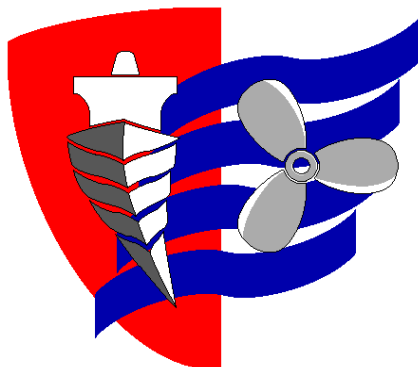


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

DESCRIPCIÓN DE LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE PASAJE, Y ESTUDIO TÉCNICO COMPARATIVO DEL GENERADOR DE AGUA DESTILADA Y LAS ALTERNATIVAS PARA SU SUSTITUCIÓN

(Description of the engine room of a passenger ship, and a comparative technical study of the distilled water generator and the alternatives for its substitution)

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARINA

Autor: Paula Fernández Gómez

Director: Tomás Martín Hernández

Julio-2022

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Trabajo Fin de Grado

DESCRIPCIÓN DE LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE PASAJE, Y ESTUDIO TÉCNICO COMPARATIVO DEL GENERADOR DE AGUA DESTILADA Y LAS ALTERNATIVAS PARA SU SUSTITUCIÓN

(Description of the engine room of a passenger ship, and a comparative technical study of the distilled water generator and the alternatives for its substitution)

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARINA

Julio – 2022

Índice

<i>Resumen/abstract:</i>	7
1. DISPOSICIÓN GENERAL	9
1.2 DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS EN LA SALA DE MÁQUINAS	12
1.3 ELEMENTOS PRINCIPALES DE LA SALA DE MÁQUINAS	13
1.4 DIMENSIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES Y AUXILIARES DE LA SALA DE MÁQUINAS	15
1.5 DIMENSIONES DE LA SALA DE MÁQUINAS	55
1.6 FORMA Y DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES 59	
1.6.1 DISPOSICIÓN DE LOS MAMPAROS TRANSVERSALES DE LA SALA DE.....	60
MÁQUINAS	60
1.7 DIMENSIONES Y CAPACIDAD DE LOS TANQUES	77
1.8 DISPOSICIÓN DE LA SALA DE MÁQUINAS DEL BUQUE	84
2. SISTEMAS BÁSICOS DEL BUQUE	90
2.1 SISTEMA DE COMBUSTIBLE:	90
2.2 SISTEMA ELÉCTRICO	92
2.3 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	94
3. LA IMPORTANCIA DE LOS GENERADORES DE AGUA DULCE	96
3.1 Contexto histórico: Antecedentes:	96
3.2 Concepto de desalación:	96
3.3 PROPIEDADES DEL AGUA SALADA Y PARÁMETROS A CONTROLAR	97
3.5 TRATAMIENTOS EN LA GENERACIÓN DE AGUA DULCE	99
3.6 PROCESO Y CLASIFICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE DESALINIZACIÓN	100
3.7 DESCRIPCIÓN COMPARATIVA DE GENERADORES DE AGUA DULCE	107
4. CONCLUSIONES	127
5. BIBLIOGRAFÍA	129
6. ANEXOS	131
6.1 Planos	131

Índice de tablas

<i>Tabla 1: Características de algunos buques RO-PAX.....</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 2: Dimensiones del motor Wärtsilä 8L46A</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 3: Dimensiones reductora Wärtsilä TCH350.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 4: Dimensiones de la caldera.</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 5: Dimensiones Condensador vapor sobrante.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 6: Dimensiones del condensador revaporizado.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 7: Constituyentes Agua Salada.</i>	<i>97</i>
<i>Tabla 9: Especificaciones Bomba AS Evaporador.....</i>	<i>123</i>
<i>Tabla 10: Características Bomba AD Evaporador.</i>	<i>124</i>
<i>Tabla 11: Comparativa de ambos generadores.</i>	<i>126</i>

Índice de imágenes

<i>Imagen 1: Motores Principales (3 y 4, estribor).</i>	<i>16</i>
<i>Imagen 2: Motor Wärtsilä 8L46A.</i>	<i>17</i>
<i>Imagen 3.1 y 3.2: vista 3D reductora Wärtsilä.....</i>	<i>19</i>
<i>Imagen 4: Reductora TCH350</i>	<i>19</i>
<i>Imagen 5.2: Vista en alzado de la reductora</i>	<i>20</i>
<i>Imagen 6: Caldera Alfa Laval Aalborg</i>	<i>21</i>
<i>Imagen 8: Bomba dickow pompen KG NCL.....</i>	<i>24</i>
<i>Imagen 9: Bomba KSB ITUR Movitec V</i>	<i>25</i>
<i>Imagen 10.1: Condensador de vapor sobrante</i>	<i>26</i>
<i>Imagen 12: Bomba alimentación Tk filtro y obs.purgas.....</i>	<i>29</i>
<i>Imagen 13: Bomba KSB ITUR ILN 220</i>	<i>30</i>
<i>Imagen 14: Sistema de refrigeración. Fuente: inevid.blogspot.com</i>	<i>31</i>
<i>Imagen 15: Bomba KSB ITUR N-K.</i>	<i>32</i>
<i>Imagen 16: Bomba KSB-ITUR RC.....</i>	<i>33</i>
<i>Imagen 17: Filtro automático de aceite</i>	<i>34</i>
<i>Imagen 18: Filtro policía</i>	<i>35</i>
<i>Imagen 19: Bomba KSB ITUR ILN</i>	<i>36</i>
<i>Imagen 20: Bombas de AS para la gambuza</i>	<i>37</i>
<i>Imagen 21: Bomba KSB ITUR ILNC.</i>	<i>38</i>
<i>Imagen 22: Bomba de lastre.....</i>	<i>39</i>

<i>Imagen 23: Bomba KSB ITUR ILNCS</i>	<i>40</i>
<i>Imagen 24: Bomba KSB ITUR ILNS</i>	<i>41</i>
<i>Imagen 25: Bomba de agua salada del aire acondicionado</i>	<i>42</i>
<i>Imagen 26: Bomba de combustible de alimentación de los MM.PP</i>	<i>43</i>
<i>Imagen 27: Filtro doble de combustible.....</i>	<i>44</i>
<i>Imagen 28: Válvulas de control enfriador de placas MM.PP</i>	<i>45</i>
<i>Imagen 29: Enfriador de placas</i>	<i>45</i>
<i>Imagen 30: Enfriador de placas MM.AA</i>	<i>47</i>
<i>Imagen 31: Bombas de precalentamiento MM.PP</i>	<i>48</i>
<i>Imagen 32: Bomba KSB ITUR ILNC</i>	<i>49</i>
<i>Imagen 33: Bomba KSB ITUR ILNC</i>	<i>50</i>
<i>Imagen 34: Evaporador Fontemar TCS-6</i>	<i>52</i>
<i>Imagen 35: Hidróforos de agua destilada.....</i>	<i>53</i>
<i>Imagen 36: Bomba agua dulce del tanque hidróforo.....</i>	<i>54</i>
<i>Imagen 37 y 38: Bomba achique de sentinas.....</i>	<i>55</i>
<i>Imagen 39: Vista planta Cubierta 1</i>	<i>55</i>
<i>Imagen 40: Vista planta Cubierta 2</i>	<i>56</i>
<i>Imagen 41: Sección transversal Sala Máquinas.....</i>	<i>57</i>
<i>Imagen 42: Detectores de humo.....</i>	<i>65</i>
<i>Imagen 43: Sprinklers</i>	<i>65</i>
<i>Imagen 44: Extinción por CO2.....</i>	<i>66</i>
<i>Imagen 45: Tipos de fuego.....</i>	<i>66</i>
<i>Imagen 46: Estación de espuma</i>	<i>67</i>
<i>Imagen 47: Manta ignífuga</i>	<i>67</i>
<i>Imagen 48: Equipo de Respiración Autónoma</i>	<i>68</i>
<i>Imagen 49: Vista Ubicación MMP y Reductoros s.m.....</i>	<i>71</i>
<i>Imagen 50: Vista en perfil del motor principal y reductora.....</i>	<i>72</i>
<i>Imagen 51: Distribución tanques en la s.m</i>	<i>73</i>
<i>Imagen 52: Dimensiones Tanque agua destilada</i>	<i>77</i>
<i>Imagen 53: Dimensiones Tanque aceite lubric. MM.PP</i>	<i>79</i>
<i>Imagen 54: Dimensiones Tanque de reboses D.O</i>	<i>80</i>
<i>Imagen 55: Dimensiones tanque reboses F.O.</i>	<i>81</i>
<i>Imagen 56: Dimensiones Tanques derrame bandejas y vaciado de cilindros.....</i>	<i>83</i>
<i>Imagen 57: Vista general de la disposición de la sala de máquinas.....</i>	<i>89</i>

<i>Imagen 58: Clasificación de técnicas de desalinización.</i>	<i>100</i>
<i>Imagen 59: Desalinización MED</i>	<i>102</i>
<i>Imagen 60 : Método MSF.</i>	<i>103</i>
<i>Imagen 61: Congelación por expansión</i>	<i>104</i>
<i>Imagen 62: Desalinización por compresión de vapor.....</i>	<i>105</i>
<i>Imagen 63: Desalinización por electrodiálisis.</i>	<i>106</i>
<i>Imagen 64: Osmosis inversa</i>	<i>107</i>
<i>Imagen 65: Osmosis inversa</i>	<i>107</i>
<i>Imagen 66: Instalación Alimentación AS.....</i>	<i>110</i>
<i>Imagen 67: Instalación Descarga Salmuera.....</i>	<i>111</i>
<i>Imagen 68: Instalación Suministro Agua caliente.....</i>	<i>112</i>
<i>Imagen 69: Instalación desincrustante.</i>	<i>113</i>
<i>Imágenes 70 y 71: Evaporador FACET J-60</i>	<i>114</i>
<i>Imagen 72: Funcionamiento evaporador.....</i>	<i>118</i>
<i>Imagen 73: Generador Agua Dulce AQUAMAR AQ 16-20.....</i>	<i>120</i>
<i>Imagen 74: Generador Agua Dulce AQUAMAR AQ 16-20.....</i>	<i>121</i>
<i>Imagen 75: Cuadro eléctrico Evaporador AQ 16-20.....</i>	<i>125</i>

Resumen:

Hoy en día existen multitud de procesos para la generación de agua dulce, así como equipos para llevar a cabo su producción, sin embargo, muchos de ellos presentan anomalías que entorpecen su funcionamiento y vida útil. Estos equipos vienen instalados en las salas de máquinas. En este caso, el trabajo describe una sala de máquinas de un buque RO-PAX de 172 m de eslora, tomando como guía los buques Ciudad de Granada y Fortuny, así como las descripciones y dimensiones de los elementos más significativos que la componen y los elementos transversales y longitudinales que le dan forma, teniendo en cuenta que las posibles variaciones dadas en la sala de máquinas que se describe en el trabajo no afectan en el estudio del generador de agua dulce. Dentro de la cámara se encuentra el evaporador, uno de los equipos más importantes ya que es el encargado de producir agua dulce/destilada a bordo para servicios como el consumo humano. Para ello, se describen dos de los generadores usualmente utilizados en este tipo de buques, comparando sus propiedades y resultados de producción con el objetivo de encontrar el que mejor se ajuste a las necesidades del barco, aportando una mayor producción de agua dulce con el menor consumo posible.

Se ha escogido este tema de trabajo ya que las prácticas de alumna de máquinas fueron realizadas en un buque RO-PAX donde el generador de agua dulce de la sala de máquinas presentaba un gran consumo de energía y no producía el suficiente suministro de agua destilada, por lo que se ve conveniente la sustitución del equipo por el generador de agua dulce AQUAMAR AQ 16-20, el cual cumple con las necesidades del buque.

Palabras clave:

Sala de máquinas, agua destilada, salmuera, desalinización, generador de agua dulce.

Abstract:

Now a days there are many processes for the generation of fresh water, as well as equipment to carry out its production, however, many of them have anomalies that hinder their operation and useful life. These equipments are installed in the engine rooms. In this case, the work describes the engine room of a 172 m long RO-PAX vessel, taking the Ciudad de Granada and Fortuny vessels as a guide, as well as the descriptions and dimensions of the most significant elements that compose it and the transverse and longitudinal elements that give it shape, taking into account that the possible variations given in the engine room that are described in the work do not emerge in the study of the generator. Inside the chamber the evaporator takes place, being one of the most important pieces of equipment since it is in charge of producing fresh/distilled water on board for services such as human consumption. To do this, two of the generators used in this type of ship are described, comparing their properties and production results with the aim of finding the one that best suits the needs of the ship, providing greater production of fresh water with less consumption possible.

This work topic has been chosen since the machine student practices were carried out on a RO-PAX ship where the fresh water generator in the machine room had a high energy consumption and did not produce a sufficient supply of distilled water, Therefore, it is convenient to replace the equipment with the AQUAMAR AQ 16-20 freshwater generator, which meets the needs of the ship.

Key words:

Engine room, distilled water, brine, desalination, fresh water generator.

1. DISPOSICIÓN GENERAL

A continuación, se procede a mostrar las características principales del buque, que son necesarias para hacerse una idea de las dimensiones y de los requerimientos del mismo, con el objetivo de definir la disposición de la sala de máquinas de un buque RO-PAX, concretamente haciendo referencia al buque Ciudad de Granada. Los datos técnicos generales que presenta la hoja técnica del buque, son los siguientes:

Nombre:	"CIUDAD DE GRANADA" (antiguo SOROLLA)
NºOMI:	9217125
Compañía Armadora:	TRASMED S.A
Clasificación:	I 3/3 + Deep Sea, Passenger Ferry
Tipo de Buque:	SUPERFERRY RO-PAX
Empresa constructora:	H.J. BARRERAS
Tipo de buque:	Ferry
Pabellón:	España
Puerto de registro:	S.C. Tenerife
Material:	Acero

En el buque hay unos 50 tripulantes aproximadamente durante todo el año, aunque en los periodos estivales se suele aumentar la tripulación debido al incremento de los pasajeros.

Este buque tiene capacidad para transportar 1252 pasajeros, una capacidad de carga rodada de 1.800 metros lineales, distribuidos en 3 cubiertas de garaje y una bodega.

Este buque dispone de diez cubiertas más un techo puente donde se encuentra dispuesto el helipuerto, en la cubierta 9 se encuentra la acomodación de la tripulación en la zona de proa, estando justo debajo del puente de mando los camarotes de los oficiales y más a popa el resto. La acomodación de los pasajeros está dispuesta a lo largo de las cubiertas 6,7 y 8.

Las diferentes cubiertas que se pueden encontrar en el buque son las siguientes:

- Helipuerto.
- Cubierta 10: Puente de mando.
- Cubierta 9: Acomodación de la tripulación, restaurante, piscina, parque de bolas, perreras y discoteca.
- Cubierta 8: Bares-restaurantes, cines, comedor self-service, tienda y butacas.
- Cubierta 7: Camarotes de pasaje, información y botes salvavidas.
- Cubierta 6: Garaje de coches, maniobra de popa.
- Cubierta 5: Garaje, portalones de práctico, maniobra de proa, sala de grupo de apoyo y sala del generador de emergencia.
- Cubierta 4: Maquinaria de proa, área sin cubierta.
- Cubierta 3: Garaje, portalones de acceso a garaje, local de toma de combustibles y descarga de lodos.
- Cubierta 2: Sala de control de máquinas, local del servomotor, local de aire acondicionado, local de motores auxiliares y principales, tanques de servicio diario de fuel y diésel, y decantación de fuel, tanques anti escora, tanques de agua dulce y local de equipos sanitarios.

Las dimensiones principales del buque son las siguientes:

- | | |
|------------------------------|------------|
| - Eslora: | 172 m |
| - Eslora entre p.p: | 157 m |
| - Manga de trazado: | 26 m |
| - Puntal cubierta principal: | 9,2 m |
| - Puntal cubierta puente: | 29,15 m |
| - Calado de trazado máximo: | 6,6 m |
| - Velocidad de prueba: | 23,5 nudos |
| - Arqueo bruto: | 26916 GT |

La disposición general está vinculada estrechamente al servicio al que está destinado el buque, por lo que llegar a conclusiones o dar recomendaciones generales es una tarea complicada. Este buque cuenta con una eslora de 172 metros, siendo la relación eslora/ manga (L/B) para este tipo de buques baja, entre 5 y 7. En este caso, ha sido obtenida mediante la relación:

$$\frac{L}{B} = \frac{172 \text{ m}}{26 \text{ m}} = 6,6$$

Estos buques suelen ser rápidos, debido a que poseen formas finas a proa y formas llenas a popa, por lo que la distribución del centro de gravedad y la distribución de la carga se encuentra más a popa.

Este tipo de buques cuenta con una relación manga/calado (B/T) alta debido a las restricciones de calado que tienen muchos puertos, por eso suelen tenerse en cuenta las zonas en las que va a operar.

$$\frac{B}{T} = \frac{26 \text{ m}}{6,6 \text{ m}} = 3,94$$

Este buque puede alcanzar una velocidad máxima de 23,5 nudos a máxima carga del motor, por tanto, la planta propulsora debe proporcionar una potencia elevada para conseguir alcanzar dicha velocidad, puesto que la resistencia al avance sobre el agua tiende a crecer con el cubo de la velocidad.

Este Superferry cuenta con dos hélices propulsoras, por lo que el buque está equipado con más de un motor principal. Además, las hélices son de tipo variable, por tanto girarán a un régimen de revoluciones constante (500 rpm).

Gracias a tener dos líneas de eje se incrementa notablemente la maniobrabilidad del buque, algo muy importante durante las maniobras de atraque y desatraque, en las que suelen intervenir también hélices laterales a proa del buque.

Además, si fallase una línea de eje, siempre quedará otro eje propulsor evitando que el buque se quede sin gobierno. Para este tipo de barcos, es un dato muy importante ya que hacen rutas diariamente con un horario establecido de salidas y llegadas que han de cumplir.

Como se ha mencionado anteriormente, cuenta con dos hélices de paso variable que permiten el incremento de la maniobrabilidad en las maniobras de entrada y salida de puerto, además de conseguir una mayor eficiencia en la planta propulsora, ya que el motor principal está diseñado para un determinado régimen de

giro y sus características de funcionamiento son más estables.

1.2 DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS EN LA SALA DE MÁQUINAS

Esta disposición, como bien se ha mencionado anteriormente, se basa en buque RO-PAX, haciendo referencia principalmente al buque Ciudad de Granada (buque gemelo del Fortuny), sin embargo, se puede equiparar con otros buques de características similares como los que aparecen en la tabla siguiente:

Nombre	Vel.	Eslora	Manga	Peso	Regist	Regist	Pot	Desp.
	nu- dos	m	m	muerto	bruto	neto	kW	Máx.
Drubja	22,8	180,5	24,3	6948	25028	8058	23760	16950
C.Granada	23,5	172	26,2	5000	26916	14300	28960	16600
C.Mahón	22,5	179,92	25	-	-	-	23760	16900
Fortuny	23,5	172	26,2	5000	26916	14300	28960	16600
Superfast Levante	22	158	25,2	7200	17505	5252	25201	21200
Superfast Galicia	23	159,7	24,2	6500	16686	5006	25200	21000

Tabla 1: Características de algunos buques RO-PAX. Elaboración propia.

El buque posee dos ejes propulsivos por lo que se le acopla un motor como mínimo por cada eje. Cuanto mayor sea el número de motores, más fácil será conseguir una reducción de las dimensiones del motor principal, sobre todo en altura, que es una consideración a tener muy en cuenta, ya que la cubierta principal de carga suele estar sobre los 8-9 metros desde la quilla, lo cual deja unos 7 metros aproximadamente en altura útil dentro de la cámara de máquina de los motores principales.

Los motores han de estar sometidos a una carga de trabajo mínima dada por el fabricante durante la navegación para un correcto funcionamiento del motor, ya que, dependiendo la ruta, las condiciones climatológicas, la cantidad de carga, el

tiempo necesario del trayecto y otras circunstancias, el buque RO-PAX no necesita desarrollar ni tanta velocidad ni tanta potencia.

Por lo que, la instalación de dos motores principales de gran potencia no permite tener la misma flexibilidad que equipar el buque con dos motores principales por eje de propulsión, es decir, cuatro motores principales, como en este caso. Es por ello que en caso de avería de uno de los motores principales de uno de los ejes propulsivos siempre quedará otro para suplirlo, evitando así demoras y pérdidas económicas importantes.

Los motores principales que trata este buque son 4 motores principales Wärtsilä, de 8 cilindros en línea, con un diámetro de cilindro de 460 mm, funcionando a una velocidad de 500 rpm y con una potencia de 7240 kW.

Respecto a la obra viva (manga a popa del buque), la manga no suele ser un factor determinante como la limitación de altura, ya que en este tipo de buques se suelen dar formas llenas a popa, debido a que por lo general la carga se encuentra más a popa, sobre todo en este buque que no existe portalón a proa.

1.3 ELEMENTOS PRINCIPALES DE LA SALA DE MÁQUINAS

A continuación, se muestra un listado de los elementos principales que componen la sala de máquinas, dividido según su objetivo, y que posteriormente se explicarán con más atención:

- Propulsión:
 - 4 motores principales Wärtsilä.
 - 2 Reductoros de doble entrada.
 - 2 Ejes.
 - 4 Uniones torsión Vulkan.
 - 4 Escapes a economizadores de caldera.
- Servicio, alimentación y condensado de vapor:
 - 2 Calderas Aalborg Industries OS.
 - 3 Bombas de Agua Dulce de circulación de economizadores.
 - 3 Bombas de Agua Dulce de alimentación de agua de calderas.
 - 2 Bombas de Agua Salada del tanque filtro y observación de purgas

- condensador revaporizado y condensador sobrante de vapor.
- Condensador de vapor sobrante.
- Condensador revaporizado.
- Tanque filtro y observación de purgas.
- 2 Enfriadores para la toma de muestras de vapor.
- Lubricación de los motores principales (MM.PP):
 - 4 Filtros automáticos de aceite de los motores principales.
 - 4 Filtros dobles manuales de aceite de los motores principales.
 - 4 Bombas de prelubricación de aceite de los motores principales.
 - 4 Enfriadores de placas de aceite (AD/aceite) de los motores principales.
 - 1 Bomba de vaciado del tanque de aceite de lubricación de los motores principales.
- Alimentación de combustible de los MM.PP:
 - 4 Bombas de alimentación de combustible de los MM.PP.
 - 4 Filtros dobles manuales de alimentación de combustible de los MM.PP.
- Servicio de circulación del agua salada (AS):
 - 1 Bomba (AS) de alimentación del generador de agua destilada.
 - 5 Bombas (AS) de refrigeración de los enfriadores de los MM.PP.
 - 2 Bombas (AS) de refrigeración de los enfriadores de los motores auxiliares (MM.AA) y equipos auxiliares.
 - 2 Bombas (AS) de refrigeración de la gambuza.
 - 2 Bombas de lastre (AS).
 - 1 Bomba (AS) trimado.
 - 3 Bombas (AS) de aire acondicionado.
 - 1 Bomba contra-incendios (AS).
 - 2 Filtros principales de toma de mar.

- Refrigeración centralizada de agua destilada (AD):
 - 2 Bombas (AD) de precalentamiento para los MM.PP.
 - 3 Bombas (AD) de baja temperatura de refrigeración a propulsión.
 - 3 Bombas (AD) de baja temperatura de refrigeración a equipos auxiliares.
 - 3 Enfriadores de placas (AD/AS) de los MM.PP.
 - 2 Enfriadores de placas (AD/AS) de los MM.AA y equipos auxiliares.
 - 2 Precalentadores de agua (AD) de los MM.PP.

- Otros:
 - 1 Generador de agua destilada.
 - 1 Hidróforo de agua destilada.
 - 2 Bombas de llenado del tanque hidróforo (AD).
 - 1 Bomba alternativa de achique de sentinas.
 - Válvulas y conducciones.

- Elementos estructurales a tener en cuenta:
 - 4 Tanques de aceite de retorno de los MM.PP.
 - 1 Tanque de agua destilada.
 - 1 Tanque de vaciado de cilindros.
 - 1 Tanque de agua de alimentación de calderas.
 - 1 Tanque de reboses de diesel oíl.
 - 1 Tanque de derrame de bandejas.
 - 1 Tanque de reboses de fuel oíl.
 - 6 Puertas estancas.
 - Doble altura.
 - Barandilla desmontable.

1.4 DIMENSIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES Y AUXILIARES DE LA SALA DE MÁQUINAS

- Propulsión:
 - Motor principal:

Para obtener una aproximación a la potencia inicial deseada, el buque cuenta con 4 motores principales de la casa Wärtsilä, que cuentan con las siguientes características:

- Fabricante: Wärtsilä.
- Modelo: 8L46A, 4 Tiempos.
- Número de cilindros: 8.
- Diámetro interior del cilindro: 460 mm.
- Carrera: 580 mm.
- Cilindrada: 771 L.
- Potencia: 7240 kW.
- Potencia de cilindro: 725 kW/cilindro.
- Velocidad: 500 rpm.
- Velocidad del pistón: 9,5 m/s.
- Presión media efectiva: 26,9 bar.



Imagen 1: Motores Principales (3 y 4, estribor). Fuente: WordPress.com

Los 4 motores dan lugar a una potencia conjunta de 39400 CV (9850 CV por motor), estando sobrealimentados mediante un turbo compresor de gases de escape y contando con 8 cilindros cuyo diámetro es de 460 mm y una carrera de 580 mm, que permite dar lugar a un volumen de cilindrada total de 770 litros.

Cabe apuntar que, aunque cada motor es capaz de entregar 7240 kW al 100% de carga, estos suelen llevarse moderados con una limitación de carga, según condiciones, climatología, averías...que oscila entre el 75% y el 89%, dando lugar a una potencia de entre 5400 kW y 6500 kW.

Las dimensiones principales del motor que interesan son las siguientes:

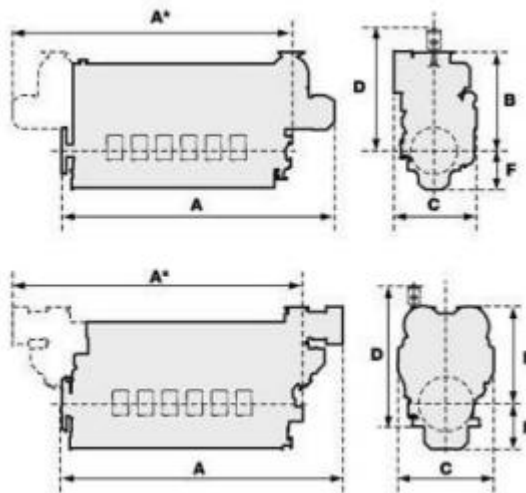


Imagen 2: Motor Wärtsilä 8L46A. Fuente: www.wartsila.com

A	8560 mm
A*	8444 mm
B*	2996 mm
B	2972 mm
C	2209 mm
D	3135 mm
F	1115 mm
Peso	72 T

Tabla 2: Dimensiones del motor Wärtsilä 8L46A. elaboración propia.

Como se ve en la tabla de dimensiones, al contar con 4 motores, se reduce significativamente la altura del motor, además de permitir incorporar bastantes equipos auxiliares de la sala de máquinas, ya que son bastante estrechos, y así dejar espacio necesario para llevar a cabo las tareas de mantenimiento.

El buque es capaz de desplazarse con el funcionamiento de una sola de las líneas de propulsión, o incluso solo mediante uno de los motores principales por eje en funcionamiento. Sin embargo, se verá afectada la velocidad de navegación pasando del máximo (23,5 nudos) a pleno rendimiento de la planta propulsora a unos 16 nudos aproximadamente.

Esto hace que sea posible la reparación de los posibles fallos de los MM.PP mientras el buque continúa en navegación, así como reducir considerablemente el consumo de combustible.

Cabe mencionar que estos motores llevan incorporados unas bombas de circulación de agua de refrigeración de alta temperatura (AT) y de baja temperatura (BT) evitando el montaje de bombas de circulación del agua de refrigeración externas a los motores principales, y por consecuencia, ganando espacio dentro de la cámara de máquinas.

- Reductora:

La función principal de la reductora es adecuar la velocidad del giro del cigüeñal del motor principal a las necesidades de velocidad de giro de la hélice, a través de ella se transmite la potencia del motor al eje de propulsión, teniendo como función secundaria un segundo eje de salida que rota a una velocidad independiente de la del eje propulsivo, moviendo el alternador de cola.

El modelo de la reductora de este buque es de la casa Wärtsilä (modelo TCH350), que cuenta con doble embrague (uno a babor y otro a estribor de la reductora) que permite embragar dos motores a una misma reductora de manera independiente, pudiendo haber uno solo embragado y posteriormente embragar el otro. Por lo que permite la conexión de dos motores para una única salida de eje de propulsión.

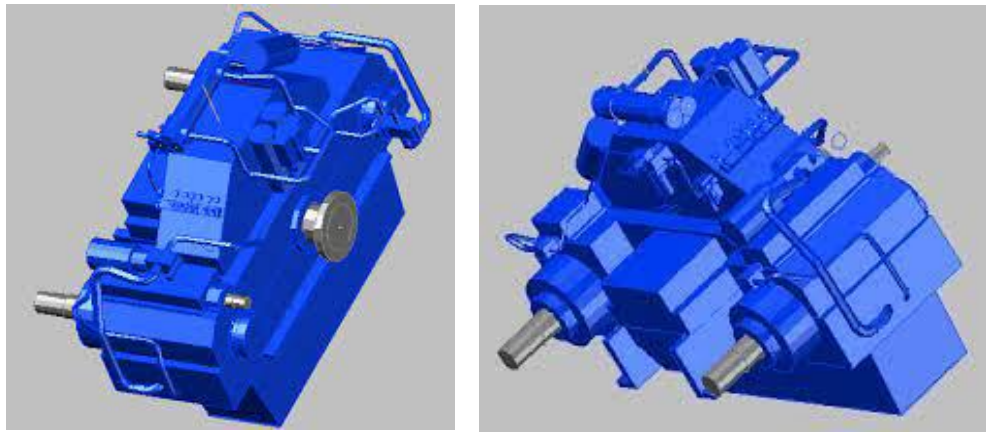


Imagen 3.1 y 3.2: vista 3D reductora Wäertsilä. Fuente: www.wartsila.com

El fabricante del motor principal recomienda una distancia mínima entre ejes de 3010 mm, es por ello por lo que el modelo TCH350 y su valor 350 hace referencia a la distancia entre los ejes de conexión al motor principal (3500 mm), una distancia suficiente para llevar a cabo el mantenimiento y reparaciones entre los motores principales de una misma línea de eje.

Como se ha mencionado anteriormente, la reductora también dispone de una segunda salida de un eje de menos tamaño que rota a la velocidad nominal del motor principal, 500 rpm, que conecta con el generador de cola, por lo que una vez se embrague un motor principal a la reductora este eje rotará siendo imposible desembragarlo de forma independiente.

Además, la reductora lleva integrado un cojinete de empuje, por lo que debe ir sujeta al doble fondo con firmeza.



Imagen 4: Reductora TCH350. Fuente propia.

Las dimensiones principales de la reductora del buque son las siguientes:

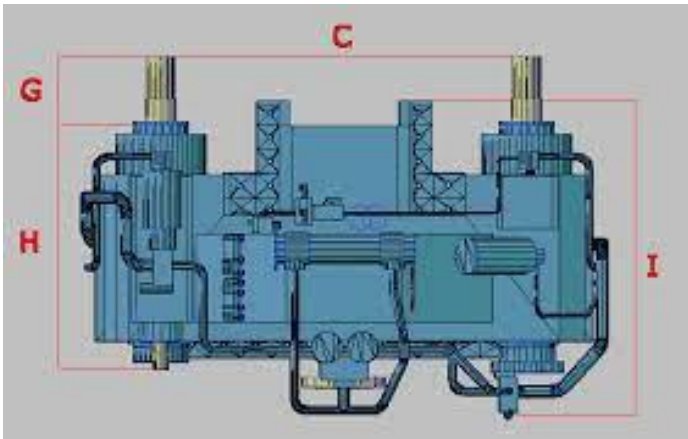


Imagen 5.1: Vista en planta de la reductora. Fuente: upcommons.upc.edu

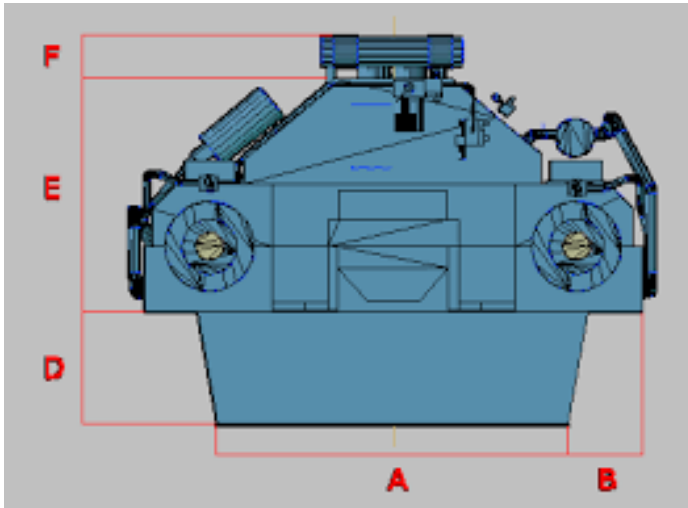


Imagen 5.2: Vista en alzado de la reductora. Fuente: upcommons.upc.edu

A	3355 mm
B	703 mm
C	3500 mm
D	1065 mm
E	2220 mm
F	416 mm
G	654 mm

H	2337 mm
I	3012 mm

Tabla 3: Dimensiones reductora Wärtsilä TCH350. Elaboración propia.

Se debe tener en cuenta que en la unión reductora-MM.PP se interpone un acoplamiento elástico, en este caso suministrado por la casa Vulkan.

- Servicio, alimentación y condensado de vapor:
 - Caldera:

La sala de máquinas dispone de dos calderas de vapor, una a babor y otra a estribor. La misión de la caldera es la de generar vapor de agua para dar servicio tanto a los equipos auxiliares que precisen de él, como a las tuberías de combustible o a calefacción, por ejemplo.

Una sola caldera en funcionamiento es capaz de abastecer todo el servicio de vapor del buque RO-PAX, sin embargo, se incorporan dos calderas para tener una de auxiliar o alternarlas cuando se realizan labores de mantenimiento, ya que su función es un punto crítico, sin él no puede funcionar el buque, debido a que es indispensable para calentar el fuel oíl permitiendo que fluya por los conductos y para precalentar los motores principales, entre otras funciones. La caldera que se utiliza viene dada por la casa Alfa Laval-Aalborg Industries (modelo OS), proporcionando un caudal de vapor de 3300 kg/h.



Imagen 6: Caldera Alfa Laval Aalborg. Fuente: www.aalborg.industries

Las dimensiones y características principales de las que precisa esta caldera son las siguientes:

Capacidad de vapor		Presión de trabajo		Dimensiones externas		Peso de la caldera seca		Peso de la caldera operativa	
Kg/h	bar	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	R (mm)	ton	ton	
3300	10	5120	2170	3585	2580	1075	9	14,6	

Tabla 4: Dimensiones de la caldera. Elaboración propia.



Imagen 7: Quemador de la caldera. Fuente propia

En la imagen que se muestra, puede verse el quemador de la caldera, cuya misión principal es suministrar energía calorífica quemando combustible para poder generar las necesidades de vapor. Este modelo tiene un mantenimiento reducido y muy pocas piezas a recambiar, además de tener un peso bajo.

Su rango de trabajo está entre 650 a 3500 kW y puede trabajar a gas oíl como a fuel oíl, teniendo una viscosidad mínima de 4 cSt a 20°C o por encima de 380 cSt a 50°C si se trata de fuel oíl.

A la hora de instalarse la caldera en el buque deben tenerse algunas consideraciones, según el SOLAS (Capítulo II-1, Parte C Regla 32), ya que se trata de

un equipo a presión alimentado por combustible, como son las siguientes:

- Toda caldera de vapor y todo generador de vapor no expuesto al fuego debe ir provisto como mínimo de dos válvulas de seguridad con capacidad suficiente para desalojar todo el caudal de vapor generado por la caldera a plena potencia. No obstante, puede equiparse con una sola válvula de seguridad en una caldera de vapor o generador de vapor expuesto al fuego si la administración lo considera oportuno en caso de estimar que ésta proporciona protección adecuada contra sobrepresión.
- Toda caldera con combustible líquido y destinada a funcionar sin supervisión humana llevará medios de seguridad que interrumpan el suministro de combustible, den una señal de alarma en caso de bajo nivel de agua, fallo de alimentación de aire o fallo de la llama.

La caldera instalada en el buque dispondrá de parada automática del quemador (corte de combustible) y aviso por alarma en caso de fallo en el quemador y muy bajo nivel de agua. Parada automática en la alimentación y alarma en caso de muy alto nivel de agua. Para alto y bajo nivel de agua solo emitirán señal de aviso.

- Toda caldera que sea esencial para la seguridad del buque y que esté proyectada para contener agua hasta un determinado nivel irá provista, como mínimo, de dos intercambiadores de ese nivel. Uno al menos de estos indicadores será un tubo de vidrio de lectura directa.

La caldera que se ha instalado dispondrá tanto de indicador visual de nivel como electrónico en el panel de mandos.

Por último, se puede resaltar que la caldera presentará dos sistemas de alimentación, uno mediante doble válvula de no retorno y de uso manual y otro también con doble válvula de no retorno y alimentación automática mediante una electroválvula que permitirá la entrada de más o menos caudal en función del nivel de agua de la caldera.

- Bombas de agua dulce de circulación de los economizadores:

Se instalan 3 bombas centrífugas de simple etapa para recircular parte del agua de la caldera hacia las calderetas de recuperación de energía o economizadores y así recuperar parte de la energía liberada por los gases de exhaustación de los motores principales en beneficio de la caldera.

Estas bombas soportan temperaturas de hasta 350°C, con una presión de trabajo de 3-4 bar, un caudal aproximado de 9 m³/h y presentando las siguientes dimensiones:

- Longitud: 580 mm.
- Diámetro motor eléctrico: 200 mm.
- Posición: vertical.
- DN: 65 aspiración y 65 descarga.



Imagen 8: Bomba dickow pompen KG NCL. Fuente: dickow

- Bombas de agua dulce de alimentación de calderas:

La caldera de la que precisa el buque, tiene una presión de trabajo de 10 bar, por lo que las bombas de alimentación de agua de calderas deben levantar una presión superior a la presión de trabajo. Esta presión está en 14 bar y un caudal de 10 m³/h cada una de ellas. Existen tres bombas de alimentación de agua de caldera, estando en funcionamiento dos y quedando la tercera como auxiliar, además de estar todas ellas interconectadas pudiendo alimentar

cualquiera de las dos calderas. Sin embargo, en condiciones normales de navegación, con una sola bomba será suficiente ya que una de las dos calderas se encuentra apagada.

La temperatura del agua de alimentación de calderas debe entrar a una temperatura menor o igual que 92°C, aunque estén preparadas para trabajar a un máximo de 120°C.

Estas bombas cuentan con las siguientes dimensiones:

Altura: 960 mm.

Diámetro del motor eléctrico: 220 mm.

Posición: vertical.

DN: 50 aspiración, 40 descarga.



Imagen 9: Bomba KSB ITUR Movitec V. Fuente: www.itur.es

- Condensador de vapor sobrante:

En la sala de máquinas del buque se instala un condensador de vapor sobrante contiguo al tanque de observaciones y purgas (marca Aalborg Industries, modelo MD), con una capacidad de trabajo de unos 650 kg/h y una presión de trabajo de 3 bar. Tiene como misión condensar el exceso de vapor producido por la caldera y retornarlo al tanque filtro.

Sus tubos permiten una buena resistencia a la corrosión causada por el agua marina además de evitar el uso de ánodos de sacrificio.

Es capaz de subenfriar el vapor procedente a 157°C y 3 bar a 80°C usando una

temperatura de agua de mar de 32°C.

Las dimensiones básicas son:

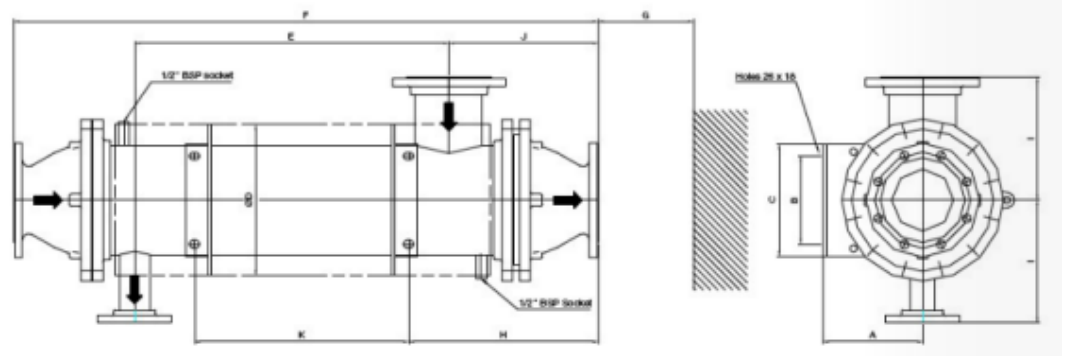


Imagen 10.1: Condensador de vapor sobrante. Fuente: www.aalborg-industries.com

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
200	220	270	270	L-275	L+233	L-100	360	254	281	Variable

Tabla 5: Dimensiones Condensador vapor sobrante. Elaboración propia.

Siendo L la longitud de los tubos rectos del condensador y unidad de medida en mm.

Para las tuberías de vapor se utilizan de DN 100 (entrada) y 40 (salida), y para las tuberías de agua salada DN 100 (entrada) y 100 (salida).

- Condensador revaporizado:

Este condensador también se instala contiguo al tanque de observación y purgas. Es un tanque de pequeñas dimensiones encargado de volver a condensar el agua revaporizada dentro del tanque de observación y purgas.

Las dimensiones aproximadas que presenta son:

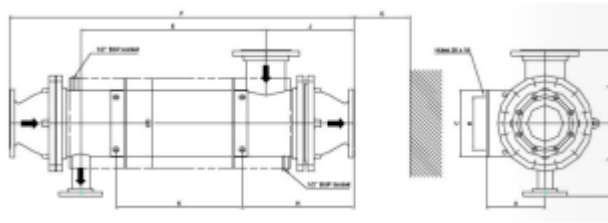


Imagen 10.2: Condensador revaporizado. Fuente: www.alborg-industries.com

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
80	-	-	-	L-110	L+130	L-50	-	180	-	Variable

Tabla 6: Dimensiones del condensador revaporizado. Elaboración propia.

Siendo L la longitud de los tubos rectos del condensador, medido en mm y con un DN para el vapor de 80 (entrada) y 80 (salida), y para el agua salada DN 25 (entrada) y 25 (salida).

- Tanque filtro y observaciones de purgas:

Este tanque es instalado para la recuperación del servicio de vapor, al cual se le encuentran conectados el condensador de vapor sobrante y el condensador revaporizado, como se ha mencionado anteriormente.

Su función es recuperar y condensar el vapor utilizado en el servicio de vapor y volverlo a enviar a la caldera o al tanque de agua de calderas. En él se pueden tomar muestras de agua de calderas y añadir la química oportuna para el tratamiento de agua mediante una compuerta de cierre hermético.

Las dimensiones principales son las siguientes:

Alto: 1870 mm.

Largo: 2578,44 mm.

Ancho: 1250 mm.



Imagen 11: Tanque filtro y obs.purgas. Fuente propia

- Bomba de alimentación del tanque filtro y observación de purgas:

Esta bomba alimenta el tanque con un caudal de $10 \text{ m}^3/\text{h}$, siendo su misión aspirar el agua del tanque almacén de agua de calderas y descargarlo directamente en el tanque filtro y observación de purgas, de tal manera que siempre esté lleno.

Sus dimensiones son las que se muestran a continuación:

- Diámetro del motor eléctrico: 130 mm.
- Altura: 520 mm.
- Posición: Horizontal.
- DN: 50 aspiración y 40 descarga.
- Modelo: KSB ITUR Normabloc.



Imagen 12: Bomba alimentación Tk filtro y obs.purgas.

Fuente: ferreida.com

- Bombas de agua salada al tanque filtro y observación de purgas, condensado revaporizado y condensador de vapor sobrante:

Estas bombas son las encargadas de hacer circular el agua salada, que actúa como refrigerante, por el condensador de vapor sobrante, el de revaporizado y por el tanque filtro y obs. purgas. Con estos tres elementos, se prevé un consumo de un caudal de agua salada de 220 m³/h según la potencia de la caldera instalada.

Se instalan dos bombas (KSB-ITUR modelo ILN-220) que operan a presiones entre 1,5 y 2 bar, estando una bomba en funcionamiento y la otra en reposo.

Sus dimensiones son:

- Altura: 1550 mm.
- Diámetro del motor eléctrico: 450 mm.
- Posición: vertical.
- DN: 200 (aspiración) y 150 (descarga).



Imagen 13: Bomba KSB ITUR ILN 220. Fuente: ksb.com

- Enfriadores de toma de muestra de vapor:

Existe uno por cada caldera, es decir, 2, y lleva incorporada una válvula de toma de muestra, además de realizar la refrigeración directamente por agua salada.

Las dimensiones aproximadas que presenta son 200 x 130 x 180 mm.

- Lubricación MM.PP:
 - Enfriador de placas del aceite de lubricación de MM.PP:

Su funcionamiento básico es utilizar las placas de pantalla entre el agua salada y el aceite, generando un intercambio de calor a través de la placa metálica y evitando que se mezclen los fluidos.

Las placas que presentan ondulaciones en la zona de paso de agua y aceite aumentando así las turbulencias y la superficie de intercambio se unen a otras por presión mediante pernos y se hace el cierre hermético con juntas de goma. Por una cara de las placas pasa el flujo de agua dulce y por la otra cara de la placa pasa el flujo de aceite en contraflujo.

El intercambio de calor que se da se realiza mediante agua dulce y aceite, donde el agua dulce (AD) de refrigeración procede del circuito de refrigeración de agua de los MM.PP y su flujo es regulado mediante una válvula termostática.

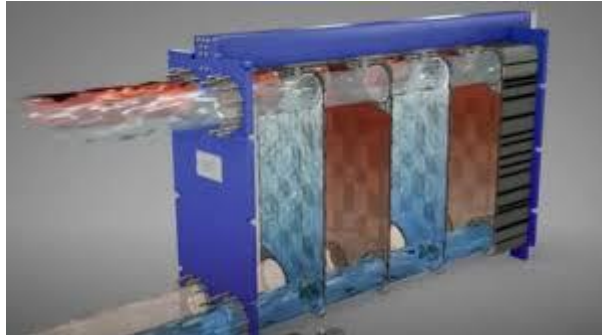


Imagen 14: Sistema de refrigeración. Fuente: inevid.blogspot.com

El buque está equipado con un enfriador por cada MM.PP, por tanto 4 enfriadores, donde cada uno de ellos ha de ser capaz de mantener la temperatura del aceite de lubricación de los MM.PP a una temperatura constante.

El tamaño de estos enfriadores es bastante más pequeño al de los enfriadores de agua de los MM.PP ya que su capacidad de refrigeración es muy inferior.

Sus dimensiones principales son:

Ancho: 470 mm.

Largo: 893,64 mm (contando con los pernos).

Altura: 1084 mm.

- Bombas de prelubricación de aceite de los MM.PP:

El buque está equipado con 4 bombas de prelubricación de aceite, es decir, una por cada motor principal, ya que cada motor tiene su propio tanque de aceite.

Son indispensables para lubricar los MM.PP, alrededor de unos 40 minutos antes de su puesta en marcha y unos 10 minutos después de su parada, ya que la bomba de

lubricación se encuentra acoplada al cigüeñal del motor, por lo que no entra en funcionamiento hasta que el motor principal empiece a funcionar.

En el momento que el MM.PP esté funcionando, las bombas de prelubricación entran en modo stand-by quedando a la espera por si existe algún fallo en la bomba de aceite de lubricación acoplada al MM.PP.

Estas bombas tienen que ser capaces de mover un caudal de entre 130-150 m³/h (cada una) y elevar la presión de aceite entorno a los 8-9 bares.

Sus dimensiones son las siguientes:

- Altura: 2002 mm.
- Diámetro del motor eléctrico: 500 mm.
- Posición: Vertical.
- DN: 250 mm (entrada) y 200 mm (salida).



Imagen 15: Bomba KSB ITUR N-K. Fuente: www.itur.com

- Bomba de vaciado del tanque de aceite de lubricación de los MM.PP:

Esta bomba sirve como alternativa para vaciar el tanque de aceite mediante las depuradoras de aceite de los MM.PP, de manera que no se prolonga tanto en el tiempo al vaciar o llenar el tanque. En el buque se instala una de estas bombas, de la casa KSB-ITUR (modelo RC-30), la cual trabaja con una presión de trabajo de 3,5 bar y un caudal de 30 m³/h.



Imagen 16: Bomba KSB-ITUR RC. Fuente: www.itur.es

Sus dimensiones son:

- Altura: 770 mm.
- Diámetros del motor eléctrico: 180 mm.
- Posición: vertical.
- DN: 65 para la aspiración y 50 para la descarga.

○ Filtros automáticos de aceite de los MM.PP:

La sala de máquinas está equipada con 4 filtros automáticos de aceite, cuya misión es filtrar impurezas contenidas en el aceite, siendo un filtro por cada enfriador de aceite de los MM.PP.

Los filtros tienen la capacidad de limpiarse automáticamente, aunque esto no quita que con el paso del tiempo se le deba efectuar una limpieza a las velas de malla y una inspección del estado y contenido atrapado.

Estos filtros contienen en su interior un imán central que va desde la base del filtro hasta la tapa superior ayudando a retener las partículas metálicas que puedan hallarse en suspensión en el aceite.

El elemento filtrante es un conjunto de velas de malla metálica, proporcionando como grado de filtración máximo 25 μm .

Estos filtros deben funcionar constantemente y cuentan con una protección contra el rozamiento en las piezas móviles que alargan su vida útil.

Sus dimensiones son las siguientes:

- Altura: 1300 mm.
- Posición: Vertical.
- Presión: PN10
- DN: 125 entrada y 125 salida.



Imagen 17: Filtro automático de aceite. Fuente: nauticexpo.es

- Filtros dobles de aceite manuales de los MM.PP:

Después del paso por el filtro automático de aceite se dispone un filtro doble de aceite que no puede ser puenteado ya que es el único paso del aceite hacia el motor principal.

Igual que con los filtros anteriores, se instala uno por cada motor principal, por lo tanto, 4 filtros dobles de aceite.

A diferencia de los filtros automáticos, poseen un grado de filtración superior, 10 μm , ya que son posteriores, coloquialmente reciben el nombre de “Filtros policía”.

Para el funcionamiento de estos filtros, se pueden conmutar los dos filtros, teniendo uno en funcionamiento y el otro en stand-by, o los dos en funcionamiento a la vez, dependerá de la posición de la llave de paso.

Sus dimensiones son:

- Altura: 820 mm.
- Posición: Vertical.
- Presión: PN10.
- DN: 125 entrada y 125 salida.



Imagen 18: Filtro policía. Fuente propia.

- SERVICIO DE CIRCULACIÓN DE AGUA SALADA
 - Bombas de circulación de agua salada al enfriador AS/AD de los MM.PP y propulsión:

Estas bombas son necesarias para bombear agua salada del colector principal de agua salada hacia los enfriadores de placas AS/AD del agua de refrigeración de los motores principales.

Durante la navegación, la refrigeración de los MM.PP ha de ser constante, por lo que se añade una bomba de circulación de agua salada de reserva. Es decir, se equipa con

4 bombas más la de reserva, de la casa KSB-ITUR (modelo ILN-290), dando lugar cada una de ellas a un caudal de bombeo de 280-320 m³/h a una presión de trabajo de unos 3 bar. Respecto a la bomba de reserva, se encuentra en stand-by y solo entrará en servicio en caso de fallo de una de las otras 4 bombas o si se produce una caída de presión en la línea.

Estimando, el caudal de agua que deben proporcionar las bombas de circulación de agua salada oscila entre los 1120-1280 m³/h, lo que da lugar a un consumo para cada enfriador de entre 560-640 m³/h.

Sus dimensiones son las siguientes:

- Altura: 1810 mm.
- Diámetro del motor eléctrico: 540 mm.
- Posición: vertical.
- DN: 250 para la aspiración y 200 para la descarga.



Imagen 19: Bomba KSB ITUR ILN. Fuente: ksb.com

- Bombas de circulación de agua salada de los MM.AA y equipos auxiliares

Estas bombas tienen como misión bombear agua salada hacia los enfriadores de placas de los MM.AA y equipos auxiliares. Deben generar un caudal aproximado de unos 280-320 m³/h, por lo que se emplea la misma bomba que para los principales (KSB-ITUR modelo ILN-290).

Sin embargo, para los MM.AA solo serán necesarias dos bombas, una que estará en

funcionamiento, y la otra quedará en situación de reposo.

- Bombas de agua salada para la gambuza:

Su misión es enviar agua salada para refrigerar el condensador del equipo de refrigeración de las cámaras frigoríficas de la gambuza.

Para estas bombas, el caudal y presión dependen mucho de la ubicación y necesidades frigoríficas de la gambuza, por ejemplo, en el Ciudad de Granada, es necesario un suministro permanente de 50 m³/h. Estas bombas se encuentran instaladas junto al MM.PP 4 y el fondo de estribor del local de los MM.PP.

Se instalan dos bombas KSB-ITUR (modelo Normabloc-50) que proporciona una presión de trabajo de 3,5 bar una de las bombas mientras la otra permanece en stand-by.

Las dimensiones que presentan son:

- Altura: 520 mm.
- Diámetro del motor eléctrico: 150 mm.
- Posición: horizontal.
- DN: 65 para la aspiración y 50 para la descarga.



Imagen 20: Bombas de AS para la gambuza. Fuente: motralec.com

- Bomba de agua salada del generador de agua dulce:

Según el generador de agua dulce que lleve instalado el buque (más adelante del trabajo se tratará su elección), esta bomba de agua salada debe ser capaz de generar un caudal de 25 m³/h a una presión aproximada de 3 bar.

Solo se equipa de una bomba, marca KSB-ITUR modelo ILNC-25, siendo su función principal la de lastrar el buque.

Sus dimensiones son las siguientes:

- Altura: 410 mm.
- Diámetro del motor eléctrico: 110 mm.
- Posición: vertical.
- DN: 65 aspiración y 50 descarga.

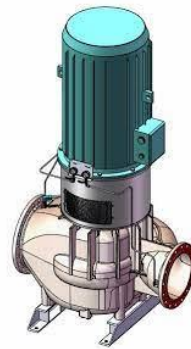


Imagen 21: Bomba KSB ITUR ILNC. Fuente: docplayer.es

- Bombas de lastre:

El buque está equipado con 2 bombas de lastre en la sala de máquinas, siendo cada una de ellas capaz de generar un caudal de 75 m³/h y con la misión de lastrar/deslastrar los tanques de lastre y trimado, además de poderse utilizar como bomba de achique en caso de necesidad.

Sus dimensiones son:

- Altura: 750 mm.
- Diámetro del motor eléctrico: 260 mm.
- Posición: vertical.
- DN: 95 (aspiración) y 80 (descarga).

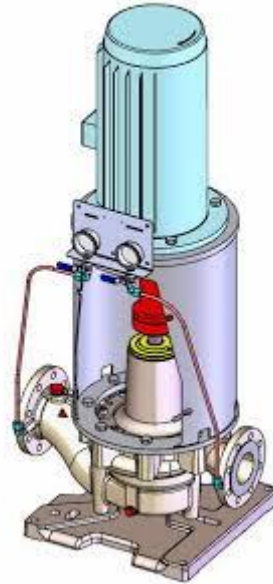


Imagen 22: Bomba de lastre. Fuente: docplayuer.es

○ Bombas de trimado:

Estas bombas presentan la misma función que las bombas de lastre, lastrar y deslastar, tanto los tanques de lastre de costado como los de trimado a proa y popa del buque, ya que los circuitos se encuentran interconectados.

La sala de máquinas consta de una sola bomba de trimado, estimando que proporciona un caudal de 400 m³/h. Esto da lugar a la necesidad de un modelo de bomba distinto (casa KSB-ITUR, modelo ILNCS-400) que trabaja a una presión de 3 bar.

Las dimensiones que presenta son las siguientes:

- Altura: 1650 mm.
- Diámetro del motor eléctrico: 390 mm.
- Posición: vertical.
- DN: 250 aspiración y 200 descarga.

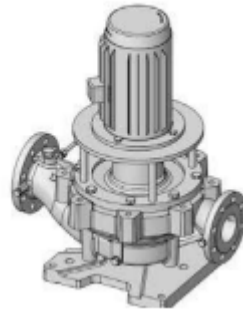


Imagen 23: Bomba KSB ITUR ILNCS. Fuente: www.itur.es

○ Bomba contra-incendios:

Esta bomba siempre deberá permanecer en condiciones óptimas y solo entrará en servicio en caso de incendio para suministrar agua salada y pudiéndose comunicar con el circuito de sprinklers.

El buque solo está equipado con una bomba contra-incendios de la casa KSB-ITUR (modelo ILNS-300), que puede ser capaz de mover un caudal de 300m³/h. Solo se equipa de una bomba ya que, según el SOLAS, Capítulo II-2, parte C, regla 10:

“En los buques de pasaje de arqueado bruto igual o superior a 1000, si se declara un incendio en cualquiera de los compartimentos, no queden inutilizadas todas las bombas contra incendios”.

Esta bomba debe mantenerse siempre en modo de arranque pudiendo ser arrancada desde el puente o desde el control de máquinas.

Sus dimensiones son:

- Altura: 1800 mm.
- Diámetro del motor eléctrico: 540 mm.
- Posición: Vertical.
- DN: 250 para la aspiración y 200 para la descarga.



Imagen 24: Bomba KSB ITUR ILNS. Fuente: www.itur.es

- Bombas de agua salada del aire acondicionado:

Se trata de 3 bombas KSB-ITUR modelo IN-360 que son las encargadas de refrigerar el intercambiador de calor del equipo de aire acondicionado, instalada una por cada equipo de aire acondicionado, por lo que son 3, de manera que una sola bomba ha de ser capaz de refrigerar un equipo de aire acondicionado.

Se estima que es necesario un caudal de $360 \text{ m}^3/\text{h}$ por equipo en funcionamiento a una presión de trabajo aproximada de unos 2,5 bar.

Las dimensiones de estas bombas son:

- Altura: 1700 mm.
- Diámetro del motor eléctrico: 560 mm.
- Posición: horizontal
- DN: 250 para la aspiración y 200 para la descarga.



Imagen 25: Bomba de agua salada del aire acondicionado. Fuente: interempresas.net

- Alimentación de combustible de los MM.PP
 - Bombas de combustible de alimentación de los MM.PP:

Su objetivo es suministrar a las bombas de inyección del motor principal el combustible a una determinada presión, en caso de que el módulo de preparación del combustible no sea capaz de hacerlo o no lleve instaladas unas bombas para ello, o bien porque se aspira directamente del tanque de combustible de servicio diario sin pasar por el módulo.

Se instala una bomba de alimentación de combustible antes de los filtros dobles de combustible de los motores principales, que puede ser by-paseada y que funcionará cuando la presión del combustible enviada por el módulo de combustible sea inferior a la requerida a la entrada del motor principal. La bomba que se utiliza es del modelo HC de la casa KSB-IYUT y su presión de trabajo es de 7 bar. Puede trabajar con grandes caudales, por ejemplo 2800 m³/h y trabajar en condiciones máximas de 40 bar y 300°C. El fabricante recomienda su uso para el bombeo de fluidos viscosos, como pueden ser lodos de aceite, lodos de fuel, sentinas, lubricación o alimentación de combustible entre otros, y sus dimensiones son las siguientes:

- Altura: 620 mm
- Diámetro del motor eléctrico: 210 mm.
- Posición: Vertical.

- DN: 50/40 (aspiración) y 32 (descarga).

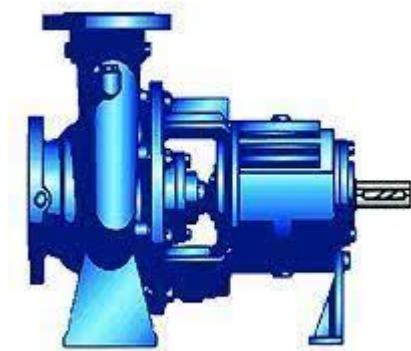


Imagen 26: Bomba de combustible de alimentación de los MM.PP. Fuente: ferreida.com

- Filtros dobles de combustible (manuales) de los MM.PP:

Estos filtros tienen como misión capturar las impurezas contenidas dentro del combustible antes de llegar a las bombas de inyección del motor principal, ya que puede causar la obstrucción de algún orificio de la tobera del inyector.

Su ubicación es inmediata a la llegada al MM.PP, estando un filtro doble de combustible por cada MM.PP, sin poder estar puenteado, por lo que hay 4 filtros como estos.

Los filtros, de la cada BOLLFILTER modelo 2.04.5 DN 80, tienen una capacidad máxima de filtrado de 10 μm , y sus dimensiones son:

- Altura: 630 mm.
- Posición: Vertical.
- Presión: PN16/PN25
- DN: 80 entrada y 80 salida.



Imagen 27: Filtro doble de combustible. Fuente: bollfilter.com

En estos filtros, cuando uno de ellos empieza a ensuciarse, el indicador óptico comienza a ponerse de color rojo. Cuando el indicador se encuentra completamente de color rojo significa que hay que limpiarlo, por lo que se gira la llave de paso en dirección al otro filtro que está limpio y listo para entrar en servicio, quedando éste inhabilitado y preparado para su mantenimiento. A veces, no hace falta dejarlo hasta que el indicador esté rojo completamente, cuando esté a mitad también puede hacerse su limpieza.

- REFRIGERACIÓN CENTRALIZADA DE AGUA DULCE
 - Enfriador de placas del agua de refrigeración de los MM.PP y propulsión:

El buque está equipado con 3 enfriadores de placas (AD/AS) de baja temperatura con doble junta de la casa Alfa Laval AQ AHRI. Cada uno de ellos tiene que estar dimensionado de manera que puedan refrigerar el 100% de una línea propulsora (MM.PP) y propulsión (enfriadores de aceite de estabilizadores, enfriadores de aceite de las reductoras, enfriadores de aceite hidráulico de las hélices de paso variables y las chumaceras de apoyo). Por esto, queda un enfriador de reserva que se pondrá en funcionamiento en caso de que alguno de los otros dé lugar a fallo o bien por labores de mantenimiento. Es muy importante que siempre haya un enfriador de reserva ya que una falta de refrigeración inhabilita el funcionamiento del motor principal de la línea

de refrigeración en cuestión, y si esto ocurre no puede mantenerse el gobierno del buque.



Imagen 28: Válvulas de control enfriador de placas MM.PP. Fuente propia.

Hay que tener en cuenta que aparte de las dimensiones del intercambiador de calor de placas, las entradas/salidas necesitan un espacio considerable, aproximadamente de 1103 mm.

En la imagen 30 se muestra el funcionamiento del enfriador de placas Alfa Laval, y en la imagen 29 se muestran las válvulas de control de entrada y salida de AD/AS, instalado en el buque Ciudad de Granada.

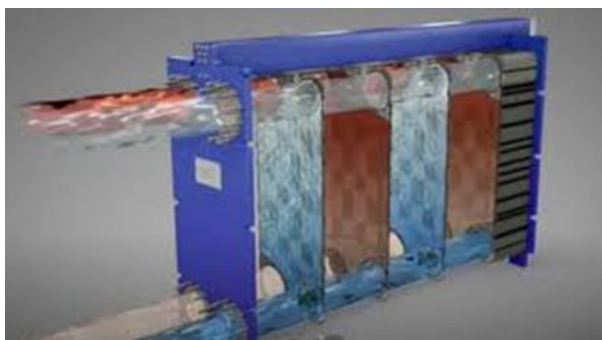


Imagen 29: Enfriador de placas. Fuente: www.alfalaval.es

Su funcionamiento es básico, trata de utilizar las placas de pantalla entre el agua salada y el agua destilada y generar un intercambio de calor mediante a placa metálica.

A la entrada y salida de los enfriadores, se encuentran unas tuberías de conexión que unen la salida y la entrada de agua salada permitiendo elaborar el contraflujo, por labores de limpieza del enfriador.

Dimensiones:

- Alto: 1971,3 mm.
- Ancho: 1000 mm.
- Largo: 1368.63 mm.

- Enfriador de placas del agua de refrigeración de los MM.AA y equipos auxiliares:

La sala de máquinas del buque cuenta con 2 enfriadores de Alfa Laval AQ AHRI de agua (AS/AD) de refrigeración de los motores (MM.AA) y equipos auxiliares. Su principio de funcionamiento es idéntico al de los MM.PP, aunque las dimensiones son inferiores en este caso ya que las necesidades de refrigeración también son menores.

Cada enfriador es capaz de refrigerar un MM.AA a plena carga así como los equipos auxiliares, como son la refrigeración del compresor de aire de arranque de los MM.PP, la refrigeración del compresor de aire de arranque de los MM.AA, la refrigeración del compresor del aire de control, la refrigeración del compresor de aire de trabajo, la refrigeración del compresor de limpieza sónica y la refrigeración del enfriador de AC (Aire acondicionado).

Igual que ocurre con los enfriadores de los MM.PP y propulsión, existe un enfriador de reserva, que deberá mantener una correcta refrigeración evitando la caída de planta.

Dimensiones:

- Ancho: 800 mm.

- Largo: 908.63 mm.
- Alto: 19741.3 mm.



Imagen 30: Enfriador de placas MM.AA. Fuente propia.

- Bombas de precalentamiento de los MM.PP:

El buque está equipado con 2 bombas que recirculan parte del agua de refrigeración de los MM.PP y la hacen pasar por un calentador, a vapor, manteniendo los motores principales a una temperatura adecuada mientras éstos no estén funcionando.

Una de las dos bombas es la encargada de mantener la circulación de agua dulce caliente para los MM.PP de babor (1 y 2) y la otra para los de estribor (3 y 4).

Estas bombas son de la marca KSB-ITUR modelo Normabloc-25, alcanzando un caudal de unos 25 m³/h a una presión de 1 bar.

Sus dimensiones son:

- Longitud: 520 mm.
- Diámetro del motor eléctrico: 150 mm.
- Posición: Vertical.
- DN: 50 para la aspiración y 40 para la descarga.



Imagen 31: Bombas de precalentamiento MM.PP. Fuente: motralec.com

- Bombas de refrigeración de agua dulce a baja temperatura a propulsión:

Se instalan 3 bombas marca KSB-ITUR modelo ILNC-100, estimando un caudal para refrigerar la propulsión de $100 \text{ m}^3/\text{h}$ por bomba con una presión de trabajo de 2,5 bar, siendo su función principal lastrar el buque.

Dos de las bombas se encuentran en funcionamiento durante la navegación, refrigerando una cada línea (babor y estribor), mientras que la tercera queda en stand-by por si alguna de las otras dos falla.

Sus dimensiones son las siguientes:

- Altura: 580 mm.
- Diámetro del motor eléctrico: 260 mm.
- Posición: Vertical.
- DN: 125 aspiración y 100 descarga.

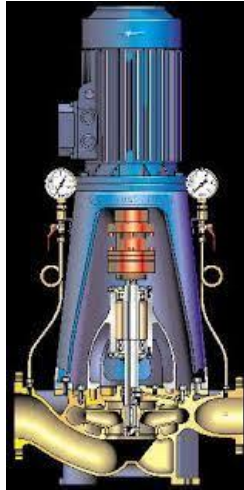


Imagen 32: Bomba KSB ITUR ILNC. Fuente: xdoc.mx

- Bombas de agua dulce a baja temperatura para la refrigeración de los equipos auxiliares:

De estas bombas también se instalan 3 en la sala de máquinas, de la misma marca y del modelo ILNC-40. Su misión es suministrar agua dulce de baja temperatura al enfriador del compresor de aire de arranque de los motores principales, al enfriador del compresor de aire de arranque de los motores auxiliares, al enfriador del compresor de aire de trabajo, al enfriador del compresor de aire de control, al enfriador del compresor de limpieza sónica y por último al enfriador del aire acondicionado del control de máquinas.

Sus dimensiones son:

- Altura: 450 mm.
- Diámetro del motor eléctrico: 190 mm.
- Posición: vertical
- DN: 125 aspiración y 100 descarga.

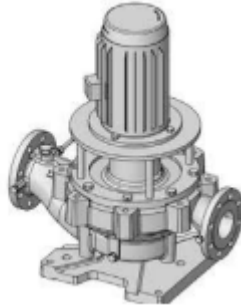


Imagen 33: Bomba KSB ITUR ILNC. Fuente: www.itur.com

- Precalentadores de agua destilada para la refrigeración de los MM.PP:

Son dos y se encuentran instalados inmediatos de las bombas de precalentamiento de los MM.PP, por lo que uno es para los MM.PP 1 y 2, y el otro para el 3 y 4.

Estos elementos son los encargados de elevar y mantener la temperatura del agua de refrigeración (AT) de los MM.PP a la temperatura adecuada cuando estos se encuentran parados.

Deben proporcionar una potencia calorífica máxima de 170 kW cada uno y sus dimensiones son 400 x 250 x 160 mm.

- OTROS EQUIPOS:
 - Generador de agua destilada:

La sala de máquinas está equipada con un generador de agua destilada de la casa Fontemar modelo TCS 6. Este generador tiene una capacidad de producir 10 Tm/día de agua dulce.

Este equipo trabaja con agua salada y agua dulce caliente procedente del circuito de refrigeración de los MM.PP y MM.AA, en este caso procedente de los MM.PP.

El agua que genera es indispensable para su uso en las calderas, para la refrigeración de los MM.PP y los MM.AA, depuradoras y otros equipos auxiliares, por lo que descarga a dos tanques, uno es el tanque de agua destilada y el otro es el tanque de agua

de calderas. En condiciones normales de navegación el consumo de agua destilada debe ser mínimo, inferior a 3 Tm/día.

Sin embargo, debido al paso de los años, el consumo de agua destilada se ve elevada debido a diferentes razones como el envejecimiento de las instalaciones, fugas, mantenimiento, etc... Además de la reducción que sufre el generador con el paso de los años, por esto, se ha de sobredimensionar la capacidad de generar de agua destilada. Además, hay que añadir picos puntuales, ya sean por mantenimiento, reparaciones, purgas...

Por ello, se estima una producción de 10 Tm/día, considerándose suficiente, aunque un poco justo, para el funcionamiento de la maquinaria de la sala de máquinas del buque.

Su funcionamiento básico es el aprovechamiento del calor procedente del agua de refrigeración de los motores (a partir de unos 62-65°C), que se hace circular por unos tubos calentadores. Trata de conseguir agua destilada mediante el agua de refrigeración de los motores en un intercambio de calor con el agua salada procedente del mar. Sin embargo, el funcionamiento específico de los generadores se ve en el punto 3 del trabajo, dónde se describen sus funciones y características, así como una comparación con otro tipo de generadores.

Las dimensiones principales del evaporador son:

- Alto: 1605 mm.
- Largo: 1680 mm.
- Ancho: 800 mm.
- Peso: 850 Kg.



Imagen 34: Evaporador Fontemar TCS-6. Fuente: www.ntonorreiro.es

- Hidróforo de agua destilada:

El generador de agua dulce descarga a unos tanques que se encuentran bajo los motores principales, en el doble casco. Para su correcta distribución se precisa de un tanque hidróforo que trabaje dentro de un intervalo de presión manteniendo cebados todos los circuitos de distribución. El hidróforo se puede describir como un tanque presurizado, de manera que siempre haya presión en el circuito.

Su funcionamiento está basado en mantener aire a presión dentro de él con un porcentaje de agua determinado, de manera que todos los elementos a los que preste servicio y que están a una cierta altura siempre tengan presión de agua destilada en su entrada.

Las bombas de alimentación de agua del tanque hidróforo estarán en funcionamiento según las necesidades de consumo, manteniendo una presión de aire dentro de los parámetros pre-establecidos según los requerimientos de presión de agua necesarias para la distribución.

El buque cuenta con un tanque hidróforo, marca Integasa, que precisa de 1500 litros de capacidad y es alimentado por dos bombas a una presión máxima de 5.5 bar. La presión de trabajo necesaria está entre los 3 y 4 bar.

En la imagen siguiente se muestra un hidróforo de agua, que cuenta con las siguientes

dimensiones:

Ancho: 950 mm

Alto: 2104.99 mm



Imagen 35: Hidróforos de agua destilada. Fuente: fountom.

- Bombas de agua dulce (AD) de alimentación del tanque hidróforo:

Antes del tanque hidróforo quedan instaladas 2 bombas, que se encuentran conectadas a un presostato del tanque hidróforo, y por tanto, se activan y paran automáticamente según la presión a la que se encuentre el hidróforo, y que aspiran directamente del tanque de agua destilada.

Cada una de las bombas es capaz de dar lugar a un caudal de 20 m³/h a una presión de trabajo de 5,5 bar.

Sus dimensiones son:

- Altura: 750 mm.
- Diámetro del motor eléctrico: 120 mm.
- Posición: Vertical.
- DN: 40 aspiración y 40 descarga.



Imagen 36: Bomba agua dulce del tanque hidróforo. Fuente: www.itur.es

- Bomba de achique de sentinas:

La misión principal de esta bomba es evacuar/achicar el agua contenida en la sentina mediante pozos de los que aspira y enviarla al tanque de agua d sentinas, solo pudiéndose descargar directamente al mar si se cumplen los requisitos determinados por MARPOL.

La bomba de achique de sentinas, de la casa Wärtsilä-Hamworthy modelo C2G-150 LB, deberá ser capaz de evacuar un caudal de agua de sentinas de 140 m³/h a una presión de 2,5 bar.

Debido a lo exigido por el SOLAS en el Capítulo II-1, parte E, regla 35-1, párrafo 3.3, dónde viene detallado más adelante “Sentina y pocetes”, se intenta disgregar, en la medida de lo posible, en distintos espacios estancos como medida de seguridad. Por ello, la sala de máquinas solo es equipada con una bomba de achique de sentina.



Imagen 37 y 38: Bomba achique de sentinas. Fuente 38: www.hamworthy.com. Fuente: propia.

1.5 DIMENSIONES DE LA SALA DE MÁQUINAS

La sala de máquinas está dividida en dos cubiertas, la cubierta 1 y la cubierta 2. En el dibujo inferior (Imagen 40) se muestran las dimensiones de la cubierta 1 que corresponde a la cubierta inferior de la sala de máquinas. Ahí se encuentran los 4 motores principales, las 2 calderas, depuradoras y otros equipos auxiliares.

La eslora de la sala de máquinas está estimada en unos 18 metros y por lo general, en buques de este tipo suele ir dispuesta más a popa. En este caso está situada entre los 35 y 53 metros de eslora desde popa a proa, por lo que se encuentra a popa, permitiendo aumentar la capacidad de carga rodada correspondiente a la cubierta 1 y 2.

Los mamparos a proa y popa de la sala de máquinas son estancos y el paso de tuberías o cualquier conducción deberá serlo también. Para el paso de tripulantes, las puertas deben ser estancas y permanecer cerradas durante la navegación.

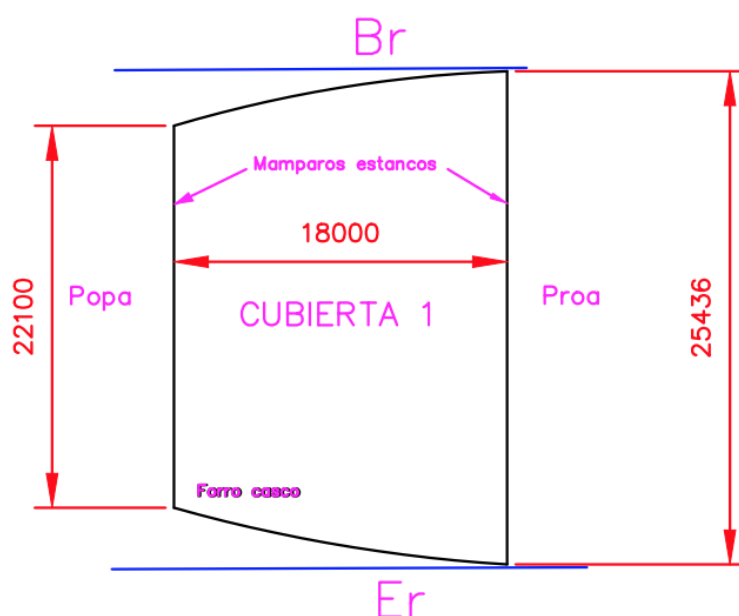


Imagen 39: Vista planta Cubierta 1. Elaboración propia AutoCad.

A continuación, se muestran las dimensiones de la cubierta 2, en la imagen 40.

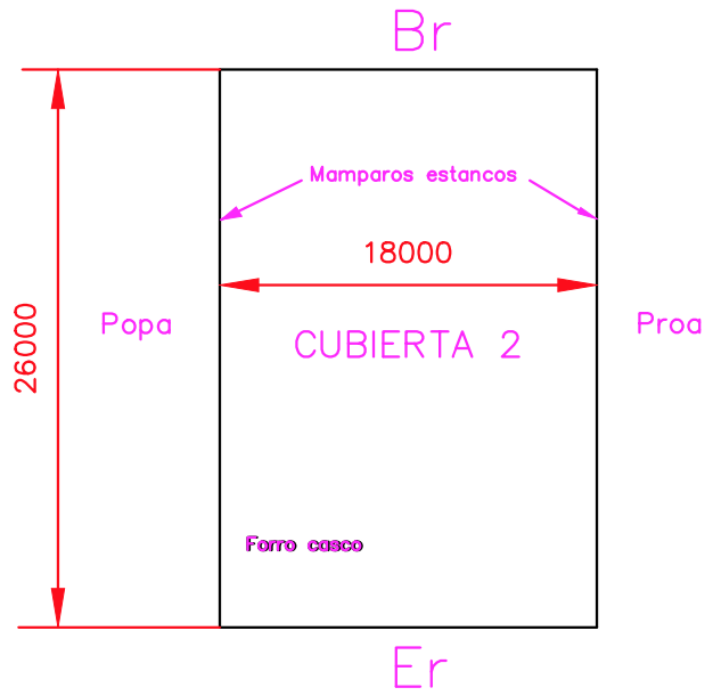


Imagen 40: Vista planta Cubierta 2. Elaboración propia AutoCad.

Respecto a la cubierta 2, cabe destacar que no se encuentra toda al mismo nivel, sino que existen varios niveles, por ejemplo en cada uno de los MM.PP para poder realizar la maniobra manualmente.

Es importante tener en cuenta que, la zona de más a popa de la sala de máquinas se va produciendo un curvamiento debido a que la popa va inclinándose hasta llegar al timón. Cuanto más a popa de la sala de máquinas, las formas van afinándose o lo que es igual, reduciéndose el coeficiente de bloque, con pantoques de ángulos más obtusos, por lo que, se puede ver en la siguiente imagen de sección transversal del buque, lo correspondiente a una varenga.

El doble fondo de la sala de máquinas suele ser utilizado para ubicar los tanques como de agua de calderas, de agua destilada, el vaciado de cilindros, el colector principal de agua salada, reboses de fuel oíl...

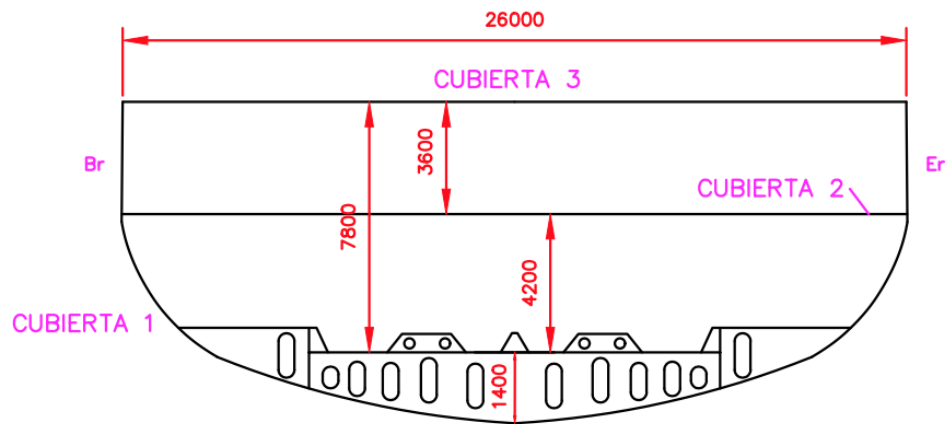


Imagen 41: Sección transversal Sala Máquinas. Elaboración propia AutoCad.

Respecto al doble fondo de los buques de pasaje, según el Capítulo II-1, Parte B-2, Regla 9 del SOLAS “Dobles fondos en los buques de pasaje y en los buques de carga que no sean buques tanque”, se destacan algunos aspectos que afectan directamente, como son:

- “Se instalará un doble fondo que, en la medida compatible con las características de proyecto y la utilización correcta del buque, vaya del mamparo de colisión al mamparo de pique de popa”.
- “En los casos que se exija la instalación de un doble fondo, el forro interior se prolongará hasta los costados del buque de manera que proteja los fondos hasta la curva del pantoque. Se considerará que esta protección es suficiente si ningún punto del forro interior queda por debajo de un plano paralelo a la línea de la quilla y que está situado, como mínimo, a una distancia vertical h medida desde la línea de la quilla, calculada mediante la fórmula $h=B/20$. No obstante, en ningún caso el valor de h será inferior a 760 mm ni se considera superior a 2000 mm”

Para este buque, $B = 26000$ mm, por lo que $h = 1300$ mm, entonces:

- “En el caso de buques de pasaje a los que sea aplicable lo dispuesto en la regla 1.5 y que efectúen un servicio regular dentro de los límites del viaje internacional corto, tal como queda definido este en la regla III/3.22, la

Administración podrá eximir de la obligación de llevar un doble fondo si, a su juicio, la instalación de un doble fondo en dicha parte resulta incompatible con las características de proyecto y el funcionamiento del buque”.

- “Cualquier parte de un buque de pasaje o de un buque de carga que no lleve un doble fondo conforme a lo dispuesto en los párrafos 1, 4 o 5, deberá poder soportar las averías en el fondo que se describen en el párrafo 8”.
- “En el caso que un buque de pasaje o un buque de carga la disposición del fondo sea habitual, se demostrará que el buque debe soportar las averías en el fondo que se describen en el párrafo 8”.

Para el proceso de distribución de los espacios de la máquina, es necesario un proceso iterativo, dividido en varias etapas, que se describe a continuación:

En una primera etapa del diseño, cuando se llevan a cabo la selección de dimensiones principales, se realiza un primer boceto de la distribución de los espacios o una disposición general esquemática, dónde se representa la configuración, a grandes rasgos, en las tres vistas principales: alzado, planta y sección maestra (sin mucha precisión, teniendo como referencia otro buque en la mayoría de los casos). En la disposición esquemática se muestran las zonas dedicadas a los espacios de almacenamiento de la carga, espacios de manipulación de carga, espacios de alojamientos, espacios para tanques de lastre, espacios para tanques de consumos y espacios de maquinaria, siendo esta última zona la relevante para este trabajo, en la cual se profundizará después.

Después de la disposición esquemática inicial, se procede a:

- Asignación de espacios principales.
- Fijación de las superficies límites de espacios.
- Disposición de elementos en cada espacio, especialmente de la maquinaria y alojamientos.
- Situación de accesos y escapes de cada espacio.

La fijación de la situación de las superficies límites de cada espacio está ligada a la

configuración estructural. A veces, se llega a situaciones que requieren soluciones estructurales complejas y costosas al no tener en cuenta esta interacción. Por tanto, es importante tener en cuenta las siguientes interacciones entre la configuración estructural y la disposición general:

- Interacción entre clara de cuadernas y la situación de los mamparos transversales. Los mamparos transversales deben apoyarse en cuadernas.
- Interacción entre el espaciado de refuerzos longitudinales y la situación de cubiertas y plataformas. Las cubiertas suelen apoyarse en los refuerzos longitudinales.
- Interacción entre el espaciado de refuerzos longitudinales y la situación de mamparos longitudinales. Estos mamparos longitudinales deben apoyarse en los refuerzos longitudinales.
- Interacción entre los codillos en el costado y la situación de las cubiertas adyacentes.
- Interacción entre la disposición de espacios y el despiece de bloques. En la construcción por bloques es importante tener en cuenta el despiece que se pueda realizar a la hora de disponer los límites de los espacios.
- Interacción entre la brusca y arrufo en cubierta y la maga o eslora de las escotillas de carga. Las escotillas de carga deben ocupar una zona en la que haya los menores cambios de brusca posible.

1.6 FORMA Y DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES

Como se ha mencionado anteriormente, el espacio y dimensiones de los espacios se encuentran condicionados por los espacios de los elementos estructurales. Una vez la estructura esté definida, se van posicionando las diferentes superficies límites de los espacios. Estas superficies son las siguientes:

- En sentido vertical, las cubiertas, las plataformas y techo de casetas, así como el forro del casco, es decir, el fondo.
- En sentido longitudinal, los mamparos longitudinales y el costado del casco (forro).

- En sentido transversal, los mamparos transversales y el forro del casco.

Las superficies de los mamparos transversales son planas, verticales y con refuerzos de vigas rigidizadoras soldadas. Como alternativa, se pueden construir mamparos corrugados, los cuales reducen el coste de producción y el peso de la estructura, aunque reduzcan la capacidad de carga en la mayoría de los barcos.

Las superficies de los mamparos son longitudinales y suelen ser planas y totalmente verticales permitiendo las formas del buque, o bien, integradas por un conjunto de superficies planas, cuando sigan las zonas extremas del buque. Los mamparos longitudinales siguen la misma disposición y uso que los mamparos transversales, excepto por que en ciertos casos las corrugas de los mamparos se disponen de forma horizontal en vez de verticalmente.

1.6.1 DISPOSICIÓN DE LOS MAMPAROS TRANSVERSALES DE LA SALA DE MÁQUINAS

Teóricamente, el espaciado de los elementos secundarios en la zona de carga, como son los transversales en la estructura longitudinal, ya se han debido de elegir y se concibe la disposición general esquemática propia de la primera etapa del proyecto. La estructura de los extremos de la cámara de máquinas, cuando está a popa, así como los extremos de proa y popa, es transversal. Para el espaciado de cuadernas en las zonas más extremas es de 600 mm ó 610 mm, excepto en buques grandes que suelen ser de 700 mm, como en el buque del que se trata. Para la zona de la cámara de máquinas se elige una clara intermedia o una de transición entre la clara de las zonas extremas y la seleccionada para la zona de carga, o en caso de que no sean muy diferentes, la propia clara de la zona de carga.

Es importante tener presente que, para los buques mercantes, en las zonas de estructura transversal se cuenta con claras de cuaderna siempre que estén dentro del rango entre 500 mm y 1000 mm. Esto también puede darse en las zonas con reforzado longitudinal en el espaciado de longitudinales.

Respecto a la posición del mamparo de colisión, el cual delimita el pique de proa, tiene que estar entre unas distancias mínima y máxima de la perpendicular de proa que establecen los reglamentos y para los cuales se tiene en cuenta la protuberancia en eslora del bulbo.

Para buques sin bulbo:

Si $L_{pp} \leq 200$: la distancia mínima es $0.05 L_{pp}$ y la máxima $0.08 L_{pp}$.

Si $L_{pp} > 200$: la distancia es 10 m y la máxima $0.08 L_{pp}$.

Para los buques de pasaje, como dicta el Reglamento de SEVIMAR (Convenio Internacional sobre la Seguridad de la Vida Humana en el Mar), este valor debe estar entre $0.05 * L$ y $0.05 * L + 3.00$ m.

Cubriendo suficientemente las necesidades de lastre, se suele disponer del mamparo de colisión en posiciones intermedias entre los valores mínimos y máximos.

Respecto al mamparo de popa de la cámara de máquinas, debe poder albergar la pieza de la bocina, por lo que ha de elegirse la cuaderna de construcción más a popa que satisfaga este requerimiento. Este mamparo se sitúa a partir de la determinación del volumen requerido para la maquinaria principal, que cómo se explica posteriormente, depende de la potencia instalada, tanto propulsora como de generación de energía y el tipo de propulsión.

La longitud habitual del pique de popa varía entre el $0.055 L_{pp}$ para buques de 100 metros de eslora, y $0.04 L_{pp}$ como para el Ciudad de Granada, ya que cuenta con 172 metros de eslora.

La altura del doble fondo de cámara de máquinas se obtiene directamente alineando los elementos de la línea de ejes. Esto quiere decir que, deben alinearse la hélice con el motor (altura del cigüeñal sobre la bancada) en caso de los motores acoplados o la hélice con la salida del reductor, y la entrada de este con el cigüeñal. Si el cálculo está en el rango 1 500 mm y 2 500 mm es aceptable. En caso de unos valores escasos o excesivos se dispone de pozos o polines, respectivamente. En caso de que las alturas del doble fondo en zona de carga y cámara de máquinas, se debe establecer una zona

inclinada de transición, con pendiente inferior a $1/3$, normalmente dentro de máquinas.

Las alturas de plataformas y de cubiertas intermedias se definen en la zona de carga, por el espaciado de longitudinales del forro y el tipo de buque del que se trate, mientras que para la sala de máquinas vienen definidas en función del puntal del motor propulsor y de la disposición de tecles. Las alturas mínimas consideradas entre plataformas son de 3.5 m a 4.0 m, siendo 3.0 el mínimo absoluto admisible en toda la zona de máquinas y el servomotor del timón.

DISPOSICIÓN DE LOS MAMPAROS LONGITUDINALES

La situación de los mamparos longitudinales o en semimanga del doble casco está reglamentada para aquellos barcos que requieren cálculos de inundación.

Los tamaños de grandes aberturas como son las escotillas de carga y huecos en plataformas de máquinas, de las casetas de habilitación, de las zonas de carga o del guardacalor, deben tener en cuenta la distribución del reforzado longitudinal en fondo, doble fondo y en las cubiertas, que deberán coincidir con los refuerzos verticales de los mamparos transversales.

DISPOSICIÓN DE LOS ESPACIOS

Respecto a la distribución de espacios puede comenzarse antes incluso de haber definido las características principales del buque, ya que después se permite su corrección a medida que progresa el proyecto del buque.

Existen multitud de espacios en el buque, referido a lo relacionado con la máquina, los más relevantes son los espacios de maquinaria, tanques de consumo, disposición de accesos, grandes huecos y aislamiento de espacios.

- Accesos: Las recomendaciones tienen en común los siguientes principios de carácter general:
 - Los locales de uso general deben contar con dos vías de escape independientes, estando lo más alejadas entre sí, que sea posible.
 - Los ascensores son complementarios de las escaleras, no las sustituyen.

- Las escaleras interiores deben ser de acero y materiales incombustibles, y las escaleras exteriores deben tener peldaños antideslizantes y estar en lugares protegidos de los golpes de mar.
- Las escaleras deben disponerse en dirección longitudinal, evitando que se sume a la pendiente el ángulo del balance, siendo la máxima inclinación permitida de escaleras 50° con la horizontal.
- Las puertas deben de tener anchuras mínimas que dependen del servicio a que se dedica el local. Siendo de 900 mm para las salidas de emergencia, y considerándose como mínimo 600 mm en aquellos accesos por los que tenga que circular una persona.
- Los accesos a los tanques de lastre y de consumos son a través de registros y escalas verticales. En caso de que el tanque sea muy grande, se exigen dos accesos situados en posiciones diagonalmente opuestas.

- Grandes huecos

Para la disposición de los grandes huecos, como los huecos en plataformas de máquinas, deben plantearse desde el inicio del proyecto del buque. Para los huecos de las plataformas de las máquinas, se definen de manera conjunta con la disposición de techos, accesos y considerando el desmontaje de los motores principales.

- Aislamiento de espacios

Existen determinados espacios en los que deben disponerse espacios huecos (cofferdams), cuya dimensión menor coincide con la clara entre cuadernas o el espaciado de longitudinales, impidiendo así la contaminación de unos a otros. Por ello, es obligatorio disponer de cofferdams alrededor de todos los tanques de aceite o de los tanques de agua dulce.

Respecto a los espacios de habitación, se procura su independencia de los guardacalores de la cámara de máquinas, evitando ruidos y vibraciones hacia la tripulación. Para ello, como en el Ciudad de Granada, también se dispone la chimenea totalmente independiente y alejada de los camarotes de pasaje y tripulación.

- Sistemas de detección y lucha contra incendios

Un aspecto muy importante que debe mencionarse es el sistema de detección y lucha contra incendios en la sala de máquinas, deben estar señalados adecuadamente como recoge el SOLAS (Capítulo II-1, parte E, regla 7) cumpliendo una serie de precauciones generales:

- “Los motores de combustión interna de potencia igual o superior a 2250 kW o cuyos cilindros tengan más de 300 mm de diámetro llevarán instalados detectores de neblina de lubricante en cárter, monitores de temperatura de los cojinetes del motor, o dispositivos equivalentes.”
- “Se instalarán medios que, con la debida prontitud, detectan los incendios declarados en los puntos indicados a continuación y de las alarmas correspondientes:”
 - “Revestimientos de los conductos de aire y eductores (chimenea) de las calderas.”
 - “Colectores del aire de barrido de las máquinas propulsoras, a menos que en casos concretos la Administración lo estime innecesario”

El buque se equipa con:

- Detectores de humo y detectores UV/IR: estos últimos son capaces de detectar fuego antes de que aparezca, cuando se encuentra en estado latente, por tanto, durante las labores de soldadura sonarán las de incendio, mientras que los detectores de humo se encuentran distribuidos por toda la máquina siendo su funcionamiento básico de dar señal en caso que la concentración de humo en suspensión se incremente a partir de ciertos límites preestablecidos. Ambos detectores, solo son capaces de detectar y dar aviso, pero no de activar el sistema de extinción.



Imagen 42: Detectores de humo. Fuente: mantenencias.com

- Minifog: este elemento va conectado a los detectores UV/IR y es accionado a control remoto desde el control de máquinas. Es un circuito pequeño de extinción de fuego que es útil si es utilizado al inicio, ya que no tiene demasiada capacidad de extinción.
- Sprinklers: están dispuestos en lugares específicos como puede ser cerca del quemador de la caldera y encima de los motores principales. El circuito está presurizado y consiste en que debido a un aumento de calor ambiental determinado la cápsula que lleva de cristal se dilata y rompe permitiendo el paso del agua. Éstos están conectados al tanque hidróforo de agua destilada/dulce, aunque si es necesario también puede conectarse al de agua salada.

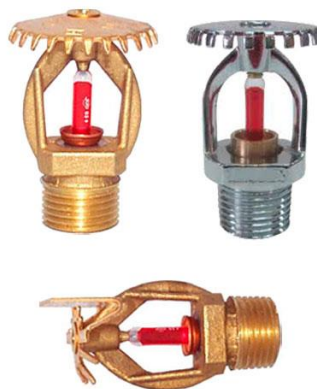


Imagen 43: Sprinklers. Fuente: cofem

- Drenche: están dispuestos por toda la sala de máquinas, estando conectados a las bombas contra incendios, por lo que funcionan con agua salada.

- Extinción por CO₂: este método es utilizado en caso de fuego fuera de control dentro de la sala de máquinas, habiendo evacuado previamente a todo el personal, cerrado las puertas estancas, gram-pas de ventilación y apagado la ventilación y extracción.



Imagen 44: Extinción por CO₂. Fuente: aguiler.es

- Bocas manguera: se disponen dos, una a babor y otra a estribor de la sala de máquinas, y se utilizan como pantalla o como chorro directo, nunca contra fuegos eléctricos, y su longitud deberá estar entre los 10 y 15 metros.
- Extintores: distribuidos por ambas cubiertas (1 y 2), tanto a babor como estribor, y sobre crujía. Se disponen de extintores de tipo B próximos a los motores principales y caldera y de tipo C próximos a los cuadros eléctricos.



Imagen 45: Tipos de fuego. Fuente: grupodeincendios.com

- Estación de espuma: se dispone sobre la línea de crujía para la extinción de fuegos líquidos y se realiza mediante mecanismos combinados de enfriamiento, separación de llama/fuente de ignición, suprimiendo los vapores y sofocando el fuego.



Imagen 46: Estación de espuma. Fuente: bio-ex.com

- Manta ignífuga: se dispone de una en la cubierta 1 y otra en la cubierta 2, teniendo como función la extinción de pequeños fuegos por asfixia.



Imagen 47: Manta ignífuga. Fuente: dhmateialmedico.com

- ERA: su ubicación es uno en la banda de babor y otro en la de estribor en la cubierta 1, mientras que se disponen de otros dos en la cubierta 2, uno a popa y otro a proa.



Imagen 48: Equipo de Respiración Autónoma. Fuente: idmmmedical.es

En lo que respecta a la detección de incendios en los espacios de máquinas, el Capítulo II-2, parte C, regla 7, párrafo 4, dicta que: “El sistema de detección de incendios y de alarma contra incendios prescrito en el párrafo 4.1.1 estará proyectado de tal manera, y los detectores dispuestos de tal modo, que pueda detectarse rápidamente todo incendio que se declare en cualquier parte de dichos espacios, en todas las condiciones normales de funcionamiento de la máquina y con las variaciones de ventilación que hagan necesarias la posible gama de temperaturas ambiente. No se permitirán sistemas de detección que solo utilicen termodetectores, salvo en espacios de altura restringida y en los puntos en los que su utilización sea especialmente apropiada. El sistema de detección activará alarmas acústicas y visuales, distintas en ambos aspectos de las de cualquier otro sistema no indicador de incendios, en tantos lugares como sea necesario para asegurar que sean oídas y vistas en el puente de navegación y por un oficial de máquinas responsable. Cuando en el puente de navegación no haya dotación, la alarma sonará en un lugar en que esté de servicio un tripulante responsable”

Espacios de maquinaria. Motores principales:

Los espacios de la maquinaria principal se disponen según el volumen requerido, el cual depende principalmente de la potencia instalada, tanto propulsora como de generación de energía y del tipo de propulsión. El Ciudad de Granada cuenta con una

potencia conjunta de 39 400 CV, es decir, 9850 CV por motor.

Sabiendo que cuenta también con motores diésel, como valores orientativos para la eslora (en metros) de la cámara de máquinas (L_{CM}), se presentan las siguientes fórmulas:

En función de la longitud el motor principal, L_{MP} :

Para motores de 2 tiempos:

$$L_{CM} = C_1 \times L_{MP}$$

donde C_1 varía entre 2, 2-3, 5, con un valor promedio de 2.85.

Para motores de 4 tiempos:

$$L_{CM} = C_1 \times L_{MP} + C_2 \rightarrow \text{donde } C_1 \text{ varía entre 1,7-2,3 y } C_2 \text{ entre 1, 0-2,0.}$$

En el caso del Ciudad de Granada, se utilizaría la última fórmula, ya que dispone de 4 motores principales de 4 tiempos.

En función de la potencia propulsora, PB (en $Kw \times 10^3$):

Para motores de 2 tiempos:

$$L_{CM} = C_1 \times PB + C_2 \rightarrow \text{donde } C_1 \text{ varía entre 3,2-4,4 y } C_2 \text{ entre 8,0-10,10.}$$

Para motores de 4 tiempos:

$$L_{CM} = C_1 \times PB + C_2 \rightarrow \text{donde } C_1 \text{ varía entre 1,4-2,0 y } C_2 \text{ entre 6,0-10,0.}$$

$$L_{CM} = C_1 \times PB^{C_2} \rightarrow \text{donde } C_1 \text{ varía entre 8,0-8,6 y } C_2 \text{ entre 0,40-0,48.}$$

Respecto al volumen de la cámara de máquinas (V_{CM}), se puede aproximar mediante la siguiente fórmula, tomando al Ciudad de Granada como buque carguero:

$$V_{CM} = 0.85 L_{CM} \times B (D - D_{DFCM}) \times CB \rightarrow \text{donde:}$$

L_{CM} : es la eslora de la cámara de máquinas

B : manga

D : altura

D_{DFCM} : altura de doble fondo de la cámara de máquinas

Ubicación de los MM.PP:

Lo primero que se sitúa en estos espacios es la maquinaria propulsora, teniendo en cuenta la reductora y el desmontaje del eje de cola se puede definir la posición aproximada del motor propulsor. Para la posición definitiva se tendrán en cuenta la situación de los pernos de anclaje, intentando limitar todo lo posible la coincidencia con varengas. En este buque, ya que su tamaño lo permite, los motores principales se montan a pares dos por línea de eje. La separación que existe entre los motores de la línea de estribor y los de la línea de babor es mayor debido a que debe existir una separación mínima entre ejes, ya que al final de ellos se encuentran las hélices. Aproximadamente se dejan uno 9 metros, mientras que la distancia que separa los pares de motores principales de una misma línea viene delimitada por los ejes de conexión a la reductora, y está en unos 3,5 metros.

Los 4 motores están dispuestos, en la cubierta 1 como se puede observar en la siguiente imagen (49) de manera simétrica una línea de propulsión respecto a la otra. Entre la reductora y el motor principal se encuentra una unión elástica de la casa Vulkan que permite una conexión o desconexión suave a la hora de embragar o desembragar el motor, permitiendo una cierta torsión.

En la cabeza del motor van conectadas las entradas de agua de refrigeración de alta y baja temperatura, así como la entrada y salida de aceite de lubricación hacia los enfriadores.

Respecto a la zona más a proa de la sala, existe un paso aproximado de 3,5 metros, debido a la instalación de las bombas de lastre y trimado. Para ello, se deja un espacio entre el motor principal y el mamparo de 3404 mm.

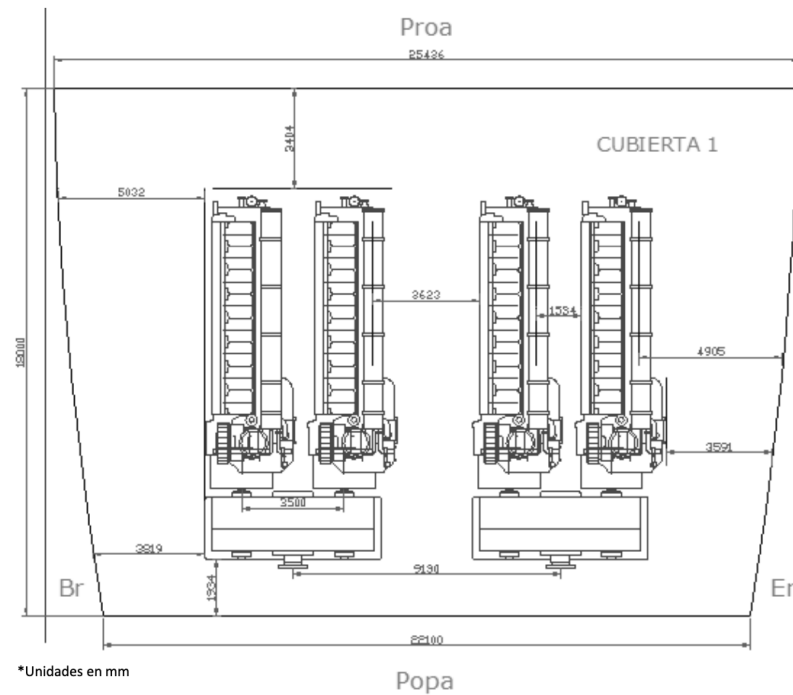


Imagen 49: Vista Ubicación MMP y Reductor s.m. Fuente: Eduardo Ramos, 2013.

En la imagen también se puede observar la distancia real aproximada a lo largo del colector de gases de exhaustación y el motor principal siguiente, puesto que el colector de gases se encuentra a una altura de unos 3 metros.

Debido al paso de conducciones y personas, la distancia entre el mamparo estanco de popa y la reductora es notablemente inferior al de proa, ya que no requiere una distancia excesiva.

Para observar mejor las dimensiones de los motores y de la reductora instalados en la sala de máquinas se muestra a continuación (imagen 50) una sección longitudinal en perfil de la sala de máquinas, donde puede verse la altura del colector de los gases de escape y el espacio libre útil que queda debajo del mismo.

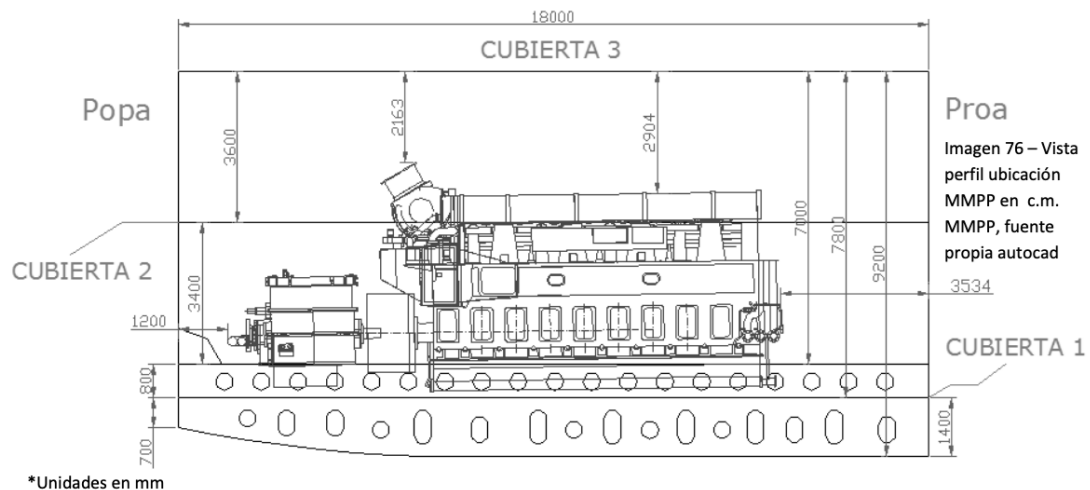


Imagen 50: Vista en perfil del motor principal y reductora. Fuente: Eduardo Ramos, 2013.

En la sala de máquinas, la cubierta 1 y 2 presentan casi en su totalidad (3400 mm) la misma dimensión, excepto de los pasadizos habilitados para el mantenimiento de la zona de maniobra del motor y el acceso de las tapas del mecanismo de control de cremallera y bombas de inyección de combustible. Además, quedan 4 espacios vacíos para el paso de la zona superior de los motores principales y a la cabeza del motor. Estos espacios son suficientes para el paso de conducciones de gran dimensión como son las de agua de refrigeración de los motores y lubricación.

A popa de la sala y tanto a estribor como babor, se encuentran dos orificios de gran dimensión para el paso de la caldera a lo largo de las dos cubiertas, ya que su altura es mayor a los 4 metros.

Los grupos electrógenos pueden situarse en la primera plataforma, debiendo estar próximos del local de control, cerca del cuadro eléctrico principal y todos los controles de máquinas.

El local de depuradoras (o purificadoras) se suele disponer dentro de la cámara de máquinas, separado el espacio por una puerta estanca. En este buque, las depuradoras se encuentran a proa de los motores principales, y rodeadas por los módulos de

combustible y planta séptica (de popa) a babor y el taller de máquinas a estribor. Aunque lo usual es que los pañoles y talleres estén situados en plataformas más altas, como el taller del electricista que se encuentra situado encima del taller de máquinas. Otros locales de maquinaria, como el del servomotor o las bombas hidráulicas (responsabilidad de cubierta), no ofrecen grandes dificultades, ya que siempre suelen ser la maquinaria más a popa de toda la sala de máquinas, y por tanto del buque.

- Espacios de los Tanques de consumos

Los tanques están ubicados en la primera línea de longitudinales sobre las vagras. Estos tanques de consumo suelen estar dispuestos en las zonas más cercanas a la cámara de máquinas y de alojamientos, a excepción de los tanques de almacén de combustible de los motores principales. Una vez definidas las cantidades necesarias de cada líquido, para establecer los volúmenes, bastará con conocer la densidad. Sin olvidar que, para el volumen neto, existe un descuento por hierros para todos los tanques, así como la expansión por gases para los tanques de combustible y aceite.

La distribución de los tanques a largo de la sala de máquinas se representa en la siguiente imagen 51:

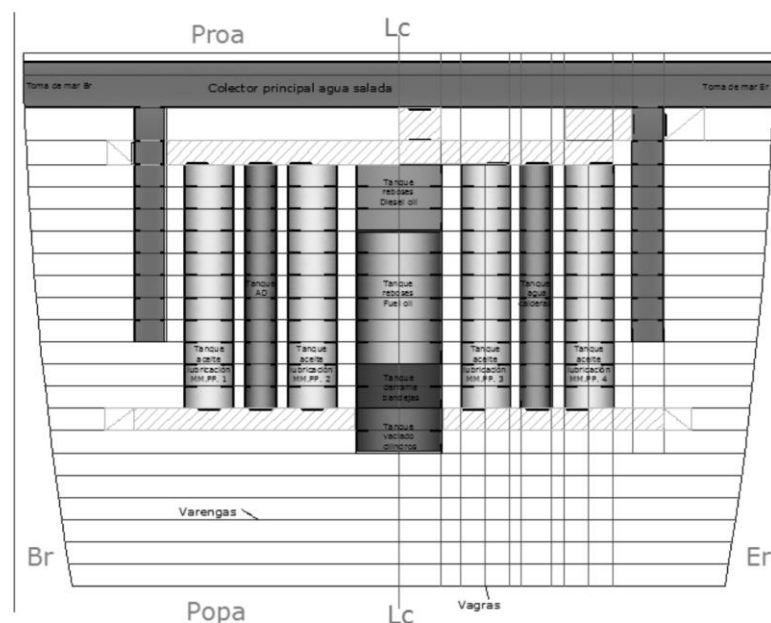


Imagen 51: Distribución tanques en la s.m. Elaboración propia AutoCad.

Como se muestra en la imagen, el colector tanque de agua salada se extiende de babor a estribor a proa de la sala y está conectado al mar por tres tinas de mar, una

a estribor, otra a babor y otra de fondo. Este colector tiene dos ramificaciones, una a cada lado de la sala, de las que aspiran directamente las bombas que utilizan agua salada.

Sobre este colector se disponen las bombas de agua salada, sin embargo, vienen por una conducción DN 600 que actúa de colector para suministrar agua a dichas bombas. Sobre la línea de crujía se encuentran cuatro tanques, de derrames de diesel oíl, derrames de fuel oíl, derrame de bandejas y por último de vaciado de cilindros. Para acceder a ellos se hace mediante una tapa de registro situada en la parte superior de cada tanque, ya que no existe acceso lateral, mientras que para el resto de los tanques sólo se puede acceder mediante acceso lateral.

También se observan 4 tanques de aceite de lubricación de motores principales, uno para cada motor, encontrándose ubicados debajo de éstos.

En último lugar, existen dos tanques más, el tanque de agua destilada, que se encuentra ubicado a babor entre los tanques de aceite de lubricación de los motores principales 1 y 2, mientras que el otro tanque, tanque de agua de calderas, se encuentra ubicado entre los tanques de aceite de lubricación de los motores principales 3 y 4.

Los tanques de almacén del fuel oíl para los motores principales se suelen disponer en el doble fondo, teniendo el proyectista dos opciones:

La opción más barata se trata de disponerlos lo más cerca posible de la cámara de máquinas, ahorra en longitudes de tuberías. Mientras que la solución más idónea, y costosa, que permite mejorar la estabilidad en las diferentes situaciones de carga consiste en situar el conjunto de estos tanques lo más próximo a la sección maestra. Es por tanto que, se aproa la gravedad y se reduce la necesidad de lastrar durante la navegación, compensando el cambio de momento estático longitudinal. Sin embargo, es frecuente que en la práctica se adopte una solución intermedia.

La capacidad de los tanques almacén se determina según la autonomía del buque, dada por la siguiente relación:

$$Autonomía = \frac{p \cdot V_{combustible} \cdot V_b}{P \cdot C_e + P_a \cdot C_{ea} + P_c \cdot C_{ea}}$$

Donde:

V_B : velocidad de servicio del buque

P: potencia del motor principal en servicio

P_a : Potencia de los motores auxiliares si consumen del mismo combustible que los MMPP.

P_c : potencia de la caldera auxiliar, si existe

C_e : consumo específico de los MMPP

C_{ea} : consumo específico de los MMAA

C_{ea} : consumo específico de la caldera auxiliar

p: densidad del combustible

Teniendo en cuenta la siguiente relación:

$$V_{combustible} = V_{Tk.Alimentación} + V_{Tk.Sedimentación} + V_{Tk.ServicioDiario} + V_{Tk.Reboses} + V_{Tuberias}$$

En la cámara de máquinas de disponen los tanques de sedimentación y servicio diario, cuya capacidad se calcula a partir del consumo específico del motor, obteniéndose las necesidades de consumo para 24 horas que definen el volumen de los tanques de servicio diario. Los tanques de sedimentación de fuel oil son ligeramente más grandes, entorno al 10%, que los de servicio diario.

Los tanques de derrames, reboses y de lodos se encuentran situados en el doble fondo, bajo la cámara de máquinas.

Respecto a este buque, cuenta con dos tanques de servicio diario para combustible pesado (HFO), según el Reglamento SOLAS. La capacidad mínima de los tanques de servicio diario puede garantizar suministro de combustible al menos durante 8 horas de funcionamiento de la planta propulsora a su potencia nominal, y asimismo de los grupos generadores de potencia normal en servicio. El tanque y las bombas están instaladas de forma que se consiga una presión estática de entre 0.3 y 0.5 bar, es la aspiración de éstas. Este tanque se encuentra situado por encima de las bombas y

del motor.

Respecto a los tanques de servicio diario para combustible ligero (MDO), están dimensionados de forma que garanticen el suministro de combustible durante al menos 12-14 horas de funcionamiento de la planta propulsora.

En lo que se trata del agua dulce, existen tres tipos de utilización de agua dulce a bordo que son:

- Agua dulce para los servicios de refrigeración
- Agua de servicios sanitarios, como es el agua potable.
- Agua de alimentación de calderas.

Actualmente, debido a la facilidad de generar agua dulce a bordo (que se tratará posteriormente en profundidad), se ha disminuido el rigor en la distinción anterior, por lo que se usa la misma agua dulce para cualquier servicio. Siendo su mantenimiento en tres tipos de tanques, cuyos volúmenes aproximados son los siguientes:

- Tanque de agua dulce para los servicios de refrigeración: aproximadamente 2 a 5 veces la capacidad del circuito.
- Tanque de alimentación de calderas: aproximadamente de 2 a 3 veces la capacidad de las calderas.
- Tanque de agua de servicios sanitarios: es calculado en función de un consumo de entre 125 y 200 litros por persona y día.

En el Ciudad de Granada, la capacidad que alberga de agua dulce el buque es de 420,8 m³.

Los tres tipos de tanques están dispuestos cerca de la cámara de máquinas y de los alojamientos, reduciendo así longitud de tubería.

Todas aquellas zonas inservibles para otro uso son utilizadas como tanques de lastre, no refiriéndose a los espacios sobrantes sino a los espacios que deben ser tenidos muy en cuenta a la hora de definir las necesidades globales del volumen del buque.

Debido a la legislación medioambiental actual, se impide la utilización de tanques de uso mixto, es decir, combustible o carga y lastre.

1.7 DIMENSIONES Y CAPACIDAD DE LOS TANQUES

En este apartado se muestran las dimensiones y capacidades de cada uno de los tanques que componen la sala de máquinas, como los mencionados anteriormente.

- Tanque de agua destilada:

En la imagen 53 se ven las dimensiones que presenta el tanque de agua destilada, por lo que podemos hallar el volumen total del tanque de la siguiente manera:

Largo: 8250 mm Ancho: 1000 mm Alto: 1400 mm

$$\text{Volumen tanque} = \text{Largo} \times \text{Ancho} \times \text{Alto}$$

$$\text{Vol} = 8250 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} \times 1400 \text{ mm} = 11,5 \times 10^9 \text{ mm}^3$$

$$\text{Vol} = 11,5 \times 10^9 \text{ mm}^3 = 11,5 \text{ m}^3 = 11500 \text{ l}$$

Sin embargo, este resultado que se ha obtenido no es real ya que se le deben realizar las correcciones correspondientes al paso de las varengas, para ello se debe restar el espacio ocupado por cada una de las varengas dentro del tanque de agua destilada:

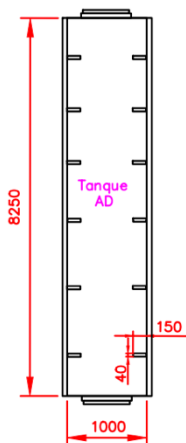


Imagen 52: Dimensiones Tanque agua destilada. Elaboración propia.

$$\text{Volumen varenga}$$

$$= (\text{Alto} \times \text{Ancho} \times \text{Espesor})_{\text{varenga}}$$

$$- ((\text{Vol. groera} \times 2) + \text{Vol. paso hombre})$$

$$\begin{aligned} \text{Volumen groera} &= (\text{Alto} \times \text{Ancho} \times \text{Espesor})_{\text{varenga}} \times \text{Espesor} \\ &= \frac{0,099^2 \text{ m} \times \pi \times 45^\circ}{360^\circ} \times 0,04 \text{ m} = 0,00016 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol. paso hombre} &= (\pi \times r^2 \times \text{esp}) + (\text{base} \times \text{altura} \times \text{esp}) \\ &= (\pi \times 0,225^2 \text{ m} \times 0,04 \text{ m}) + (0,45 \text{ m} \times 0,25 \text{ m} \times 0,04 \text{ m}) \\ &= \text{Vol. paso hombre} = 0,01086 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volumen varenga

$$\begin{aligned} &= (1,4 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,04 \text{ m})_{\text{varenga}} \\ &- ((1,6 * 10^{-4} \text{ m}^3 \times 2) + 1,086 * 10^{-2} \text{ m}^3) = 0,056 \text{ m}^3 - 0,011 \text{ m}^3 \\ &= 0,045 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol. tanque} &= (\text{Ancho} \times \text{Largo} \times \text{Alto})_{\text{tanque}} \\ &- (\text{Volumen varenga} \times n^\circ \text{ varengas}) \\ &= 11,5 \text{ m}^3 - (0,045 \text{ m}^3 \times 10) = 11,05 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volumen tanque}_{\text{agua destilada}} = 11,05 \text{ m}^3 = 11050 \text{ l}$$

- Tanque de agua de calderas:

Este tanque es idéntico al tanque de agua destilada por lo que su capacidad también será la misma:

$$\text{Volumen tanque}_{\text{aguas calderas}} = 11,05 \text{ m}^3 = 11050 \text{ l}$$

- Tanque de aceite de lubricación de los MM.PP:

Como se ha explicado anteriormente, hay 4 tanques de aceite de lubricación para los motores principales, y cada uno está reforzado en su zona central por una vagra, por lo que se debe tener en cuenta el espacio de varengas y seguir los mismos pasos que en los casos anteriores:

Dimensiones:

Ancho: 8250 mm

Largo: 1600 mm

Alto: 1400 mm

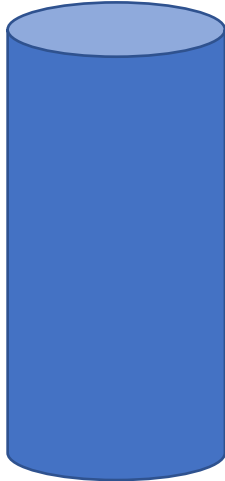


Imagen 53: Dimensiones Tanque aceite lubric. MM.PP. Elaboración propia.

$$\begin{aligned} Vol. tanque &= (Ancho \times Largo \times Alto)_{tanque} \\ &= 8250 \text{ mm} \times 1600 \text{ mm} \times 1400 \text{ mm} \\ &= 18,5 \times 10^9 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$Vol. tanque = 18500 \text{ l}$$

$$\begin{aligned} &Volumen varenga \\ &= (Alto \times Ancho \times Espesor)_{varenga} \\ &- ((Vol. groera \times 2) + Vol. paso hombre) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Volumen groera &= (Alto \times Ancho \times Espesor)_{varenga} \times Espesor \\ &= \frac{0,099^2 \text{ m} \times \pi \times 45^\circ}{360^\circ} \times 0,04 \text{ m} = 0,00016 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vol. paso hombre &= (\pi \times r^2 \times esp) + (base \times altura \times esp) \\ &= (\pi \times 0,225^2 \text{ m} \times 0,04 \text{ m}) \\ &+ (0,45 \text{ m} \times 0,25 \text{ m} \times 0,04 \text{ m}) = Vol. paso hombre \\ &= 0,01086 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volumen varenga

$$\begin{aligned}
 &= (1,4 \text{ m} \times 0,78 \text{ m} \times 0,04 \text{ m})_{varenga} \\
 &- ((1,6 * 10^{-4} \text{ m}^3 \times 2) + 1,086 * 10^{-2} \text{ m}^3) \\
 &= 0,044 \text{ m}^3 - 0,011 \text{ m}^3 = 0,033 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Vol. tanque = (Ancho x Largo x Alto) tanque

$$\begin{aligned}
 &- (\text{Volumen varenga} \times n^{\circ} \text{ varengas}) \\
 &= 18,5 \text{ m}^3 - (0,033 \text{ m}^3 \times 10) = 17,84 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Volumen tanque}_{\text{aceite lubricación MM.PP}} = 17,84 \text{ m}^3 = 17840 \text{ l}$$

Sin embargo, hay que restar el efecto de la vagra de refuerzo para obtener la capacidad final del tanque. En este caso se toma A=710 mm.

Vol. vagra = (Ancho x Largo x Alto) tanque

$$\begin{aligned}
 &= (1,4 \text{ m} \times 0,71 \text{ m} \times 0,04 \text{ m}) \\
 &- ((1,6 * 10^{-4} \text{ m}^3 \times 2) + 1,086 * 10^{-2} \text{ m}^3) = 0,028 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volumen tanque}_{\text{aceite lubricación MM.PP}} &= 17,84 \text{ m}^3 - (0,028 \text{ m}^3 \times 11) \\
 &= 17,53 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Volumen tanque}_{\text{aceite lubricación MM.PP}} = 17,53 \text{ m}^3 = 17530 \text{ l}$$

- Tanque de reboses de Diesel Oil:

Para el cálculo de este tanque ocurre lo mismo que en los anteriores, por lo que siguiendo las fórmulas:

Ancho: 2217 mm

Largo: 2800 mm

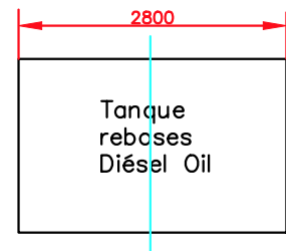
Alto: 1400 mm

Imagen 54: Dimensiones Tanque de reboses D.O. Elaboración propia.

Vol. tanque = (Ancho x Largo x Alto) tanque

$$= 2217 \text{ mm} \times 2800 \text{ mm} \times 1400 \text{ mm}$$

$$= 8,69 \times 10^9 \text{ mm}^3 \text{ Vol. tanque} = 8690 \text{ l}$$



Volumen varenga

$$= (1,4 \text{ m} \times 1,35 \text{ m} \times 0,04 \text{ m})_{varenga} \\ - ((1,6 * 10^{-4} \text{ m}^3 \times 2) + 1,086 * 10^{-2} \text{ m}^3)$$

$$Volumen varenga = 0,076 \text{ m}^3 - 0,011 \text{ m}^3 = 0,065 \text{ m}^3$$

Vol. tanque = (Ancho x Largo x Alto) tanque

– (Volumen varenga x nº varengas)

$$= 8,69 \text{ m}^3 - ((0,065 \text{ m}^3 \times 2) \times 2) = 8,43 \text{ m}^3 = 8430 \text{ l}$$

En este caso, A =710 mm, de manera que:

Vol. vagra = (Ancho x Largo x Alto) tanque

$$= (1,4 \text{ m} \times 0,71 \text{ m} \times 0,1 \text{ m})$$

$$- ((1,6 * 10^{-4} \text{ m}^3 \times 2) + 1,086 * 10^{-2} \text{ m}^3) = 0,0884 \text{ m}^3$$

Vol. tanque = (Ancho x Largo x Alto) tanque

– (Volumen varenga x nº varengas)

$$= 8,43 \text{ m}^3 - ((0,0884 \text{ m}^3 \times 2) \times 2) = 8,17 \text{ m}^3 = 8170 \text{ l}$$

- Tanque de reboses de Fuel Oil:

Con este tanque ocurre lo mismo, por lo que:

Alto: 1400 mm

Ancho: 4450 mm

Largo: 2800 mm

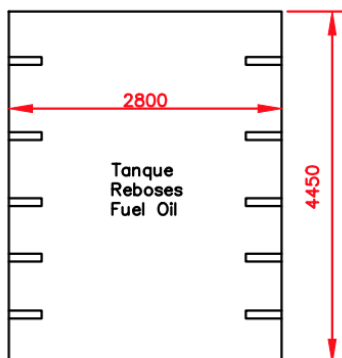


Imagen 55: Dimensiones tanque reboses F.O.

Elaboración propia.

$$\begin{aligned}
Vol. \text{tanque} &= (Ancho \times Largo \times Alto)_{\text{tanque}} \\
&= 4450 \text{ mm} \times 2800 \text{ mm} \times 1400 \text{ mm} \\
&= 17,44 \times 10^9 \text{ mm}^3 \quad Vol. \text{tanque} = 17440 \text{ l}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Volumen \text{varenga} &= (1,4 \text{ m} \times 1,35 \text{ m} \times 0,04 \text{ m})_{\text{varenga}} \\
&\quad - ((1,6 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \times 2) + 1,086 \times 10^{-2} \text{ m}^3) \\
Volumen \text{varenga} &= 0,076 \text{ m}^3 - 0,011 \text{ m}^3 = 0,065 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

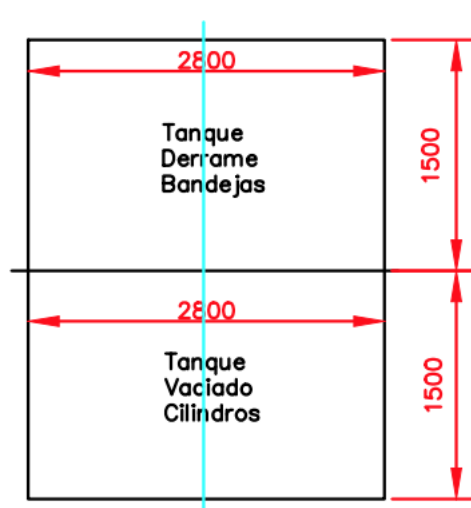
$$\begin{aligned}
Vol. \text{tanque} &= (Ancho \times Largo \times Alto)_{\text{tanque}} \\
&\quad - (Volumen \text{varenga} \times n^{\circ} \text{varengas}) \\
&= 17,44 \text{ m}^3 - ((0,065 \text{ m}^3 \times 2) \times 2) = 16,79 \text{ m}^3 \\
&= 16790 \text{ l}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Vol. \text{vagra} &= (Ancho \times Largo \times Alto)_{\text{tanque}} \\
&= (1,4 \text{ m} \times 0,71 \text{ m} \times 0,1 \text{ m}) \\
&\quad - ((1,6 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \times 2) + 1,086 \times 10^{-2} \text{ m}^3) = 0,0884 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Vol. \text{tanque} &= (Ancho \times Largo \times Alto)_{\text{tanque}} \\
&\quad - (Volumen \text{varenga} \times n^{\circ} \text{varengas}) \\
&= 16,74 \text{ m}^3 - ((0,0884 \text{ m}^3 \times 6)) = 16,26 \text{ m}^3 \\
Volumen \text{tanque}_{\text{reboses fuel oil}} &= 16,26 \text{ m}^3 = 16269 \text{ l}
\end{aligned}$$

- Tanque derrame de bandejas y tanque de vaciado de cilindros:

Estos dos tanques, aunque tengan diferente función, ya que el tanque derrame de bandejas trata de recoger las fugas o derrames que haya en los equipos que contengan combustible y aceite, mientras que el tanque vaciado de cilindros tiene la misión de recoger el agua de refrigeración que está dentro del motor principal, les ocurre lo mismo que en los casos anteriores, ya que disponen de un refuerzo, aun así se calculan los dos tanques de manera simultánea ya que son de idéntico tamaño:



Ancho: 1500 mm

Alto: 1400 mm

Largo: 2800 mm

Imagen 56: Dimensiones Tanques derrame bandejas y vaciado de cilindros. Elaboración propia.

$$\begin{aligned}
 Vol. \text{ tanque} &= (\text{Ancho} \times \text{Largo} \times \text{Alto})_{\text{tanque}} \\
 &= 1500 \text{ mm} \times 2800 \text{ mm} \times 1400 \text{ mm} \\
 &= 5,88 \times 10^9 \text{ mm}^3 \quad Vol. \text{ tanque} = 5880 \text{ l}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Volumen varenga} \\
 &= (1,4 \text{ m} \times 1,35 \text{ m} \times 0,04 \text{ m})_{\text{varenga}} \\
 &- ((1,6 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \times 2) + 1,086 \times 10^{-2} \text{ m}^3) = 0,065 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Vol. \text{ tanque} &= (\text{Ancho} \times \text{Largo} \times \text{Alto})_{\text{tanque}} \\
 &- (\text{Volumen varenga} \times n^{\circ} \text{ varengas}) \\
 &= 5,88 \text{ m}^3 - ((0,065 \text{ m}^3 \times 1) \times 2) = 5,75 \text{ m}^3 = 5750 \text{ l}
 \end{aligned}$$

A continuación, se obtiene el espacio ocupado por las vagras, que será mayor ya que su espesor también lo es:

$$\begin{aligned}
 Vol. \text{ tanque} &= (\text{Ancho} \times \text{Largo} \times \text{Alto})_{\text{tanque}} \\
 &- (\text{Volumen varenga} \times n^{\circ} \text{ varengas}) \\
 &= 5,75 \text{ m}^3 - ((0,0884 \text{ m}^3 \times 2)) = 5,57 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Volumen tanque}_{\text{derrame y cilindros}} = 5,75 \text{ m}^3 = 5570 \text{ l}$$

1.8 DISPOSICIÓN DE LA SALA DE MÁQUINAS DEL BUQUE

Teniendo en cuenta todas las indicaciones anteriores a cerca de la disposición y dimensionamiento de los elementos que componen la sala de máquinas, a continuación, se muestra, de un buque mercante como es el Buque Ciudad de Granada, el reparto de la sala de máquinas y locales de proa, separados en doce locales.

Respecto a la cubierta 1:

- Local generadores de cola:
 - 2 Generadores de cola
 - Separador de Sentinas
 - Equipo de aire acondicionado de la sala de control
 - 2 transformadores
 - 1 Bomba alternativa de Achique de Sentinas
 - 1 Bomba centrífuga de Achique de Sentinas
 - 2 Unidades LIPS
 - Control de la Bomba de Lodos
 - 2 Tanque de Decantación de Bocina

- Local de depuradoras:
 - 2 Módulos de combustible
 - 4 Depuradoras de aceite de MMPP
 - 2 Depuradoras de aceite de MMAA
 - 3 Depuradoras de Fuel Oil
 - 1 Depuradora de Gas Oil
 - 2 Bombas de alimentación de combustible a la caldera
 - 1 Bomba de trasiego FO
 - 1 Bomba de trasiego DO
 - Piano de válvulas para trasiego de combustible

- Locales de estabilizadores:

Estos locales se encuentran a estribor y babor en la cubierta 1, dejando en el centro el local anterior, depuradoras:

- Subsistema hidráulico
- Subsistema de aleta
- Sistema de lubricación
- Pañol de tripulación de la máquina (estribor)
- Pañol de pintura de máquina (estribor)
- Pañol de filtros (babor)

- Local del Taller mecánico:

Se encuentra a estribor de depuradoras y cuenta con:

- 1 Torno
- Piedra de esmeril
- Taladro
- Máquina de soldar
- Unidad de limpieza de platos de depuradoras
- Bomba y plataformas para tarar inyector
- Taquillas de repuestos
- Acceso a Taller eléctrico y Transformador (subiendo a la cubierta 2)

- Local Planta Séptica:

Existen dos locales para la Planta Séptica, una se encuentra totalmente a proa del buque, y la otra toma el apellido de Cámara de Máquinas.

- Planta de tratamiento de aguas
- 6 Grupos de bomba-eyectores de vacío
- 2 Soplates
- Tanque de hipoclorito sódico para aguas negras
- Tanque de antiespumante para aguas grises
- 2 Bombas dosificadoras (1 para cada tanque)

- Local MMPP:

Se consideran dos locales dispuestos para los Motores Principales. Éste se encuentra previo al acceso al local de depuradoras, contando con:

- 4 MMPP
- 2 Calderas
- 2 Unidades de filtrado y separador de aire de combustible de caldera
- 2 Reductoras
- 5 Bombas de Agua Salada MMPP
- 2 Bombas de Agua Salada MMAA
- 4 Bombas de prelubricación de aceite de MMPP
- 4 Bombas de Combustible MMPP
- 2 Bombas de aceite para Reductora Babor
- 2 Bombas aceite para Reductora Estribor
- 2 Unidades precalentamiento Agua Dulce MMPP
- 1 Unidad precalentamiento Agua Dulce MMAA
- 1 Bomba alternativa de Achique de Sentinas
- 1 Bomba centrífuga de Achique de Sentinas
- 2 Bombas de Lastre
- 1 Bomba de Trimado Interling
- 1 Bomba Agua Salada del Evaporador (Generador de AD)
- 2 Bombas Condensador Gambuza
- 1 Bomba de Baldeo CI
- 1 Bomba CI
- 1 Bomba presurización línea CI
- 1 Tanque Hidróforo Sprinklers
- 3 Bombas de alimentación de la caldera
- 3 Bombas de condensador sobrante
- 3 Bombas de circulación de caldera (economizadores)
- 3 Bombas de Agua Salada para condensados del AA/CC
- 2 Bombas de Agua Destilada
- 1 Tanque Hidróforo de Agua Destilada
- 1 Bomba de alimentación del Tanque cisterna

- Local Proa:

Al igual que con el local de los MMPP, se dividen en dos locales debido a su disposición en diferentes cubiertas. Éste se encuentra como su denominación indica, a proa del buque. Dispone de:

- Interling (Sistema de adrizamiento del buque durante la carga y descarga)
- 1 Bomba achique del Tanque de Imbornales
- 1 Bomba Sprinklers (Rociadores camarotes)
- 1 Bomba CI y Baldeo
- 2 Bombas rociadoras de Garaje
- 2 Bombas de Achique de Sentinas de la Bodega de Mercancías Peligrosas
- 1 Bomba de Alimentación de Agua Salada de Osmosis

Respecto a la disposición de la cubierta 2:

- Local del Servomotor:

Este local, como se ha mencionado anteriormente, es usual que sea el local más a popa de todo el buque, como es este caso. Consta de:

- 2 Unidades Servomotor
- Tanque de aceite Servomotor

- Local Maquinaria Frigorífica de Aire Acondicionado (AA/CC):

Se dispone a popa del control de máquinas, y cuenta con:

- 3 Unidades Enfriadoras de agua
- 3 Grupos de motobombas para la circulación de agua en circuito cerrado
- 1 Tanque Hidróforo
- 1 Intercambiador de calor vapor/agua para calefacción

- Local MMAA:

Este local se dispone a la salida (BR) del control de máquinas, dónde se encuentra:

- 3 MMAA
- 3 Bombas de prelubricación de aceite de MMAA
- 3 Bombas de Combustible MMAA
- 2 Compresores de aire de MMPP
- 1 Compresor de aire de trabajo
- 1 Compresor de aire para limpieza sónica
- 2 Botellas de aire MMPP
- 2 Botellas de aire MMAA
- 1 Botella de aire de trabajo
- 1 Botella de aire de limpieza sónica

- Local MMPP (2):

El segundo local de los Motores Principales, se encuentra a proa del local de los MMAA, y dispone de:

- Generador de Agua Dulce
- 4 Termostáticas de los MMPP
- Enfriadores de aceite de los MMPP
- Tanque cisterna
- Tanque de observación y purgas
- 3 Bombas de Agua Dulce de Refrigeración MMPP
- 3 Bombas de Agua Dulce de Refrigeración MMAA
- Enfriadores de Agua Dulce de Refrigeración MMPP
- Enfriadores de Agua Dulce de Refrigeración MMAA
- 1 Compresor de Aire de Control
- 1 Botella de Aire de Control
- 2 Filtros secadores de Aire
- 4 Filtros de combustible MMPP

- Local Proa (cubierta 2):

- Generador de Agua Sanitaria (Osmosis)
- 2 Tanques Hidróforos de Agua Sanitaria
- 3 Bombas de Agua Sanitaria Fría
- 2 Calentadores de Agua Sanitaria
- 2 Bombas de Agua Sanitaria Caliente
- 1 Tanque de Presurización de Agua de los Sprinklers.

Toda esta disposición da lugar a una vista cenital de la sala de máquinas como se muestra en la siguiente imagen:

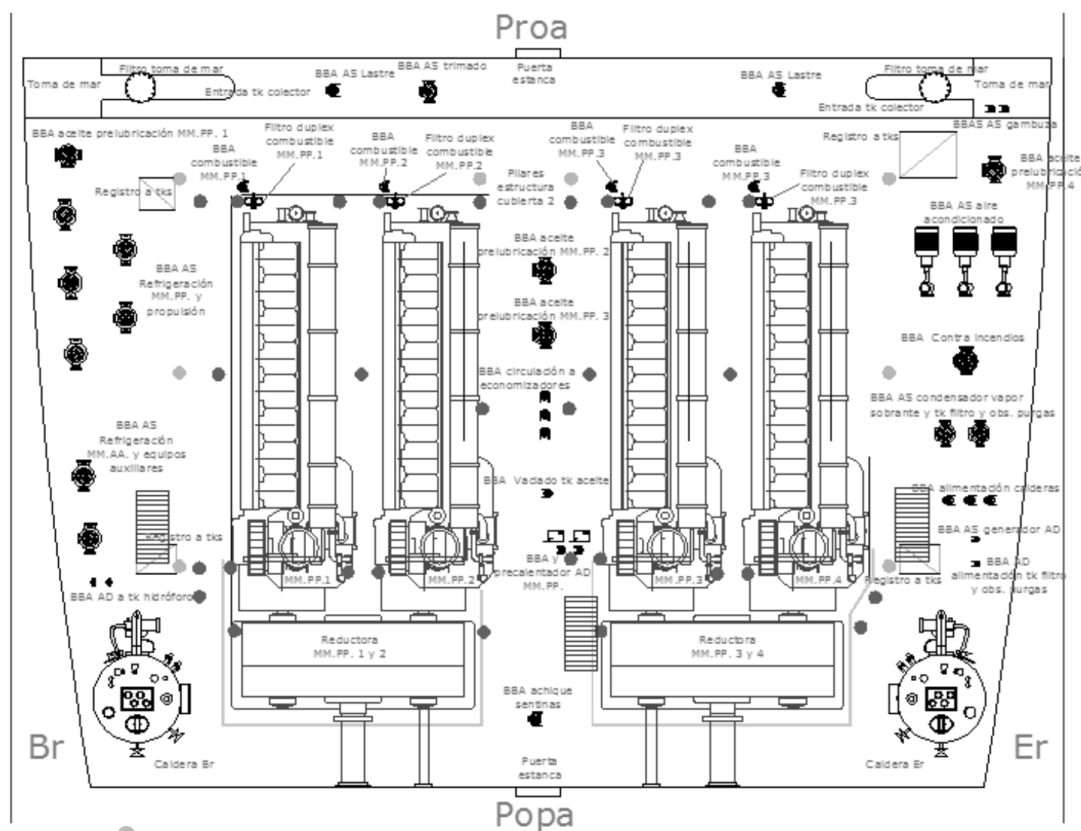


Imagen 57: Vista general de la disposición de la sala de máquinas. Fuente: Eduardo Ramos, 2013.

2. SISTEMAS BÁSICOS DEL BUQUE

2.1 SISTEMA DE COMBUSTIBLE:

Este sistema tiene como misión proveer el combustible a los motores principales (MMPP) en las condiciones requeridas, como a los motores auxiliares (MMAA), que utilizan el mismo combustible, por lo que el sistema es el mismo para ambos.

Las características básicas del sistema vienen definidas por la autonomía, los usos y las especificaciones de los elementos, siendo los objetivos principales del diseño asegurar un adecuado servicio y el menor consumo energético posible.

El Fuel Oil no puede ser directamente utilizado por el motor, requiere un proceso previo de calentamiento, sedimentación, purificación y separación. Este sistema viene representado en el Plano "Servicio de trasiego y purificación de combustible" ubicado en el punto 6 (Anexos/Planos).

Como se ha mencionado anteriormente, el volumen total de combustible se calcula mediante la fórmula:

$$V_{\text{combustible}} = V_{\text{TK.Alimentación}} + V_{\text{TK.Sedimentación}} + V_{\text{TK.ServicioDiario}} + V_{\text{TK.Reboses}} + V_{\text{Tuberías}}$$

Igual que antes, el volumen de combustible necesario se calcula a partir de la autonomía especificada:

$$\text{Autonomía} = \frac{\rho \times V_{\text{combustible}} \times V_B}{P \times C_e + P_a \times C_{ea} + P_c \times C_{ec}}$$

El volumen del tanque de sedimentación se dimensiona como un 15% más del consumo de 24 horas de los MMPP, por lo que:

$$V_{\text{TK.Sedimentación}} = 1.15 \times 24 \text{ h} \times \frac{P \times C_e}{\rho}$$

más del consumo de 8 o 24 horas de los MMPP:

$$V_{\text{TK.ServicioDiario}} = 1.10 \times 8 \text{ h} \times \frac{P \times C_e}{\rho}$$

Para el volumen del tanque de reboses es calculado, aproximadamente, de manera similar al de servicio diario (o 1 hora de consumo de los motores principales si el volumen es excesivo).

El volumen del tanque almacén se calcula como la diferencia entre el volumen total y el del resto de tanques.

$$V_{TK.Lastre} = V_{Total} - V_{TK.Alimentación} - V_{TK.Sedimentación} - V_{TK.ServicioDiario} - V_{TK.Reboses}$$

Como se ha mencionado anteriormente, el Fuel Oil necesita de un proceso previo de calentamiento antes de ser inyectado. Por ello, las temperaturas de funcionamiento del sistema están definidas por las especificaciones de los elementos (depuradora e inyección), las características del combustible y el requisito de mínimo consumo energético.

Los valores de temperaturas más habituales son:

- $T_{TK. ALMACÉN}$ = alrededor de 40-47 °C (como mínimo para poder bombear)
- $T_{TK.SEDIMENTACIÓN}$ = alrededor de 60°C
- $T_{TK.REBOSES}$ = alrededor de 45-60°C
- $T_{TK.SERVICIODIARIO}$ = alrededor de 90°C
- $T_{INYECCIÓN}$ = alrededor de 110°C

Para las depuradoras, se requiere que el combustible esté entre 80 °y 100°C, por ello se suele disponer de un sistema de calentamiento adicional en su alimentación.

La elección de las temperaturas de los tanques debe hacerse para asegurar el mínimo consumo energético posible.

Como se ha comentado anteriormente, el combustible deberá ser limpio y con la adecuada temperatura y presión, ya que es de suma importancia que esté libre de partículas y de agua, debido a los posibles daños por corrosión que ocasiona un centrifugado pobre del combustible al motor y un elevado contenido de agua que puede asimismo dañar el resto de los equipos del sistema de alimentación.

En este sistema, existe un subsistema de trasiego, ya que al trabajar con combustible pesado hay instalados serpentines de calefacción de los tanques almacén, de forma que se pueda mantener una temperatura de 40-50°C, que permita bombear el combustible al tanque de sedimentación. El sistema de tratamiento de combustible deberá consistir en un tanque de sedimentación y depuradoras.

En lo referido al tanque de sedimentación para el combustible, está dimensionado de manera que cuando esté lleno (al máximo), dé un suministro de combustible durante las 24 horas de funcionamiento mencionadas anteriormente. A fin de asegurar una temperatura constante en la depuradora, se deberá mantener una temperatura constante (50-70°C) en el tanque de sedimentación.

2.2 SISTEMA ELÉCTRICO

Este es el sistema más importante de todo el buque, incluso por encima del sistema de propulsión, sin este sistema el buque no podría funcionar bajo ningún concepto. El sistema eléctrico es el encargado de generar, regular y suministrar la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de los diferentes equipos de los sistemas que componen el buque. Al sistema eléctrico, también se relaciona con el concepto de planta, como el conjunto principal que sustenta el resto de los subsistemas.

Las necesidades de energía eléctrica son muy dependientes de la situación de operación y por ello el dimensionamiento del sistema requiere la realización de un balance eléctrico. Este balance se basa en la estimación del consumo eléctrico medio en cada situación de operación.

BALANCE ELÉCTRICO

Para realizar el balance eléctrico se deben de seguir una serie de criterios:

- Se definen las diferentes situaciones de operación del barco, como son la navegación, maniobra de atraque, puerto, carga...
- Se asignan factores de utilización para cada situación y unidad.
- Se listan los consumidores eléctricos en una tabla, indicando el número de unidades instaladas y su potencia máxima.
- Se determina el consumo medio en cada condición, siendo la suma de

los consumos medios de cada unidad.

- Se asigna un margen de seguridad de consumo medio en cada situación
- Se calcula el número y capacidad de los generadores eléctricos y baterías, de manera que puedan servir todos los consumos en cada situación, que el sistema de generación/almacenamiento tenga la flexibilidad suficiente como para atender todas las situaciones funcionando al máximo rendimiento posible y que el coste de la instalación y mantenimiento del sistema sea el mínimo posible.

Los elementos principales que componen la planta en el buque Ciudad de Granada son los siguientes:

- 3 Motores auxiliares Wärtsila 9L20, diésel, de cuatro tiempos, sobrealimentados y con inyección de combustible. Dichos motores llevan acoplados a la parte de popa unos generadores eléctricos, siendo la potencia nominal de dichos grupos de 1620 kW a 1000 rpm.
- 2 Alternadores de cola acoplados a cada una de las dos reductoras. Son autorregulados sin anillos, ni escobillas, con excitación y regulador “derivador”. Estos alternadores forman parte de la instalación para transformar la energía mecánica proveniente de los motores principales.
- 1 Grupo de Apoyo, motor diésel MAN D 2840 LE, refrigerado por líquido, de 4 tiempos, 12 cilindros con inyección directa de combustible, con sobrealimentación y con refrigerador del aire de carga. Los cilindros están dispuestos en forma de V en 90°.
- 1 Cuadro eléctrico. Este es el cuadro principal donde se encuentran todos los accionamientos principales de los diferentes sistemas energéticos de todo el buque.
- Los consumidores, son todos los equipos y sistemas que para su funcionamiento necesitan de forma inevitable el suministro eléctrico.

2.3 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

A bordo existen diferentes equipos que requieren para su funcionamiento de un servicio de refrigeración, como son la culata, cilindros, turbosoplante, evaporador...

Para ello, el único líquido refrigerante que puede ser utilizado a bordo con disponibilidad inmediata y gratuita es el agua de mar, por lo que su uso es evidente.

Sin embargo, el agua salada es muy corrosiva y su uso directo depende de las especificaciones de PH, sulfato, cloro y dureza del elemento. Por ello, en la mayoría de los casos se instalan circuitos de refrigeración separando el Agua Dulce y el Agua Salada. Aun así, existen consumidores que requieren el agua para una refrigeración de Alta Temperatura (como culata y camisas de los MMPP y MMAA, evaporador...) y otros para Baja Temperatura (aire de admisión, aceite lubricante...) por lo que se necesita instalar dos circuitos cuasi-independientes.

Como primera opción, existe la posibilidad de utilizar el agua, una vez refrigerados los elementos de Baja Temperatura, para el circuito de Alta Temperatura.

Asimismo, debido a la exigencia que presentan los diferentes elementos, el sistema debe ser precalentado, para acercarse a la temperatura de régimen.

Para el diseño, los criterios principales son asegurar un servicio adecuado con el menor coste de instalación y mantenimiento.

Por otro lado, el dimensionamiento del servicio requiere de la realización de un balance energético y de caudales, que debe cumplir con las siguientes condiciones:

- La suma de la energía aportada al circuito de refrigeración debe ser igual al total de la energía aportada al agua de mar.
- La suma neta de los caudales de los tramos que convergen en un nudo del circuito debe ser nula.

Por lo que:

$$\Sigma \text{Caudal} = 0$$

Respecto a cada servicio, se debe de asegurar que el circuito es capaz de refrigerar cada elemento, para ello se debe cumplir la siguiente relación:

$$\text{Caudal} = \frac{P_{\text{refrigeración}}}{\rho * C_{\text{agua}} * (T_{\text{salida}} - T_{\text{entrada}})}$$

Por tanto, el caudal debe ser igual a la relación entre la potencia de refrigeración y el incremento de energía interna del agua.

Existen varios sistemas de refrigeramiento, sin embargo, se distinguen los tres más usuales, el esquema más tradicional, el esquema con circuitos de AD y AS separados, y el esquema de enfriamiento centralizado.

En el primer caso, respecto al esquema más tradicional consiste en un circuito de agua salada que refrigera directamente una serie de consumidores, mientras que el circuito de agua dulce enfría aquellos elementos de mayor compromiso. Los caudales de agua y temperaturas de alimentación necesarios vienen definidos por las especificaciones de los elementos o teniendo en cuenta la fórmula anterior.

Ver Plano “Refrigeración Centralizada MM.PP y Propulsión” en el apartado 6 (Anexos/Planos).

En segundo lugar, el esquema con circuitos separados de Agua Dulce y Agua Salada, donde existe un circuito de agua dulce que refrigera los consumidores cuya alimentación es a menor temperatura, mientras que otro circuito enfría aquellos elementos que presentan mayor temperatura de entrada. Los caudales de agua y temperaturas de alimentación necesarios vienen definidos por las especificaciones de los elementos.

3. LA IMPORTANCIA DE LOS GENERADORES DE AGUA DULCE

Debido a la gran importancia que juega la generación de agua dulce a bordo, se debe escoger un generador de agua dulce que cumpla con las mejores condiciones al menor coste posible. Por ello, se explican, posteriormente, dos tipos de generadores que pretenden cumplir con esos objetivos. Antes de ello, es importante tener claros los conceptos principales relacionados para entender su funcionamiento y objeto.

3.1 Contexto histórico: Antecedentes:

Una de las principales necesidades que presentan los marinos dentro de sus buques navales es el uso de agua dulce potable. Un agua que con el tiempo se ha obtenido a través de diferentes métodos, todos ellos encaminados a la transformación del agua salada (muy abundante) en agua dulce.

Existen registros ya desde la antigüedad sobre conocimientos aportados por autores como Aristóteles, Demócrito o Tales de Mileto a cerca de la destilación de esta agua de mar para obtener agua dulce a través de un evaporador. Sin embargo, hasta la edad moderna en el siglo XVI no se empiezan a desarrollar alambiques básicos para el suministro de agua en casos de emergencia. Hasta entonces el agua se almacenaba y transportaba en las bodegas de los barcos, a través de barriles o toneles.

En el siglo XX (1955) se desarrolló el primer sistema moderno de desalación súbita multietapa (MSF). En 1959, se desarrolla el primer sistema de desalación multietapa (MED). Un año después se fabrica la primera membrana de osmosis inversa, membrana que permitía el paso del agua repeliendo las sales a presiones muy elevadas. Conocido este sistema, después se empezaron a desarrollar tecnologías de desalación siguiendo este principio de osmosis inversa, inaugurándose en 1964 la primera central de desalación, en California. Sin embargo, pese al desarrollo tan elevado de estas tecnologías, no se están implantando de la manera esperada ya que requiere un elevado consumo de energía frente a las potabilizadoras de agua dulce.

3.2 Concepto de desalación:

Se debe entender el concepto de desalación como un proceso por el que el agua de mar, que contiene 35.000 ppm aproximadamente del total de sólidos disueltos

(T.S.D), y las aguas salobres, las cuales contienen entre 5.000 a 10.000 ppm de T.S.D, se convierte en agua dulce apta para el consumo del hombre, uso doméstico y utilización industrial.

El grado de salinidad es variable según el océano del que provenga, sin embargo, las proporciones relativas de los constituyentes principales son las mismas. Los valores asociados a estos constituyentes del agua de mar están calculados a partir de 1 litro de agua, dando lugar a una composición química como se muestra en la siguiente tabla:

Sal	Gramos (g)	Total de sales (%)
Cloruro de sodio	27,213	77,758
Cloruro de magnesio	3,807	10,878
Sulfato de magnesio	1,658	4,737
Sulfato de calcio	1,26	3,6
Sulfato de potasio	0,863	2,465
Carbonato de calcio y trazas de otras sales	0,126	0,345
Bromuro de litio	0,076	0,217
Total	35,003	100

Tabla 7: Constituyentes Agua Salada. Fuente: López, 2015

3.3 PROPIEDADES DEL AGUA SALADA Y PARÁMETROS A CONTROLAR

Las propiedades del agua salada pueden separarse de la siguiente manera:

- Propiedades físicas: diferentes a las del agua dulce debido a que contienen sales disueltas. Dependiendo de la concentración de sales variarán sus propiedades.

- Propiedades térmicas: dependen de la cantidad de radiación absorbida directamente del sol y de la cantidad de esta que se devuelve a la atmósfera. Esta absorción puede ser mayor o menor en función de la latitud. Esta propiedad afecta directamente a la salinidad, densidad y concentración de sales disueltas.
- Propiedades eléctricas: la conductividad eléctrica del agua salada es mucho mayor a la del agua dulce, debido a la concentración elevada de sales. La medición de la conductividad ayuda a determinar la concentración salina.
- Propiedades acústicas: la velocidad de las sondas acústicas es mayor en el agua del mar que en la atmósfera (1 400-1 600 m/s frente a 340 m/s), debido a que el agua del mar absorbe en menor medida estas ondas. Esta velocidad de propagación depende de 3 factores tales como la temperatura, salinidad y presión. Un aumento en estos valores desencadenaría un aumento en la velocidad de propagación.
- Características ópticas: la transparencia se ve afectada a medida que cambia la profundidad y por influencia de diversos factores tales como la turbidez del agua, la capacidad de absorber/dispersar la radiación o las partículas en suspensión.
- Densidad: la densidad del agua salada puede variar dependiendo de la temperatura y de la concentración de sales, siendo su valor medio 1 027 Kg/m³. A mayor temperatura menor densidad, y a mayor concentración de sales, mayor densidad.
- Propiedades químicas:
 - Salinidad: características más importantes del agua salada. Afecta a la mayoría de las propiedades físicas de esta. La composición varía dependiendo del mar/océano en el que se encuentre. Los estudios establecen que la salinidad media del agua salada es de un 3.5 % con ligeras variaciones dependiendo del mar/océano. Factores como la temperatura o la profundidad afectarán a dicha propiedad.

- Clorinidad y pH: la relación entre estos conceptos se define para los distintos mares y océanos en unas tablas que permiten el cálculo de la concentración de sal a partir de esa clorinidad. Estas tablas son las denominadas Tablas Hidrográficas de Knudsen, como se muestra en la imagen 58, donde quedan representados los océanos en función de la profundidad, latitud y pH.

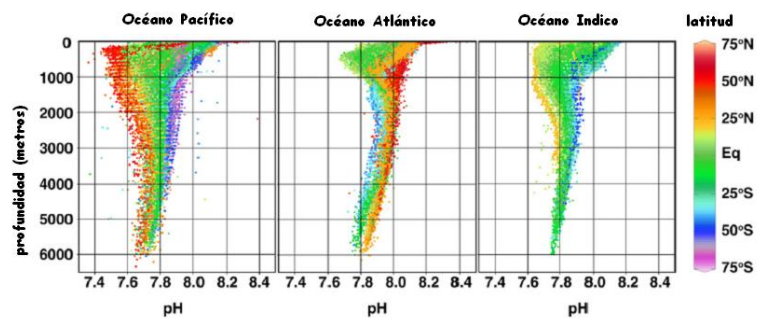


Imagen 58: Tabla Hidrográfica de Knudsen. Fuente: La Química y la Biología Marina.

3.5 TRATAMIENTOS EN LA GENERACIÓN DE AGUA DULCE

Durante el proceso de desalinización es importante tener en cuenta aspectos cruciales como el pretratamiento del agua salada y el postratamiento del agua dulce obtenida, cumpliendo con los estándares requeridos.

Es necesario el tratamiento del agua salada para garantizar el correcto funcionamiento del sistema, pero dependerá del tipo de proceso, que se explican posteriormente, utilizado para generar agua dulce.

Los procesos térmicos requieren poco tratamiento. Estos tratamientos son la filtración, usada para reducir la concentración de materia suspendida en la corriente de alimentación a valores óptimos para la operación, y la desinfección, para disminuir la formación de algas y bioincrustaciones especialmente en partes frías de las unidades.

En los procesos de membrana es esencial la realización de tratamientos previos debidos a la sensibilidad de estas membranas que tienden a ensuciarse con facilidad. El pretratamiento general del agua de alimentación consiste en:

- Desinfección: para disminuir también la formación de algas y bioincrustaciones en las partes más delicadas de la planta, tales como los

filtros y las membranas.

- Filtración: necesaria para disminuir el índice de densidad del sedimento presente en el agua de alimentación, aumentando la vida de la membrana y su mantenimiento.
- Adición de productos químicos: reducen la formación de carbonato cálcico.

Estos tratamientos en plantas de osmosis pueden repercutir en los costes generales del agua. Una vez producida esta agua se debe verificar que sea idónea para el uso. Los postratamientos son necesarios para garantizar el logro de los estándares que se deben obtener como resultado final del producto.

Esa agua que se distribuye requiere de un agente desinfectante con efecto residual para garantizar un agua desinfectada durante su distribución.

3.6 PROCESO Y CLASIFICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE DESALINIZACIÓN

La clasificación de este proceso puede hacerse atendiendo a diferentes criterios, siendo los principales el cambio de fase al tratar el agua, el tipo de energía empleada y el proceso empleado.

En la tabla que se muestra a continuación se puede observar la división de las tecnologías según estos criterios de clasificación.

CLASIFICACIÓN DE LAS PRINCIPALES TÉCNICAS DE DESALINIZACIÓN

Separación	Energía	Proceso	Método
Agua de Sales	Térmica	Evaporación	Destilación Súbita (MSF)
			Destilación Múltiple Efecto (MED)
			Compresión Térmica de Vapor (TVC)
			Destilación Solar (DS)
		Cristalización	Congelación (CO)
			Formación de Hidratos (FH)
		Filtración y Evaporación	Destilación con Membranas (DC)
Sales del Agua	Mecánica	Evaporación	Compresión Mecánica de Vapor (CV)
		Filtración	Ósmosis Inversa (RO)
	Eléctrica	Filtración Selectiva	Electro Diálisis (ED)
	Química	Intercambio	Intercambio Iónico (ITI)

Tabla 8: Clasificación de técnicas de desalinización. Fuente: Área inteligencia de Mercados de Editec.

A continuación, se explican los diferentes métodos:

- Destilación por múltiple efecto (MED):

Este método consiste en hacer pasar el agua por múltiples evaporadores en serie. Este proceso se fundamenta en la alimentación del sistema de vapor procedente de una fuente externa en la primera etapa. En esta etapa es donde el agua salada es pulverizada sobre unos tubos de vapor, produciéndose una evaporación en la cara de estos. A medida que transcurren las etapas, se va disminuyendo la presión, necesitando también menos temperatura para llegar a esa evaporación debido a que se aprovecha el calor de condensación de la etapa anterior para calentar el agua en la siguiente etapa.

El agua de mar que no se evapora o condensa es bombeada hasta la etapa siguiente, donde se volverá a someter al proceso de pulverización sobre los tubos. El vapor obtenido del agua salada en la segunda etapa y posteriores se condensa produciéndose agua dulce.

Aproximadamente, con este proceso se obtiene un 30-40% de agua, dependiendo de algunos factores como son la temperatura de entrada del vapor o la calidad del agua de alimentación. Estas estaciones suelen tener una capacidad de producción de agua potable de entre 600-30 000 m³/día.

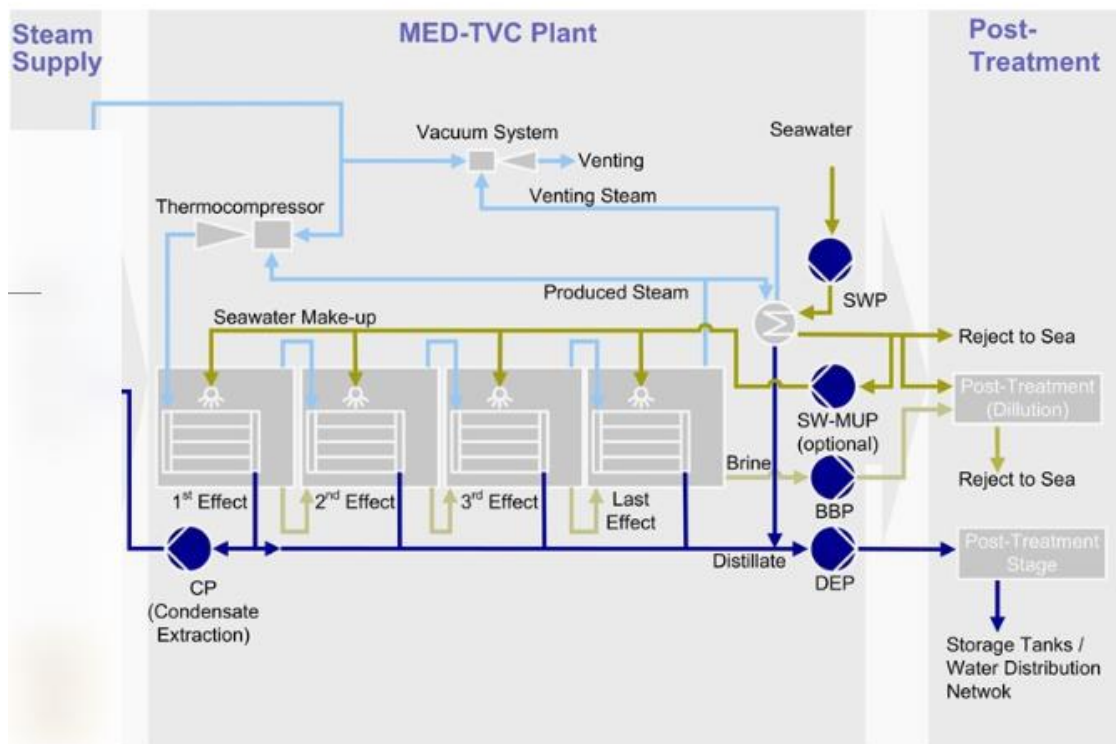


Imagen 59: Desalinización MED. Fuente: Sulzer, España.

- Desalinización mediante evaporación súbita por efecto flash (MSF):

El MSF se basa principalmente en la evaporación y posterior condensación del agua de mar, similar al explicado anteriormente, pero con ciertas diferencias.

En este método la mezcla de alimentación se calienta mediante un intercambiador de calor en el cual es necesario usar una fuente externa que ofrezca ese calor. Esa agua ya calentada se introduce en una cámara a una presión inferior a la presión de saturación, produciéndose una evaporación súbita, cuyo vapor se condensa mediante intercambiadores de calor. Se cede el calor al agua que se ha evaporado y pasa a las siguientes fases de la etapa donde la presión es menor que en la etapa anterior. Esa agua de alimentación se mezcla con el agua de salmuera, produciéndose una mezcla de alimentación cuyo fin sería aumentar la eficiencia del proceso además de reducir el porcentaje de agua rechazada. La capacidad de producción varía entre los 10 000-35 000 m³/día, dependiendo del número de etapas.

Este método se ha convertido en la segunda tecnología con mayor capacidad mundial por detrás de la osmosis inversa.



Imagen 60 : Método MSF. Fuente: Antonio Ros Moreno, 13 de Junio del 2011.

- Desalinización por congelación:

Consiste en el enfriamiento del agua salada bajo condiciones controladas de tal manera que se forman cristales de hielo de agua dulce, los cuales se fundirán y tratarán dando lugar a un agua apta para su uso o consumo.

Es un sistema en el que el consumo energético y la corrosión de las instalaciones son menores respecto al sistema MED, sin embargo, las instalaciones son más complejas debido a los diferentes sistemas de aislamiento adecuados para mantener la temperatura de congelación y los sistemas de extracción de las placas de hielo formadas. Se pueden distinguir dos tipos:

- Congelación por expansión: pulverización del agua en una cámara a una temperatura y presión determinada. Debido a esta baja presión esa agua pulverizada se evapora para después congelarse debido a la baja temperatura. Precisa de la extracción continua del vapor de agua con el fin de mantener vacía esta cámara.
- Congelación mediante refrigerante: congelación del agua mediante un compuesto refrigerante como adyuvante que circula a través de un serpentín alrededor del recipiente donde se encuentra el agua.



Imagen 61: Congelación por expansión. Fuente: ATRIA Innovation.

- Desalinización por compresión de vapor:

Este método se basa en la evaporación del agua mediante el calor generado por la condensación del vapor comprimido. El agua de alimentación circula por un intercambiador de calor para aumentar su temperatura, mezclándose después con parte de la salmuera extraída para aumentar la efectividad del proceso y formar una nueva mezcla de alimentación.

Esta nueva mezcla formada se pulveriza sobre uno de los tubos del condensador, calentándose la mezcla y evaporándose, formando vapor recalentado que es succionado hacia el compresor donde se comprimirá y se convertirá en vapor recalentado. Este vapor formado se conduce por el interior de los tubos del evaporador, cediendo calor a la mezcla de agua formada previamente.

En último lugar, este vapor pasa por el intercambiador cediendo el calor al agua de entrada que se condensa, obteniéndose agua dulce como resultado final.

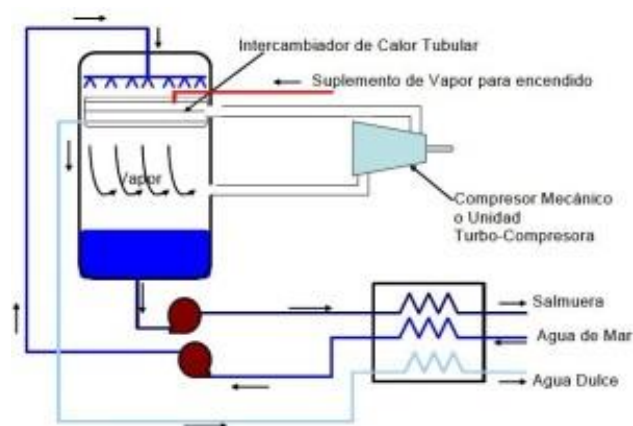


Imagen 62: Desalinización por compresión de vapor. Fuente: Wordpress.com/2014/07/13.

- Desalinización mediante sistemas de electrodiálisis:

Consiste en la disociación del cloruro sódico (NaCl) en sus iones correspondientes, para hacerlos pasar a través de membranas selectivas mediante una corriente eléctrica. Se colocan varios electrodos seguidos en los cuales se les aplica una diferencia de potencial, produciendo una atracción de iones positivos al polo negativo y de iones negativos al polo positivo. Tras la colocación de la membrana selectiva entre ambos se producirá una desalinización paulatina del agua. Esa agua dulce obtenida se extrae y se bombea para ser tratada posteriormente. La capacidad de producción para esta desalinización varía entre 2-145 000 $\text{m}^3/\text{día}$. Las estaciones con membrana tienen un límite más bajo de producción, ya que no es rentable producir bajos volúmenes por el excesivo aporte energético que se debe aportar.

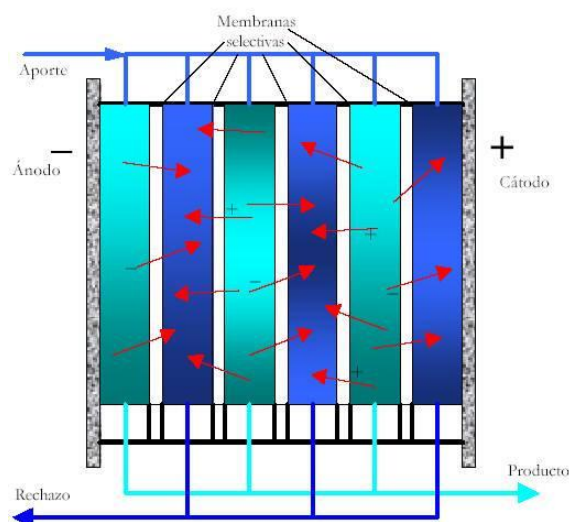


Imagen 63: Desalinización por electrodiálisis. Fuente: El Agua Potable, Desalación del agua.

- Osmosis inversa:

La osmosis es un proceso físico en el cual, si se encuentran dos soluciones con diferentes concentraciones separadas por una membrana semipermeable, se produce una diferencia de presiones a ambos lados de la membrana, permitiendo el paso del solvente, pero no del soluto, logrando así que la disolución menos concentrada pase a través de la membrana hasta igualar las presiones a ambos lados. Esa diferencia de altura que se genera por el proceso se denomina presión osmótica.

En el caso de la osmosis inversa la idea es hacer pasar por la membrana semipermeable la solución con mayor contenido de soluto hacia el lado con menor concentración. Esto ocurre gracias al aporte de presión como fuente de energía externa. Esa presión se aplica en la zona de mayor concentración, y siempre ha de ser mayor que la presión osmótica. Dependerá de la concentración de sales disueltas y de la concentración final que se quiera obtener.

En este proceso se diferencian 4 fases, que son el pretratamiento que a su vez comprende las fases de filtración, esterilización y adición del cloro y otras sustancias, el bombeo de alta presión, las membranas de osmosis inversa y el postratamiento.

La energía empleada depende del consumo eléctrico de las bombas del proceso, donde las bombas de alta presión son las que más consumen. La presión necesaria también es variante. Puede oscilar desde los 17 bar necesarios en el agua salubre hasta los 55-82 bar necesarios en el agua salada.

Este proceso suele ser el más utilizado en todo el mundo, ya que posee un amplio grado de producción debido a su capacidad de variación desde los 0.1 m³/día en el uso doméstico, hasta los 600 000 m³/día en plantas de distribución en masa.

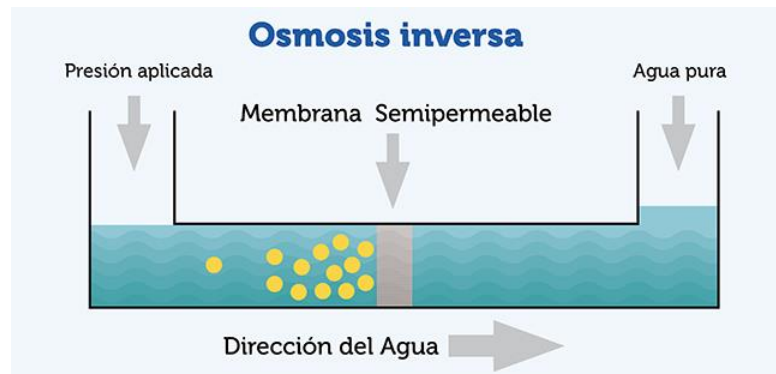


Imagen 64: Osmosis inversa. Fuente: Redagrícola Perú.

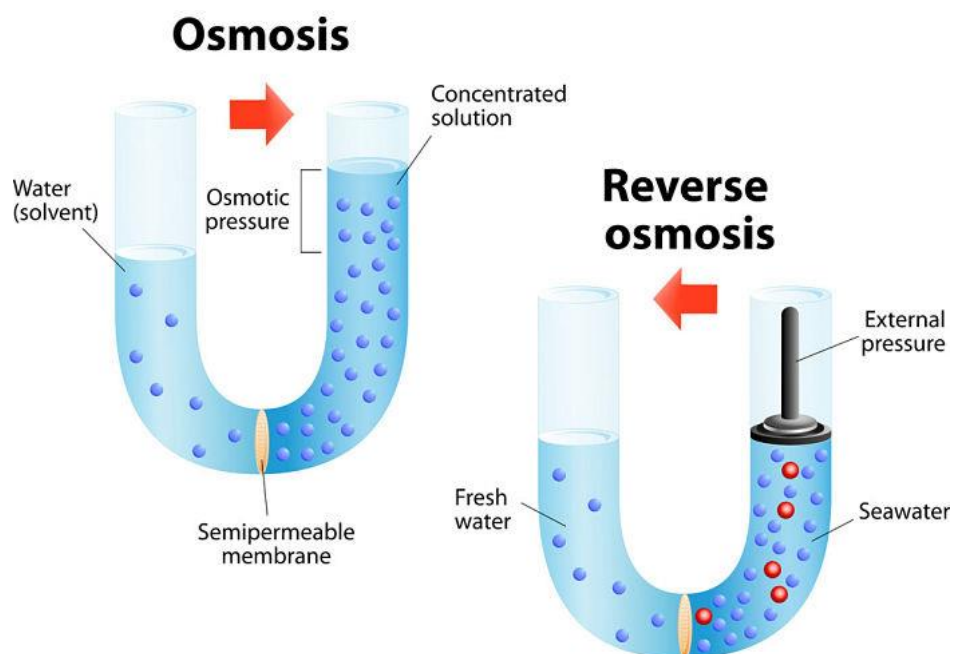


Imagen 65: Osmosis inversa. Fuente: Carbotecnia aprendizaje.

3.7 DESCRIPCIÓN COMPARATIVA DE GENERADORES DE AGUA DULCE

Existen multitud de generadores de agua dulce diseñados para la misma función empleando el mismo método o diferentes. A continuación, se realiza un breve estudio sobre dos de los generadores de agua dulce más utilizados para los buques RO-PAX, explicando sus características principales, elementos, funcionamiento y comparando sus capacidades de producción y, por tanto, elegir cuál de ellos se adapta mejor a las

necesidades del buque.

- GENERADOR DE AGUA DULCE FACET J-60.

El primer generador de agua dulce que se trata es un evaporador Facet J-60, siendo básicamente un recipiente de cuproníquel al que se bombea agua salada y a través de un proceso de evaporación y condensación al vacío se obtiene agua dulce. Para llevar a cabo estos procesos el generador utiliza agua caliente procedente del agua de refrigeración del motor. Este material puede ser un buen punto de partida para conocer el funcionamiento y la manipulación de un generador de agua destilada instalado en una embarcación.

- Elementos componentes:

- Una bomba que aspira agua del mar para la condensación.
- Un haz condensador a través del cual circula el agua salada.
- Una válvula de alimentación constante para regular el caudal de agua salada para evaporar.
- Un haz calentador o evaporador a través del cual circula el agua caliente.
- Dos termómetros situados en la entrada y en el retorno de agua caliente.
- Una bomba para la descarga del agua dulce generada
- Un contador totalizador que registra la cantidad de agua producida.
- Válvulas solenoides de descarga de agua dulce y recirculación a sentinas.
- Un sistema de control de salinidad del agua dulce generada que determina la descarga de agua dulce o el retorno al mar y está formado por una célula de salinidad y una tarjeta electrónica situada en el interior del cuadro de control que recibe e interpreta la lectura de la célula.

- Un indicador de salinidad situado en el frontal del panel de control.
 - Un sistema de dosificación continua de antiincrustante que permite reducir las operaciones de mantenimiento en el haz evaporador, formado por un tanque de PVC (de capacidad de 60 litros), un indicador de caudal y el producto desincrustante, por ejemplo, PN62000043.
 - Un manómetro en la descarga de cada bomba.
 - Un vacuómetro.
 - Una válvula de seguridad.
 - Una válvula rompedora de vacío que permite la entrada de aire en el equipo una vez ha estado en funcionamiento.
 - Un panel de control (tarjeta electrónica, elementos de mando...).
- Composición del Generador de Agua Dulce:

Este evaporador Facet J-60, para su entendimiento, se puede dividir en cuatro instalaciones principales:

❖ Instalación de Alimentación de Agua Salada:

En esta instalación debe equiparse una válvula manual en la toma de agua del mar para prevenir que el generador se inunde cuando esté parado. La toma de agua del mar y la bomba de agua salada deben estar situadas por debajo de la línea de flotación para asegurar que la línea de alimentación a la bomba siempre esté cebada. Se debe procurar que toda línea entre la toma de agua del mar y la bomba de agua salada sea lo más corta y recta posible. La caída de presión máxima entre la bomba de agua salada y la entrada del generador es 0.8 kg/cm^2 .

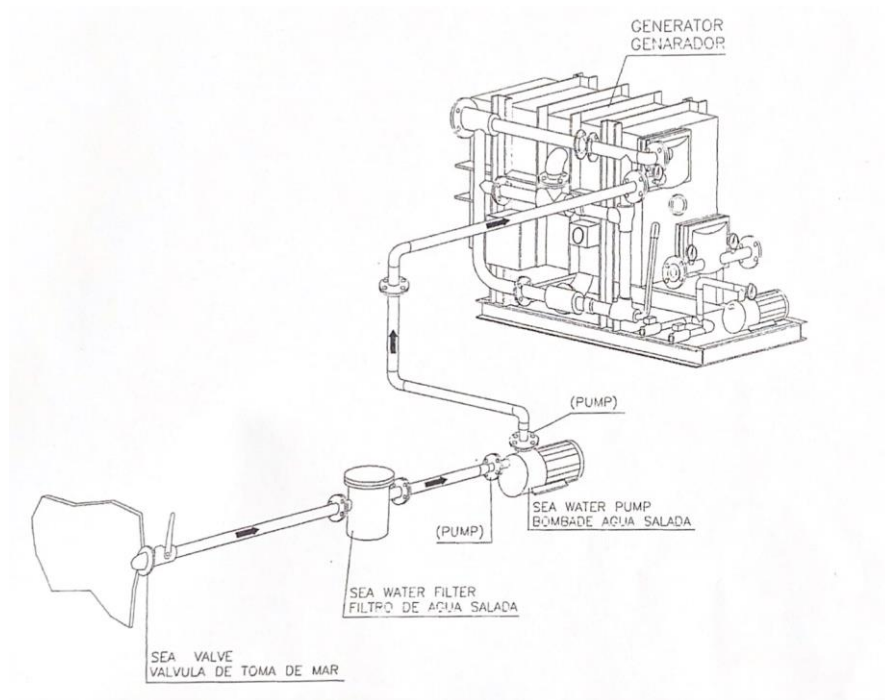


Imagen 66: Instalación Alimentación AS. Fuente: Manual Facet International CLAR-COR.

❖ Instalación de Descarga de Salmuera:

Es importante que la línea de descarga al mar esté situada por encima de la línea de flotación y abierta siempre que el equipo esté en funcionamiento, eliminando por tanto la contrapresión externa. En la descarga de la salmuera, también es necesario instalar una válvula manual, y se puede instalar una válvula antirretorno a la descarga siempre que no se supere el límite de caída de presión permitido.

Este equipo no puede funcionar bajo ningún concepto con la válvula de descarga al mar estrangulada o cerrada, ya que si esto ocurriera se podría originar la ruptura total de la carcasa del generador, sin embargo, la válvula de descarga al mar debe cerrarse cuando esté parado el equipo y así prevenir la posible entrada de agua en el generador.

La caída de presión entre el generador y la descarga al mar no será superior a $0,1 \text{ kg/cm}^2$.

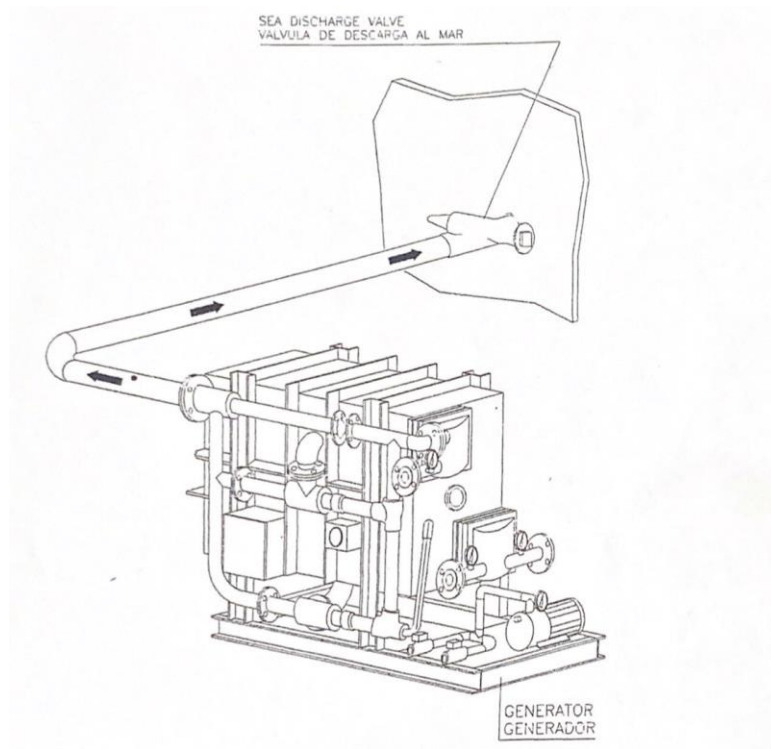


Imagen 67: Instalación Descarga Salmuera. Fuente: Manual Facet International CLARCOR.

❖ Instalación de Suministro de Agua caliente:

El suministro de agua caliente en este evaporador proviene del motor (por ejemplo, conectándolo desde el manifold de entrada del enfriador). Para esta parte del generador se deben colocar válvulas manuales de globo y termómetro en la entrada y retorno de agua caliente.

La longitud total de la tubería de alimentación y retorno no debe exceder los 15 metros, en caso de que la línea deba ser mayor, se tendrá que usar una bomba auxiliar en el circuito.

Para la línea de retorno de agua caliente se debe conectar al lado de la aspiración de la bomba de agua del motor, y si no es posible, se podrá conectar al lado de la descarga del enfriador del motor.

En el momento que el equipo esté cerrado deberán cerrarse las válvulas de entrada y retorno de agua caliente, así como deberán aislarse debidamente las tuberías de alimentación de agua caliente evitando contactos accidentales.

La presión del agua caliente será como máximo de 5 Bar.

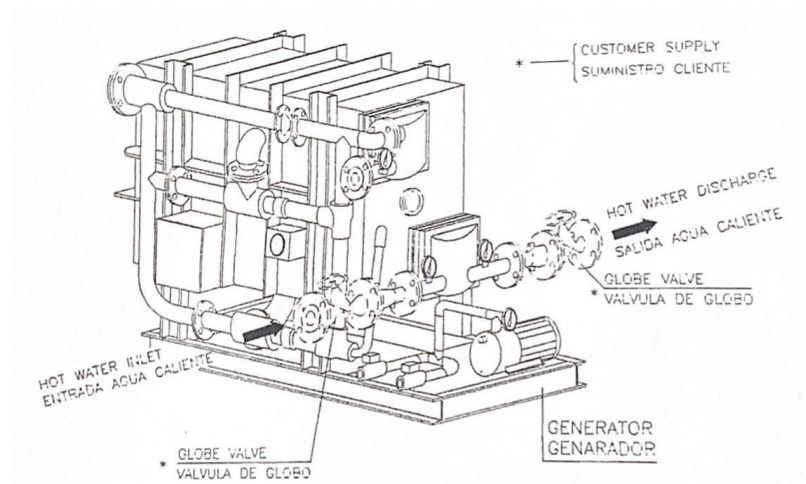


Imagen 68: Instalación Suministro Agua caliente. Fuente: Manual Facet International CLARCOR.

❖ Instalación del Sistema de Dosificación de desincrustante:

Esta parte del generador es la última, por lo que una vez que el generador esté en funcionamiento, mediante la válvula del rotámetro que está situada a la salida del tanque de desincrustante, se ajusta el caudal de forma que el tanque se vacíe completamente en un día (aproximadamente 2.5 l/h).

En caso de que el sistema no se haya limpiado después de un cierto tiempo, será necesario utilizar una dosis doble, como mínimo, del desincrustante. Si se encuentran depósitos superiores a 2 mm será necesario utilizar un sistema y producto diferente.

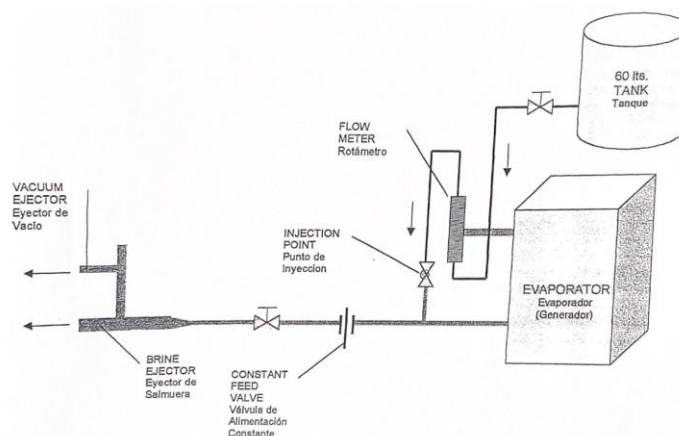


Imagen 69: Instalación desincrustante. Fuente: Manual Facet International CLAR-COR.

- Descripción funcional:

Este generador está diseñado para producir agua dulce desalinizando el agua de mar, siendo su fuente calórica el agua de refrigeración de los motores principales o auxiliares (aunque también podría serlo otras fuentes, como calderas). Éstos deberán de proporcionar suficiente calor para satisfacer las necesidades caloríficas del evaporador, de forma que no perjudique la eficiencia del motor o ponga en peligro el buen funcionamiento del equipo.

Al absorber el agua de refrigeración del motor, ésta es devuelta al mismo a una temperatura inferior, por lo que el motor deberá elevar de nuevo la temperatura de esta agua devuelta de forma que se mantenga uniforme la temperatura de salida de la misma en el motor. Es decir, si el agua de refrigeración entra al evaporador a 75°C y vuelve al motor a 65°C , quiere decir que el motor deberá estar bajo suficiente carga para suministrar calor al agua y elevar su temperatura 10°C , de otra forma, la cantidad de agua dulce producida por el evaporador se vería reducida.

La capacidad del motor para ceder calorías es la clave para una destilación eficaz del agua de mar.

Una caloría es la cantidad de calor necesaria para elevar 1 grado centígrado la temperatura de 1 gramo de agua. Las calorías/hora suministradas al generador dependen de la temperatura y el caudal de agua de refrigeración suministrada por el motor al generador de agua dulce, y varían en función de la potencia desarrollada por el

mismo. Por tanto, la potencia desarrollada es la que determina la cantidad de calor (kcal/hora) entregada por el motor y, por lo tanto, la cantidad de agua dulce producida.

Si la potencia desarrollada, o la carga del motor aumentan, también lo hará la bomba de circulación del motor, provocando un incremento en la cantidad de kcal/hora disipadas y, por consiguiente, también de la cantidad de agua dulce producida.

$$P_{Desarrollada} \uparrow = C_{motor} \uparrow = \frac{Kcal}{h} \uparrow = Producción_{AguaDulce} \uparrow$$

La producción de agua dulce del evaporador estará asimismo influenciada por la temperatura del agua de mar, ya que una disminución en la temperatura del agua del mar aumentará la producción de agua dulce debido a que al pasar por el condensador el agua más fría, aumentará la velocidad de condensación del vapor que evapora el generador. Por tanto, con 15°C de temperatura en el agua de mar, la producción será aproximadamente un 20% mayor que con 30°C



Imágenes 70 y 71: Evaporador FACET J-60. Fuente propia.

- Sistema de funcionamiento:

El sistema de funcionamiento de este generador de agua dulce se basa en el simple

principio de destilación por vacío. El agua salada hierve a baja temperatura (45° a 65°C) transformándose en vapor. El vapor así producido se condensa para obtener agua pura. El calor utilizado para producir esta evaporación procede, como se ha explicado anteriormente, del agua de refrigeración del motor/es. Como se ve en la imagen 66, el agua caliente circula a través del calentador de agua salada y retorna al sistema de refrigeración del motor. Esta agua no se ve afectada en ningún sentido, excepto por la pérdida de una cantidad determinada de calor. Por el condensador de agua dulce circula constantemente agua de mar. La mayor parte de esta agua es luego descargada al mar, pero una pequeña cantidad se toma de la salida del condensador y se introduce a través de una válvula de alimentación en el evaporador, donde se hierve. El exceso de concentración salina o salmuera se extrae del evaporador mediante un eyector de salmuera y se descarga al mar.

El vapor producido al hervir el agua salada pasa por un separador de malla de filamentos de acero donde se retiene cualquier partícula o gota de agua. De esta forma, sólo entra en la cámara de condensación vapor puro. Este vapor pasa sobre los tubos del condensador donde se condensa debido al enfriamiento producido por el agua salada que circula por el interior de los tubos. El agua dulce producida queda recogida en la bandeja de agua dulce y desde allí es bombeada al tanque almacén (tanques de agua destilada y tanque de agua de calderas) por medio de una bomba de agua dulce. El vacío en el interior de la cámara se mantiene por extracción de los gases incondensables por medio de un eyector de vacío.

Por último, un sistema de detección de salinidad (salinómetro), comprueba en todo momento el agua dulce producida. Si esta contuviese 4 p.p.m de sal, o más, el sistema de salinidad rechazará el agua producida por medio de una válvula solenoide de descarga rápida, protegiendo así el tanque de agua dulce contra la posible entrada de agua salada. Una vez se dé por buena el agua dulce producida, mediante una válvula de 3 vías se le permite circular hacia el tanque de agua destilada o tanque de agua de calderas.

Todo ello da lugar a una producción de agua destilada de 12 Tm/día.

- GENERADOR DE AGUA DULCE AQUAMAR AQ 16-20

En este apartado se explica el segundo generador de agua destilada, dado por la casa AQUAMAR. Respecto al objeto del generador de agua destilada del que se trata, es el mismo que el de la marca FACET, ya que su finalidad es la misma, producir agua destilada a partir del agua salada procedente del mar mediante una serie de procesos, sin embargo, existen diferencias que se explican posteriormente.

En este generador de agua dulce, el agua producida es controlada automáticamente dando como resultado una calidad superior a < 4 p.p.m de cloruros.

El agua resultante puede ser utilizada, como se ha mencionado anteriormente, para diversos consumos (humano, servicios, refrigeración...) sin embargo, está enfocado al enfriamiento de diferentes máquinas como los motores principales y auxiliares, depuradoras, caldera y economizadores.

Este evaporador hace referencia a un evaporador flash, que son aquellos en que la calefacción al agua de mar y la evaporación de la misma se producen en cámaras distintas, a diferencia del anterior generador donde ambos procesos tienen lugar en una misma cámara. Sigue el principio de funcionamiento de vaporización a vacío y tubo sumergido, es decir, el agua salada se vaporiza a baja temperatura (80°C) debido al vacío existente dentro de la unidad y al aporte de energía térmica procedente del calentador con una capacidad de producción de 16 Tm/día.

- Características de la unidad:

En cuanto a las características de la unidad se puede definir como compacta, de uso económico y una vez puesta en marcha requiere pocos ajustes.

En lo que hace referencia al consumo de este generador de agua es bastante bajo, ya que utiliza como fuente calorífica cualquier tipo de energía residual. El proceso de destilación tiene lugar en el interior de un recipiente rectangular fabricado íntegramente de acero inoxidable que da lugar a un incremento del 40% de la vida útil del generador. Consta de esfuerzos internos del mismo material mientras que los externos y el anclaje de la unidad son de acero al carbono.

Los elementos que utiliza para la condensación y calefacción se encuentran en el interior del recipiente, el cual se divide en 2 compartimentos: uno superior, la cámara de condensación, y otro inferior, las cámaras de calentamiento/vaporización. Ambos se encuentran separados por placas deflectoras y por un filtro separador.

En el exterior se encuentran situadas las tuberías de alimentación y demás accesorios, ocupando así el mínimo espacio y dando lugar a un equipo compacto, mientras que el eyector de vacío/salmuera y la bomba de extracción de destilados se encuentran sobre la unidad.

Por último, el cuadro eléctrico de maniobra y control, el equipo inhibidor de incrustaciones y la bomba de agua salada se suministran por separado para una correcta instalación.

- Elementos componentes del generador de agua dulce:

- ❖ Un intercambiador de calor
- ❖ Un condensador
- ❖ Una bomba de circulación
- ❖ Una válvula solenoide
- ❖ Una válvula de aspiración de agua salada
- ❖ Una válvula de alimentación
- ❖ Un diafragma
- ❖ Un eyector de vacío y salmuera
- ❖ Un separador de vapor
- ❖ Una bandeja de destilado
- ❖ Una bomba de agua dulce
- ❖ Una célula salinométrica
- ❖ Un cuadro de maniobra y control

- Sistema de funcionamiento del generador:

El eyector de este equipo funciona por el efecto Venturi, es decir, cuando el agua procedente de la bomba de agua salada (con una presión de trabajo entre 3,2 a 6 bar)

pasa a través de la tobera se produce un aumento de la velocidad debido a la reducción de la sección de paso, por lo que se produce una caída de presión. Mediante este efecto es posible que se alcance el vacío casi absoluto a la salida de la tobera.

El portatoberas, que está conectado al generador, actúa como una cámara de vacío produciendo el vacío necesario dentro del equipo que permite bajar la temperatura de vaporización del agua en el interior de la unidad. Esto es debido a que, cuanto mayor sea el vacío existente dentro de la unidad, menor será la temperatura de vaporización, por lo que mayor será el rendimiento del generador de agua dulce.

Respecto al agua de calefacción, pasa por el interior de los tubos en “U” del calentador y eleva la temperatura del agua de alimentación hasta la temperatura de vaporización correspondiente al vacío existente dentro del generador, aportando el calor latente de vaporización necesario para obtener la producción de destilado.

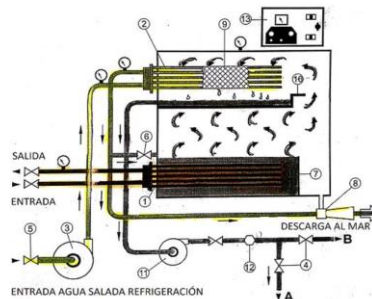


Imagen 72: Funcionamiento evaporador. Fuente. Aquamar, 2005.

Esta baja temperatura da lugar a dos ventajas:

- La posibilidad de utilización de energía térmica a baja temperatura.
- Reducción de la formación de depósitos salinos sobre el calentador al disminuir la temperatura de la pared de los tubos.

En la zona de calefacción, el nivel de agua se mantiene constante por encima del haz tubular del calentador gracias a un diafragma de nivel que se encuentra conectado al eyector aire/salmuera.

La capacidad de alimentación que presenta la bomba de agua salada tiene una capacidad de 60 m³/h, cantidad al menos tres veces la producción nominal del generador.

El agua de condensación suministrada por el circuito de refrigeración de la instalación

atraviesa el interior de los tubos del condensador situado en la parte superior del equipo.

El proceso de vaporización es intenso y rápido, como consecuencia el vapor producido puede ser húmedo y arrastrar consigo microgotas de agua salada que disminuirán la calidad del agua producida. Para evitarlo y obtener agua de elevada pureza, los vapores producidos son forzados a atravesar las placas deflectoras donde en el choque de gotas se reduce su energía cinemática y son conducidas de nuevo a la cámara de calentamiento. En el momento que la mayor parte de las gotas han sido separadas, se efectúa una separación más profunda mediante el filtro coalescente separador metálico, fabricado con malla de monel, donde las gotas de agua decantan a la parte baja mientras que el vapor asciende hacia la cámara de condensación.

En el momento que los vapores alcanzan la zona superior de condensación, éstos se ponen en contacto con la pared fría de los tubos del haz condensador y ceden la energía latente de condensación, es decir, se condensan.

Las gotas de destilado que se van condensando se recogen en una bandeja situada por debajo del condensador, y son enviadas al tanque almacén mediante la bomba de extracción de destilado (bomba de agua dulce).

Antes de dar por bueno el proceso, la unidad salinométrica analiza constantemente la conductividad del agua producida asegurando que solo se descarga al tanque agua de una calidad adecuada < 4 p.p.m. La célula está conectada con el salinómetro, situado en el interior del cuadro eléctrico siendo el encargado de suministrar información visual del contenido de las sales y el estado de la operación.

Por último, suponiendo que la calidad del agua producida sea superior al valor de ajuste de alarma, la célula detecta la situación y envía una señal al conductivímetro, que activa la alarma de alta salinidad provocando la apertura de la válvula solenoide de recirculación del equipo, mientras que el cuadro eléctrico se ilumina en señal de alarma.

Todo el proceso, el cual produce entre 12 000 y 120 000 l/día, da lugar a un agua de alta pureza con un contenido inferior a dos partes por millón de cloruros disueltos. Aunque el agua producida pueda ser utilizada directamente por el consumo humano

se recomienda instalar un filtro mineralizador que aporta sales minerales para obtener un valor alrededor de 400 p.p.m de sólidos disueltos, haciéndolo apropiado para el consumo humano.

También, debido a la baja temperatura a la que se da la vaporización del agua y a la contaminación de las aguas marinas, y a pesar de contar con una doble separación de partículas (primero la malla de monel y después el filtro coalescente separador metálico) a diferencia del primer generador que solo precisa de la malla de monel (además del líquido desincrustante) es necesario instalar un sistema de desinfección/esterilización siempre que el agua vaya a ser destinada al consumo humano.



Imagen 73: Generador Agua Dulce AQUAMAR AQ 16-20. Fuente propia.



Imagen 74: Generador Agua Dulce AQUAMAR AQ 16-20. Fuente propia.

- Composición del generador de agua dulce AQ 16-20:

Se pueden distinguir 9 componentes principales:

- Recipiente de destilación: se trata de una cámara rectangular formada por varias chapas soldadas de acero inoxidable, dentro del que se diferencian dos secciones, una cámara de vaporización (calentador) y una cámara de condensación (condensador y filtro separador). La presión del circuito en la entrada de agua a condensador es, como mínimo, de 3,2 bar.

En la parte frontal, visor de nivel circular se permite la observación del proceso de vaporización, mientras que en la parte superior se indica el vacío existente dentro del equipo mediante un vacuóme-

tro que indica un valor aproximado de 74 cm Hg y en la parte inferior, equipada por una válvula de drenaje, se permite el vaciado de la unidad en periodos largos de inactividad facilitando las operaciones de mantenimiento. Este generador lleva instalada una válvula ruptura de vacío, ya que tiene una capacidad de 12.000 l/día para las posibles maniobras de parada, y es de cumplimiento obligado su instalación para los generadores con capacidad superior a 4.000 l/día.

- Placas deflectoras y Separador de vapor: las placas son de Cupro Niquel 90/10 y el filtro separador de Monel debido a la elevada resistencia que presentan frente a la corrosión de los materiales, sin necesidad de recambio a lo largo de su vida.
- Intercambiadores de calor y tapas: los haces tubulares son formados por un conjunto de tubos del mismo material, que a su vez forman las placas deflectoras con fundición de bronce.
- Bomba de agua salada: su principio es de bomba centrífuga, es decir, el líquido de entrada se dirige al centro del impulsor y por medio de la fuerza centrífuga sale hacia la periferia. Respecto a su construcción es simple, robusta y económica. Es la encargada de suministrar la cantidad de agua necesario para condensar los vapores producidos al condensador. Como se ha mencionado anteriormente, su presión de trabajo oscila entre los 3,2 y 6 bar. Sus especificaciones según el fabricante se muestran en la siguiente tabla:

Tipo	Centrífuga monoblock horizontal
Potencia	11 kW

Capacidad	60 m ³ /h
Presión de descarga	45 m/ 55 m
Velocidad	2930 rpm / 3515 rpm

Tabla 9: Especificaciones Bomba AS Evaporador. Elaboración propia.

- Eyector aire/salmuera: con el fin de que el eyector trabaje a pleno rendimiento, se recomienda que la presión de agua salada antes del mismo sea como mínimo de 3,2 bares. Sin embargo, se produce una pérdida de carga a través del eyector de aproximadamente 2,9 bar, quedando una presión residual para la descarga de 0,3 bar. En caso de que la contrapresión sea superior a este valor, el eyector no trabajaría de manera adecuada, por lo que es muy importante la correcta instalación de la tubería de descarga del eyector al mar, una buena selección de la válvula antirretorno que produzca la mínima pérdida de carga. Mientras que, si la contrapresión que se produce es inferior a 0,3 bar, deberá instalarse una bomba de agua salada que permita aumentar la presión antes del eyector y así contrarrestar la contrapresión.
- Válvula de control de alimentación: el equipo lleva instalada esta válvula en la línea de alimentación permitiendo regular automáticamente la cantidad de agua salada introducida en la unidad por efecto de deformación del diafragma.
- Bomba de extracción de agua destilada: nunca se debe permitir que trabajen en seco ya que se dañaría el cierre mecánico, entrando aire al cuerpo de la bomba y no permitiendo la extracción de destilado del bandejero. Las especificaciones para esta bomba según el fabricante, AQUAMAR, son las siguientes:

Tipo	Centrífuga monoblock horizontal
Potencia	0,75 kW
Capacidad	1,5 m ³ /h (36.000 l/día)
Altura de descarga	20 m.c.a (columnas de agua)
Velocidad	2810 rpm / 3440 rpm

Tabla 10: Características Bomba AD Evaporador. Elaboración propia.

- Sistema de distribución de destilado: el agua producida por el generador se bombea a través de este sistema hasta llegar a la célula salinométrica, la cual analiza el agua y dependiendo la calidad de esta, es enviada al tanque almacén o devuelta al evaporador en caso de alta salinidad. Los elementos que forman este sistema son la célula salinométrica, las válvulas solenoides, la válvula de retención de destilado, el grifo de muestra, el cuerpo distribuidor y el contador de producción, como se muestra en la imagen a continuación:
- Cuadro eléctrico de maniobra y control: dentro del cuadro eléctrico se distinguen dos secciones; la unidad salinométrica y, los arrancadores y protección de bombas. La primera es la encargada de analizar la calidad del agua producida constantemente, formada por la célula salinométrica, el indicador de salinidad y el salinómetro. Las unidades pueden suministrarse para cualquier tensión de alimentación eléctrica, siendo la tensión de maniobra siempre de 220 V.



Imagen 75: Cuadro eléctrico Evaporador AQ 16-20. Fuente propia.

- Comparativo de los dos generadores de agua dulce: a continuación, se muestra una tabla con las características, comparadas de los dos generadores, más relevantes a la hora de elegir uno para la sala de máquinas, donde se muestra la producción de vapor de cada uno, los materiales de su construcción, las temperaturas de funcionamiento y presiones máximas entre otros.

	Evap. FACET J-60	Evap. AQUAMAR AQ 16-20
Ámaras para la calefacción y evaporación	1	2
Producción de vapor	12 Tm/día	16 Tm/día
Material	Cupro níquel 90/10	Acero inoxidable AISI 316
Cloruros	3 p.p.m	2 p.p.m

Líquido desincrustante	Sí utiliza	No utiliza
Suministro mínimo de AS	14 000 l/día	12 000 l/día
Vacío aproximado del circuito	68 cm Hg	74 cm Hg
Temperatura de funcionamiento	45-60°C	40-55°C
Límite del salinómetro	4 p.p.m	4 p.p.m
Presión máxima de agua caliente	5 bar	6 bar
Presión máxima de descarga de salmuera	< 0,1 Kg/cm ²	< 0,3 Kg/cm ²
Caída de presión entre la bomba de AS y la entrada del generador	0,8 Kg/cm ²	0,6 Kg/cm ²
Longitud de las tuberías	< 15 m	< 12 m
Vaporización	Lenta	Rápida e intensa
Presión de funcionamiento de la bomba de AS	3,2 a 6 bar	2,8 a 5,7 bar
Consumo de energía	6,7 kW	4,2 kW
Peso	1090	1020
Fuente de alimentación	220-380 V (3 fases)	220-380 V (3 fases)

Tabla 11: Comparativa de ambos generadores. Elaboración propia.

4. CONCLUSIONES

Respecto a la primera parte del trabajo, la disposición de la sala de máquinas, se puede observar la dificultad de poder ensamblar todos los elementos que contiene dentro de la cámara, ya que los elementos estructurales han de coincidir con varengas, vagras, disposición de mamparos transversales y longitudinales...así como la distribución del doble fondo debe acomodarse a los elementos de gran tamaño y peso, como los motores principales, reductora y tanques.

Se ha intentado describir, dimensionar e instalar los equipos en todo momento lo más adecuados posible, de igual forma que se ha intentado mostrar la mayoría de los equipos de los que precisa una sala de máquinas de un buque de este tipo, así como dar cabida a las indicaciones más significativas para su dimensionamiento, ya que para todas supondría una extensión de trabajo diferente.

En segundo lugar, respecto a la descripción y comparativa de los generadores de agua dulce, aún teniendo el mismo objeto se presentan algunas diferencias entre ambos que nos ayudan a la hora de elegir uno de ellos para su instalación en una sala de máquinas de un buque RO-PAX con las dimensiones y características como la que se ha descrito anteriormente.

En este caso, el equipo que se ha seleccionado es el generador de agua dulce de la casa AQUAMAR modelo AQ 16-20, debido a, cómo se muestra en la anterior tabla, presenta unas características más favorables a la hora de buscar un evaporador que produzca una mayor cantidad de agua dulce, con el menor consumo posible y con la mayor facilidad en su instalación y uso.

Esta elección es debida a que el generador AQ 16-20 da lugar a una mayor producción de agua destilada (4 Tm/día más que FACET J-60), está fabricado por un material inoxidable especial para equipos marinos (AISI 316) que permite un incremento de hasta el 40% en la vida útil del generador. El vacío que genera dentro de la cámara es de 74 cm Hg frente a los 68 cm Hg del otro generador, esto quiere decir que a mayor vacío se necesita menor temperatura para la vaporización y, por tanto, se produce un incremento en el rendimiento del generador.

Además, el proceso de destilación que ofrece AQUAMAR es un proceso rápido e intenso, necesitando 1-2 horas para su puesta en marcha y funcionamiento mientras que el generador de agua dulce FACET J-60 es más lento, llegando a necesitar casi 3 horas.

Por último, debido al aumento de la contaminación existente tanto en el mar como en el aire (CO_2), cabe destacar que el generador de agua destilada elegido presenta, además de un menor consumo de energía, menos emisiones. Esto es debido a su tecnología de placas, ya que necesita un menor suministro de agua de mar, permitiendo utilizar bombas y tuberías de tamaños más reducidos.

En consecuencia, puede decirse que cumple con los requisitos importantes buscados a la hora de querer instalar un equipo de este tipo, ya que presenta una instalación más fácil, un menor consumo energético con mayor producción de agua dulce y una reducción de las emisiones CO_2 .

La disposición ha sido realizada enfocada a un buque de pasaje RO-PAX, teniendo como guía el buque Ciudad de Granada (TRASMED) donde realicé mis prácticas, de igual manera que la elección de otro generador de agua dulce es debida a los constantes fallos que el del buque producía.

*En nuestra elección del generador de agua dulce no hemos hecho mención del coste total de la instalación de cada uno de ellos por no ser una cuestión decisiva, ya que lo tienen muy parejo .

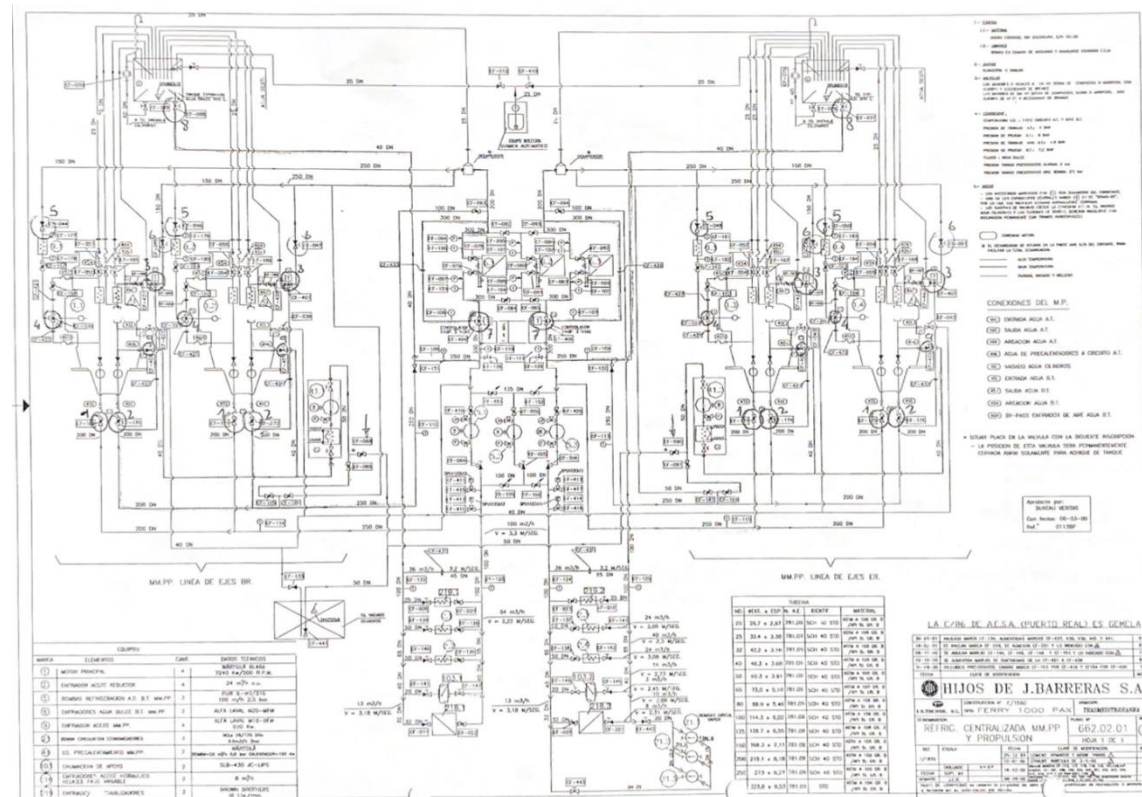
5. BIBLIOGRAFÍA

1. Alvariño Castro, R., Azpiroz Azpiroz, J. J., & Meizoso Fernandez, M. (1997). El proyecto básico del buque mercante (F. editorial de ingeniería Naval & colegio oficial de ingenieros Navales (Eds.)).
2. Grupo Moldtrans (2014). Transporte marítimo: tipos de buques en función de carga. <https://www.moldtrans.com/transporte-maritimo-tipos-de-buques-en-funcion-del-tamanode-la-carga/>.García, S, R. (2017). Generadores de agua dulce. Evaporador sumergido y tipo flash. Ingeniero marino. <https://ingenieromarino.com/generadores-de-agua-dulce-tubos-sumergido-tipoflash-y-disposiciones-multietapa/#.XTgwouhKjIV>
3. López, M J. (2015). Diseño de planta de tratamiento de agua potable por osmosis inversa para un buque de pasaje, TFG. Escuela Técnica Superior de Náutica Universidad de Cantabria.
4. Cordero, A. (2015). Cálculo y diseño del sistema de agua dulce en un buque tanque, TFG. Escuela Técnica Superior de Náutica Universidad de Cantabria
5. Casanovas, C. (2013). Análisis comparativo de los generadores de agua destilada del LNG/C Cataluña Spirit, TFG. Facultat de nàutica de Barcelona.
6. Zarza, E. (1997). Desalinización de agua de mar mediante energías renovables, plataforma solar de Almería - CIEMAT.
7. Manual FACET International (Clarcor) “Generador de Agua Dulce Facet J-60 y superiores”, 2001.
8. Lázaro, J. (2020). Sala De Máquinas De Un Buque Tanque De Gas Natural Licuado Y Estudio De Viabilidad De Un Generador De Agua Dulce. Bilbao.
9. ¿Cómo está distribuida el agua del planeta? (n.d.). Retrieved June 10, 2022, from <http://www.laenergiadelcambio.com/como-esta-distribuida-el-agua-del-planeta/> (Accedido entre marzo y mayo de 2022).

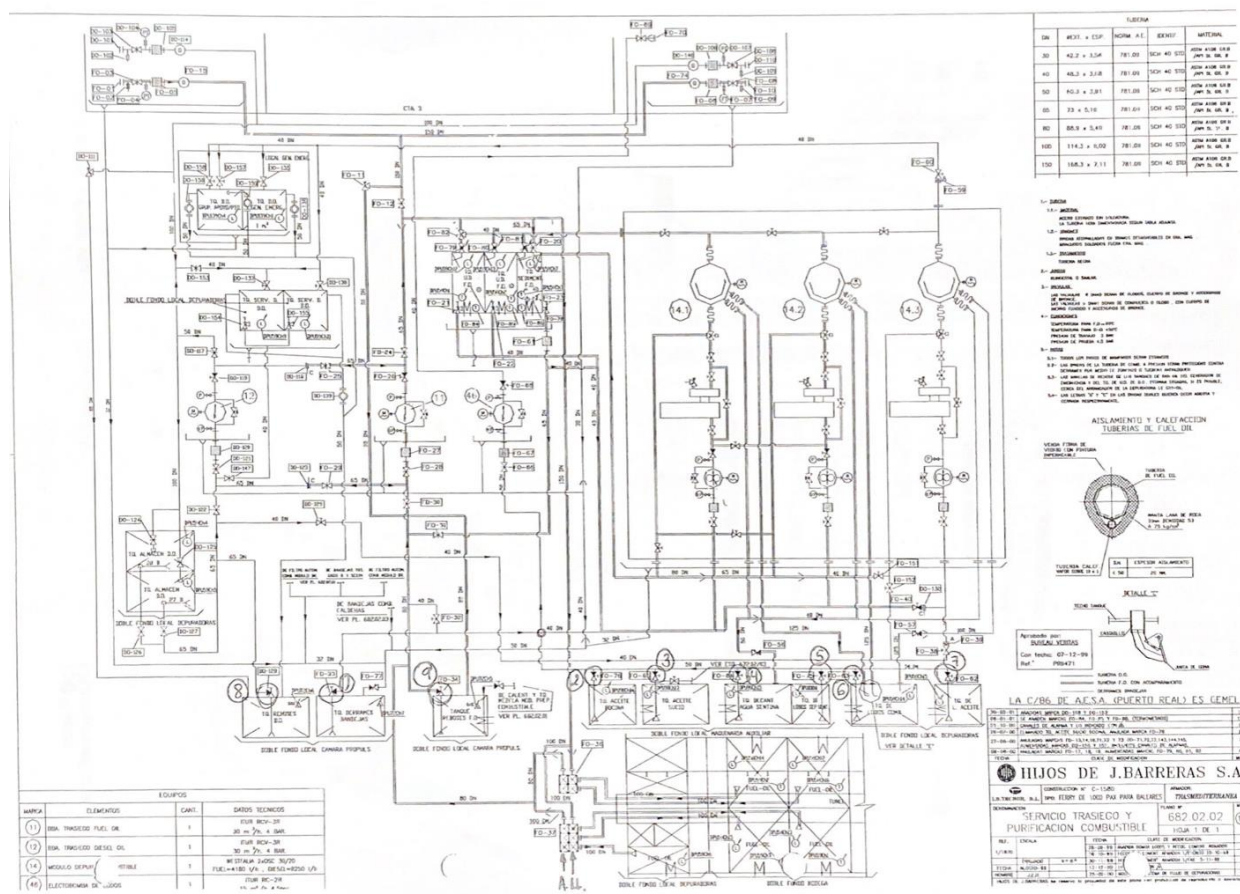
10. Ecuacion del desplazamiento: Peso en rosca y peso muerto - Universitat Politècnica de Catalunya. (n.d.). Retrieved June 10, 2022, from https://discovery.upc.edu/discovery/fulldisplay?docid=alma991003692289706711&context=L&vid=34CSUC_UPC:VU1&lang=ca&search_scope=MyInst_and_CI&adaptor=Local Search Engine&tab=Everything&query=sub,exact,Buc, Teoria del,AND&mode=advanced&offset=30
11. Wittholz, M. K., O'Neill, B. K., Colby, C. B., & Lewis, D. (2008). Estimating the cost of desalination plants using a cost database. *Desalination*, 229(1–3), 10–20. <https://doi.org/10.1016/J.DESAL.2007.07.023> (Accedido entre abril y junio de 2022).
12. Colomina, J. (2016). Diseño de planta desalinizadora con sistema de Osmosis Inversa. Universidad Politecnica de Valencia, 1–115. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/74584/COLOMINA - Diseño de un planta desalinizadora con sistema de osmosis inversa con producción de 20....pdf?sequence=1>
13. Banat, F. (2007). Economic and technical assessment of desalination technologies. *IWA Conference-New Technologies for Water and ...*, 167–172. <http://www.desline.com/Geneva/Banat.pdf> (Accedido entre febrero y abril de 2022).
14. Ministerio de fomento (2019). Analisis, información y divulgación sobre la aportación del transporte por carretera a la intermodalidad. El lenguaje del transporte intermodal vocabulario ilustrado. https://www.fomento.gob.es/recursos_mfom/01_lenguaje_transporte_intermodal.pdf. (Accedido entre abril y junio de 2022).
15. Sadhwani, H, S. (2009). Diseño de una planta de electrodiálisis (tesis de pregrado).
16. Soumaya, B. G. (2013). Análisis económico y comparativo de la producción de agua dulce mediante un generador a bordo de un buque mercante. (Tesis de pregrado). Facultad náutica de Barcelona. Barcelona.

6.1 Planos

- Plano sobre la Refrigeración centralizada de los Motores Principales y Propulsión.



- Plano sobre el Servicio de Trasiego y Purificación de Combustible en el buque.



- LEGENDA DE SIMBOLOS Y ACRONIMOS**

LETRA	DESCRIPCION	LETRA	DESCRIPCION
AL	ALUMINIO	AL	ALUMINIO
AS	ACERO	AS	ACERO
BR	BRONCE	BR	BRONCE
CU	CUPRO	CU	CUPRO
FE	FERRO	FE	FERRO
IN	INVAR	IN	INVAR
NI	NIOBLIO	NI	NIOBLIO
PT	PLATINO	PT	PLATINO
ST	ACERO INOXIDABLE	ST	ACERO INOXIDABLE
TA	TANTALO	TA	TANTALO
TI	TITANIO	TI	TITANIO
VO	VOLENIO	VO	VOLENIO
W	WOLFRAMO	W	WOLFRAMO
ZN	ZINC	ZN	ZINC
Ag	ARGENTE	Ag	ARGENTE
Al	ALUMINIO	Al	ALUMINIO
As	ACERO	As	ACERO
Br	BRONCE	Br	BRONCE
Cu	CUPRO	Cu	CUPRO
Fe	FERRO	Fe	FERRO
In	INVAR	In	INVAR
Ni	NIOBLIO	Ni	NIOBLIO
Pt	PLATINO	Pt	PLATINO
St	ACERO INOXIDABLE	St	ACERO INOXIDABLE
Ta	TANTALO	Ta	TANTALO
Ti	TITANIO	Ti	TITANIO
Vo	VOLENIO	Vo	VOLENIO
W	WOLFRAMO	W	WOLFRAMO
Zn	ZINC	Zn	ZINC

LEGENDA DE UNIDADES

UNIDAD	DESCRIPCION	UNIDAD	DESCRIPCION
AL	ALUMINIO	AL	ALUMINIO
AS	ACERO	AS	ACERO
BR	BRONCE	BR	BRONCE
CU	CUPRO	CU	CUPRO
FE	FERRO	FE	FERRO
IN	INVAR	IN	INVAR
NI	NIOBLIO	NI	NIOBLIO
PT	PLATINO	PT	PLATINO
ST	ACERO INOXIDABLE	ST	ACERO INOXIDABLE
TA	TANTALO	TA	TANTALO
TI	TITANIO	TI	TITANIO
VO	VOLENIO	VO	VOLENIO
W	WOLFRAMO	W	WOLFRAMO
Zn	ZINC	Zn	ZINC

LEGENDA DE UNIDADES

UNIDAD	DESCRIPCION	UNIDAD	DESCRIPCION
AL	ALUMINIO	AL	ALUMINIO
AS	ACERO	AS	ACERO
BR	BRONCE	BR	BRONCE
CU	CUPRO	CU	CUPRO
FE	FERRO	FE	FERRO
IN	INVAR	IN	INVAR
NI	NIOBLIO	NI	NIOBLIO
PT	PLATINO	PT	PLATINO
ST	ACERO INOXIDABLE	ST	ACERO INOXIDABLE
TA	TANTALO	TA	TANTALO
TI	TITANIO	TI	TITANIO
VO	VOLENIO	VO	VOLENIO
W	WOLFRAMO	W	WOLFRAMO
Zn	ZINC	Zn	ZINC

LEGENDA DE UNIDADES

UNIDAD	DESCRIPCION	UNIDAD	DESCRIPCION
AL	ALUMINIO	AL	ALUMINIO
AS	ACERO	AS	ACERO
BR	BRONCE	BR	BRONCE
CU	CUPRO	CU	CUPRO
FE	FERRO	FE	FERRO
IN	INVAR	IN	INVAR
NI	NIOBLIO	NI	NIOBLIO
PT	PLATINO	PT	PLATINO
ST	ACERO INOXIDABLE	ST	ACERO INOXIDABLE
TA	TANTALO	TA	TANTALO
TI	TITANIO	TI	TITANIO
VO	VOLENIO	VO	VOLENIO
W	WOLFRAMO	W	WOLFRAMO
Zn	ZINC	Zn	ZINC

LEGENDA DE UNIDADES

UNIDAD	DESCRIPCION	UNIDAD	DESCRIPCION
AL	ALUMINIO	AL	ALUMINIO
AS	ACERO	AS	ACERO
BR	BRONCE	BR	BRONCE
CU	CUPRO	CU	CUPRO
FE	FERRO	FE	FERRO
IN	INVAR	IN	INVAR
NI	NIOBLIO	NI	NIOBLIO
PT	PLATINO	PT	PLATINO
ST	ACERO INOXIDABLE	ST	ACERO INOXIDABLE
TA	TANTALO	TA	TANTALO
TI	TITANIO	TI	TITANIO
VO	VOLENIO	VO	VOLENIO
W	WOLFRAMO	W	WOLFRAMO
Zn	ZINC	Zn	ZINC

LEGENDA DE UNIDADES

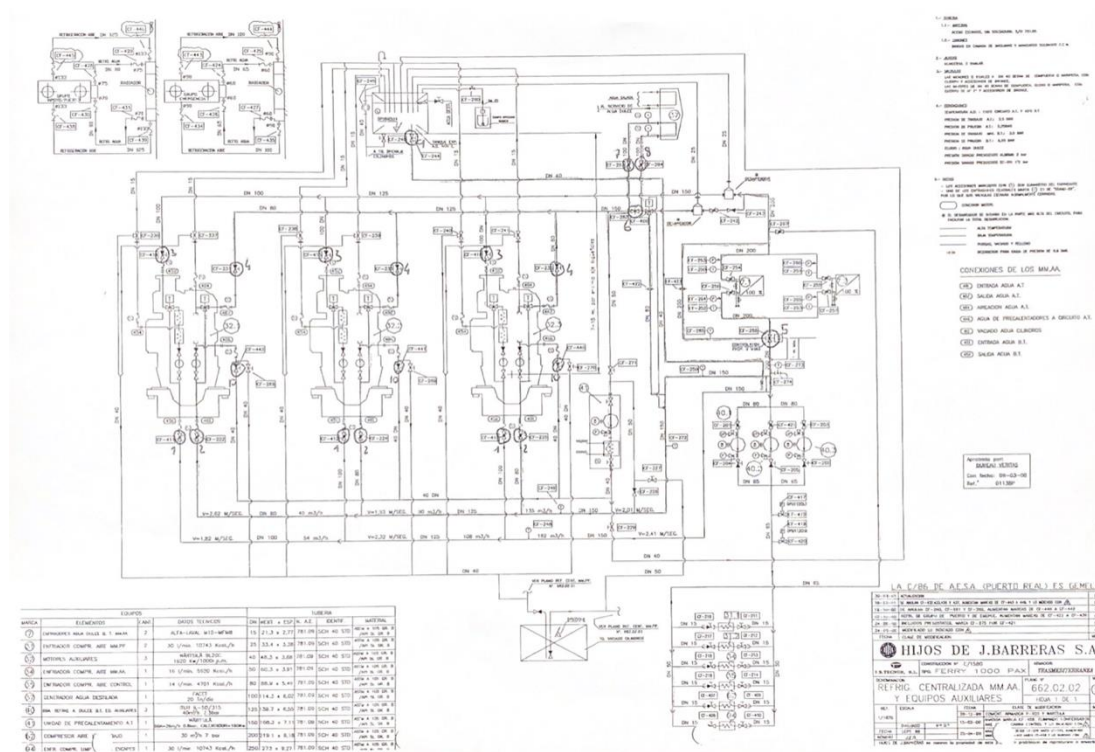
UNIDAD	DESCRIPCION	UNIDAD	DESCRIPCION
AL	ALUMINIO	AL	ALUMINIO
AS	ACERO	AS	ACERO
BR	BRONCE	BR	BRONCE
CU	CUPRO	CU	CUPRO</

-

- [illegible]

- [illegible]

- Plano de la Refrigeración Centralizada de los Motores y Equipos Auxiliares.



AVISO DE RESPONSABILIDAD:

Este documento es el resultado del Trabajo Fin de Grado de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros.

La Universidad de Cantabria, la Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Grado así como el profesor/a director no son responsables del contenido último de este Trabajo.