000 r.p.m. con un consumo de 193gr/kWh.

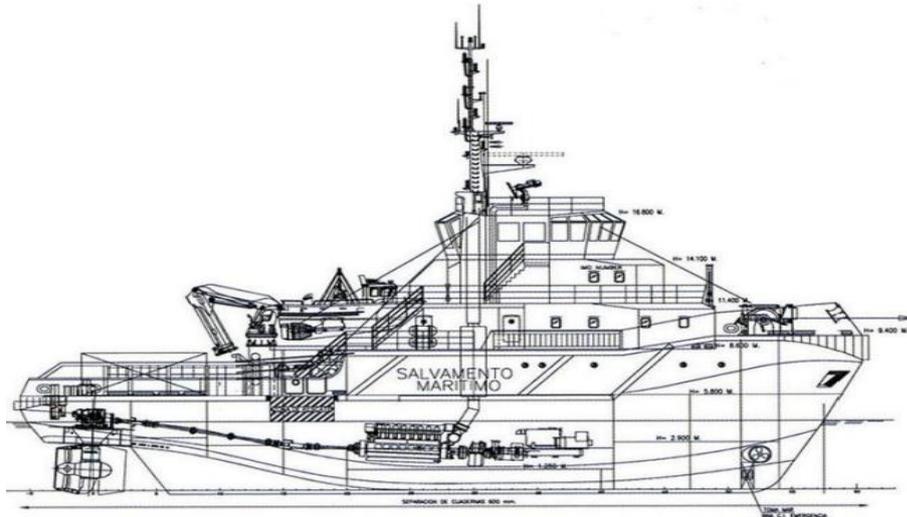


Figura 2. 10 Remolcador con altura “eslora” de 39,7 metros y anchos de 12,5 metros
Fuente. (Canela, 2018)

1.11 2.10 Remolcadores o barcos multipropósito híbridos. Diésel eléctricos

En la mayoría de los buques híbridos más comunes se encuentran actualmente, no solo remolcadores sino también barcos multipropósito o ferris, los cuales se muestran a continuación en la figura 2.11. No obstante, hay que diferenciar los buques en dos categorías diesel eléctricos con o sin baterías y gas natural-eléctricos con o sin baterías.

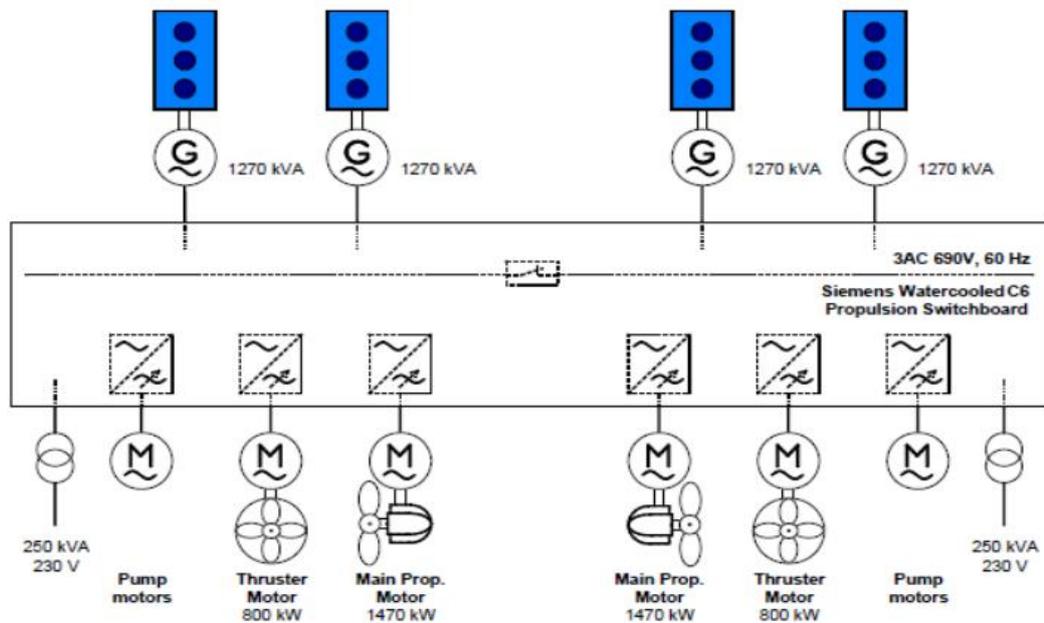


Figura 2. 11 Esquema del sistema de propulsión y generación eléctrica
Fuente. (Solas Pastor, 2015)

De esta forma, se pueden tener remolcadores que no tienen una propulsión híbrida sino una propulsión eléctrica, son unos generadores eléctricos que generan electricidad para mover el buque y para servicios. Ese es el caso del barco de apoyo a plataformas "Skandi Commander", que cuenta con cuatro generadores eléctricos, accionados por motores de combustión interna de 1270kVA de potencia aparente, 690V de tensión y una frecuencia 17 de 60Hz. (Pesantes, 2012).

La corriente eléctrica se envía a un cuadro de propulsión refrigerado por agua, de la marca SIEMENS modelo C6, a través de unos convertidores de frecuencia; también de SIEMENS clase Masterdrives, se envía a las hélices de proa y a los acimutales de propulsión. Los motores de los acimutales, son dos, tienen una potencia de 1470kW y los motores de las dos hélices transversales de proa 800kW. Igualmente, se utiliza para mover los motores de las bombas de la sala de máquinas y como así de mandarse a unos transformadores que pasan la tensión a 230V, para el resto de equipos de máquinas, puente y la acomodación. (Palomo Cano, 2013)

2.10.1 Diésel-eléctricos

En este caso se tiene el buque multipropósito "Skandi Mongstad", propiedad de la empresa noruega DOF ASA, que cuenta dos ejes de cola accionados por dos motores, que a la vez mueven una hélice, con una potencia aparente de 3600kVA cada uno. Además, tiene dos generadores auxiliares con una potencia aparente de 1617kVA cada uno, tanto los auxiliares como los ejes de cola producen una tensión de 690V y 60Hz (Álvarez, 2017).

Ambas parejas de equipos transfieren la corriente a un cuadro equipado con convertidores de frecuencia *Bluedrive* de la marca SIEMENS. Tras pasar por los convertidores, de corriente alterna a corriente alterna, la corriente se utiliza en los equipos como los tres acimutales, proa, babor y estribor, con una potencia de 1200kW. Además, de los motores de las dos hélices transversales de proa de 880kW y el motor de la hélice transversal de popa de 590kW.

Asimismo, están los dos motores que muevan las bombas de agua salada que alimentan los cañones de las FI-FI, con una potencia de 2000kW cada uno.

Por último, están los transformadores que transforman la tensión de 690V a 230V o 440V, para los servicios de la sala de máquinas, del puente y de la acomodación. Dichos transformadores están protegidos con filtros THD, para evitar la distorsión armónica, que es cuando aparecen frecuencias múltiplos de la frecuencia y cuya amplitud va decreciendo, según aumenta el múltiplo. Sin embargo, los mayores problemas de los múltiplos son los de la corriente que generan sobrecalentamiento de los transformadores y disparos imprevistos de los interruptores automáticos. (Palomo Cano, 2013)

La figura 2.12 muestra un esquema del sistema de propulsión y generación eléctrica.

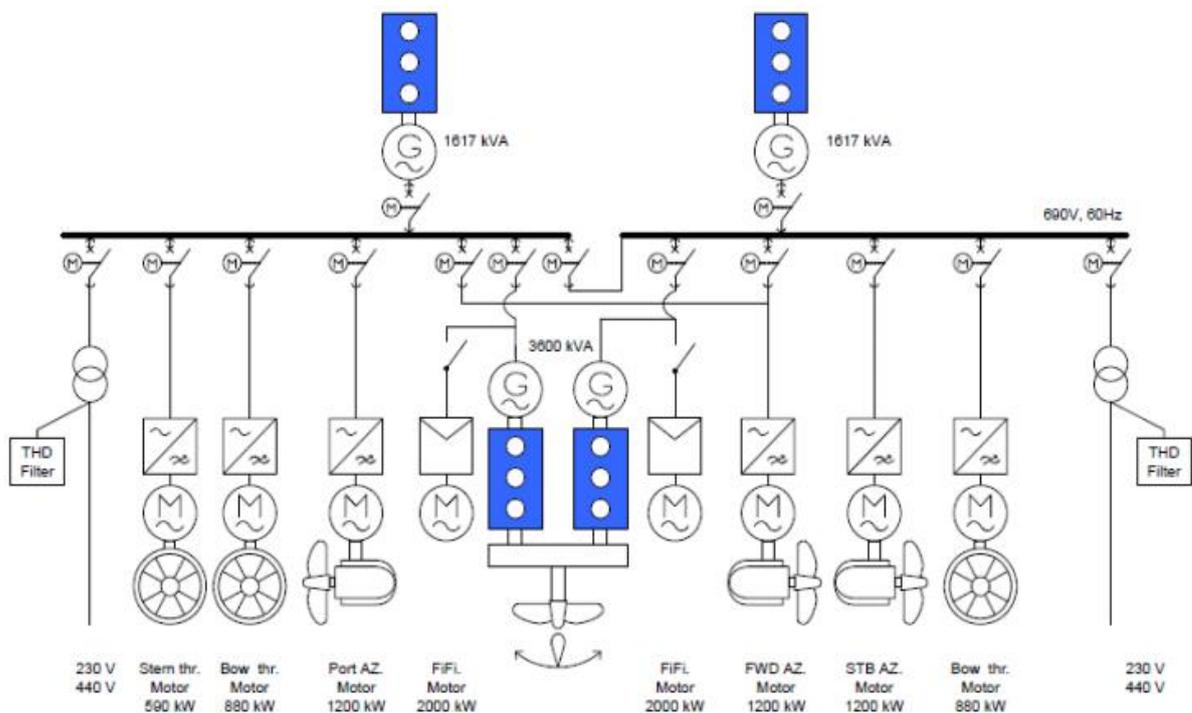


Figura 2. 12 Esquema del sistema de propulsión y generación eléctrica

Fuente: (Palomo Cano, 2013)

Esta configuración le permite operar de muchas formas, puede operar solo con los generadores auxiliares o solo con los ejes de cola, y dependerá en la situación que se encuentre el buque en cada momento. Pues, no tendrá el mismo consumo de energía si el buque está amarrado a puerto, donde un generador eléctrico sea suficiente, o cuando está navegando para acudir a un servicio, donde necesitará toda su potencia los dos auxiliares y los dos ejes de cola. (Álvarez, 2017)

1.12 2.11 Aplicaciones de motores y generadores en embarcaciones

Los grupos electrógenos, en el mismo sitio de trabajo, se usan en una variedad de aplicaciones. Se usan cada vez más en aplicaciones de administración de carga gracias a la desregulación y a la privatización de las empresas de servicios públicos. Algunos grupos electrógenos se usan estrictamente como "respaldo" para emergencias y, en otros casos, como la fuente principal de energía eléctrica.

Aunque pueden usarse programas de computadora para un dimensionamiento adecuado del grupo electrógeno, es provechoso comprender las fórmulas, cálculos y factores no numéricos para determinar los requerimientos de tamaño. (Caterpillar, 2005)

- Clasificaciones del motor
- Aplicaciones del cliente
- Análisis de carga
- Criterios de selección de los grupos electrógenos
- Instalaciones con varios motores.

Un grupo electrógeno se compone de un motor y un generador. Sin embargo, es mejor considerar el motor y el generador como un sistema. Individualmente, cada uno tiene características únicas; pero como sistema, estas cualidades tienen un impacto significativo en el rendimiento y en el dimensionamiento del sistema de grupo electrógeno. Véase la figura 2.13.



Figura 2. 13 Motor y generador Caterpillar modelo C4.4 DITA de un remolcador marítimo

Fuente: (Caterpillar, 2005)

Las capacidades del motor y el generador se consideran individual y conjuntamente cuando se seleccionan grupos electrógenos. Los motores producen potencia al freno (o kilovatios) mientras controlan la velocidad o la frecuencia. En el caso de la figura 2.12 el generador cuenta con cuatro cilindros en línea que desarrollan una potencia de 93,6kW a 1500 r.p.m. Los cilindros tienen un diámetro de 105 milímetros y una carrera de 127 milímetros y también está refrigerado por agua.

Los generadores determinan el comportamiento del motor, pero son responsables, principalmente, de transformar la potencia del motor en kilovoltios-amperios (kVA) y kilovatios eléctricos (kW). Éstos también deben satisfacer los flujos altos de "corriente de magnetización" (kVAR) o las condiciones de corrientes transitorias del equipo eléctrico. Generalmente, un grupo electrógeno dispone de un generador que corresponde con la capacidad de salida del motor.

El dimensionamiento de los motores se relaciona con la potencia actual en kW requerida para cumplir con las necesidades de la instalación. El generador, por otra parte, debe poder manejar la potencia aparente máxima medida en kVA. La potencia real puede identificarse de varias maneras. Puede calcularse tomando las clasificaciones de la placa del equipo que impulsará el generador. Si se hace esto, también deben considerarse las eficiencias del equipo. La potencia real puede determinarse mediante un análisis de carga de la instalación. Ésto implica un estudio de los requisitos de potencia durante un período de tiempo. (Solas Pastor, 2015)

$$ekW = pf \times kVA$$

$$bkW = \frac{ekW}{eff} + \text{Demanda del ventilador}$$

Donde:

kVA = kVA de salida del generador

pf = factor de potencia de la carga conectada

ekW = energía eléctrica (kW eléctrico)

bkW = potencia del motor (kW al freno)

eff = eficiencia del generador

Cuando los kW no se indican como eléctricas (ekW) ni como al freno (bkW), es importante aclarar cuál de las dos aplican cuando se realizan cálculos o comparaciones de productos.

2.11.1 Factor de carga del grupo electrógeno

El factor de carga de un grupo electrógeno se usa como criterio de clasificación. La misma, se calcula hallando el producto de varias cargas:
Factor de carga = % de tiempo x % de carga.

$$\% \text{ de tiempo} = \frac{\text{tiempo en carga específica}}{\text{tiempo de operación total}}$$

$$\% \text{ de carga} = \frac{\text{carga específica}}{\text{carga nominal}}$$

El tiempo extendido de velocidad baja en vacío y el tiempo en que el grupo electrógeno no está en operación, no se incluye en el cálculo del factor de carga. Por ejemplo, suponga que una instalación tiene un grupo electrógeno clasificado a 550 kW y opera dos horas a la semana. Durante estas dos horas, opera a 400 kW por 1,5 horas. Encuentre el factor de carga. Las fórmulas indican lo siguiente:

$$\% \text{ de carga} = \frac{400 \text{ kW}}{550 \text{ kW}} = 0,73$$

$$\% \text{ de tiempo} = \frac{90 \text{ min.}}{120 \text{ min.}} = 0,75$$

$$\text{Factor de carga} = 0,73 \times 0,75 = 54,75\%$$

Este factor de carga indicaría que el grupo electrógeno podría usarse como auxiliar, debido a que cumple con el factor de carga y con otros criterios de clasificación.

Las definiciones de clasificación de potencia de los grupos electrógenos Caterpillar, se basan en el factor de carga típico, las horas de uso por año, la demanda máxima y el uso en la aplicación. A continuación, se describen las clasificaciones de potencia de los grupos electrógenos Caterpillar, cuales son: auxiliar para emergencia, auxiliar, principal y continua.

2.12 Potencia auxiliar de emergencia

Uso típico de 50 horas por año con un máximo de 200 horas por año. El factor de carga variable típico es 70%.

❖ Potencia auxiliar

Uso máximo de 500 horas por año, hasta 300 horas continuas y operación con cargas variables. Sin sobrecarga disponible. La clasificación es equivalente a la Principal +10%. El factor de carga máximo es 70% de la clasificación auxiliar.

❖ Potencia principal

Horas ilimitadas de uso. Factor de carga (70%, máximo/80% si no hay costo adicional) de la potencia principal publicada, en un período de 24 horas. La sobrecarga de 10% está limitada a 1 hora en 12 horas, pero sin exceder 25 horas por año. La sobrecarga de 10% está disponible en conformidad con la norma ISO 3046 -1 (2002). La vida útil hasta el reacondicionamiento del motor depende de la operación, como se describe en la norma ISO8528 (2005). El tiempo de operación con carga mayor a 100% puede afectar la vida útil hasta el reacondicionamiento.

❖ Potencia continua

Horas ilimitadas de uso. Factor de carga de 100% de la potencia continua publicada. Generalmente, en conformidad con la norma ISO 8528 (2005) de potencia continua.

Nota: La operación que exceda estas definiciones de clasificación resultará en una menor vida útil y mayores costos del generador y del motor por año.

La norma ISO 8528-1 (2005) de la Organización de Normas Internacionales (ISO) define tres tipos de servicio, los cuales se detallan a continuación:

- Potencia de operación continua (COP)

La potencia de operación continua es la potencia que un grupo electrógeno puede operar en carga continua para un número ilimitado de horas bajo condiciones ambientales definidas. Para cumplir estas normas, debe seguirse el mantenimiento estipulado por el fabricante.

- **Potencia de funcionamiento principal (PRP)**

La potencia de funcionamiento principal es la potencia de un grupo electrógeno durante una secuencia de potencia variable para un número ilimitado de horas bajo condiciones ambientales definidas. Para cumplir estas normas, debe seguirse el mantenimiento estipulado por el fabricante.

- **Potencia de funcionamiento de tiempo limitado (LTP)**

La potencia de funcionamiento de tiempo limitado es la potencia máxima que un grupo electrógeno entrega en un período de hasta 500 horas por año bajo condiciones ambientales definidas. Sólo 300 horas pueden ser de funcionamiento continuo. Para cumplir estas normas, debe seguirse el mantenimiento estipulado por el fabricante. Con frecuencia, las especificaciones se indican en términos y normas ISO. La tabla 2.7 muestra las clasificaciones ISO de grupos electrógenos y la correlación con las clasificaciones de grupos electrógenos Caterpillar.

Tabla 2. 7 Clasificaciones ISO de grupos electrógenos y la correlación con las clasificaciones de grupos electrógenos Caterpillar

Clasificación de grupos electrógenos	
ISO	Caterpillar
ESP	Potencia auxiliar de emergencia
LTP	Auxiliar de emergencia
PRP	Principal
COP	Continua

Fuente. (Caterpillar, 2005)

2.12.1 Administración de carga

La administración de carga es el control cuidadoso de las cargas del grupo electrógeno y/o de la empresa de servicios públicos de energía, con el fin de tener los costos eléctricos más bajos posibles. Además, Caterpillar tiene dos categorías amplias de clasificación, en términos de administración de carga, los cuales se describen a continuación:

- Aislado de la empresa de servicios públicos de energía
- Operación en paralelo con la empresa de servicios públicos de energía.

2.12.1.1 Aislado de energía con menos de 500 horas por año

Salida disponible con carga variable durante menos de 6 horas por día. La potencia de emergencia con combustible en conformidad con las normas ISO 3046/1, AS2789, DIN6271 y BS5514. Véase la tabla 2.8.

Tabla 2. 8 Aislado de la empresa de servicios públicos de energía

Factor de carga típico	60% o menos
Horas típicas por año	Menos de 500 horas
Demanda máxima típica	80% de ekW nominal con 100% de clasificación disponible para la duración de una interrupción de corriente eléctrica de emergencia.
Aplicación típica	Tasas interrumpibles de la empresa de servicios públicos de energía, compartición de crestas.

Fuente. El autor

2.12.1.2 Aislado con más de 500 horas por año

Salida disponible con carga variable durante más de 500 horas por año y menos de 6 horas por día.

Potencia principal en conformidad con la norma ISO 8528. Potencia de sobrecarga en conformidad con la norma ISO 3046/1, AS2789, DIN6271 y BS5514. Véase la tabla 2.9.

Tabla 2. 9 Aislado de la empresa de servicios públicos de energía

Factor de carga típico	60% a 70%
Horas típicas por año	Más de 500 horas
Demanda máxima típica	100% de clasificación principal, más de 10% de clasificación usada ocasionalmente.
Aplicación típica	Compartición de crestas o cogeneración.

Fuente. El autor

2.12.1.3 Operación de energía durante menos de 500 horas por año.

Salida disponible sin carga variable durante menos de 500 horas por año. Véase la tabla 2.10.

Tabla 2. 10 Operación en paralelo con la empresa de servicios públicos de energía

Factor de carga típico	60% a 70%
Horas típicas por año	Menos de 500 horas

Demanda máxima típica	100% de clasificación principal, usada ocasionalmente.
Aplicación típica	Compartición de crestas.

Fuente. El autor

2.12.1.4 Operación de energía durante más de 500 horas por año

Salida disponible sin variación de carga por tiempo ilimitado.

Clasificación de potencia continua en conformidad con las normas ISO 8528, ISO 3046/1, AS2789, DIN6271 y BS5514. Véase la tabla 2.11.

Tabla 2. 11 Operación en paralelo con la empresa de servicios públicos de energía

Factor de carga típico	70% a 100%
Horas típicas por año	Sin límites
Demanda máxima típica	100% de clasificación continua, usada 100% del tiempo.
Aplicación típica	Carga base, empresa de servicios públicos de energía, compartición de crestas, cogeneración, operación en paralelo.

Fuente. El autor

Sin embargo, dependiendo de la aplicación del grupo electrógeno se determinará el tamaño requerido. Por ejemplo, si para una carga dada, el grupo electrógeno sólo se usará como auxiliar para sólo una carga crítica, entonces puede usarse un grupo electrógeno kW más pequeño, en lugar que el usado para potencia principal.

1.13 2.13 Normas

Los grupos electrógenos están en conformidad con la Organización de Normas Internacionales (ISO) y con las normas de la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE). Cada organización usa diferentes técnicas y tolerancias para las clasificaciones de potencia y consumo de combustible.

La norma ISO 3046-1 es específica para motores y la norma ISO 8528 para grupos electrógenos.

La norma ISO 8528 tiene 12 secciones. La primera sección describe las aplicaciones, clasificaciones y rendimiento. Las secciones restantes se indican a continuación

2. Características específicas del motor.
3. Generadores de corriente alterna.
4. Especificaciones de conmutadores y arrancadores.
5. Especificaciones de grupos electrógenos.
6. Métodos de prueba.
7. Declaraciones técnicas para especificación y diseño.
8. Grupos electrógenos de potencia baja.
9. Requisitos para la medición y la evaluación de la vibración mecánica.
10. Normas sobre ruido.
11. Sistemas de suministro de potencia dinámica e ininterrumpida.
12. Suministro de potencia de emergencia para servicios de seguridad.

1.14 2.14 Capacidad de clasificación del generador

Los grupos electrógenos están limitados en sus clasificaciones por las condiciones y aplicaciones del generador y el motor. Generalmente, las clasificaciones de los generadores están limitadas térmicamente. Por lo dicho, están limitadas por la cantidad de calor interno generado, y por la cantidad de calor disipado.

Una definición más precisa es el aumento de la temperatura del devanado por encima de la temperatura ambiente. En otras palabras, la unidad retiene parte del calor, lo que aumenta la temperatura de la unidad. La clasificación de generadores de la Asociación de Fabricantes Eléctricos Nacionales (NEMA), se basa en el límite de "aumento de temperatura" de los generadores. Además de los Estados Unidos, la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), tiene límites para el aumento de temperatura de los generadores, que pueden consultarse en IEC 6034-22 (1996) y IEC 6034-1 (2004).

No obstante, el aumento de temperatura se basa, en el aumento de la temperatura del devanado por encima de la temperatura ambiente. Pues, la temperatura ambiente es la temperatura del aire de enfriamiento que ingresa por las aberturas de ventilación de la máquina. Dicho aumento de temperatura se origina debido al flujo de corriente en los devanados y por las pérdidas internas que suceden durante la operación de la máquina.

Las clases más comunes de generadores son la clase "F" y "H". Para todas las clases, NEMA asume que la operación se realiza a una temperatura ambiente menor o igual que 40°C. Los límites de aumento de temperatura también permiten un margen de 10°C en puntos de sobrecalentamiento. Un punto de sobrecalentamiento es el punto de los devanados del estator con la temperatura más alta.

La tabla 2.12 muestra el aumento de temperatura para los generadores de clase F y H en diferentes clasificaciones.

Tabla 2. 12 Aumento de temperatura para los generadores de clase F y H

Clase de generador	Aumento de temperatura (°C)	Clasificación del paquete de grupo electrógeno
F H	80 —	Continua
F H	105 125	Principal Principal
F H		Auxiliar Auxiliar

Fuente. El autor

Para potencia principal, la clase F tiene un aumento de 105°C o un límite de temperatura total menor o igual que 155°C (temperatura ambiente de 40°C+margen en puntos de sobrecalentamiento de 10°C + aumento de temperatura de 105°C).

La clase H permite un aumento de 125°C o un límite de temperatura total menor o igual que 175°C:

$$40^{\circ}\text{C} + 10^{\circ}\text{C} + 125^{\circ}\text{C}$$

Para potencia principal, la clase F tiene un límite de aumento de temperatura de 130°C o una temperatura total de 180°C:

$$40^{\circ}\text{C} + 10^{\circ}\text{C} + 130^{\circ}\text{C}$$

La clase H tiene un aumento de temperatura de 150°C o un límite de temperatura total de 200°C:

$$40^{\circ}\text{C} + 10^{\circ}\text{C} + 130^{\circ}\text{C}$$

El voltaje juega un papel fundamental en la clasificación del generador y debe tenerse en cuenta. En algunos casos, el voltaje del generador no corresponde con el voltaje de operación preferido. Un regulador de voltaje puede proporcionar la capacidad de ajuste del voltaje, sin embargo, si se disminuye el voltaje del generador, la corriente aumentará para una clasificación dada. Esto aumentará la temperatura del generador y puede necesitarse reducir la potencia del generador. Una solución alterna a la reducción de la potencia del generador es usar un generador más grande para mantener la clasificación estándar.

La norma establecida por NEMA, permite ajustar un generador más o menos cinco por ciento ($\pm 5\%$) cuando se instala. Generalmente, los generadores Caterpillar tienen una capacidad mínima de disminución de 10%; en algunos casos esto puede resultar en una reducción de potencia. Algunos generadores se diseñan específicamente como de gama amplia y podrían no requerir disminución de potencia. Se recomienda revisar los datos del fabricante cuando se usen generadores con voltaje diferente al especificado en el diseño.

2.14.1 Límites de tolerancia del generador

La figura 2.14 muestra de capacidad reactiva de un generador de polo saliente. Un punto de carga en esta área define:

- La potencia activa
- La potencia reactiva
- La potencia aparente
- La corriente
- El factor de potencia
- La excitación

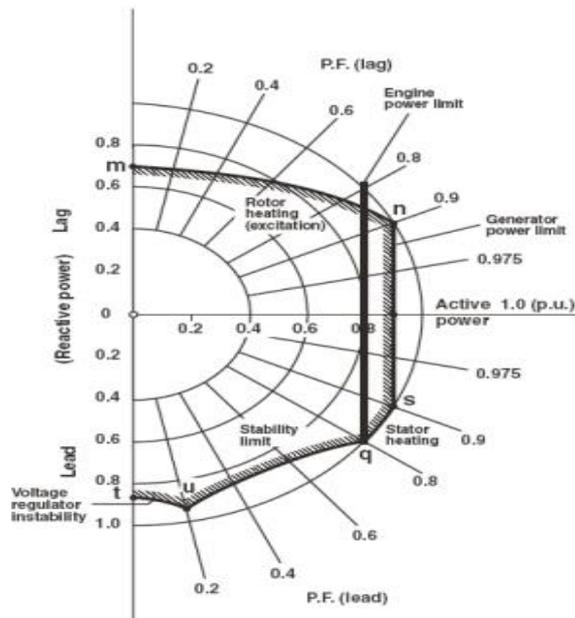


Figura 2. 14 Capacidad reactiva de un generador de polo saliente

Fuente: (Perfo Partes de Mexico, S.A, 2021)

La línea oscura y gruesa con los puntos m-n-p-s-q-u-t, indica los límites absolutos tolerados en una máquina. Los generadores se clasifican dentro de estos límites.

1.15 2.15 Propulsión diésel mecánica

A continuación, en la figura 2.15 puede apreciar un esquema de propulsión y generación del remolcador.

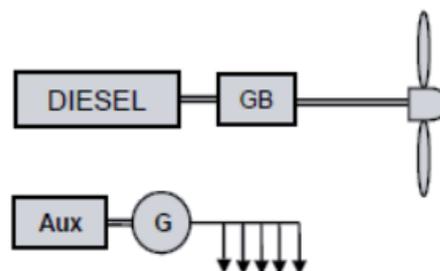


Figura 2. 15 Esquema de propulsión y generación del remolcador.

Fuente: (Palomo Cano, 2013)

Como se puede observar en la figura 2.15, la propulsión es independiente de la producción eléctrica, así es como se encuentra el remolcador tomado como referencia. Lo único que falta en la figura mencionada son las cantidades, ya que en el caso de referencia hay dos motores principales y cada uno impulsa dos *Voith* y tres generadores.

En el esquema de la figura superior cabe destacar que falta la multiplicadora que utilizan las bombas de los cañones FIFI (fire-fighting) equipos de extinción de incendios y de las máquinas de remolque. Este esquema es un ejemplo para ver cómo va a cambiar de un sistema de generación y propulsión independiente a un sistema híbrido, ambos están combinados.

2.15.1 Propulsión híbrida, mecánica y eléctrica

La figura 2.16 muestra un esquema de la propulsión híbrida, mecánica y eléctrica; como así también de la generación.

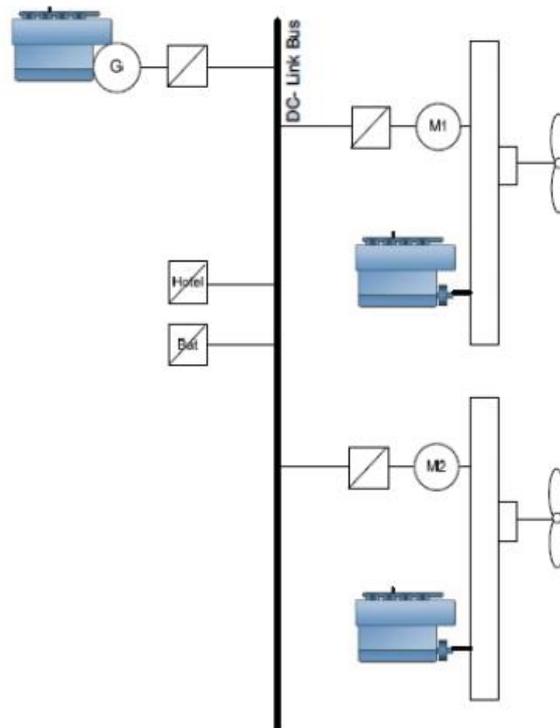


Figura 2. 16 Esquema de la propulsión híbrida, mecánica y eléctrica

Fuente: (Solas Pastor, 2015)

El esquema de la figura 2.16 muestra como los MM PP (motores principales) mueven los propulsores y al mismo tiempo, tienen la ayuda de unos motores eléctricos para realizar dicha tarea.

1.16 2.16 Criterios de mantenimiento en embarcaciones remolcadores

2.16.1 Mantenimiento de la sala de máquinas

El mantenimiento en la sala de máquinas tanto el fabricante de los componentes como el personal de la naviera responsable saben de antemano

que tienen los conocimientos necesarios para llevar a cabo todo lo correspondiente al mantenimiento de las máquinas y de acuerdo con este plan de mantenimiento existente en el buque, aclararemos ciertos parámetros de mantenimiento para una buena vida útil de sus motores

2.16.1.1. Mantenimiento Planeado

Sin un “mantenimiento planeado” es imposible el servicio económico de motores de alto rendimiento con el nivel actual de la técnica. Las aclaraciones tienen por misión informar al usuario sobre la instalación del motor, sobre el sistema de mantenimiento de la empresa contratada para dicho servicio y tener la comprensión de la problemática e importancia del “mantenimiento planeado”. Meta de este mantenimiento es preservar del desgaste los componentes correspondientes sustituyéndolos o manteniéndolos antes de que aparezca la avería. El “mantenimiento planeado” se apoya esencialmente en la realización de controles dentro de plazos fijos determinados. Estos controles proporcionan los criterios decisivos sobre la necesidad de los trabajos de mantenimiento y del alcance de los trabajos. Como parámetros se utiliza:

- Datos del desgaste
- Criterios de enjuiciamiento y
- Controles de funcionamiento

La mayoría de los trabajos a realizar no corresponden con intervalos fijos ya que la vida útil de cada componente depende en gran manera de las condiciones del servicio y del ambiente. El plan regular presente no deberá por tanto contemplarse como algo fijo sino más bien es el usuario quien determina la realización del plan de acuerdo con las experiencias propias. En cada caso se ha calculado un margen de seguridad suficiente – incluso con conocimiento exacto del valor de desgaste medio – para cubrir posibles desviaciones.

Para asegurar las garantías deberán tratarse las prolongaciones de los intervalos de mantenimiento con la empresa contratada para dicho mantenimiento. No se pueden derivar reclamaciones legales consecuencia de los datos indicados.

2.16.2 Sistema De Mantenimiento

El sistema de mantenimiento consta de:

- Plan regular de trabajos
- Hojas de trabajo
- Plan de mantenimiento

Mientras que el plan de trabajos regulares indica cuando debe realizarse un control, mantenimiento o reparación, se indican en las hojas de trabajo como realizar estos trabajos.

2.16.2.1 Plan regular de trabajos

El plan regular de trabajos deberá proporcionar una sinopsis rápida de todos los trabajos de reparación, mantenimiento y control que puedan producirse para un periodo de hasta 90.000 horas de servicio. El plan regular está dividido en los siguientes conceptos:

- Medidas de vigilancia y control diarias
- Medidas de mantenimiento y control únicas

Estos trabajos deben realizarse después de la primera puesta en funcionamiento o puesta en funcionamiento, después de grandes trabajos de reparación.

- **Medidas de mantenimiento periódico**

Aquí se resumen los trabajos de mantenimiento, reparación y control repetitivos que habrá que realizar una vez alcanzado el plazo. Los intervalos indicados son valores medios estadísticos. Dependiendo de la situación de equipamiento de las condiciones de mantenimiento y servicio, pueden producirse otros valores.

- **Medidas de mantenimiento no dependientes del tiempo**

Incluyen listado de los trabajos que pudieran ser necesarios en el marco de los trabajos a realizar dentro de un plazo o, que no están sujetos a ningún plazo fijo.

2.16.2.2 Hojas de trabajo

Las hojas de trabajo son instrucciones para los trabajos de reparación, mantenimiento, control y comprobaciones de seguridad. En la figura 2.17 se aprecia un modelo de hoja de trabajo general.

El diagrama muestra un modelo de hoja de trabajo general con los siguientes campos y valores:

- Título de la hoja de mantenimiento:** Válvula de escape
- Tipo de actividad:** A5.05.01.04.01.03
- Medidas de mantenimiento:** Controles / desmontaje y montaje
- Tipo de motor:** M 551 / M 552
- Horas de servicio/plazo de mantenimiento:** 6.000 / 12.000
- Registro:** 01
- Grupo de mantenimiento principal:** (campo vacío)
- En conexión con:** 01.01.01.nn, 01.02.01.nn, 01.08.01.nn
- Hojas de piezas de rep.:** B1.05.01.7.2104, B1.05.01.7.2220
- Tiempo requerido:** 1 Pers. / 3 h
- Cualificación personal:** Especialistas de máquinas
- Combustible:** Fuel oil pesado y combustible destilado
- División de materias:** Libro A instrucciones de servicio, Subcapítulo, Hojas de mantenimiento, Número de documentación (A5.05.01.04.01.03)
- Fecha de edición:** es / 30.09.91
- Idioma:** (campo vacío)
- Número de registro:** IB000003
- Página/número de página:** 1/1

Figura 2. 17 Modelo de hoja de trabajo general

Fuente: (Perfo Partes de Mexico, S.A, 2021)

El número de documento de la ficha de mantenimiento está constituido por el número del índice (A5.05) y el número de mantenimiento propio (negrita) que está dividido en cuatro parejas de cifras.

• La primera pareja de cifras indica el grupo de mantenimiento principal del motor:

1. Culata
2. Propulsor
3. Cáster
4. Control del motor
5. Regulación
6. Instalación de gas de escape/carga
7. Sistema de combustible

8. Sistema de lubricante
9. Sistema de agua de refrigeración
10. Sistema de aire de arranque
11. Aparatos de vigilancia
12. Grupos auxiliares
13. Instalación adicional

1.17 2.16.2.3 Plan de mantenimiento (mantenimiento periódico)

Un plan sinóptico grande, en el que se indican todos los trabajos de mantenimiento periódicos, incluyendo los intervalos de grandes trabajos de mantenimiento y que permite comprender todos los sucesos en la máquina y deducir de ellos los distintos grupos y trabajos a realizar en la máquina en un futuro.

Sin embargo, resulta de utilidad la colocación del plano sobre una pared, dónde por razones de espacio ésta no sea posible, deberá permanecer plegado en la carpeta "impresos, informes de mantenimiento".

Los componentes de desgaste típicos, que deben reemplazarse rutinariamente con un montaje nuevo (aros tóricos, retenes, etc.) no deberán indicarse como elementos dañados.

Los mantenimientos en la sala de máquinas se realizan por un cómputo de horas totales de trabajo de las máquinas de cada elemento, ya que no es lo mismo el trabajo que realizan cuando se está en trayecto o ruta, que estando en puerto y por motivos de desgastes o por qué ha ocurrido una avería leve o grave de algún componente.

Los mantenimientos realizados en el buque son:

- Mantenimiento diario
- Mantenimiento semanal
- Mantenimiento preventivo y predictivo.

2.16.2.4 Mantenimiento diario

El mantenimiento diario se divide en diferentes tareas que se deben cumplir y controlar en las primeras horas de trabajo, después de realizar todas las tareas, mediciones y controles se realiza un informe de cómo se encuentra la maquinaria. Este mantenimiento consiste en:

- Parte diario:

Consiste en mediciones de temperaturas de todos los elementos principales y auxiliares, tales como los enfriadores de aceites, intercambiadores de alta y baja temperatura, temperaturas de entrada y salida de agua de mar y agua dulce del evaporador, índice de aire de compresión, índice de aire en el regulador, temperatura en el motor principal, etc.

Todas estas mediciones los realiza el jefe de máquinas junto con el alumno, que al tenerlos hay que compararlos con los parámetros dados en los manuales de cada componente que conforman la sala de máquinas.

Es importante mencionar que estas mediciones solo se realizan en los días de navegación y solo una vez al día.

- Sondas tanques cárter, pérdidas, lodos, sentinas, otros.
- Bomba trasiego *Fuel Oil*.
- Rellenar y añadir química al tanque del evaporador.
- Lavar turbo soplantes lado aire motor principal
- Purgar tanques de combustible.
- Purgar botellas de aire comprimido.
- Compresores de aire: nivel OIL, comprobar funcionamiento normal y mantenerlos igualados en horas de funcionamiento.
- Achique de sentinas máquinas, bodega y bodeguín.
- Motores auxiliares: nivel OIL y agua, controlar horas de funcionamiento.
- Servomotor comprobar nivel y tuercas caña timón.
- Comprobar niveles de tanques de compensación de HT y LT.
- Nivel tanque compensación: TOH, CPP, Reductora -Sello bocina.
- Controlar consumos y buen funcionamiento bombas en servicio.

- Tanque séptico: añadir química y ver si funciona correctamente.
- Comprobar compresores, aire acondicionado y frigorífico.
- Controlar el nivel y presión tanque hidróforo y agua caliente.
- Comprobar tanques de compensación de hélices proa y popa.
- Depuradoras OIL y FO: nivel aceite, presión agua.
- Mantener limpia la sala de máquinas.

2.16.2.5 Mantenimiento semanal

- Arrancar generador de emergencia.
- Arrancar bomba contra incendios.
- Arrancar botes salvavidas.
- Aligerar grampas ventilación máquinas.
- Análisis de aguas (Motor principal)
- Lavado caldera de gases (agua o química)
- Lavado Turbosoplantes (Motor principal lado gases)

2.16.2.6 Mantenimiento predictivo y preventivo

Cada elemento, tanto como el motor principal, generadores auxiliares, generador de emergencia, compresores, bombas, entre otros, también tienen sus propios mantenimientos al margen del mantenimiento diario.

Los mantenimientos que se realizan son de acuerdo a los manuales, los cómputos de horas de trabajo y parámetros respectivos que se obtiene (temperaturas, viscosidad, etc.) de cada uno de los componentes que conforman en la sala de máquinas.

Igualmente, se realiza por cada siete días las revisiones de los botes salvavidas (babor y estribor), tales como revisión del motor, nivel de aceite, funcionamiento de la palanca de velocidades.

2.16.2.7 Mantenimiento del motor principal

🚦 Hoja de aceptación de ensayos del motor principal

En esta hoja de ensayos nos indica todos los parámetros correspondientes que deben de cumplir para el buen mantenimiento del motor, tales como temperatura de lubricantes, agua de refrigeración, aire de carga, gas de escape, combustibles, entre otros. Con éste, nos proporciona las pautas para

realizar comparaciones de los datos, cuando se hace una revisión del mantenimiento. La figura 2.18 muestra hoja de control del motor principal.

CAT		Diesel Engine Acceptance Test Record			Sheet 1 of 3							
Engine Type: 12 M 32 C		Order No.: 261877		Engine No.: 34076		A						
Atmospheric conditions during test run: Relative humidity: 91 % Altitude: 8 m												
We used for the test run: Heat value according to Fuel oil analysis: 42900 kJ/kg Density: 0,882 kg/l Test bed: Rostock 4 Luboil type: MO 412 Hydraulic brake: Hofmann BFB												
Engine data: Four-stroke / direct injection / V-Engine / port engine / clockwise / rotation (viewed from the drive end)												
Rated power: 6000 kW		Rated speed: 750 1/min		Firing order: 1 3 5 6 4 2								
Bore: 320 mm		Stroke: 420 mm										
Charger type: Napier 297 C		Number: 703508 / 703509		Specification: 4 GS 87 B 134 M								
Max speed: 28500 1/min		t max: 650°C										
Fuel injection pump: PEO G 058 A		Plunger diameter: 28 mm		Idle stroke 'x': 6,0 mm								
Fuel injector: MaK E 2/2		Opening pressure: 450 bar										
Generator: Type : Manufacturer :		Emissions data: Application : Constant Speed Main Propulsion Cycle : E2 Test result of parent engine NOx: 11,6 g/kWh										
Inlet valve opens before T.D.C.(A/B): 45°/45°		Inlet valve closes after B.D.C.(A/B): 15°/15°		Exhaust valve opens before B.D.C.(A/B): 45°/45°		Exhaust valve closes after T.D.C.(A/B): 45°/45°						
Flywheel diameter: 1438 mm		1" : 12,8 mm										
Commencement of injection pump Cylinder 1 (A/B): 9,9 / 9,9 ° crank angle before T.D.C												
Settings:		Bank	Cylinder									
			1	2	3	4	5	6				
Distance from liner top edge to piston top edge in T.D.C. [mm]		A	17,1	17,2	17,2	17,4	17,4	17,5				
		B	17,2	17,2	17,3	17,15	17,2	17,2				
Thickness of distance plate [mm] between injection pump and engine housing		A	3,0	2,9	2,9	2,9	2,9	3,0				
		B	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,2				
Lever-drive for fuel injection, thickness of distance plate for IMO adjustment [mm]		A	3,6	3,0	3,6	2,4	3,6	2,7				
		B	2,4	2,4	2,4	3,6	2,4	2,4				
Fuel injection pump rack position when control handle on 'stop' [mm]		A	0	0	0	0	0	0				
		B	0	0	0	0	0	0				
Fuel injection pump rack position [mm] at rated power		A	41	41	41	41	41	41				
		B	41	41	41	41	41	41				
Pump No.: (A/B) 1 / 1 blocked at 41/41 mm at no load		A	10	10	10	10	10	10				
		B	10	10	10	10	10	10				
Governor speed setting n = 750 1/min		Air consumption for starting										
Maximum speed no load n = 750 1/min		Bottle capacity : 2,5 m³										
Minimum speed no load n = 450 1/min		Initial pressure : 10,2 bar										
		Starting last time at : 9,2 bar										
		Remaining pressure in bottle : 8,6 bar										
No. 1 cylinder on flywheel end of engine												
Bank A = left viewed from drive end			Bank B = right viewed from drive end									
Acceptance		Mechanic	Engineer	Approved	Acceptance							
Date: 26.06.2006		26.06.2006										
Sign: Uplegger		Winkler		Steinke Caterpillar Motor & Machine GmbH Weritallee 11 • 18119 Rostock								
444 (P. Müller)		DIDARE 1 Windows / Version 2.0 / 30.08.2005		Copyright © 2004/05/06/07/08/09/10/11/12/13/14/15/16/17/18/19/20/21/22/23/24/25/26/27/28/29/30/31/32/33/34/35/36/37/38/39/40/41/42/43/44/45/46/47/48/49/50/51/52/53/54/55/56/57/58/59/60/61/62/63/64/65/66/67/68/69/70/71/72/73/74/75/76/77/78/79/80/81/82/83/84/85/86/87/88/89/90/91/92/93/94/95/96/97/98/99/100/101/102/103/104/105/106/107/108/109/110/111/112/113/114/115/116/117/118/119/120/121/122/123/124/125/126/127/128/129/130/131/132/133/134/135/136/137/138/139/140/141/142/143/144/145/146/147/148/149/150/151/152/153/154/155/156/157/158/159/160/161/162/163/164/165/166/167/168/169/170/171/172/173/174/175/176/177/178/179/180/181/182/183/184/185/186/187/188/189/190/191/192/193/194/195/196/197/198/199/200/201/202/203/204/205/206/207/208/209/210/211/212/213/214/215/216/217/218/219/220/221/222/223/224/225/226/227/228/229/230/231/232/233/234/235/236/237/238/239/240/241/242/243/244/245/246/247/248/249/250/251/252/253/254/255/256/257/258/259/260/261/262/263/264/265/266/267/268/269/270/271/272/273/274/275/276/277/278/279/280/281/282/283/284/285/286/287/288/289/290/291/292/293/294/295/296/297/298/299/300/301/302/303/304/305/306/307/308/309/310/311/312/313/314/315/316/317/318/319/320/321/322/323/324/325/326/327/328/329/330/331/332/333/334/335/336/337/338/339/340/341/342/343/344/345/346/347/348/349/350/351/352/353/354/355/356/357/358/359/360/361/362/363/364/365/366/367/368/369/370/371/372/373/374/375/376/377/378/379/380/381/382/383/384/385/386/387/388/389/390/391/392/393/394/395/396/397/398/399/400/401/402/403/404/405/406/407/408/409/410/411/412/413/414/415/416/417/418/419/420/421/422/423/424/425/426/427/428/429/430/431/432/433/434/435/436/437/438/439/440/441/442/443/444/445/446/447/448/449/450/451/452/453/454/455/456/457/458/459/460/461/462/463/464/465/466/467/468/469/470/471/472/473/474/475/476/477/478/479/480/481/482/483/484/485/486/487/488/489/490/491/492/493/494/495/496/497/498/499/500/501/502/503/504/505/506/507/508/509/510/511/512/513/514/515/516/517/518/519/520/521/522/523/524/525/526/527/528/529/530/531/532/533/534/535/536/537/538/539/540/541/542/543/544/545/546/547/548/549/550/551/552/553/554/555/556/557/558/559/560/561/562/563/564/565/566/567/568/569/570/571/572/573/574/575/576/577/578/579/580/581/582/583/584/585/586/587/588/589/590/591/592/593/594/595/596/597/598/599/600/601/602/603/604/605/606/607/608/609/610/611/612/613/614/615/616/617/618/619/620/621/622/623/624/625/626/627/628/629/630/631/632/633/634/635/636/637/638/639/640/641/642/643/644/645/646/647/648/649/650/651/652/653/654/655/656/657/658/659/660/661/662/663/664/665/666/667/668/669/670/671/672/673/674/675/676/677/678/679/680/681/682/683/684/685/686/687/688/689/690/691/692/693/694/695/696/697/698/699/700/701/702/703/704/705/706/707/708/709/710/711/712/713/714/715/716/717/718/719/720/721/722/723/724/725/726/727/728/729/730/731/732/733/734/735/736/737/738/739/740/741/742/743/744/745/746/747/748/749/750/751/752/753/754/755/756/757/758/759/760/761/762/763/764/765/766/767/768/769/770/771/772/773/774/775/776/777/778/779/780/781/782/783/784/785/786/787/788/789/790/791/792/793/794/795/796/797/798/799/800/801/802/803/804/805/806/807/808/809/810/811/812/813/814/815/816/817/818/819/820/821/822/823/824/825/826/827/828/829/830/831/832/833/834/835/836/837/838/839/840/841/842/843/844/845/846/847/848/849/850/851/852/853/854/855/856/857/858/859/860/861/862/863/864/865/866/867/868/869/870/871/872/873/874/875/876/877/878/879/880/881/882/883/884/885/886/887/888/889/890/891/892/893/894/895/896/897/898/899/900/901/902/903/904/905/906/907/908/909/910/911/912/913/914/915/916/917/918/919/920/921/922/923/924/925/926/927/928/929/930/931/932/933/934/935/936/937/938/939/940/941/942/943/944/945/946/947/948/949/950/951/952/953/954/955/956/957/958/959/960/961/962/963/964/965/966/967/968/969/970/971/972/973/974/975/976/977/978/979/980/981/982/983/984/985/986/987/988/989/990/991/992/993/994/995/996/997/998/999/1000			Copyright © 2004/05/06/07/08/09/10/11/12/13/14/15/16/17/18/19/20/21/22/23/24/25/26/27/28/29/30/31/32/33/34/35/36/37/38/39/40/41/42/43/44/45/46/47/48/49/50/51/52/53/54/55/56/57/58/59/60/61/62/63/64/65/66/67/68/69/70/71/72/73/74/75/76/77/78/79/80/81/82/83/84/85/86/87/88/89/90/91/92/93/94/95/96/97/98/99/100/101/102/103/104/105/106/107/108/109/110/111/112/113/114/115/116/117/118/119/120/121/122/123/124/125/126/127/128/129/130/131/132/133/134/135/136/137/138/139/140/141/142/143/144/145/146/147/148/149/150/151/152/153/154/155/156/157/158/159/160/161/162/163/164/165/166/167/168/169/170/171/172/173/174/175/176/177/178/179/180/181/182/183/184/185/186/187/188/189/190/191/192/193/194/195/196/197/198/199/200/201/202/203/204/205/206/207/208/209/210/211/212/213/214/215/216/217/218/219/220/221/222/223/224/225/226/227/228/229/230/231/232/233/234/235/236/237/238/239/240/241/242/243/244/245/246/247/248/249/250/251/252/253/254/255/256/257/258/259/260/261/262/263/264/265/266/267/268/269/270/271/272/273/274/275/276/277/278/279/280/281/282/283/284/285/286/287/288/289/290/291/292/293/294/295/296/297/298/299/300/301/302/303/304/305/306/307/308/309/310/311/312/313/314/315/316/317/318/319/320/321/322/323/324/325/326/327/328/329/330/331/332/333/334/335/336/337/338/339/340/341/342/343/344/345/346/347/348/349/350/351/352/353/354/355/356/357/358/359/360/361/362/363/364/365/366/367/368/369/370/371/372/373/374/375/376/377/378/379/380/381/382/383/384/385/386/387/388/389/390/391/392/393/394/395/396/397/398/399/400/401/402/403/404/405/406/407/408/409/410/411/412/413/414/415/416/417/418/419/420/421/422/423/424/425/426/427/428/429/430/431/432/433/434/435/436/437/438/439/440/441/442/443/444/445/446/447/448/449/450/451/452/453/454/455/456/457/458/459/460/461/462/463/464/465/466/467/468/469/470/471/472/473/474/475/476/477/478/479/480/481/482/483/484/485/486/487/488/489/490/491/492/493/494/495/496/497/498/499/500/501/502/503/504/505/506/507/508/509/510/511/512/513/514/515/516/517/518/519/520/521/522/523/524/525/526/527/528/529/530/531/532/533/534/535/536/537/538/539/540/541/542/543/544/545/546/547/548/549/550/551/552/553/554/555/556/557/558/559/560/561/562/563/564/565/566/567/568/569/570/571/572/573/574/575/576/577/578/579/580/581/582/583/584/585/586/587/588/589/590/591/592/593/594/595/596/597/598/599/600/601/602/603/604/605/606/607/608/609/610/611/612/613/614/615/616/617/618/619/620/621/622/623/624/625/626/627/628/629/630/631/632/633/634/635/636/637/638/639/640/641/642/643/644/645/646/647/648/649/650/651/652/653/654/655/656/657/658/659/660/661/662/663/664/665/666/667/668/669/670/671/672/673/674/675/676/677/678/679/680/681/682/683/684/685/686/687/688/689/690/691/692/693/694/695/696/697/698/699/700/701/702/703/704/705/706/707/708/709/710/711/712/713/714/715/716/717/718/719/720/721/722/723/724/725/726/727/728/729/730/731/732/733/734/735/736/737/738/739/740/741/742/743/744/745/746/747/748/749/750/751/752/753/754/755/756/757/758/759/760/761/762/763/764/765/766/767/768/769/770/771/772/773/774/775/776/777/778/779/780/781/782/783/784/785/786/787/788/789/790/791/792/793/794/795/796/797/798/799/800/801/802/803/804/805/806/807/808/809/810/811/812/813/814/815/816/817/818/819/820/821/822/823/824/825/826/827/828/829/830/831/832/833/834/835/836/837/838/839/840/841/842/843/844/845/846/847/848/849/850/851/852/853/854/855/856/857/858/859/860/861/862/863/864/865/866/867/868/869/870/871/872/873/874/875/876/877/878/879/880/881/882/883/884/885/886/887/888/889/890/891/892/893/894/895/896/897/898/899/900/901/902/903/904/905/906/907/908/909/910/911/912/913/914/915/916/917/918/919/920/921/922/923/924/925/926/927/928/929/930/931/932/933/934/935/936/937/938/939/940/941/942/943/944/945/946/947/948/949/950/951/952/953/954/955/956/957/958/959/960/961/962/963/964/965/966/967/968/969/970/971/972/973/974/975/976/977/978/979/980/981/982/983/984/985/986/987/988/989/990/991/992/993/994/995/996/997/998/999/1000			Copyright © 2004/05/06/07/08/09/10/11/12/13/14/15/16/17/18/19/20/21/22/23/24/25/26/27/28/29/30/31/32/33/34/35/36/37/38/39/40/41/42/43/44/45/46/47/48/49/50/51/52/53/54/55/56/57/58/59/60/61/62/63/64/65/66/67/68/69/70/71/72/73/74/75/76/77/78/79/80/81/82/83/84/85/86/87/88/89/90/91/92/93/94/95/96/97/98/99/100/101/102/103/104/105/106/107/108/109/110/111/112/113/114/115/116/117/118/119/120/121/122/123/124/125/126/127/128/129/130/131/132/133/134/135/136/137/138/139/140/141/142/143/144/145/146/147/148/149/150/151/152/153/154/155/156/157/158/159/160/161/162/163/164/165/166/167/168/169/170/171/172/173/174/175/176/177/178/179/180/181/182/183/184/185/186/187/188/189/190/191/192/193/194/195/196/197/198/199/200/201/202/203/204/205/206/207/208/209/210/211/212/213/214/215/216/217/218/219/220/221/222/223/224/225/226/227/228/229/230/231/232/233/234/235/236/237/238/239/240/241/242/243/244/245/246/247/248/249/250/251/252/253/254/255/256/257/258/259/260/261/262/263/264/265/266/267/268/269/270/271/272/273/274/275/276/277/278/279/280/281/282/283/284/285/286/287/288/289/290/291/292/293/294/295/296/297/298/299/300/301/302/303/304/305/306/307/308/309/310/311/312/313/314/315/316/317/318/319/320/321/322/323/324/325/326/327/328/329/330/331/332/333/334/335/336/337/338/339/340/341/342/343/344/345/346/347/348/349/350/351/352/353/354/355/356/357/358/359/360/361/362/363/364/365/366/367/368/369/370/371/372/373/374/375/376/377/378/379/380/381/382/383/384/385/386/387/388/389/390/391/392/393/394/395/396/397/398/399/400/401/402/403/404/405/406/407/408/409/410/411/412/413/414/415/416/417/418/419/420/421/422/423/424/425/426/427/428/429/430/431/432/433/434/435/436/437/438/439/440/441/442/443/444/445/446/447/448/449/450/451/452/453/454/455/456/457/458/459/460/461/462/463/464/465/466/467/468/469/470/471/472/473/474/475/476/477/478/479/480/481/482/483/484/485/486/487/488/489/490/491/492/493/494/495/496/497/498/499/500/501/502/503/504/505/506/507/508/509/510/511/512/		

A continuación, en la tabla 2.13 explica del momento en que se realizó las primeras revisiones hasta la actualidad.

Tabla 2. 13 Control del motor principal y sus componentes

BUQUE: OPDR ANDALUCÍA		
TIPO DE MOTOR: MAK 12VM 32C		
Nº DE MOTOR: 34076		
MP0	TBO 24 horas	Rutina diaria de control de parámetros de funcionamiento accesorios (operativa de tripulación).
MP1	TBO 50 horas	Limpieza lado gases turbos (operativa de tripulación)
MP2	TBO 150 horas	Rotocaps, condición culatas, condición turbos, limpieza, pre-engrase (operativa tripulación).
MP3	TBO 750 horas	Dosado agua, condición aire comprimido, filtro dúplex combinado, cilindro parada, detector nieblas y virador.
MP4	TBO 1500 horas	Ajuste válvulas, válvula de arranque, árbol regulador, comportamiento regulador.
MP5	TBO 3750 horas	Cárter, eje de camones, distribución, presostato, aceite regulador, disparador de vigilancia.
MP6	TBO 7500 horas	1 pistón, válvula de arranque, varillaje inyección, filtro aire comprimido, línea de escape turbo soplantes, 1 bomba de inyección, todos los inyectores, filtro de seguridad de aceite, switch revoluciones, termostato agua y aceites, intercooler.
MP7	TBO 12000 horas	Mantenimiento turbocompresor, según las horas registradas: 12000 horas= limpieza/24000horas= anillos de toberas/36000 horas= rodamientos.
MP8	TBO 15000 horas	Reacond culatas, 1 cojinete bancada, control huelgo y 1 cojinete de levas, 1 camisa, ruedas acción regulador, cambio dámper.
MP9	TBO 30000 horas	Cambio válvula de seguridad, cojinetes de bancada, cojinete de empuje, todos trenes, cojinete eje de levas.

1.18 2.17 Mantenimiento motores generadores auxiliares

Los motores auxiliares tienen un régimen de trabajo de unas 214 horas al mes, ya que solamente se utilizan cuando el buque está en puerto para obtener energía para los *reefers* antes de su descarga y que no se rompa la cadena de frío de los productos y para el alojamiento de la tripulación (cocina, iluminación, etc.)

El mantenimiento detallado a continuación, es para un régimen mayor de 400 horas anuales, ya que al año estaría en funcionamiento por 2568 horas (214 horas x 12 meses). Véase la tabla 2.14.

Tabla 2. 14 Horas de los motores auxiliares

CADA 200 HORAS	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio de aceite y filtro. Cambio filtro de combustible. • Limpieza del prefiltro del combustible
CADA 800 HORAS	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio filtro aire.
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Presión de aceite de lubricación durante el servicio (dependiendo del régimen del motor, de la temperatura de aceite y de la carga del motor), ha de vigilarse por el control manométrico de aceite/pilotos ✓ Cada 2 o 4 años se deben cambiar los tapones de la instalación de refrigeración y el líquido refrigerante. ✓ Las mangueras del líquido refrigerante se cambiaran cada 4 años. ✓ Los inyectores se deben controlar o cambiar cada 2 años o después de 2400 horas de servicio. Al realizar estas tareas se debe comprobar la compresión ✓ Limpiar el tubo del radiador del aire de sobrealimentación, los haces de tubos en el intercambiador de calor cada dos años a mas tardar y en función de la suciedad del agua del mar 	

A continuación, la tabla 2.15 muestra la lista de reconocimientos para los trabajos de mantenimiento de 20-60 horas, y también para las horas comprendidas entre 200 horas a 10000 horas, que van variando de 200 en 200 horas.

Tabla 2. 15 Tabla de reconocimientos para los trabajos de mantenimiento de 20-60 horas y de 200 hs. a 1000hs.

MA 00= 20 y 60 horas	MA 5 = 5000 y 5800 horas
MA 0 = 200 y 800 horas	MA 6 = 6000 y 6800 horas
MA 1 = 1000 y 1800 horas	MA 7 = 7000 y 7800 horas
MA 2 = 2000 y 2800 horas	MA 8 = 8000 y 8800 horas
MA 3 = 3000 y 3800 horas	MA 9 = 9000 y 9800 horas
MA 4 = 4000 y 4800 horas	MA 10= 10000 horas

• = Trabajos o mantenimientos que se deben realizar según las horas de trabajo que tengan los motores auxiliares.

Δ= Control minucioso del reglaje de válvulas, ya que a través del tiempo se pueden producir contracciones y dilataciones por temperatura del fluido provocando fisuras, grietas u holguras en las aperturas. (Ver Anexo 3)

Definitivamente las operaciones de reparaciones de motores eléctricos deben apoyarse en tecnologías para determinar rengos de temperatura, vibración, alineación, velocidad etc.



Figura 2. 19 Equipos de mediciones para las fallas de motores trifásicos por mala calidad de energía eléctrica.

Fuente. (Carrera & Paz, 2018)

CAPÍTULO 3: LEVANTAMIENTO DE DATOS

1.19 3.1 Datos de equipos en remolcador

Debido al ambiente salino, elevadas temperaturas de operación y la falta de mantenimiento preventivo, se ha producido el deterioro de piezas mecánicas y eléctricas del motor de ventilación/extracción de mencionada unidad. Luego del desarme e inspección del mismo, se remitirá un informe del estado inicial del motor a fin de establecer si es necesario realizar el mantenimiento, reparación o cambio del motor.

A continuación, en la figura 3.1 se puede observar el motor de ventilación-extracción del estribor de un remolcador, con sus respectivos datos, ubicados en la cubierta principal.

DATOS DEL EQUIPO					
Marca	Brook Crompton	Modelo	WLG2262	Tipo motor	Trifásico
Voltaje	230 / 460 V	Amperaje	25.6 / 12.8 A	Frecuencia	60 Hz
RPM	1750	HP / KW	10Hp / 7.45KW	Aislamiento	550 MΩ
Rodamiento	6203-2Z-C3 / 6203-2Z-C3		Retenedor	25-37-7 / 40-52-7	



Figura 3. 1 motor de ventilación-extracción del estribor de un remolcador.

Fuente. El autor

Durante las tres maniobras que realiza el remolcador de media en un día, 1 hora por maniobra 3 horas en total, este trabaja de la siguiente forma. Los MM. PP. trabajan en un rango de revoluciones que van desde las 600 hasta las 1000 r.p.m. con unas cargas de trabajo del 25% al 100%, administrando unas potencias que van desde los 660kW a los 2640kW. El consumo específico en estos regímenes de trabajo es de 203,3g/Kw-h a 600 r.p.m. y 202g/kW-h a 1000 r.p.m. Además, a 800 r.p.m. es de 197,9g/kW-h a 900 r.p.m. es de 195,5g/Kw h.

A continuación, en la figura 3.2 se puede observar el rotor principal del generador estribor y excitatriz fija generador estribor.



Figura 3. 2 Rotor principal del generador estribor y excitatriz fija generador estribor

Fuente. El autor

Luego, en la figura 3.3 se puede ver el excitatriz giratoria del generador estribor.



Figura 3. 3 Excitatriz giratoria del generador estribor

Fuente. El autor

1.20 3.2 Inspección del generador 2 Babor

En el generador N°2 banda de babor 300KW - 380V - 60HZ. Se realizaron mediciones de aislamiento al generador de la banda de babor, en donde se encontraron en condiciones aceptables de aislamiento; pues, con el

respectivo mantenimiento preventivo se logrará aumentar el tiempo de vida útil del mismo, adicional se deberá cambiar el regulador de voltaje por el DVR 2000E+ con las mismas características que el regulador del generador de estribor. Además, se realizará una revisión detallada del cableado eléctrico con el fin de evitar algún problema en el futuro.

A continuación, en la figura 3.4 se puede apreciar el estator principal babor



Figura 3. 4 Estator principal babor

Fuente. El autor

Mantenimiento preventivo 300KW - 380V - 60HZ

Entre las actividades que se deben realizar son:

- Maniobra de desmontaje de la unidad con ayuda de la grúa.
- Traslado del generador al taller eléctrico y realizar pruebas a los devanados con el analizador hipot.
- Mantenimiento de estator principal trifásico de 440vac (bobina fija)
- Mantenimiento del rotor principal bobinado giratorio.
- Mantenimiento de excitatriz fija y giratoria
- Verificar cajas y cambio de rodamientos s/m
- Realizar pruebas a los devanados con el analizador de bobinas y registrar pruebas (luego del mantenimiento).
- Balanceo dinámico del rotor.

- Regulación y/o cambio de regulador de voltaje DVR 2000E por DVR 2000E+.
- Mantenimiento y/ o cambio de corona de Diodos, según muestra.
- Traslado y maniobra de ingreso del generador con grúa a la unidad.
- Cambio de retenedor con camisa s/m.
- Verificación y cambio de cableado, corrección de conexiones.
- Montaje y pruebas en vacío y carga del generador.

Nota:

1. El generador de babor cuenta con una tarjeta reguladora DVR 2000E y corona de diodos, en el caso que presente mucho deterioro por el tiempo de uso, el cual deberán ser cambiados por un regulador DVR 2000E+ y corona de diodos nueva.

2. Se requiere calibración de reguladores para el paralelismo con el generador de estribor.

Seguidamente, en la figura 3.5 se puede observar el rotor principal generador babor y en la figura 3.5 el excitatriz fija generador estribor.

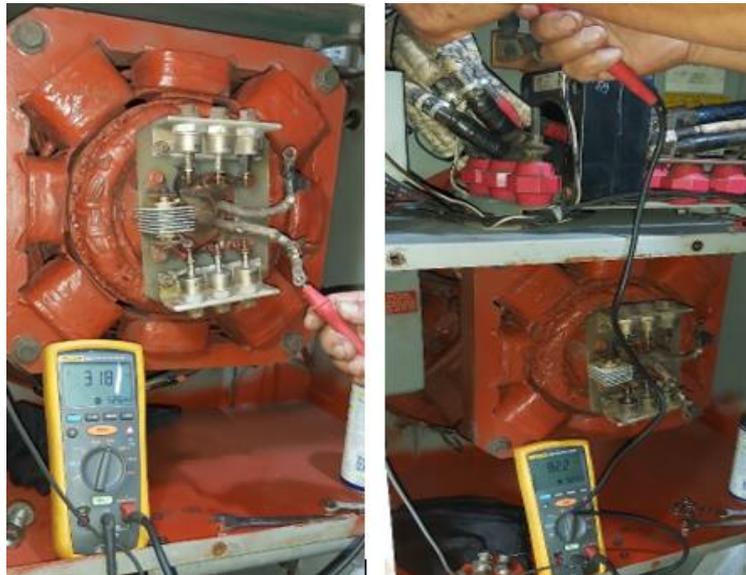


Figura 3. 5 Rotor principal generador babor y excitatriz fija generador estribor

Fuente. El autor

La figura 3.6 muestra el excitatriz giratoria del generador babor.

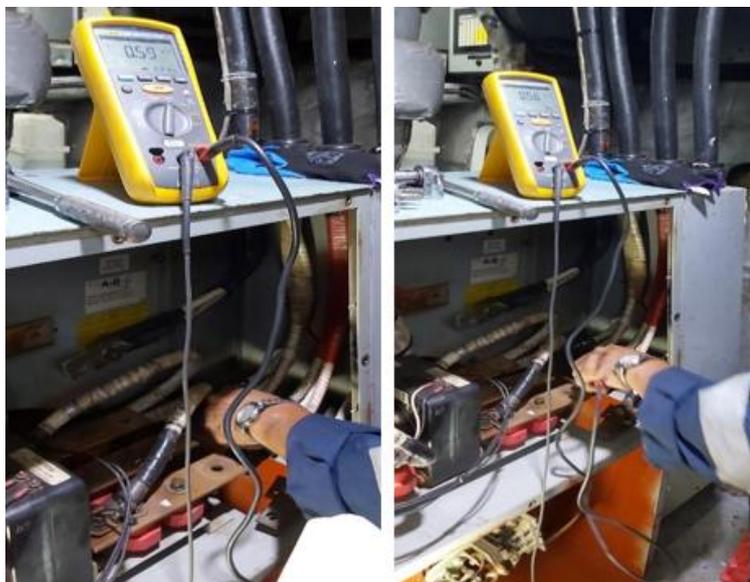


Figura 3. 6 Excitatriz giratoria del generador babor.

Fuente. El autor

1.21 3.3 Pruebas de aislamiento del cableado eléctricos del generador de 300kW estribor y babor

A continuación, la figura 3.7 muestra las mediciones del cableado del generador de estribor.



LSTSGU 200 / (BLANCO) L1 - 0.59

LSTSGU 200 / (ROJO) L2 - 0.58 MΩ



_STSGU 200 / (NEGRO) L3 - 0.58 MΩ LSTSGU 150 / N - 1.24 MΩ

Figura 3. 7 Mediciones del cableado del generador de estribor.

Fuente. El autor

La figura 3.8 muestra las mediciones del cableado del generador de babor.



LSTSGU 200 / (BLANCO) L1 - 2.70 MΩ LSTSGU 200 / L2 (ROJO) - 2.59 MΩ



LSTSGU 200/L3 (NEGRO) - 2.42 MΩ LSTSGU 200/N - 3.52 MΩ

Figura 3. 8 Mediciones del cableado del generador de babor.

Fuente. El autor

A continuación, en la figura 3.9 muestra los cableados.



Figura 3. 9 Cableado

Fuente. El autor

1.22 3.4 Reguladores de voltaje y PLCA de datos

La figura 3.10 muestra el generador estribor DVR 2000E+, corona de diodos nueva.



Figura 3. 10 Generador estribo DVR 2000E+, corona de diodos nueva

Fuente. El autor

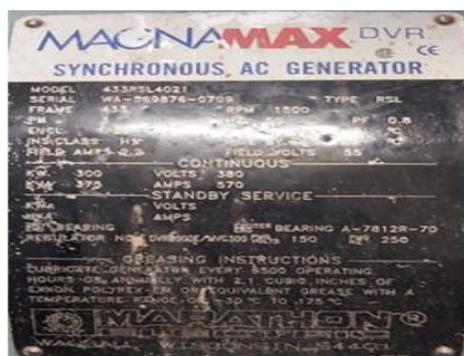
Luego, en la figura 3.11 se aprecia el generador babor DVR 2000E, corona de diodos con desgaste.



Figura 3. 11 Generador babor DVR 2000E, corona de diodos con desgaste.

Fuente. El autor

La figura 3.12 muestra la placa de datos de generador de babor y estribo.



CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE CALIDAD DE ENERGÍA

A continuación se determina estado de las partes principales del grupo electrógeno, (generación eléctrica principal y reserva) se revisó el estado mecánico y eléctrico en los generadores y en ésta operación, la maniobra, solo trabaja uno de ellos el otro está en espera por si falla el primero. De los generadores solo se pose la información de la potencia de 230kW a 1500 r.p.m. y las emisiones de gases de escape que son un flujo másico de NO_x de 1,853kg/h y un flujo másico de CO₂ de 179kg/h. El consumo específico de un generador es de 218,7g/kW-h.

1.23 4.1 Fallas en motores eléctricos

Los dos motores principales a 900 r.p.m. tienen una potencia de 1980kW, con el 75% de la carga y con un consumo específico de 195,5g/kW-h. Respecto a las emisiones de gases se puede decir que a este régimen de trabajo se tiene un flujo másico de NO_x de 11,52kg/h y un flujo másico de CO₂ de 944,9kg/h. Estas condiciones se dan durante las dos horas que pasa el remolcador navegando, 40 minutos por maniobra, 20 min. para ir a la zona de maniobra y otros 20 min. para volver a la base.

Respecto a la generación eléctrica, se hace con los generadores y en esta operación, la navegación solo trabaja uno de ellos, el otro está en espera por si falla el primero. Por lo tanto, los datos vuelven a ser los mismos que en la condición de trabajo maniobra. Una potencia de 230kW a 1000 r.p.m. y las emisiones de gases de escape con un flujo másico de NO_x de 1,853kg/h y un flujo másico de CO₂ de 179kg/h. Además de un consumo específico de 218,7g/kW-h. Véase la tabla 4.1.

Tabla 4. 1 Datos obtenidos de los manuales para la condición navegación.

NAVEGACIÓN	R.P.M.	POTENCIA	CONSUMOS	EMISIONES
GENERADOR	1500	230 kW	218,7g/Kw-h	NO _x 1,853 kg/h CO ₂ 179 kg/h
MM.PP. (UNO)	900	1980 kW	197,9 g/Kw-h	NO _x 11,52 kg/h CO ₂ 9 44,9 kg/h

Fuente. El autor

La mayoría de las fallas eléctricas aumentan la temperatura interna del motor, lo que conlleva a un aumento, tanto de las pérdidas por calentamiento como en las pérdidas mecánicas afectando su rendimiento y recortando su vida útil. Después de un sobrecalentamiento y el “megado” respectivo al aislamiento.

1.24 4.2 Ensayos de aislamiento eléctrico

Para comprobar que el aislamiento entre las partes activas del grupo electrógeno las sometidas a tensión El proceso de verificación consiste en medir la resistencia entre las partes activas del grupo y el borne principal de protección a tierra (puesto que todas las partes metálicas del grupo no activas ya están conectadas entre sí equipotencialmente hasta el borne principal de protección a tierra) aplicando una tensión de 500 Vdc.

Para estos ensayos, la norma establece un valor mínimo de resistencia, fijado en 1 MΩ, aunque las pruebas que se realizan son de varias decenas de MΩ o GΩ. Un ejemplo de la resistencia en 12,2 GΩ, indica que efectivamente, el aislamiento es muy alto.

4.2.1 Mediciones de aislamiento

A continuación, se realiza pruebas de aislamiento en dos grupos electrógenos de 300kW. La evaluación normalizada fuera de línea del sistema aislante de los componentes principales del generador; rotor, estator y núcleo magnético, identifica los niveles y tendencias de deterioro o envejecimiento a través de diferentes parámetros dieléctricos, tales como la tangente de pérdida o $\tan \delta$ (norma IEEE 286, sobre pérdidas dieléctricas), capacitancia, resistencia de aislamiento (IEEE 43, 2013), resistencia óhmica y descargas parciales (IEEE 1434, 2014) entre otras. La identificación del estado de los equipos permite la planeación y la programación de acciones correctivas.

En la tabla 4.2 se muestra los valores por las pruebas de aislamiento de los 2 grupos electrógenos de 300KW.

Tabla 4. 2 Valores de pruebas de aislamiento

PRUEBAS DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO GENERADOR 300KW I			GENERADOR 1 E/B	GENERADOR 2 B/B
			DVR 2000E+	DVR 2000E
			CORONA DE DIODOS/OPERATIV A	CORONA DE DIODOS/OPERATIVA
PARTE	SECCIÓN	TENSIÓN DE ENSAYO (V)	RESISTENCIA DE AISLAMIENTO (MΩ)	RESISTENCIA DE AISLAMIENTO (MΩ)
ESTATOR PRINCIPAL	LINEA 1	500	41.6 MΩ	550 MΩ
	LINEA 2	500	42.3 MΩ	550 MΩ
	LINEA 3	500	45.2 MΩ	550 MΩ
	NEUTRO	500	45.8 MΩ	550 MΩ
ROTOR PRINCIPAL	PUNTO 1	500	1.7 MΩ	318 MΩ
EXCITATRIZ FIJA	PUNTO 1	500	18.6 MΩ/24.8 Ω	82.2 MΩ/23.5 Ω
EXCITATRIZ GIRATORIA	PUNTO 1	500	33.4 MΩ	11.97 MΩ
	PUNTO 2	500	31.5 MΩ	12.60 MΩ
	PUNTO 3	500	30.0 MΩ	12.79 MΩ
PRUEBAS DE AISLAMIENTO ELECTRICO DEL CABLEADO				
LSTSGU 200	L1	500	0.59 MΩ/20MTS	2.70 MΩ/30MTS
LSTSGU 200	L2	500	0.58 MΩ/20MTS	2.59 MΩ/30MTS
LSTSGU 200	L3	500	0.58 MΩ/20MTS	2.42 MΩ/30MTS
LSTSGU 150	N	500	1.24 MΩ/20MTS	3.52 MΩ/30MTS

Fuente. El autor

Según la tabla 4.1 se remarcó en color rojo valores de riesgo, según las normas indican riesgos o peligros. El polvo era evidencia del deterioro del aislamiento de los bastones, producto de alta actividad de descargas parciales externas. Debido a que los generadores contaban con sólo 7 años en servicio, se decidió realizar un análisis de las condiciones dieléctricas de las bobinas, para aplicar las correcciones necesarias y evitar la falla prematura de los devanados

4.2.2 Inspección generador 1 estribor

En el generador N°1 banda de estribor 300KW-380V-60Hz. Según las mediciones tomadas el generador de estribor presenta bajo aislamiento en el bobinado del rotor, con estas condiciones de aislamiento lo más recomendable es realizar un rebobinado integral de todo el grupo electrógeno, adicional se realizará una revisión a detalle del cableado eléctrico a fin de considerar cambiarlo.

En la figura 4.1 se muestran las mediciones de prueba de aislamiento.

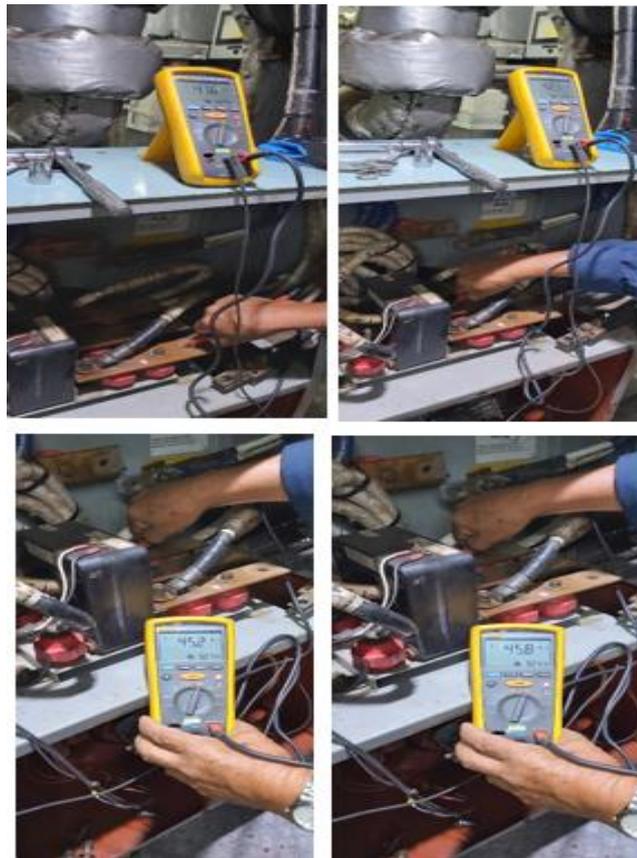


Figura 4. 1 Mediciones del estator principal estribor

Fuente. El autor

Rebobinado integral de generador 300kW - 380V - 60Hz

Entre las actividades que se deben realizar son:

- Maniobra de desmontaje de la unidad, con ayuda de la grúa
- Traslado del generador al taller eléctrico para realizar pruebas a los devanados con el analizador hipot.
- Rebobinado de estator principal trifásico de 440vac (bobina fija)
- Rebobinado del rotor principal bobinado giratorio.
- Rebobinado de excitatriz fija y giratoria.

- Verificar cajas y cambio de rodamientos s/m
- Realizar pruebas a los devanados con el analizador de bobinas y registrar pruebas (luego del rebobinado)
- Balanceo dinámico del rotor
- Traslado y maniobra de ingreso del generador con grúa a la unidad.
- Cambio de retenedor con camisa s/m
- Verificación y cambio de cableado, corrección de conexiones
- Montaje y pruebas en vacío y carga del generador.

Las descargas parciales internas son típicas en este tipo de aislamiento y las descargas parciales externas representan condiciones anormales ya sea por deficiente diseño dieléctrico, envejecimiento o contaminación del sistema aislante.

Nota:

1. El generador de estribor cuenta con una tarjeta reguladora DVR 2000E+ nueva, al igual que la corona de diodos.
2. La tarjeta reguladora DVR 2000E+ requiere calibración.
3. La unidad ya ha realizado el mantenimiento respectivo, el cual no dio los resultados esperados.
4. Se recomienda el rebobinado integral del grupo electrógeno.

1.25 CONCLUSIONES

La norma IEEE 43 recomienda valores de capacitancia, resistencia de aislamiento la norma IEEE 286, sobre pérdidas dieléctricas.

Los generadores tienen problemas para sincronizar debido a que el buque adquirió una tarjeta reguladora DVR 2000E+ y corona de diodos nuevas en el generador de estribor, en cambio el generador de babor cuenta con una tarjeta reguladora DVR 2000E y corona de diodos ya con bastante uso y que además no están sincronizadas correctamente.

El generador de la banda de estribor presenta un bajo aislamiento en todo el grupo electrógeno principalmente el rotor muestra valores bajos de hasta 1.7 megas, a pesar que la unidad realizó un mantenimiento preventivo este no recuperó su aislamiento, el regulador es nuevo DVR 2000E+ al igual que la corona de diodos.

El generador de la banda de babor tiene aislamiento aceptable el cual se le deberá realizar un mantenimiento básico, este generador cuenta con la tarjeta reguladora DVR 2000E y corona de diodos ya con desgaste por el uso de manera que se deberá cambiar por una DVR 2000E+ y con la respectiva corona de diodos.

Se evidenció la mala conexión del cableado eléctrico y a su vez un bajo aislamiento, antes de determinar cambiar el cableado se deberá realizar la desconexión y pruebas líneas a línea y la correcta conexión de los mismos, una vez se realice esta actividad y el cableado no recupera su aislamiento se deben cambiar.

Un problema de calidad de potencia es debido a cualquier variación en el servicio de potencia eléctrica que dé lugar a funcionamiento defectuoso o fallo en el equipamiento del usuario.

Después de realizada la revisión del motor en talleres se concluye lo siguiente:

1. Ajuste de rodamientos en las cajas de las tapas del motor flojos.
2. Rodamiento dañados.
3. Retenedores dañados.
4. Partes y piezas mecánicas con oxidación y residuos de carbonilla.

1.26 RECOMENDACIONES

Se recomienda que trabajos de implementación de nuevas máquinas eléctricas, puesta en marcha, mantenimiento y análisis de calidad de energía se deben realizar por profesionales en ingeniería eléctrica o afín.

Se recomienda que los elementos de la instalación donde se va a realizar el trabajo, y salvo que existan razones esenciales para hacerlo de otra forma, se seguirá el proceso que se describe a continuación, que se desarrolla secuencialmente en cinco etapas:

- Desconectar.
- Prevenir cualquier posible realimentación.
- Verificar la ausencia de tensión.
- Poner a tierra y en cortocircuito.
- Proteger frente a elementos próximos en tensión, en su caso, y establecer una señalización de seguridad para delimitar la zona de trabajo.

Se recomienda el Rebobinado integral del generador de 300KW de la banda de estribor.

Se recomienda el mantenimiento preventivo del generador de 300KW de la banda de babor y la adquisición del regulador de voltaje DVR 2000E+ junto con la corona de diodos.

Se recomienda la calibración y sincronización de tarjetas reguladoras, con el panel principal.

Se recomienda verificación y conexión correcta del cableado eléctrico de ambos generadores, una vez realizado todas estas actividades se determinará si es necesario el cambio de cableado eléctrico.

Se recomienda realizar el mantenimiento integral del motor eléctrico, el mismo que incluye lo siguiente:

1. Lavado, secado y barnizado.
2. Cambio de rodamientos.
3. Cambio de retenedores.

4. Tratamiento de pinturas a partes y piezas mecánicas
5. Pruebas de aislamiento eléctrico del motor.
6. Confección de cajas.
7. Balance dinámico de rotor con turbina.
8. Ensamblaje del motor eléctrico.
9. Informe final del mantenimiento.
10. Traslado del motor a la unidad.

1.27 BIBLIOGRAFÍA

Alvarado F. (2019). Normas ISO 9000. (ESAN, Interviewer) Retrieved from

<https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2019/09/normas-iso-9000-conoce-el-sistema-de-gestion-de-calidad/>

Álvarez, B. (2017). *ELEMENTOS DE ACOPLA (MÁQUINAS) AL CUADRO DE*

CORRIENTE DE UN RO-RO. Retrieved from ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA, MÁQUINAS Y RADIOELECTRÓNICA NAVAL:

<https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/5175/ELEMENTOS%20DE%20ACOPLE%20%28MAQUINAS%29%20AL%20CUADRO%20DE%20CORRIENTE%20DE%20UN%20RO-RO..pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Can Stock Photo. (2021). *Grupo De Barriles Con Lubricante De Aceite De*

Motor Aislado En Fondo Blanco. Retrieved from

<https://www.canstockphoto.es/barriles-aceite-grupo-plano-de-fondo-58185821.html>

Canela, V. (2018). *Universidad Politécnica de Cataluña*. Retrieved from

Desarrollo del sistema de propulsión diésel-eléctrico de un Catamarán:

https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/117057/132186_Desarrollo+del+sistema+de+propulsi%F3n+di%E9sel-el%E9ctrico+de+un+catamar%E1n+-+V%EDctor+Canela+Badrinas.pdf;jsessionid=60AF19EA06F94B9255023610AE1E4BA6?sequence=1

- Cardiel, J. (2017). *Conceptos Básicos de calidad según la ASQ*. Retrieved from <https://es.scribd.com/document/341920361/Conceptos-Basicos-de-Calidad-segun-la-ASQ>
- Carrera, J., & Paz, R. (2018). *Resultados de la auditoría ambiental en planta de grasas y aceites lubricantes*. Retrieved from <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2578/1/5056.pdf>
- Caterpillar. (2005). *DIMENSIONAMIENTO DE LOS MOTORES Y GENERADORES EN APLICACIONES DE ENERGÍA ELÉCTRICA*. Retrieved from <file:///C:/Users/Orlando/Downloads/dimensionamientodelosmotoresygeneradoresenaplicacionesdeenergaelctricaguadeaplicacineinstalacion-130716224932-phpapp01.pdf>
- Circuitor. (2015). *Soluciones*. Retrieved from <http://circuitor.es/es/formacion/energias-renovables-autoconsumo/autoconsumo-diferido-con-acumulacion-acoplamiento-dc>
- Crushtymks. (2014). *Definición del tamaño y la ubicación del condensador en el sistema eléctrico (2)*. Retrieved from <https://crushtymks.com/es/low-voltage/1127-defining-size-and-location-of-capacitor-in-electrical-system-2.html>
- Donolo, P., Bossio, G., & Castellino, A. (2008). *Estimación de la Carga Admisible en Motores con Desbalance de Tensión*. Retrieved from AADECA 2008 – Semana del Control Automático – XXIº Congreso Argentino de Control Automático 1 al 3 de Septiembre de 2008 –

Buenos Aires, Argentina. ESTIMACIÓN DE LA CARGA ADMISIBLE
EN MOTORES CON DESBALANCE DE TENSIÓN

Energética. (2019). *Qué es un Flicker?* Retrieved from
[https://www.energetica21.com/articulos-y-entrevistas-online-ver/que-](https://www.energetica21.com/articulos-y-entrevistas-online-ver/que-es-exactamente-un-flicker#:~:text=P.u%20representa%20la%20%22unidad%20de,con%20otras%20fuentes%20de%20interferencia.)
[es-exactamente-un-](https://www.energetica21.com/articulos-y-entrevistas-online-ver/que-es-exactamente-un-flicker#:~:text=P.u%20representa%20la%20%22unidad%20de,con%20otras%20fuentes%20de%20interferencia.)

[flicker#:~:text=P.u%20representa%20la%20%22unidad%20de,con%20otras%20fuentes%20de%20interferencia.](https://www.energetica21.com/articulos-y-entrevistas-online-ver/que-es-exactamente-un-flicker#:~:text=P.u%20representa%20la%20%22unidad%20de,con%20otras%20fuentes%20de%20interferencia.)

Erazo, R., & Quevedo, P. (2018). *“ANÁLISIS DE CALIDAD DE ENERGÍA Y REDISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN LA PLANTA INDUSTRIAL CORPORACIÓN DE PROYECTOS MÚLTIPLES MULTIPROYECTOS S.A”*. Retrieved from Universidad Politécnica Salesiana:
[https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16515/1/UPS-](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16515/1/UPS-GT002420.pdf)
[GT002420.pdf](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16515/1/UPS-GT002420.pdf)

FLUKE. (2012). *Analizador trifásico de energía y calidad de la energía eléctrica. Manual de uso*. Retrieved from
http://assets.fluke.com/manuals/F430-II_umspa0100.pdf

Henríquez, R., Olano, C., & Salguero, J. (2015). *Motores trifásicos de inducción, evaluación y control de pérdidas con aplicación de capacitores*. Retrieved from
<http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/7464/1/Motores%20trif%C3%A1sicos%20de%20inducci%C3%B3n%20%20evaluaci%C3%B3n%20y%20control%20de%20p%C3%A9rdidas%20con%20aplicaci%C3%B3n%20de%20capacitores.pdf>

Improselec S.A. (2019). *Análisis de calidad de energía*. Retrieved from
<https://improselec.com/analisis-de-calidad-de-energia/>

- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). (2009). *Ahorro y eficiencia energética en buques de pesca*. Retrieved from https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10995_Agr13_AyEE_buques_pesca_A2009_152fcf63.pdf
- León Tovar, A. (2017). *Evaluación y Diseño Del Sistema de Protección Contra Descargas Eléctricas Atmosféricas Para la Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. Retrieved from Universidad Distrital Francisco José De Caldas: <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/7669>
- López, J., & Ventura, E. (2019). *Estudio del desbalance de tensiones y sus efectos en la calidad del producto técnico para sistemas de distribución a nivel industrial*. Retrieved from UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/19500/1/Estudio%20del%20desbalance%20de%20tensiones%20y%20sus%20efectos%20en%20la%20calidad%20del%20producto%20t%C3%A9cnico%20para%20Sistemas%20de%20Distribuci%C3%B3n%20a%20Nivel%20Industrial.pdf>
- Olikara, K. (2015). *Problemas de calidad de energía, impactos y mitigación para clientes industriales*. Retrieved from Harmonics : <https://rexel-cdn.com/Products/FDB49A5E-52F1-4083-B8DB-9CF5367343E1/FDB49A5E-52F1-4083-B8DB-9CF5367343E1.pdf>
- Palomo Cano, Z. (2013). *ELECTRICIDAD EN EL BUQUE*.
- Perfo Partes de Mexico, S.A. (2021). *Distribuidor Autorizado de Lubricantes Kluber Summit*. Retrieved from <http://www.perfopartesmexico.com/lubricantes-kluber-summit>

- Pesantes, C. (2012). *ANÁLISIS Y MEJORA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DEL BUQUE CON/ROOPDR ANDALUCIA*. Retrieved from UPC: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/16378/Trabajo+Final+de+Carrera+DMN.pdf;jsessionid=B55E73508FBAA4120F766FD2B40596E8?sequence=1>
- Preditec. (2016). *Mantenimiento Predictivo*. Retrieved from <http://www.preditec.com/mantenimiento-predictivo/termografia/>
- Raien Ingeniería y Sistemas. (2016). *Significado y Explicación de los Códigos IP*. Retrieved from https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2016-03-05_04-04-00132954.pdf
- Real Academia Española. (2020). *Calidad. Concepto*. Retrieved from <https://dle.rae.es/calidad>
- Reportero Industrial. (2014). *REGISTRADOR TRIFÁSICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA, FLUKE 1730*. Retrieved from <https://www.reporteroindustrial.com/temas/Registrador-trifasico-de-energia-electrica,-Fluke-1730+50000141?tema=12000310>
- Solas Pastor, K. (2015). *HIBRIDACIÓN DE UN REMOLCADOR PORTUARIO*. Retrieved from ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MAQUINAS NAVALES: <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/15386/HIBRIDACI%C3%93N%20DE%20UN%20REMOLCADOR%20PORTUARIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXO 1: Mantenimiento realizado de acuerdo a las horas de trabajo

FECHA	HORAS DEL MOTOR	MP0	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5	MP6	MP7	MP8	MP9
01-01-2008	3497	X	X	X	1		1				
01-02-2008	3955	X	X	X							
01-03-2008	4413	X	X	X	1	1					
01-04-2008	4871	X	X	X	1						
01-05-2008	5329	X	X	X							
01-06-2008	5787	X	X	X	1	1					
01-07-2008	6245	X	X	X							
01-08-2008	6703	X	X	X	1						
01-09-2008	7161	X	X	X	1	1	1	1			
01-10-2008	7619	X	X	X							
01-11-2008	8077	X	X	X	1						
01-12-2008	8535	X	X	X							
01-01-2009	8993	X	X	X	1	1					
01-02-2009	9451	X	X	X	1						
01-03-2009	9909	X	X	X							
01-04-2009	10367	X	X	X	1	1					
01-05-2009	10825	X	X	X	1		1				
01-06-2009	11283	X	X	X							
01-07-2009	11741	X	X	X	1	1			1		
01-08-2009	12199	X	X	X							
01-09-2009	12682	X	X	X	1						
01-10-2009	13165	X	X	X	1	1					
01-11-2009	13648	X	X	X							
01-12-2009	14131	X	X	X	1						
01-01-2010	14614	X	X	X	1	1	1	1		1	
01-02-2010	15097	X	X	X							
01-03-2010	15580	X	X	X	1						
01-04-2010	16063	X	X	X	1	1					
01-05-2010	16546	X	X	X							
01-06-2010	17029	X	X	X	1						
01-07-2010	17512	X	X	X		1					
01-08-2010	17995	X	X	X	1						
01-09-2010	18338	X	X	X	1		1				
01-10-2010	18796	X	X	X							
01-11-2010	19254	X	X	X	1	1					
01-12-2010	19712	X	X	X							
01-01-2011	20170	X	X	X	1	1					
01-02-2011	20628	X	X	X	1						
01-03-2011	21086	X	X	X							
01-04-2011	21544	X	X	X	1	1					
01-05-2011	22002	X	X	X	1						
01-06-2011	22460	X	X	X							
01-07-2011	22918	X	X	X	1	1	1				
01-08-2011	23376	X	X	X				1			
01-09-2011	23834	X	X	X	1						
01-10-2011	24292	X	X	X	1	1					
01-11-2011	24750	X	X	X							
01-12-2011	25208	X	X	X	1						

Anexo 2: Controles diarios y medidas de vigilancia

GENERAL	Valores del servicio del motor	comparar con los certificados de aceptación, potencia revoluciones 6000KW/750 rpm
TEMPERATURA	Lubricante	entrada del motor, calentamiento con potencia nominal 60 - 65 °C / 10 - 14 °C
TEMPERATURA	Agua de refrigeración	entrada del motor, calentamiento con potencia nominal 80 – 85°C 5 - 10 °C
TEMPERATURA	Agua de refrigeración	delante del radiador de aire de carga, detrás del radiador del aire carga
TEMPERATURA	Aire de carga	delante del radiador de aire de carga, detrás del radiador del aire carga
TEMPERATURA	Gas de escape	después del cilindro, después del turbo compresor
PRESIÓN	Lubricante	Cojinete básico y cojinete del árbol de distribución 4,0 - 5,0 bar
PRESIÓN	Agua de refrigeración	delante del motor 2,5 - 5,0 bar
PRESIÓN	Combustibles	delante de bombas 3,0 - 5,0 bar /4,0 - 5,0 bar
PRESIÓN	Aire de carga	delante del radiador de aire de carga, detrás del radiador del aire carga, 2,5 - 5,0 bar
PRESIÓN	Aire de mando	7,5 bar
PRESIÓN	Aire de arranque	12 - 30 bar
SISTEMA DE LUBRICANTE	Tanque de circulación del lubricante	control de niveles de aceite
SISTEMA DE LUBRICANTE	Filtro doble del lubricante	mantenimiento/limpieza con 50% indicador de presión diferencial
SISTEMA DE AGUA DE REFRIGERACIÓN	Sistema de Compensación	controles de nivele de agua de refrigeración
SISTEMA DE COMBUSTIBLE	Tanque diario	controles de niveles de combustibles
SISTEMA DE COMBUSTIBLE	Filtro doble de combustible	mantenimiento/limpieza con 50% indicador de presión diferencial
AIRE COMPRIMIDO	Botellas de aire	drenajes

Medidas de reparación y primer control

Medidas que habrá que realizar luego de la primera puesta en marcha o en funcionamiento después de grandes reparaciones.

24 HORAS	
Filtro doble de combustible	Mantenimiento/ limpieza, tamiz
Filtro doble de lubricante	Mantenimiento/limpieza, velas filtrantes
Filtro de seguridad del lubricante	Control/limpiar

150 HORAS	
Elemento de conexión del motor	Controles/comprobación, firme asiento, estanqueidad
Filtro del aire comprimido	Mantenimiento/limpieza
Turbo compresor del gas de escape	Controles de funcionamiento

Medidas de reparación periódicas

Estas medidas se realizan diferentes a las horas de trabajo de cada componente, según el tiempo de su última reparación o revisión.

24 HORAS	
Filtro de aire comprimido	Mantenimiento/limpieza
Turbocompresor de aire de escape	Mantenimiento/limpieza lado babor
Turbocompresor del gas de escape	Mantenimiento/limpieza salida de puertos lado estribor

50 HORAS	
Turbocompresor del gas de escape	Mantenimiento/limpieza en navegación

150 HORAS	
Virador	Controles/enjuiciamiento
Culata	Controles/comprobación
Turbocompresor de gas de escape	Mantenimiento/limpieza Lado babor
Turbocompresor de gas de escape	Mantenimiento/limpieza Lado estribor
Bomba de preengrase/engrase	Mantenimiento/comprobación

300 HORAS	
Turbocompresor del gas de escape	Mantenimiento/limpieza

750 HORAS	
Sistema de agua de refrigeración	Controles/contenido de protección anticorrosiva
Sistema de aire comprimido	Controles y ajustes
Turbocompresor del gas de escape	Mantenimiento/limpieza
Prefiltro doble de combustible	Mantenimiento/limpieza
Virador	Mantenimiento/desmontaje y montaje
Vigilante del cigüeñal	Controles y comprobación

1500 HORAS	
Juego de válvula	Controles/Ajustes
Válvula de arranque	Controles/Comprobación
Apoyo de árbol regulador	Mantenimiento/Comprobación
Vigilante del cárter del cigüeñal	Controles/Comprobación
Virador	Mantenimiento/Desmontaje y montaje
Regulador	Comportamiento del regulador/Varillaje del regulador

3750 HORAS	
Propulsión mando del motor	Controles/Comprobación
Engranaje	Controles/Comprobación
Presostato	Controles/Ajustes
Virador	Mantenimiento/Desmontaje y montaje
Regulador	Cambio de aceite
Aparatos de vigilancia	Comprobar instalación de seguridad y alarma

7500 HORAS	
Macho de válvula de admisión y escape	Controles/Desmontaje y montaje de un cilindro completo
Aros del pistón y ranuras	Controles/Comprobación de un pistón
Válvula de arranque	Mantenimiento/Desmontaje y montaje
Varillaje regulador	Mantenimiento/Desmontaje y montaje
Filtro del aire comprimido	Mantenimiento/Limpieza
Conducto de aceite	Controles/Comprobación
Bomba de inyección	Mantenimiento/Desmontaje y montaje de una bomba
Válvula de inyección	Conservación/Desmontaje y montaje
Filtro de seguridad del lubricante	Controles/Limpiar
Interruptor de revoluciones	Controles/Ajustes
Regulador de temperatura del agua de refrigeración del lubricante	Mantenimiento/Comprobación
Vigilante del cárter del cigüeñal	Controles/Comprobación
Virador	Mantenimiento/Desmontaje y montaje
Emulsión de aceite protector	Cambio

1200 HORAS	
Turbo alimentador del gas de escape	Mantenimiento/Desmontaje y montaje

15000 HORAS	
Guía de la válvula/aro rascador del aceite	Controles/sustitución
Casquillo del inyector	Mantenimiento/Desmontaje y montaje
Macho de válvula de admisión y escape	Controles/Desmontaje y montaje
Válvula de arranque	Mantenimiento/Desmontaje y montaje
Culata	Mantenimiento/Limpieza
Cojinete de cigüeñal	Control/Desmontaje de dos cojinetes de cigüeñal
Camisa del cilindro	Controles/Medidas de una camisa
Cojinete del árbol de levas	Controles/Comprobación de todos los cojinetes
Cojinete del árbol de levas	Mantenimiento/Desmontaje y montaje
Engranaje	Controles/Comprobación
Accionamiento del regulador	Mantenimiento/Desmontaje y montaje
Amortiguador de vibraciones en el árbol de levas	Conservación/Desmontaje y montaje
Válvulas de control	Controles/Comprobación
Bomba de inyección	Controles/Desmontaje y montaje de todas las bombas
Bomba centrífuga del agua	Mantenimiento/Desmontaje y montaje
Distribuidor de aire de arranque	Mantenimiento/Desmontaje y montaje
Amortiguador de vibraciones	Controles/Desmontaje y montaje

24000 HORAS	
Turboalimentador de gas de escape	Mantenimiento/Desmontaje y montaje

30000 HORAS	
Balancín	Mantenimiento/Desmontaje y montaje
Válvula de seguridad	Mantenimiento/Recambios
Cojinete de cigüeñal	Control/Desmontaje, cambio de todos los cojinetes del cigüeñal

Cojinete de empuje de cigüeñal	Controles /Desmontaje
Aros del pistón y ranuras	Controles/Comprobación de todos los pistones
Cojinete del bulón	Mantenimiento/Medida
Camisa del cilindro	Controles/Medidas de todos los cilindros
Camisa del cilindro	Mantenimiento/Desmontaje
Cojinete del árbol de levas	Controles/Comprobación de todos los cojinetes
Cojinete del árbol de levas	Mantenimiento/Desmontaje y montaje
Válvulas de control	Controles/Comprobación
Amortiguador de vibraciones	Mantenimiento/Desmontaje y montaje
Virador	Mantenimiento/Desmontaje y montaje

36000 HORAS

Turboalimentador de gas de escape	Mantenimiento/Desmontaje y montaje
-----------------------------------	------------------------------------

45000 HORAS

Amortiguador de vibraciones	Mantenimiento/Recambios
-----------------------------	-------------------------

Medidas de conservación irregulares

SOPORTE DE BALANCÍN	Mantenimiento/Desmontaje y montaje
CASQUILLO DE BALANCÍN	Controles/Recambio
Guía de medios	Mantenimiento/Desmontaje y montaje
Culata	Mantenimiento/Desmontaje
Macho de válvula de admisión y escape	Conservación/Comprobación
Anillo de asiento de válvula	Conservación/Comprobación
Anillo de asiento de válvula (admisión y escape)	Conservación/Recambios
Respiración de las gualderas	Controles/Conservación
Culata	Reparación/Montaje
Casquillo de cojinete	Controles/Valoración
Cojinete de empuje de cigüeñal y cojinete de cigüeñal	Mantenimiento/Montaje
Pistón	Mantenimiento/Desmontaje
Parte superior del pistón	Mantenimiento/Recambio
Bulón	Controles/Desmontaje y montaje
Pistón	Mantenimiento/Desmontaje
Carcasa del distribuidor del agua del refrigerante	Mantenimiento/Desmontaje y montaje
Camisa del cilindro	Mantenimiento/Montaje
Radiador de aire de carga	Mantenimiento/Desmontaje y montaje
Bomba de inyección	Conservación/Desmontaje y montaje
Válvula de inyección	Mantenimiento/Desmontaje y montaje
Válvula de inyección	Mantenimiento/Ajuste
Válvula de inyección	Conservación/Desmontaje y montaje
Filtro doble del combustible	Mantenimiento/Limpieza
Tubería distribuidora de combustible/colectora	Conservación/Desmontaje y montaje
Filtro doble del lubricante	Mantenimiento/Limpieza
Vigilante del cárter del cigüeñal	Controles/Comprobación
Amortiguador de vibraciones	Mantenimiento/Desmontaje y montaje

Medidas a la hora de realizar las comprobaciones de mantenimiento

HOLGURA JUEGO DE VÁLVULAS:	Aspiración: 0.4 mm Escape: 1.1 mm
INYECTOR	Presión timbrado 450 bar
AROS PISTÓN	Primero: altura 8 mm y máximo 8.45 mm. Segundo: altura 6 mm y máximo 6.45 mm. Tercero: altura 10 mm y máximo 10.20 mm.
CAMISA	Medida nominal nueva: 320.0 + 0.057 Máxima ovalidad: 0.30

Medidas de las flexiones del cigüeñal

Motor	RM32/VM32
Cilindro 1 o último cilindro con carga adicional (volante/acoplamiento)	+0,06/0,13 mm

Anexo 4: Fallos de motores auxiliares

Fallo										
Motor no arranca o con dificultad										
Motor arranca, pero no aumentan las revoluciones o se ahoga										
Ralentí desequilibrado con motor caliente, fallo del motor										
Vacilaciones de revoluciones durante el régimen										
Potencia insatisfactoria										
Temperatura agente refrigerante demasiado alta pérdida refrigerante										
Presión aceite de engrase demasiado alto										
Presión engrase demasiado alta										
Humo negro y caída de potencia a la vez										
Humo azul										
Humo blanco										
Golpeteo en motor										
Motor hace demasiado ruido										
Motivo										
•										Depósito combustible vacío
•										Grifo combustible cerrado
•	•	•	•						•	Aire en sistema carburantes
•	•	•	•						•	(Ante)-filtro combustible tapado
•										Agua condensada en combustible
•	•								•	Filtro de aire tapado
•										Circuito eléctrico interrumpido
•										Baterías vacías
•										Arrancador / conmutador magnético defectuoso
•	•								•	Comienzo de avance no correcto/no regulado bien
•										Inyectores tapados
•										Daño interior motor (gripado de pistones, eventualmente provocado por combustible acuoso)
•	•								•	Calidad combustible no corresponde a las normas o muy ensuciado
	•									Ralentí inferior regulado demasiado bajo
•	•								•	Holgura de válvulas no correcta
	•									Inyectores o tuberías de inyección inestables
	•									Poco combustible en el tanque
	•									Cuentarrevoluciones defectuoso
	•								•	Inyectores defectuosos, coquizado
	•									Se exige más de lo que puede rendir el motor
	•									Admisión de combustible insuficiente, combustible excesivamente
	•								•	Nivel aceite en cárter aceite demasiado alto
	•									Revoluciones nominales reguladas incorrectamente
		•								Nivel agente refrigerante demasiado bajo

Fallo	
Motor no arranca o con dificultad	
Motor arranca, pero no aumentan las revoluciones o se ahoga	
Ralentí desequilibrado con motor caliente, fallo del motor	
Vacilaciones de revoluciones durante el régimen	
Potencia insatisfactoria	
Temperatura agente refrigerante demasiado alta pérdida refrigerante	
Presión aceite de engrase demasiado alto	
Presión engrase demasiado alta	
Humo negro y caída de potencia a la vez	
Humo azul	
Humo blanco	
Golpeteo en motor	
Motor hace demasiado ruido	
Motivo	
•	Aire en circuito del refrigerante
•	Correas trapezoidales p. Propulsión bomba de agua no bien tensadas (deslizamiento)
•	Tapa con válvulas de trabajo en recipiente compensador / radiador defectuosa, inestanca
•	Aviso temperatura defecto
•	Tubería de refrigerante inestanca o torsida
•	Nivel aceite en cárter aceite demasiado bajo
•	Temperatura motor demasiado alta
•	Filtro aceite tapado
••	Aviso presión de aceite defectuoso
••	Viscosidad de aceite elegida no adecuada para temperatura ambiental (demasiado fluida)
•	Aceite en cárter de aceite demasiado fluido (mezclado con agua condensada o combustible)
•	Motor frío
••	Agente motor / refrigerante / aire de admisión demasiado frío
•	Aceite de engrase llega a la cámara de combustión (segmentos piston desgastados, segmentos rotos)
•	Sobrepresión en cárter cigüeñal (respiradero en cárter tapado)
•	prolongado servicio de carga bajo
•	Agente refrigerante llega a al cámara de combustión (junta de culata inestanca)
•	Motor no tiene correcta temperatura de marcha
•	Tubo de admisión o escape inestanco

Anexo 5: Mantenimiento generador de emergencia

50 HORAS	• Cambio filtro de aire.
300 HORAS	• Cambio de aceite y filtro de aceite.
300 HORAS	• Cambiar las correas.
300 HORAS	• Comprobar nivel de batería.
600 HORAS / O UNA VEZ AL AÑO	• Cambiar filtro de gas oil.
600 HORAS / O UNA VEZ AL AÑO	• Cambiar prefiltros de gas oil.
1200 HORAS	• Comprobar ajuste de válvulas.
2400 HORAS	• Comprobación y limpieza de inyectores.
Cada 2 años se tiene que cambiar el líquido refrigerante.	

Anexo 6: Tabla de trabajos de mantenimiento en la sala de máquinas

ELEMENTO	PERIODICIDAD	PROXIMO	REALIZADO
Puesta en marcha motor bote	7	13-11-11	06-11-11
Puesta en marcha Generador Emergencia	7	13-11-11	06-11-11
Cambio Filtrinas Generador cola	7	06-11-11	30-10-11
Revisión servomotor timón	7	14-11-11	07-11-11
Cambio Filtrinas turbos M.P.	7	14-11-11	07-11-11
Limpieza a contraflujo enfriador L.T.C.W.	14	15-11-11	01-11-11
Limpieza turbos lado gases M.P.	7	14-11-11	07-11-11
Limpieza caldera gases	7	09-11-11	02-11-11
Limpieza prefiltro combustible M. Aux. nº1	7	09-11-11	02-11-11
Limpieza prefiltro combustible M. Aux. nº2	7	09-11-11	02-11-11
Limpieza prefiltro combustible M. Aux. nº3	7	09-11-11	02-11-11
Filtro aspiración Bomba Lodos	30	09-11-11	10-10-11
Filtro de aceite del CPP	180	10-03-12	12-09-11
Aligerar grampas Ventiladores Maquinas	14	21-11-11	07-11-11
Cambio Filtrinas Generadores MM.AA.	14	13-11-11	30-10-11
Limpieza toma de mar	30	17-11-11	18-10-11
Filtro aspiración Bomba Combustible Caldera	30	14-11-11	15-10-11
Filtro aspiración Bomba Trasiego F.O.	30	13-11-11	14-10-11
Limpieza caldera	30	14-11-11	15-10-11
Filtro aspiración Bomba Depuradora F.O.	30	28-11-11	29-10-11
Filtros aspiración pocetes sentinas	30	20-11-11	21-10-11
Filtro aspiración turbosoplantes M.P.	30	23-11-11	24-10-11
Filtros combustible M.P.	30	20-11-11	21-10-11
Filtros Modulo combustible M.P.	30	30-11-11	31-10-11
Filtros combustible MM.AA.	30	18-11-11	19-10-11
Filtros Aire Acondicionado	30	21-11-11	22-10-11
Prueba separador sentinas	30	30-11-11	31-10-11
Revisión tanque séptico	30	21-11-11	22-10-11
Cambio Aceite y limpieza filtro Regulador M.P	30	20-11-11	21-10-11
Revisión mechero caldera	90	26-12-11	27-09-11
Revisión cárter y eje camones M.P.	30	27-11-11	28-10-11
Prueba alarmas nivel sentinas	30	30-11-11	31-10-11
Prueba alarmas nivel sentinas bodegas, servo, etc.	30	30-11-11	31-10-11
Filtro aspiración Bomba Circulación Caldera THO	30	14-11-11	15-10-11
Puesta en marcha motor bote rescate	30	08-12-11	08-11-11
Aligerar válvulas aspiración directa sentinas maquinas	90	28-01-12	30-10-11
Filtro aspiración Bomba Depuradora Aceite	60	03-01-12	04-11-11
Filtro aspiración Bomba Aceite Reductora M.P.	90	15-01-12	17-10-11
Filtro aspiración Bomba Depuradora G.O.	90	13-01-12	15-10-11
Filtro aspiración Bomba Eyector Evaporador	90	29-01-12	31-10-11
Filtro aspiración Bomba Depuradora de aceite	90	15-01-12	17-10-11
Filtro entrada THO al Modulo de Combustible	90	17-11-11	19-08-11
Engrase general	90	22-11-11	24-08-11

Anexo: 7 Propuestas de mejoras en los trabajos de mantenimientos en las máquinas

A continuación, se describen los puntos de mejora:

1º. La periodicidad en que se realizan las revisiones: Hay algunos elementos que necesitan más tiempo en el mantenimiento y puesta a punto que otras máquinas, esto no quiere decir que se dejen a un lado por ser menos importante o no, aquí cada componente tiene una función específica que todo encadenado trata de cumplir un buen funcionamiento total en la máquina, pero en la mayoría de los trabajos a realizar no corresponden con intervalos fijos ya que la vida útil de cada componente depende en gran manera de las condiciones del servicio y del ambiente, estos componentes pueden ser:

- Depuradoras
- Motores auxiliares
- Bombas eléctricas
- Compresores
- Bombas centrifugas, entre otros.

Y las que se podría cambiar como:

- Limpieza de filtros de componentes que no realizan las horas de trabajo convenidas por el fabricante
- Limpieza de prefiltros de máquinas que no lo necesitan y que solo es por cumplir con el plan de mantenimiento propuesto por la naviera, provocando derroche de productos químicos que se pueden aprovechar para otros fines.
- Horas de mantenimiento no convenidas en algunos elementos, que no cumplen con las horas de trabajo propuestas, que se pueden cambiar.

2º Recambios: Es muy importante tener en cuenta los recambios a la hora de realizar la sustitución del mismo, esto es para que no se produzcan confusiones, ya que por un ligero descuido al poner algún recambio que no

sea de ese componente puede provocar una avería demasiado importante y en elementos que se necesita de su funcionamiento para que el motor principal pueda rendir al máximo.

3º Control e inventario de recambios:

Un control exhaustivo de todos los repuestos que se tienen a bordo y de que la naviera cumpliera con los pedidos realizados por la sala de máquinas sin dejar nada fuera cosas que se creen menos importantes. Para poder tener un buen inventario o control es necesario construir una base de datos de todas las existencias, el cual no lo tienen.

4º Controlar los fallos: Tener en cuenta los fallos que se producen en el motor principal, que puede ser muy minúsculo pero grave, como las pérdidas de aceite lubricante o de combustible tanto en las uniones de tuberías de las bombas acopladas al motor, como en los tubos de distribución del combustible en el motor principal. El combustible que alimenta el motor principal es el IFO 380, con grandes cantidades de azufre y cuerpos extraños, por eso debemos tener un mejor mantenimiento en este componente.

5º Tripulación:

En algunos casos se dejan de realizar algún mantenimiento porque falta de tripulación, como un marinero de máquinas que realice trabajos ajenos al mantenimiento, pero no lo hay, ya que este trabajo se lo debe repartir entre todos los que conformamos la tripulación de la sala de máquinas.

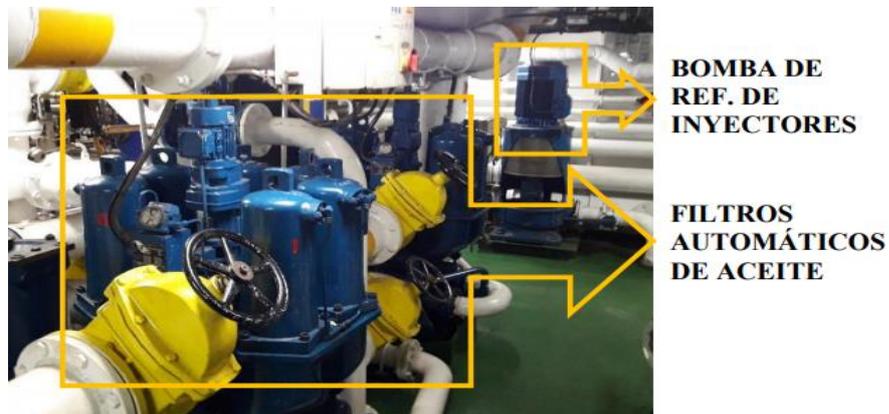
6º Plan de mantenimiento:

El plan regular presente no deberá por tanto contemplarse como algo fijo sino más bien es el usuario quien determina la realización del plan de acuerdo con las experiencias propias. Se debería calcular un margen de seguridad

suficiente incluso con conocimiento exacto del valor de desgaste medio para cubrir posibles desviaciones. Meta de este mantenimiento es preservar del desgaste los componentes correspondientes sustituyéndolos o manteniéndolos antes de que aparezca la avería, pero lamentablemente algunos componentes aparecen primero la avería y luego se produce a su reparación.

Anexos 8: Motores principales, cargador y baterías, tablero eléctrico

En la imagen se puede ver los filtros automáticos de aceite, la bomba de refrigeración de inyectores.



Cargador y baterías



Tablero eléctrico



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Rojas Mosquera, Carlos Emmanuel** con C.C: 0918349556 autor del Trabajo de Titulación **Análisis de fallas en motores y generadores eléctricos de embarcación marítima de carga**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico-Mecánica** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 9 de marzo del 2021

Rojas Mosquera, Carlos Emmanuel

C.C: 0918349556



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Análisis de fallas en motores y generadores eléctricos de embarcación marítima de carga.		
AUTOR(ES)	Rojas Mosquera, Carlos Emmanuel		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Luis Orlando Philco Asqui		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Eléctrico-Mecánica		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero Eléctrico-Mecánica		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	9 de marzo del 2021	No. de PÁGINAS:	87
ÁREAS TEMÁTICAS:	Máquinas eléctricas, Mediciones eléctricas, Mantenimiento		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Remolcador, Propulsión, Motor Eléctrico, Grupo Electrónico, Mantenimiento, Prueba de aislamiento.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>En el presente trabajo de titulación, tiene como objetivo principal analizar fallas en motores y generadores eléctricos de una embarcación tipo remolcador, se emplean tres métodos de investigación. La metodología descriptiva; la cual desglosa las condiciones operativas de una embarcación marítima de carga tipo remolcador. La metodología sintética-analítica la cual descompone las partes o elementos de la fuente de energía para la navegabilidad de un remolcador, se relaciona la operación de dos grupos electrógenos es factor importante para maniobrar o navegar, por consiguiente, se identifican las causas de falla en especial de sus motores eléctricos. La metodología deductiva efectúa predicciones a la capacidad individual de motores eléctricos y generadores para lograr las condiciones de operación normales de propulsión y seguridad de un remolcador. El resultado del trabajo de titulación en ingeniería eléctrica mecánica plantea soluciones de reparación y recomienda criterios de mantenimiento a motores eléctricos y generadores de forma periódica.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593 988586466	E-mail: carlos90emmanuel@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Palacios Meléndez, Edwin Fernando		
	Teléfono: +593-967608298		
	E-mail: edwin.palacios@cu.ucsq.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			