



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO  
CURSO 2017/18**

---

*Petrolero Neo-Pánamax con 200000 TPM*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**Cuaderno 12:**

**EQUIPOS Y SERVICIOS**

Escola Politécnica Superior



**GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA**  
**TRABAJO FINN DE GRADO**

*CURSO 2017-2018*

**PROYECTO NÚMERO : 18-07**

**TIPO DE BUQUE:** PETROLERO DE CRUDOS

**CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN:**  
BUREAU VERITAS, SOLAS, MARPOL NEO PANAMAX

**CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:**  
200.000 TPM. Crudos del Petróleo y sus derivados con una densidad máxima de 0,99 g/ml

**VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:** 16 nudos en condiciones de servicio. 85% MCR + 15% de margen de mar. 18.000 millas a la velocidad de servicio.

**SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:** En cámara de bombas

**PROPULSIÓN:** Propulsión Diesel eléctrica 2 Líneas de ejes. LNG para servicios en puerto

**TRIPULACIÓN Y PASAJE:** 30 personas.en camarotes individuales

**OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES:** Los habituales en este tipo de buques.

Ferrol, 19 Setiembre 2017

ALUMNO/A: **D<sup>a</sup> Julio Barreiro Montes**

# Introducción

---

En este cuaderno calcularemos los siguientes equipos empleados en el buque, incluyendo en algunos casos la potencia consumida por los mismos:

- Equipos de amarre y fondeo
- Dispositivos y medios de salvamento
- Servicio de contraincendios
- Servicio de lastre
- Sistemas de carga y descarga
- Equipos de navegación y comunicaciones
- Servicio de agua dulce
- Ventilación y aire acondicionado
- Equipo control del motor propulsor
- Equipos de elevación y mantenimiento
- Equipo de fonda y hotel

Las características principales del buque son las siguientes:

Desplazamiento	227148,15t
Lpp	276 m
Manga	49 m
Puntal	25,75 m
Calado	19,158 m
Cb	0,855
Cp	0,858
Cm	0,996
Cwp	0,922
Superficie mojada	21852,603 m <sup>2</sup>
Superficie flotación	12516,837 m <sup>2</sup>
Velocidad	16 knots
Peso en rosca	27611,8 t

## Índice

1.- Equipos de amarre y fondeo .....	5
1.1- Caja de cadenas .....	6
1.2- Molinetes y maquinillas de amarre.....	7
2.- Dispositivos y medios de salvamento .....	7
2.1- Dispositivos individuales de salvamento.....	8
3.- Servicio de conraincendios .....	9
3.1- Bombas conraincendios y sentina .....	9
3.2- Sistema fijo de CO2 .....	12
3.3- Sistema a base de espuma .....	13
3.4- Equipos de detección de incendios .....	16
3.5- Sistema de gas inerte .....	17
3.6- Otros sistemas antiincendios .....	18
4.- Servicio de lastre .....	18
5.- Sistemas de carga y descarga.....	19
6.- Equipos de navegación y comunicaciones.....	21
6.1- Compases y piloto automático.....	21
6.2- Equipos auxiliares de navegación.....	21
6.3- Estación de radio. Sistema mundial de socorro y seguridad marítima.....	22
6.4- Telégrafos de máquinas y altavoces de órdenes .....	23
6.5- Teléfonos .....	23
7.- Servicio de agua dulce.....	24
7.1- Generadores de agua dulce .....	24
7.2- Tanques almacén.....	25
7.3- Bombas .....	25
7.4- Tanques hidróforos .....	25
7.5- Potabilización/Esterilización.....	26
7.6- Calentadores.....	26
7.7- Consumidores.....	27
7.8- Tratamiento de aguas sucias.....	27

8.- Ventilación y aire acondicionado .....	27
8.1- Aire acondicionado.....	27
8.2- Ventilación de locales.....	28
8.3- Ventilación de la cámara de máquinas .....	29
9.- Equipo de control del motor propulsor .....	32
9.1- Requerimientos del sistema y guías para propulsión diésel eléctrica .....	34
10.- Equipos de elevación y mantenimiento.....	35
10.1- Equipo de izado exterior .....	35
10.2- Equipo de acceso al buque.....	35
10.3- Máquinas y herramientas .....	35
11.- Equipo de fonda y hotel .....	36
11.1- Gamba frigorífica .....	36
11.2- Neveras y frigoríficos caseros.....	36
11.3- Fuentes de agua potable fría.....	36
11.4- Equipo de cocina y oficios .....	36
11.5- Equipo de lavandería.....	36
12.- Calefacción de la carga.....	37
12.1- Serpentes de los tanques de carga: .....	39
13.- Servicio sanitario.....	40
13.1- Circuito de agua potable .....	40
13.2- Bombas de agua potable.....	40
13.3- Calentador de agua sanitaria .....	40
13.4- Bomba de circulación de agua caliente.....	41
13.5- Equipo de tratamiento de aguas residuales.....	41
14.- Bibliografía .....	43
Anexo: Esquemas de los sistemas de lastre, carga y gas inerte.....	44

## 1.- Equipos de amarre y fondeo

El equipo de fondeo se calcula mediante el Numeral de Equipo, definido por las Sociedades de Clasificación, dimensionado en los siguientes supuestos:

Fondeo temporal, cuando el buque se encuentra en puerto o en un área protegida.

Corriente de 2,5 m/s y viento de 25 m/s

Longitud de cadena largada entre 6 y 10 veces la profundidad.

La fórmula empleada es la siguiente:

$$EN = \Delta^{\frac{2}{3}} + 2 * h * B + \frac{A}{10}$$

Teniendo en cuenta que ninguna de nuestras superestructuras alcanza una manga de B/4:

$\Delta$  = Desplazamiento a la línea de carga de verano (t) = **227148,15 t**

B = Manga de trazado (m) = **49 m**

A = Área del perfil del casco por encima de la línea de carga de verano (m<sup>2</sup>) = **1849,52 m<sup>2</sup>**

H = Altura efectiva desde la línea de flotación de carga de verano en la cuaderna maestra a la cubierta superior medida en el costado (m) = **6,592 m**

Por tanto el numeral de equipo será igual a **4556,8**

Con este valor podemos entrar en las tablas de las sociedades de clasificación (En el Bureau Veritas, la tabla se encuentra en la **PartBChapt9Sec4[2.1.2]**), y podemos adquirir las dimensiones de nuestros equipos.

En nuestro caso, estando entre 4400 y 4600 se nos indica que debe haber **3 anclas**

(La tercera simplemente de respeto) Cada una de esas anclas debe tener un peso de **13500 kg**.

La longitud total de las cadenas debe de ser de **715 metros**, y su diámetro depende de la resistencia del material. Q1 = 117 mm si se trabaja con acero regular, Q2=102 mm si se trabaja con acero de mayor calidad y Q3=90 mm si se trabaja con una calidad superior.

Para nuestros casos cogeremos un diámetro **d = Q2 = 90 mm**

El numeral de equipo también nos dice que es recomendable llevar al menos **7 estachas** de amarre, cada una con **200 m** de longitud y una carga de rotura de **667 kN**.

El cabo de **remolque** debe medir al menos **300 metros** y una carga de rotura de **1471 kN**.

A juzgar por nuestro buque base, el número de maquinillas de amarre será de **7**, habiendo 3 en la popa, y otras 4 a lo largo de la zona de carga.

## 1.1- Caja de cadenas

El volumen de la caja de cadenas se obtiene con los datos hallados con el numeral de equipo:

$$V = 8,48 * d^2 * L * 10^{-4}$$

L = longitud de la cadena estibada en esa caja (m)

d = diámetro de la cadena (mm)

$$V = 0,082 * 90^2 * 357,5 * 10^{-4} = \mathbf{237,45 \text{ (m}^3\text{) en cada costado del buque}$$

El volumen se descompone en dos partes:

$$\text{Volumen cónico superior: } V_1 = \frac{h_2}{3} * \pi * \left(\frac{l}{2}\right)^2$$

h<sub>2</sub> = Altura de la zona cónica de estiba (m)

l = Lado inferior o Diámetro de la caja de cadenas (m)

El volumen interior puede hallarse como

$$V_2 = V - V_1$$

El lado o diámetro mínimo recomendado es:

$$l \geq 25 * d = 25 * 90 = 2550 \text{ mm} = \mathbf{2,25 \text{ m}}$$

La altura de la caja de cadenas puede hallarse con:

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 \text{ siendo:}$$

h<sub>1</sub> = Altura para caída de la cadena y acceso

$$1,5 \leq h_1 \leq 2,8 \text{ m}$$

$$h_2 = \frac{l}{2} * \text{Tan}30$$

Para cajas prismáticas:

$$h_3 = \frac{V_2}{l_1 * l_2}$$

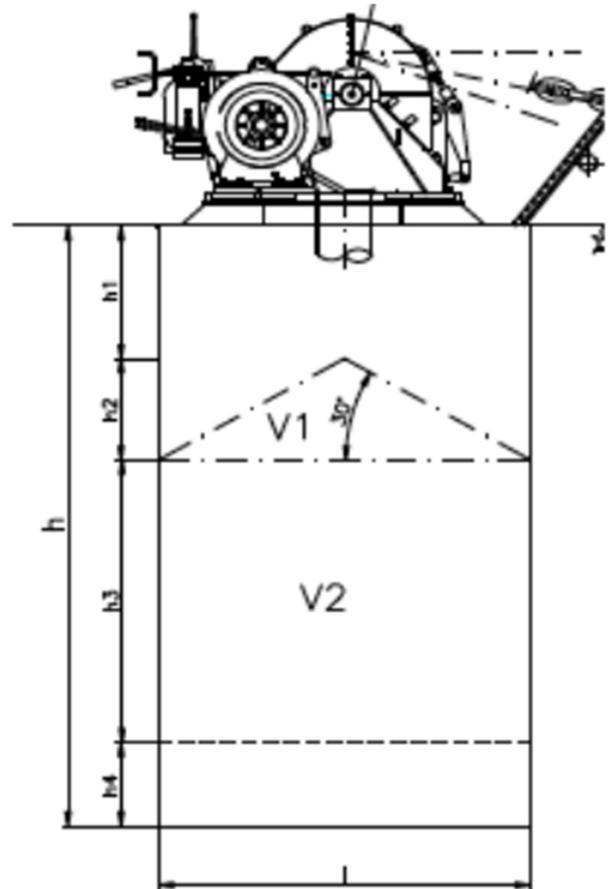
h<sub>4</sub> = Altura para el drenaje de la cadena

$$0,6 \leq h_4 \leq 0,8 \text{ m}$$

En nuestro caso, al tratarse de una cadena de grandes dimensiones, cogeremos las mayores alturas h<sub>1</sub> y h<sub>4</sub> admisibles.

Además, para evitar que la caja tenga una altura excesiva, aumentamos los lados de 2,25 m mínimos a 5 metros, tanto de eslora como de manga. Por tanto nuestras medidas nos quedan:

$$l_1 = l_2 = 5 \text{ m} \quad h_1 = 2,8 \text{ m} \quad h_2 = 1,44 \text{ m} \quad h_3 = 9,1 \text{ m} \quad h_4 = 0,8 \text{ m}$$



## 1.2- Molinetes y maquinillas de amarre

Para dimensionar los **molinetes** primero es necesario averiguar el tiro requerido.

La fórmula del tiro nominal es la siguiente:  $F = k * d^2$

Siendo k un coeficiente que depende del material de la cadena. K1 =36,79; K2=41,68; y K3=46,6

$$F = \text{Tiro normal aplicable en 30 min (N)} = 46,6 * 90^2 = \mathbf{377460 N}$$

$$F_{M\acute{a}x} = \text{Tiro aplicable en 2 min (N)} = 1,5 * F = 377460 * 1,5 = \mathbf{566190N}$$

La velocidad media de elevación es de 9 metros por minuto. La prueba de velocidad de izado consiste en elevar el ancla a esa velocidad desde una profundidad de 82,5 m (3 largos) hasta los 27,5 metros (1 largo)

Para hallar la potencia del motor de accionamiento de los molinetes puede emplearse la siguiente fórmula. El rendimiento se sitúa entre un 0,5 y un 0,8, por lo que aproximamos a 0,65:

$$P = \frac{F * V}{60 * \eta} = \frac{377460 * 9}{60 * 0,65} = 87106,15 W \approx \mathbf{87,1 kW \text{ por molinete}}$$

Los molinetes pueden equiparse de tambores para servir a las maniobras de amarre.

La potencia requerida para las **maquinillas de amarre** viene determinada por la capacidad de tiro unitaria: (10 toneladas en nuestro caso) y la velocidad de trabajo (15 metros por minuto, que es igual a 0,25 m/s) Y empleando el mismo rendimiento obtenemos:

$$P = \frac{\text{Capacidad} * V * g}{\eta} = \frac{10 * 0,25 * 9,81}{0,65} = \mathbf{37,73 kW \text{ por maquinilla}}$$

## 2.- Dispositivos y medios de salvamento

En este apartado describiremos nuestras embarcaciones de supervivencia. Al ser nuestro buque un navío de carga de eslora mayor a 85 m, deberá contar con los siguientes equipos:

- **Botes salvavidas** totalmente cerrados con una capacidad de un 100% de la tripulación a cada banda. En nuestro caso requeriremos 1 bote salvavidas con 30 personas de capacidad a cada banda, situados a los costados de la habilitación.  
Debido al elevado puntal del buque, éstos no pueden ser de caída libre.  
Además, debido a la carga transportada, deben ser cerrados y resistentes al fuego, además de llevar un motor propulsor.
- **Balsas salvavidas**, sean inflables o rígidas, con un 100% de capacidad a cada banda.  
En nuestro caso emplearemos 2 balsas salvavidas de 15 tripulantes por banda.

- Al menos otra balsa salvavidas estibada tan a proa como sea razonablemente posible. Esto se debe a que nuestro buque tiene más de 100 metros de eslora y nuestras balsas salvavidas principales se encuentran a popa. Cualquier tripulante que se encuentre cercano a proa en caso de un accidente debe tener acceso a una balsa salvavidas.

En lo que respecta a botes de rescate, los buques de carga sólo se encuentran obligados a llevar un bote de rescate en total. Este bote de rescate puede ser uno de los salvavidas y su función principal es permitir la ayuda a hombres que hayan caído al agua o prestar servicio a náufragos de otros buques, ya que estos botes están pensados para poder volver a subirse a bordo.

## 2.1- Dispositivos individuales de salvamento

Caben destacar tres tipos de dispositivos.

1. Por un lado tenemos los aros salvavidas. Al tener nuestro buque más de 200 metros de eslora, el número mínimo de Aros salvavidas que deberá llevar es 14. Todos ellos deberán ir distribuidos de tal modo que estén fácilmente disponibles a ambas bandas del buque, y teniendo que haber al menos uno cercano a la popa. Los aros deben estar estibados de tal modo que sea posible soltarlos rápidamente y no estén sujetos de ningún modo por elementos de fijación permanente. Al menos la mitad del total de aros salvavidas deben estar provistos de luces de encendido automático, y estos aros deberán ir distribuidos por igual a ambas bandas del buque. Cada aro debe llevar en letras mayúsculas el nombre del barco y su puerto de matrícula.
2. Se deberán incluir un chaleco salvavidas para cada una de las 30 personas que van a bordo. Éstos deben ser colocados de tal forma que el emplazamiento esté claramente indicado y sean fácilmente accesibles. Los empleados en botes salvavidas no deben ser un obstáculo para los que entren en los mismos.
3. Además, cada bote salvavidas deberá llevar al menos 3 trajes de inmersión, salvo en el caso de que el buque viaje continuamente en zonas de clima cálido y la administración no juzgue necesaria dicha protección.

### 3.- Servicio de contraincendios

El servicio de contraincendios se rige por la Regla 10 del capítulo 2 del SOLAS.

En nuestro buque el sistema fijo de extinción de incendios será uno basado en espuma de alta presión, y se utilizará en zonas como la cubierta principal y los tanques de carga.

Al tratarse de un buque de carga de arqueo bruto superior a 2000 (Dato del Cuaderno 9) y al tener la cámara de máquinas un volumen superior a 500 metros cúbicos, ésta deberá contar con un sistema fijo de lucha contraincendios local a base de agua o equivalente.

En nuestro caso emplearemos un sistema de rociado de CO<sub>2</sub>.

Las partes con riesgo de incendio de los motores de combustión interna y los purificadores de fueloil calentado deben quedar protegidas por este sistema local sin necesidad de parar las máquinas, evacuar al personal o cerrar herméticamente el espacio.

En los puestos de control de espacios de alojamiento y servicios se instalará un sistema automático de rociadores, detección de incendios y alarmas contraincendios (7.5.5.2)

En lo que respecta a la zona de tanques de carga, al tener un peso muerto superior a 20000 toneladas, se incluirá un sistema de espuma de alta presión, como se mencionó anteriormente. Ese mismo sistema se empleará en la cámara de bombas, asegurando que el concentrado de la espuma es adecuado para el cargamento a transportar.

El tipo de carga requiere de un sistema de gas inerte para garantizar una atmósfera no combustible en los tanques durante todas las operaciones o situaciones que no requieran lo contrario.

#### 3.1- Bombas contraincendios y sentina

Pueden aceptarse bombas como las sanitarias, las de lastre, las de sentina y las de servicios generales, mientras no se usen para bombear combustibles.

Al tratarse un buque de carga de arqueo bruto mayor que 1000, requerirá al menos dos bombas.

Para hallar la capacidad y la potencia de las bombas, es necesario calcular primero las bombas de sentinas (SOLAS, Capítulo II-1, Parte B, Regla 21):

Éstas se tratan de bombas centrífugas autocebadas, de las que hay dos en los buques de carga, y se encargan de achicar el agua de cualquier local estanco, al menos desde una aspiración, cuando el buque tiene una escora menor a 5 grados.

La presión que emplean se sitúa entre 2 y 3 bares, y cada bomba debe ser capaz de bombear agua a través del colector principal de sentinas a una velocidad de no menos de 2 m/s.

El diámetro del colector, en mm, se puede conseguir con la fórmula:

$$d = 25 + 1,68\sqrt{L * (B + D)}$$

Estando la eslora, manga y puntal en metros. En nuestro caso:

$$d = 25 + 1,68\sqrt{276 * (49 + 25,75)} = 266 \text{ mm}$$

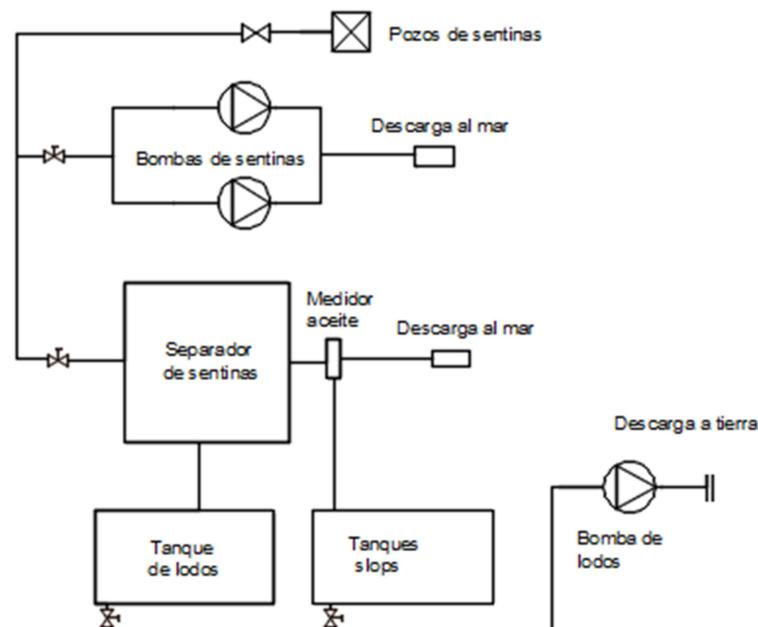
Y el caudal, a 2m/s, queda:  $Q = 2 * 3600 * \pi * \left(\frac{d}{2}\right)^2 * 10^{-4}$

$$Q = 2 * 3600 * \pi * \left(\frac{0,266}{2}\right)^2 = 400\left(\frac{m^3}{h}\right)$$

La potencia de cada bomba de sentinas, suponiendo un rendimiento 0,65 será la siguiente:

$$Pot = \frac{Q \left(\frac{m^3}{h}\right) * H(m.c.a) * \rho \left(\frac{kg}{m^3}\right)}{75 * 3600 * \eta} = \frac{400 * 30 * 1000}{75 * 3600 * 0,65} = 68,37 \text{ hp} = 50,3 \text{ kW}$$

El esquema del sistema de sentinas es el que se describe a continuación:



El tanque de lodos generalmente solo se usará en el caso de una emergencia.

Una vez hallados los valores de sentinas se procederá a calcular el caudal de las bombas contraincendios, (SOLAS, Capítulo II-2, Parte C, Regla 10.2)

En un buque de carga el caudal es:

$$Q_T = \frac{4}{3} Q_{Sent} = \frac{4}{3} * 400 = 533,33 > 180$$

Por lo tanto **el caudal total será de 180  $\frac{m^3}{h}$  sin incluir la bomba de emergencia.**

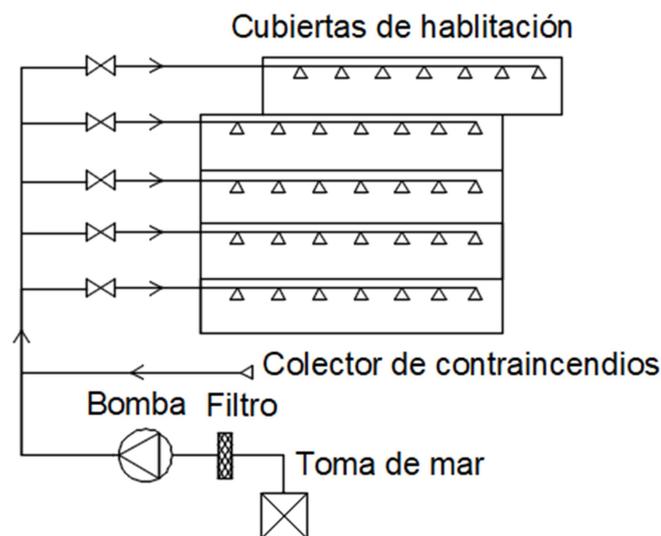
Las bombas contraincendios son bombas centrífugas, con una presión entre 7 y 9 bares. Como ya se mencionó anteriormente, será necesario un mínimo de dos bombas, y el caudal total debe estar repartido de forma más o menos equitativa entre cada una de ellas. El caudal mínimo que puede tener cada bomba es el siguiente:

$$Q_{min} = 0,8 * \frac{Q_t}{N} = 0,8 * \frac{180}{2} = 72 \frac{m^3}{h} \text{ Pudiendo emplearse 2 bombas de } 90 \frac{m^3}{h}$$

Suponiendo 2 bombas iguales de 90  $m^3/h$ , su potencia con un rendimiento del 0,65 será:

$$Pot = \frac{Q \left( \frac{m^3}{h} \right) * H(m.c.a) * \rho \left( \frac{kg}{m^3} \right)}{75 * 3600 * \eta} = \frac{90 * 90 * 1000}{75 * 3600 * 0,65} = 46,15 \text{ hp} = 34 \text{ kW}$$

A continuación se muestra un esquema del funcionamiento del sistema.



Al ser un buque de carga, la disposición de conexiones de agua de mar, bombas contraincendios y sus fuentes de energía debe ser tal que si un incendio puede utilizar todas las bombas, exista una bomba de emergencia cuya conexión al mar y fuente de energía estén situadas en un espacio diferente a los de las bombas principales.

Esta bomba de emergencia cumple una serie de características:

Debe ser de una bomba centrífuga cuya presión de trabajo será la misma que la del resto de bombas contraincendios (7-9 bares)

Su capacidad no debe ser menor que el 40% del total de las bombas contraincendios regulares (72 m<sup>3</sup>/h en nuestro caso).

Su potencia será por tanto:

$$Pot = \frac{Q \left( \frac{m^3}{h} \right) * H(m.c.a) * \rho \left( \frac{kg}{m^3} \right)}{75 * 3600 * \eta} = \frac{72 * 90 * 1000}{75 * 3600 * 0,65} = 37 hp = 27,2 kW$$

### 3.2- Sistema fijo de CO2

El sistema de CO2 desplaza el oxígeno presente en la atmósfera; debido a que el CO2 es más pesado que el oxígeno, y eso empobrece el comburente hasta situarse por debajo de límite de inflamabilidad. Este sistema puede producir la asfixia de todo el personal presente en el local, por lo que el disparo no debe ser automático.

La excepción se produce en espacios donde no sea posible la presencia humana, como en el interior de los motores.

El local de almacenamiento de las botellas de CO2 debe de estar por encima de la cubierta principal y con acceso directo al exterior.

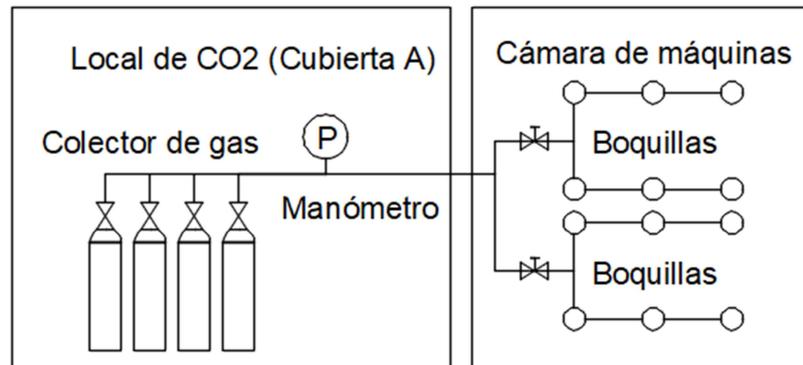
En la cámara de máquinas debe disponer de una determinada cantidad de gas, el cual se puede hallar empleando el volumen bruto del recinto. (Unos 12669,47 m<sup>3</sup> en total)

Teniendo en cuenta que para conseguir la extinción la presencia de CO2 en la atmósfera debe ocupar el 40% del volumen de la cámara de máquinas, y que la densidad del CO2 es de 0,56 kg/m<sup>3</sup>, el cálculo a realizar es el siguiente:

$$Masa\ de\ CO_2\ requerida\ (kg) = V * \%CO_2 * \rho = 12669,47 * 0,4 * 0,56 = 2835,96\ kg$$

Si empleamos botellas de almacenaje de CO2 capaces de contener 50 kg del mismo, se requerirían 56,76 botellas, y este número puede redondearse a **57 botellas de CO2 de 50 kg**.

El esquema general que sigue el sistema es el siguiente:



Se requiere de una alarma sonora y luminosa en todos los locales en los que se pueda activar el sistema de contraincendios por CO2.

### 3.3- Sistema a base de espuma

Este equipo busca sofocar cualquier fuego producido en cualquier punto de la cubierta y cualquier tanque de carga en caso de que la cubierta del mismo sufra daños.

El sistema consiste en:

- Un abastecimiento de agua.
- Un depósito de espumógeno,
- Un dosificador de agua-espumógeno,
- Un generador de espuma
- Cañoneras

Todos estos elementos se encuentran conectados mediante tuberías.

El espumógeno se refiere al concentrado que se emplea para la generación de espuma.

El espumante hace referencia a la mezcla rociada, con un 3% de espumógeno y un 97% de agua, una proporción que hace que sus propiedades puedan estimarse como las del agua.

Por ello, para calcular las características de nuestro sistema, lo primero que hallamos es el caudal de la bomba empleando la siguiente fórmula:

$$Q\left(\frac{m^3}{h}\right) = \frac{60}{1000} * R * A * \frac{100 - Ex}{100}$$

Siendo:

- **A** = Área a cubrir (m<sup>2</sup>)
- **R** = Capacidad específica (l/min\*m<sup>2</sup>) La resolución MSC.98/73 dice lo siguiente:

El régimen de suministro de la solución espumosa no debe ser inferior al mayor de los valores siguientes:

- 0,6 l/min por m<sup>2</sup> de la superficie de cubierta correspondiente a los tanques de carga, entendiéndose por superficie de cubierta correspondiente a los tanques e carga multiplicada por la extensión longitudinal total de los espacios destinados a los tanques de carga;
  - Área de cubierta de los tanques = 210\*49 = 10290 m<sup>2</sup>
  - Régimen de suministro = R\*A = 10290\*0,6 = 6174 l/min
  
- 6 l/min por m<sup>2</sup> de la superficie horizontal del tanque que tenga la sección horizontal de mayor área;
  - Área del fondo de cada tanque = 22\*35 = 770 m<sup>2</sup>
  - Régimen de suministro = R\*A = 770\*6 = 4620 l/min
  
- 3 l/min por m<sup>2</sup> de la superficie protegida por el cañón lanzador, encontrándose toda esa superficie a proa de dicho cañón, y sin que la descarga pueda ser inferior a 1250 l/min. Por lo tanto nos queda:
  - Alcance del cañón lanzador = Semimanga máxima = 24,5 m
  - Área protegida por el cañón lanzador =  $\pi * 24,5^2 = 1885,74$  m<sup>2</sup>
  - Régimen de suministro = R\*A = 1885,74 \* 3 = 5657,22 l/min

El mayor de estos valores es **6174 l/min**, y ése será el valor de R\*A escogido.

- **E** = Coeficiente de expansión de la espuma.

Esta característica se refiere a la relación entre el volumen final de la espuma y el volumen original del espumante. Esta relación puede clasificar espumas en baja expansión (Entre 3 y 30), media expansión (Entre 30 y 250) y alta expansión (Entre 250 y 1000)

Estas últimas permiten un menor volumen pero no valen para las cañoneras. El MSC.98/73 indica que en principio la relación de expansión de la espuma no excede de 12 a 1.

Por tanto la fórmula nos queda:

$$Q = \frac{60}{1000} * 6174 * \frac{100 - 12}{100} = 326 \frac{m^3}{h}$$

A continuación, para hallar la presión de la bomba debemos hallar las pérdidas de carga de la misma, teniendo en cuenta que la presión eficaz en las lanzaderas debe ser 7 bar y las pérdidas de carga en las mismas pueden estimarse como 1 bar.

Por un lado debemos contabilizar la **presión estática**. Esta es directamente proporcional a la altura a la que debe ascender el agua por las tuberías. Si la bomba se encuentra sobre el doble fondo (2,5 m de puntal) y la tubería llega hasta la cubierta (25,75 m de puntal) la altura  $h = 23,25$  m. Por lo tanto:

$$P_{est}(Pa) = \rho \left( \frac{kg}{m^3} \right) * g \left( \frac{m}{s^2} \right) * h(m) = 1000 * 9,81 * 23,25 = 228082,5 Pa \approx 2,28 \text{ bar}$$

Seguidamente deberemos calcular las **pérdidas por fricción**. Para ello se requiere por un lado la longitud total de las tuberías y por otro el diámetro de las mismas.

La longitud de la zona de carga es de 210 m, y el puntal de la tubería es de 23,25 m por lo que puede estimar un total de 233,25 metros, redondeando a 240 m por posibles accesorios y válvulas.

A continuación se realizará una aproximación del diámetro teniendo en cuenta que la velocidad del fluido debe ser de 6 m/s.

$$S_{Tub} = \frac{Q_{espumante}}{V_{fluido}} = \frac{\pi * d^2}{4} \Rightarrow d_{Tub} = \sqrt{\frac{4 * Q_{espumante}}{\pi * V_{fluido}}} = \sqrt{\frac{4 * 326}{\pi * 6}} = 8,32 \text{ mm}$$

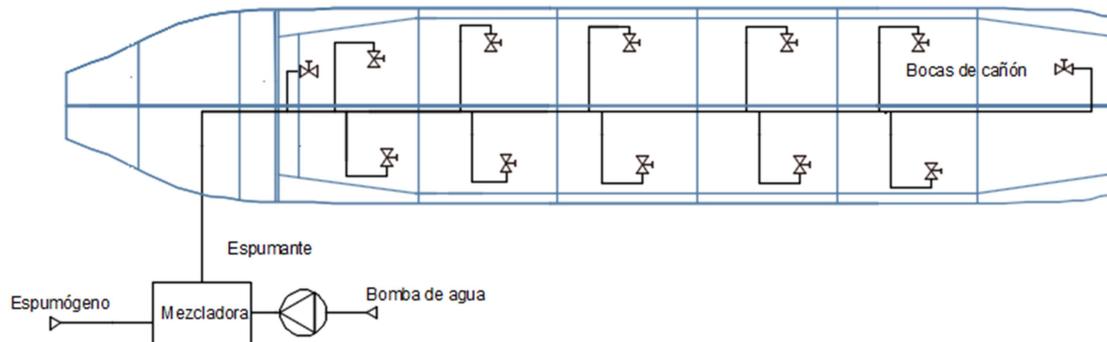
Con este dato puede hallarse la pérdida por fricción. En la siguiente fórmula, C es un factor que depende del material, y podemos aproximarlo como 125.

$$p = \frac{6,05 * 10^5}{C^{1,85} * d^{4,87}} * L * Q^{1,85} = \frac{6,05 * 10^5}{125^{1,85} * 8,32^{4,87}} * 240 * 326^{1,85} = 28257,6 Pa$$

Estos resultados ofrecen un total de  $P_t = 2,28 + 0,2826 = 2,5626$  bar, por lo tanto la presión total resultará de unos **10,6 bares**. Esto nos permite estimar la potencia total:

$$Pot = \frac{Q \left( \frac{m^3}{h} \right) * H(m.c.a) * \rho \left( \frac{kg}{m^3} \right)}{75 * 3600 * \eta} = \frac{326 * 26 * 1000}{75 * 3600 * 0,65} = 48,3 \text{ hp} = 35,5 \text{ kW}$$

El esquema general que seguirá el sistema puede verse a continuación:



Seguidamente hallamos el volumen del tanque espumógeno, con el siguiente cálculo:

$$V(m^3) = \frac{Q * t}{60} * \frac{Ex}{100}$$

t = tiempo de funcionamiento, generalmente 20-30 minutos. Por tanto el volumen será:

$$V(m^3) = \frac{326 * 30}{60} * \frac{12}{100} = \mathbf{19,58 m^3}$$

### 3.4- Equipos de detección de incendios

Para la detección de incendios se recomienda emplear un sistema de ionización, ya que permite detectar los gases que entrarán en combustión antes de que se produzca el incendio en sí. Se situará este tipo de detectores en zonas como los tanques de lastre, el pique de proa o los espacios de máquinas; y se colocarán a diferentes alturas para detectar gases más ligeros y pesados que el aire.

En la habilitación se puede emplear un sistema de humos basado en células fotoeléctricas para originar la señal. Su funcionamiento consiste en que se activan al oscurecerse por el humo o iluminarse por reflexión de luz en las partículas del mismo.

La señal de aviso de incendio debe estar claramente diferenciada del resto de señales de alarma para que pueda percibirse el riesgo inmediatamente. Tiene que ser una señal acústica y visual tanto en el puente como en los espacios de máquinas y la habilitación.

### 3.5- Sistema de gas inerte

Según el convenio SOLAS (Capítulo II-2; Parte B; Reglamento 4) todos los petroleros de más de 20000 toneladas de peso muerto deben llevar un sistema de gas inerte para garantizar que los tanques de carga y decantación no sean inflamables salvo que se sea necesario desgasificarlos. Se exigen las siguientes funciones:

- Reducir el nivel de oxígeno de la atmósfera de tanques vacíos a un nivel en el que la combustión no es posible
- Mantener presión positiva en el tanque en todo momento, asegurando que el contenido en oxígeno no supere el 8% del volumen total.
- Eliminar las necesidades de introducir aire en un tanque en las operaciones normales
- Purgar gases de hidrocarburos en tanques vacíos para que operaciones de desgasificación no creen una atmósfera inflamable

El gas inerte será gas de combustión tratado, procedente por un lado de la combustión de los equipos o por otro lado de un generador autónomo de gas inerte. Este generador debe contar con 2 bombas de combustible líquido, o 1 única bomba con suficientes piezas de respeto, en caso de quedar aprobado por la Administración.

El suministro de gas debe ser al menos del 125% del máximo de capacidad de descarga, y su contenido de oxígeno no debe exceder el 5%.

En nuestro buque, al contar con 3 bombas de 4000 m<sup>3</sup>/h, se requerirán 15000 m<sup>3</sup>/h de gas inerte.

Se debe instalar un lavador de gases de combustión que enfríe el volumen indicado anteriormente y elimine sólidos y derivados del azufre. El agua de enfriamiento empleada no debe perturbar ningún servicio esencial del buque, y deben de instalarse filtros o equivalentes para minimizar la cantidad del agua que pueda llegar a los ventiladores.

El lavador debe estar a popa de todos los tanques de carga y las cámaras de bombas.

Se requiere de un mínimo de 2 ventiladores para suministrar el volumen de gas previamente dicho, los cuales estarán situados a popa de todos los tanques. La presión del suministro no debe exceder la presión de pruebas de cada tanque, y cada uno debe de tener la capacidad total del sistema.

El sistema de combustión escogido es un **Wärtsilä Moss Mult-Inert System**, con una capacidad máxima de 20000 m<sup>3</sup>/h, y lleva incorporado el sistema de lavado.

El circuito empleado se mostrará en el Anexo.

### 3.6- Otros sistemas antiincendios

Debe existir un sistema remoto de cierre rápido de válvulas de los tanques de combustible que permita el cierre de éstas desde un lugar fuera de la cámara de máquinas y preferiblemente en cubierta.

El buque también tendrá que llevar una serie de extintores portátiles para los diversos recintos, siguiendo ciertas reglas indicadas por el SOLAS:

- El número de extintores en los espacios de alojamiento, servicio y puestos de control no debe ser inferior a cinco, quedando el número y tipo concretos a cargo de la administración.
- Uno de los extintores destinado a usarse en un espacio cerrado debe situarse en la entrada de dicho espacio.
- El agente extintor no puede ser de anhídrido carbónico en los espacios de alojamiento ni conductor de la electricidad o dañino para los equipos en los espacios con equipo eléctrico o electrónico necesarios para la seguridad de un buque.
- Todos los extintores deben estar listos para su utilización y situados en un lugar visible que pueda alcanzarse fácilmente en todo momento si hay un incendio.
- Los extintores deberán disponer de dispositivos que indiquen si han sido utilizados.

### 4.- Servicio de lastre

El número reglamentario de bombas de lastre suele ser 2, de tipo centrífuga autocebada.

La presión ejercida suele ser entre 2 y 3 bares.

El caudal viene dado por la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{V}{T} * \frac{1}{N}$$

Q = Caudal de la bomba (m<sup>3</sup>/h)

V = Volumen total de los tanques de lastre. La siguiente tabla muestra el volumen de los tanques de un costado:

DC1 E Cub	DC 1 E Fond	DC2 E	DC3 E	DC4 E	DC5 E	DC6 E	Total (m <sup>3</sup> )
3818,437	1624,06	4542,017	4579,837	4579,802	4551,122	5356,844	29052,119

Como son simétricos, el volumen total será el doble, 58104,24 m<sup>3</sup>

T = tiempo de desastrado, que suele ser unas 12 horas.

N = N<sup>o</sup> de bombas a trabajar simultáneamente.

Si suponemos 2 bombas trabajando a la vez:

$$Q = \frac{58104,24}{12} * \frac{1}{2} = 2421 \frac{m^3}{h}$$

Estimando un rendimiento de 0,65, la potencia de cada bomba será de:

$$Pot = \frac{Q \left( \frac{m^3}{h} \right) * H(m.c.a) * \rho \left( \frac{kg}{m^3} \right)}{75 * 3600 * \eta} = Pot = \frac{2421 * 20 * 1025}{75 * 3600 * 0,65} = 282,8 hp = 208 kW$$

El sistema empleado se mostrará en el Anexo.

## 5.- Sistemas de carga y descarga

Para los sistemas de carga y descarga nos basamos en los datos del buque base. En los barcos más parecidos al nuestro (Ejemplo: SPYROS K) se emplean 3 bombas centrífugas situadas en una cámara de bombas.

Cada una tiene un caudal de alrededor de 4000 m<sup>3</sup> y una presión de 135 m.c.a.

A continuación calcularemos los valores mínimos para nuestro buque y ver si los extraídos de los buques base son válidos:

El caudal de las bombas lo calculamos con la fórmula:

$$Q = \frac{V * \frac{P_{Li}}{100}}{N_s * T}$$

Q = Caudal de cada bomba de carga (m<sup>3</sup>/h)

V = Volumen total de los tanques de carga (m<sup>3</sup>)

Según la siguiente tabla, a cada costado:

Slops	Load TK 1	Load TK 2	Load TK 3	Load TK 4	Load TK 5	Load TK 6	Total m <sup>3</sup>
1988,814	13285,114	17089,032	17089,032	17089,032	17089,032	15234,149	98864,205

Por lo tanto V = 2\*98864,205 = 197728,41 m<sup>3</sup>

Pli = Porcentaje de llenado de los tanques de carga = 98%

Ns = Número de bombas trabajando simultáneamente = 3

T = Tiempo total de descarga del buque = Tomamos 20 horas al ser un volumen muy grande.

$$Q = \frac{197728,41 * \frac{98}{100}}{3 * 20} = 3229,56 \frac{m^3}{h}$$

Si empleamos el caudal de 4000 m<sup>3</sup>/h del buque base, podrá cargarse el buque en apenas 16 horas.

La presión de las bombas debe ser tal que venza no sólo las pérdidas de carga de la tubería del buque, sino también las de las mangueras y tuberías de la refinería y la diferencia de alturas entre el tanque de carga y el de refinería, los cuales no dependen del buque.

Por lo tanto no es posible calcular las pérdidas de carga. Los armadores suelen emplear un valor de 120 m.c.l como valor normal para una mercancía de 0,85 t/m<sup>3</sup>.

Nuestro buque puede cargar con productos con una densidad elevada, por lo que emplear 135 m.c.a resulta razonable.

$$Pot = \frac{Q \left( \frac{m^3}{h} \right) * H(m.c.a) * \rho \left( \frac{kg}{m^3} \right)}{75 * 3600 * \eta}$$

Con las cifras obtenidas y un rendimiento estimado de 0,65 la potencia mínima de cada bomba será:

$$Pot = \frac{4000 * 135 * 990}{75 * 3600 * 0,6} = 3046,15 \text{ hp} = \mathbf{2240,5 \text{ kW por bomba}}$$

El sistema empleado para la descarga se basa en el de otros buques similares y se verá en el Anexo de este cuaderno.

También se dispondrá de dos grúas, situadas en la cubierta de francobordo, que se emplean para alzar las mangueras empleadas para la carga de combustible hasta el manifold. Según el buque base, existen 2 de estas grúas electro hidráulicas, cada una capaz de levantar 15 toneladas y con un alcance de 17,4 metros.

La potencia puede estimarse empleando su capacidad y velocidad de izado (Que puede estimarse en 12 m/min = 0,2 m/s en las grúas del manifold) Para un rendimiento del 80%:

$$Pot = \frac{Capacidad * V * g}{\eta} = \frac{15 * 0,2 * 9,81}{0,8} = \mathbf{36,8 \text{ kW}}$$

Algo también empleado frecuentemente en este tipo de barcos son un par de bombas de agotamiento de la carga que trabajan a alta presión (Alrededor de 245 m.c.a) y su caudal se encuentra alrededor de unos 1000 m<sup>3</sup>/h.

## 6.- Equipos de navegación y comunicaciones

La disposición y relación de equipos de navegación cumplirán con la cota NAV-OC del G.L. Se suministrarán como mínimo los equipos descritos a continuación, según las normas de seguridad del SOLAS:

### 6.1- Compases y piloto automático

Se instalará sobre el techo del Puente un compás magistral magnético debidamente compensado para determinar el rumbo del buque, también deberá contar con uno de respeto. El diámetro de la rosa del compás magnético será igual o superior a 160 mm, y éste deberá mostrar los datos visualmente en el puesto principal de gobierno.

También deberá instalarse un Girocompás o Aguja giroscópica que permitirá determinar y presentar de forma visual el rumbo por medios no magnéticos. El timonel debe ser capaz de leerlas claramente desde el puesto de gobierno principal

Debe existir al menos un repetidor para indicar el rumbo en el puesto de gobierno de emergencia, y otro de las demoras indicadas para obtenerlas en un arco de horizonte de 360º

Además, se precisa de un sistema de automático control de rumbo o derrota para poder regular sin necesidad de constante supervisión el rumbo o la derrota directa.

Este sistema proporcionará tres modos de gobierno: automático; manual eléctrico con seguimiento y manual eléctrico sin seguimiento. Este último tendrá prioridad sobre los otros dos. Este sistema podrá montarse sobre la consola del puente y en los alerones.

Se deberá prever la instalación de un equipo de navegación por satélite GPS.

### 6.2- Equipos auxiliares de navegación

- Un taxímetro para leer demoras en un arco horizontal de 360º
- Un medio para corregir y obtener el rumbo y la demora verdaderos.
- Un indicador de la velocidad de giro para determinarla y presentarla visualmente.
- Un sistema de información y visualización de cartas electrónicas (SIVCE) que satisfaga las prescripciones relativas a la obligación de llevar cartas náuticas.
- Un receptor para el sistema mundial de navegación por satélite y un sistema de radionavegación terrenal para determinar y actualizar en todo momento la situación con medios automáticos durante el viaje previsto.
- Un radar de 3 GHz, y un segundo radar de 9 GHz, para determinar y presentar visualmente la distancia y la demora de otras embarcaciones y obstrucciones de superficie y de boyas, litorales y marcas de navegación que ayudan a la navegación en general y a evitar abordajes.
- Un radar de puerto.

- Una ayuda de punteo radar automática para trazar automáticamente la distancia y la demora de otros 20 blancos como mínimo, que esté conectada a un indicador de velocidad y distancia en el agua, a fin de determinar el riesgo de abordaje y simular una maniobra de prueba.
- Una ecosonda para medir y presentar visualmente la profundidad del agua.
- Un dispositivo medidor de la velocidad y la distancia para indicar la velocidad y la distancia con respecto al fondo en dirección de proa y en dirección transversal.
- Indicadores de la situación los timones, las hélices, así como el empujes y el paso de las mismas, además de otras medidas como una presentación visual del ángulo de metida de cada timón, la rotación de cada hélice, la potencia y dirección del empuje y el paso y la modalidad de funcionamiento.  
Todos deben ser legibles desde el puesto de órdenes de maniobra.
- Una ayuda de seguimiento automático para trazar automáticamente la distancia y la demora de otros blancos a fin de determinar el riesgo de abordaje.

### **6.3- Estación de radio. Sistema mundial de socorro y seguridad marítima.**

- Se requiere una instalación radioeléctrica de ondas métricas que pueda transmitir y recibir mediante LSD (frecuencia 156,525 MHz – Canal 70) y mediante radiotelefonía (156,3 MHz 156,65 MHz 156,8 MHz –Canales 6,13 y 16 respectivamente). En combinación con ella, tendremos otra que mantenga escucha continua de LSD en canal 70.
- Un respondedor de radar que funcione en la banda 9 GHz, el cual a su vez será el prescrito para las embarcaciones de supervivencia mencionadas anteriormente.
- Un receptor para las transmisiones del servicio NAVTEX internacional, que es una coordinación de transmisión y recepción automática en 518 kHz de información sobre seguridad marítima mediante telegrafía de impresión de banda estrecha utilizando el idioma inglés.
- Una radiobaliza de localización de siniestros por satélite.
- Un equipo que permita mantener un servicio de escucha de LSD (llamada selectiva digital) en las frecuencias de 2187,5 kHz 8414,5 kHz y por lo menos en una de las frecuencias de socorro y seguridad de LSD de 4207,5 kHz 6312 kHz 12577 kHz ó 16804,5 kHz; pudiendo elegir en cualquier momento cualquiera de ellas.
- Medios para iniciar la transmisión de alertas de socorro para buques costeros mediante un servicio de radiocomunicaciones que no sea el de ondas decamétricas y que trabaje a través del sistema de satélites de órbita polar de 406 Mhz. Y del servicio de satélites geoestacionarios de Inmarsat.

- Una lámpara de señales diurnas u otro medio para comunicarse mediante señales luminosas durante el día y la noche que utilice una fuente de energía eléctrica que no dependerá únicamente del suministro eléctrico del buque.
- Un sistema de transmisión automática de datos que forme parte del sistema de identificación y seguimiento de largo alcance de buques. Esta información será el nombre del buque, su situación (latitud y longitud) y la fecha y la hora de la información facilitada.
- Para facilitar las investigaciones sobre siniestros, en los buques que efectúen viajes internacionales, se instalan un registrador de datos de la travesía (RDT).

#### 6.4- Telégrafos de máquinas y altavoces de órdenes

El Telégrafo de máquinas será un dispositivo eléctrico, con esfera iluminada eléctricamente por las dos caras, para transmitir órdenes del Puente de Gobierno a la Cámara de Máquinas.

Llevará un sistema acústico de atención y podrá transmitir las siguientes órdenes:

- Avante: Toda-Media-Poca-Muy poca.
- Atención: Parada-Terminado máquinas
- Atrás: Muy poca-Poca-Media-Toda.

En las proximidades de los motores propulsores se colocará unos repetidores con timbre.

Se dispondrá de un equipo de Altavoces de órdenes en Puente, Castillo y Toldilla.

Los dos últimos con posibilidad de conversación simultánea.

También servirán para dar órdenes el equipo de altavoces instalado en comedores, salones y pasillos, con graduación de volumen, con un casete en el Puente.

#### 6.5- Teléfonos

El Constructor suministrará e instalará un sistema de teléfonos interiores autogenerados.

Podrán comunicarse entre sí cada uno con los siguientes locales: Puente de Gobierno, Cámara de Máquinas, Camarote del Capitán, Camarote del Jefe de Máquinas, Cámara de Control, Servomotor, zona motores propulsores y de emergencia.

En la Cámara de Máquinas se dispondrá un zumbador de gran sonoridad y luz roja intermitente, para aviso de llamadas.

El teléfono de este local estará situado en una pequeña cabina aislada de los ruidos.

## 7.- Servicio de agua dulce

El agua dulce es aquella agua destinada para el consumo humano, pero también para fines técnicos y necesidades higiénicas y sanitarias.

La parte potable del agua puede obtenerse mediante evaporación, mediante ósmosis inversa o mediante un suministro central público.

La reglamentación internacional que regula esta sección es principalmente la provista por el convenio MARPOL (Anexo IV- Tratamiento de aguas sucias):

- Sólo se hace referencia a aguas negras.
- Se prohíbe la descarga al mar salvo a más de 12 millas de tierra (3 si se ha desmenuzado y desinfectado), que se utilice una instalación de tratamiento o que haya riesgo o avería.
- Se estandarizan las bridas de conexión a tierra.

El sistema de suministro toma agua de la toma de mar y la suministra a un generador de agua dulce. El agua que sale de ese generador se almacena en un tanque junto con la del suministro de tierra. A continuación el agua de ese tanque de almacenamiento se bombea a un tanque hidróforo que mantiene cierta presión en el sistema.

De ese tanque hidróforo el agua puede emplearse directamente como agua técnica, o puede pasar por un proceso de esterilización y mineralización para usarse como agua potable. (La cual puede hacerse pasar por un calentador)

Tras pasar por los consumidores, los flujos de agua se agrupan en aguas grises y aguas negras. Éstas pueden ser almacenadas en tanques; o como en nuestro buque, tratarse con un sistema de depuración antes de ser descargadas. Disponemos de un tanque de 10 m<sup>3</sup> para almacenarlas en caso de avería.

Ahora veremos los componentes del sistema individualmente:

### 7.1- Generadores de agua dulce

Podrán instalarse generadores multiefecto, multietapa o destiladores por ósmosis inversa, los cuales emplean el principio de presión osmótica en disoluciones de distinta concentración.

La capacidad depende del consumo total de la tripulación, el cual puede estimarse en 150 litros por cada persona y día. Con 30 tripulantes, eso da un total de 4500 litros al día.

Si aumentamos un 10% por agua técnica, tenemos **4,95 m<sup>3</sup>** al día o 187,5 litros por hora. Se puede coger un generador **Osmomar OM-01-05**, con una producción de 5 m<sup>3</sup>/día y un consumo de 4,55 kW

## 7.2- Tanques almacén

En nuestro buque se emplean dos tanques estructurales, recubiertos por pintura o galvanizado. Disponen de refuerzos por los exteriores no formados por el casco del buque.

Los tanques se encuentran a popa del pique de popa, debajo de la cubierta de francobordo, y cuentan con una capacidad de 250 m<sup>3</sup> entre los dos.

## 7.3- Bombas

Hay de dos clases. Por un lado están las bombas de suministro, generalmente 2 bombas centrífugas, que se encargan de proporcionar presión al tanque hidróforo o directamente al servicio. Este tipo de bombas cuentan con una presión de entre 4,5 y 6,5 bares, y su caudal aproximado es el siguiente según la norma UNE-EN ISO 15748-2:

$$Q = \frac{N * C * 3,6}{B}$$

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/h)

N = número de personas (30)

C = pico de consumo (0,09l/seg\*pers)

B = número de bombas funcionando a la vez (2)

$$Q = \frac{30 * 0,09 * 3,6}{2} = 4,86 \frac{m^3}{h}$$

La potencia de estas bombas estará indicada por la siguiente fórmula:

$$Pot = \frac{Q \left( \frac{m^3}{h} \right) * H(m.c.a) * \rho \left( \frac{kg}{m^3} \right)}{75 * 3600 * \eta} = \frac{4,86 * 6,5 * 1000}{75 * 3600 * 0,65} = 0,18 hp = 0,13 kW$$

Por otro lado están las bombas de circulación circulan en agua en los circuitos y a través del esterilizador y el calentador. Esto ayuda a evitar la contaminación del agua y evita pérdidas de calidad en la misma. Se emplea en principio una bomba para agua fría y otra para el agua caliente.

## 7.4- Tanques hidróforos

Suministran agua a presión al circuito, evitando así un continuo arranque y parada de las bombas de suministro. Su funcionamiento se basa en la compresibilidad del aire de su interior, y la presión de trabajo es la misma que la de las bombas de suministro.

Disponen de ciertos sistemas de seguridad y mantenimiento, como un nivel de agua, un grifo de purga, un manómetro y un conmutador de control a presión, una válvula de seguridad y unos accesos para registrarlos y limpiarlos.

## 7.5- Potabilización/Esterilización

La esterilización garantiza que el agua potable esté libre de gérmenes antes de su uso. Puede realizarse por uno o varios métodos: Filtrado, Irradiación ultravioleta, Germicidas químicos, Ozonización o Calefacción

Para potabilizar el agua, también es necesario modificar ciertas características de la misma, como realizar una de-acidificación para disminuir la corrosión, o una mineralización para dejarla adecuada para el consumo humano. (También es posible desmineralizarla para otros usos)

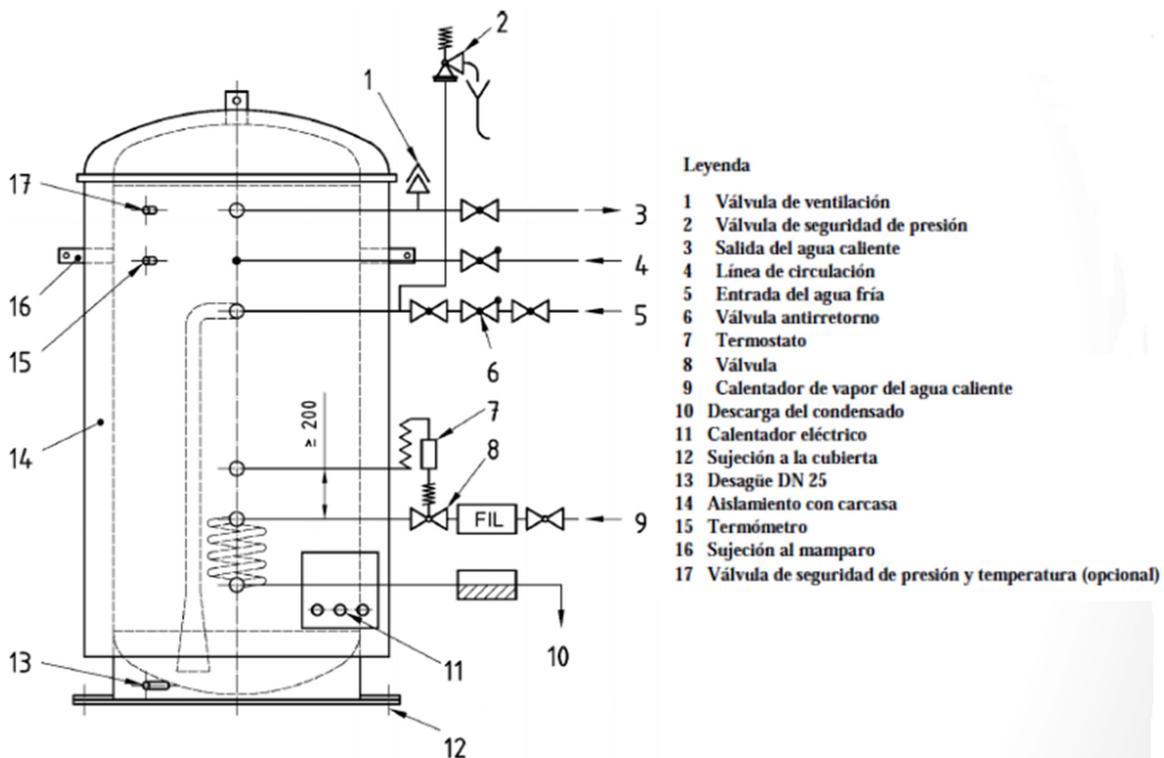
## 7.6- Calentadores

Pueden ser eléctricos o de vapor. El límite inferior es de una temperatura de 60º para prevenir depósitos y legionella) y la presión nominal máxima es de 6 bares.

Suelen disponer de protección frente a averías (Especialmente en calentadores indirectos), y una válvula antirretorno en la alimentación de agua fría.

Disponen de acumuladores, dispuestos generalmente a un máximo de 1 m en vertical y 2 m en horizontal de la salida. Si las distancias son mayores, se requiere de cierta aireación.

En siguiente imagen se podrá observar un esquema de la disposición de un calentador con sus sistemas auxiliares acoplados:



## 7.7- Consumidores

En nuestro buque los consumidores pueden dividirse en las siguientes categorías:

- Consumos de la tripulación y el pasaje
- Habilitación (Baños y aseos, Cocinas, lavandería, limpieza y climatización)
- Consumidores técnicos (Calderas, sistemas de refrigeración, generadores de vapor...)

## 7.8- Tratamiento de aguas sucias

En nuestro buque, las aguas negras a las que se refiere el anexo IV del MARPOL son las provenientes de los desagües de inodoros y urinarios, los procedentes de lavabos, lavaderos y salidas situadas en locales médicos, y todas las otras aguas residuales que se mezclen con las anteriores.

Emplearemos una instalación de tratamiento para eliminar el problema de las aguas negras.

Las aguas grises son todo el resto de aguas que deben ser evacuadas

## 8.- Ventilación y aire acondicionado

Cabe diferenciar entre la ventilación de los locales, la de los espacios de habilitación y la de la cámara de máquinas. Se estudiará cada uno de estos casos por separado.

### 8.1- Aire acondicionado

Se montará un sistema de aire acondicionado a alta presión en diversos locales:

- Camarotes y oficinas
- Comedores y salas de estar
- El puente de gobierno
- La cocina.

El sistema utilizará Freón 123 como **fuelle refrigerante** y fluido térmico como **fuelle de calor**.

Todo el equipo (compresor, calefactor, baterías...) estará calculado en base a las condiciones siguientes, estimando una circulación del aire de alrededor del 30 %

- Verano:
  - Condiciones externas: 35°C y humedad relativa del 60 %
  - Condiciones internas: 22°C y humedad relativa del 50 %
- Invierno:
  - Condiciones externas: -5°C y humedad relativa del 80 %
  - Condiciones internas: 20°C y humedad relativa del 50 %

Teniendo en cuenta que el sistema de aire acondicionado se emplea para extraer el calor, la mayor diferencia de temperaturas será de  $35 - 22 = 13^{\circ}\text{C} = \Delta T$

El caudal empleado se estima como  $1000 \text{ m}^3/\text{h}$  por tripulante, y habiendo 30 tripulantes eso implica  $30000 \text{ m}^3/\text{hora}$ . Con estas cifras y la capacidad térmica del aire  $C_e = 0,31$  kilocalorías por kilogramo, podemos hallar el calor a retirar del sistema:

$$\Delta q = \rho * Q * C_e * \Delta T = 1 * 30000 * 0,31 * (-13) = -120900 \text{ kcal/h}$$

Tomando como referencia otros buques con características similares al nuestro, podemos emplear un refrigerante con un calor de vaporización de  $28 \text{ kcal/kg}$  y una potencia de circulación y compresión necesaria de  $3,5 \text{ kcal/kg}$ . Todo ello a una presión que hace que el proceso se realice a  $15^{\circ}\text{C}$ , por lo que el caudal del refrigerante será:

$$Q_M = \frac{\Delta q}{28} = \frac{120900}{28} = 4317,86 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Estimando el rendimiento del compresor como un 80% la potencia consumida por el mismo será:

$$P = \frac{3,5 * 4317,86}{0,8} = 18890,625 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} = \mathbf{22 \text{ kW}}$$

La potencia de los ventiladores y extractores puede estimarse con un rendimiento de 0,65 y suponiendo que trabajan con un salto de presión de 65 m.c.a.

$$P = n^{\circ} * \frac{Q * \Delta p * \rho}{75 * 3600 * \eta} = 2 * \frac{30000 * 65 * 1}{75 * 3600 * 0,65} = 2 * 11,11 \text{ hp} = \mathbf{2 * 8,05 \text{ kW}}$$

Además de eso se montará un equipo autónomo de aire acondicionado para la cabina de control de cámara de máquinas y un acondicionador tipo doméstico como emergencia.

## 8.2- Ventilación de locales

En general, habrá **1 ventilador de tipo axial** en cada local, y la presión en los mismos suele estar entre los 40 y los 75 m.c.a. (Podemos suponer una media de 60 m.c.a.)

El caudal depende del volumen del local y del número de renovaciones que sea necesario realizar por hora. Pondremos como ejemplo la cámara de bombas.

Por reglamentación requiere que se hagan 20 renovaciones por hora.

Las dimensiones de la cámara son 8,8 metros de eslora, 8 de manga y 5 de puntal. Por tanto el volumen total será de 352 metros cúbicos

Así pues el caudal total para la cubierta de bombas será de:

$$Q = R * V = 20 * 352 = 7040 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$P_{ot} = \frac{Q \left( \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) * H(\text{m. c. a}) * \rho \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)}{75 * 3600 * \eta} = \frac{7040 * 60 * 1}{75 * 3600 * 0,65} = 2,4 \text{ hp} = 1,738 \text{ kW}$$

### 8.3- Ventilación de la cámara de máquinas

En la cámara de máquinas se buscará renovar el aire según el calor a eliminar de la misma. Según la norma UNE-EN ISO 8861:1998 el aire debe distribuirse a todas las partes de la sala de máquinas con el fin de evitar bolsas de aire caliente estancado.

Se toma 35°C como temperatura ambiente del aire exterior, y 12,5°C la diferencia de temperaturas entre la cámara de máquinas y el guardacalor.

El flujo total del aire Q de la cámara de máquinas debe de ser al menos el valor más alto de entre los dos siguientes cálculos:

$$Q_1 = q_c + q_H \quad \text{o} \quad Q_2 = 1,5 * q_c$$

- $q_c$  es la cantidad de aire requerida para la combustión.
- $q_H$  es el flujo de aire requerido para la disipación de calor.

La norma dispone de fórmulas para el cálculo de ambos valores. A continuación se muestran versiones simplificadas empleando sólo los factores empleados en nuestro buque.

Para el caudal empleado en la combustión:

$$q_c = q_{dg} + q_b$$

$q_{dg}$  es el flujo de aire empleado en la combustión de los diésel generadores.

La fórmula para calcularlo es la siguiente:

$$q_{dg} = \frac{P_{dg} * m_{dg}}{\rho}$$

- $P_{dg}$  es la potencia normalizada de servicio de los motores diésel a máxima potencia, en kilowatios (14400 kW en nuestro caso).
- $m_{dg}$  es el aire necesario para la combustión del motor, que en motores de 4 tiempos puede tomarse como 0,002 kg/(kW\*s)
- $\rho$  es la densidad del aire a 35°C, 70 RH y 101,3 kPa, igual a 1,13 kg/m<sup>3</sup>

Por tanto, habiendo 3 motores en funcionamiento constante:

$$q_{dg} = n^{\circ} * \frac{P_{dg} * m_{dg}}{\rho} = 3 * \frac{14400 * 0,002}{1,13} = 76,46 \frac{m^3}{s}$$

$q_b$  es el flujo de aire empleado en la combustión de las calderas, usadas en nuestro caso para la calefacción de la carga. La fórmula empleada es la siguiente:

$$q_b = \frac{m_s * m_{fs} * m_{af}}{\rho}$$

- $m_s$  es la capacidad de vapor total en kg/s (40000 kg/h = 11,11 kg/s)
- $m_{fs}$  es el consumo de combustible en kg de combustible por kg de vapor. En nuestro caso puede estimarse como 0,077 kg/kg dado que conocemos la capacidad de la caldera.
- $m_{af}$  es el aire necesario para la combustión, en kg de aire por kg de combustible. Al no haber datos específicos, se emplea 15,7 kg/kg para el cálculo.

Al disponer de 2 calderas, la ecuación nos queda:

$$q_b = n^{\circ} * \frac{m_s * m_{fs} * m_{af}}{\rho} = 2 * \frac{11,1 * 0,077 * 15,7}{1,13} = 23,77 \frac{m^3}{s}$$

Esto resulta en un caudal de aire para la combustión igual a

$$q_c = 76,46 + 23,77 = 100,23 \frac{m^3}{s}$$

En lo que respecta al flujo necesario para la evacuación de calor  $q_h$  la fórmula es algo más compleja:

$$q_h = \frac{\Phi_{dg} + \Phi_b + \Phi_p + \Phi_{el} + \Phi_{otros}}{\rho * c * \Delta T} - 0,4 * q_{dg} - q_b$$

- $\Phi_{dg}$  es la emisión de calor de los diesel generadores, en kW. En nuestro caso contamos con las especificaciones de los motores, que sitúan las pérdidas en 420 kW por motor al 100% de carga. Con 3 motores funcionando al mismo tiempo, ese valor resulta en  $\Phi_{dg} = 1260$  kW

- $\Phi_b$  es la emisión de calor de las calderas. La fórmula para calcularla es la siguiente:

$$\Phi_b = n^{\circ} * m_s * m_{fs} * h * \frac{\Delta hb}{100} * B1$$

Siendo  $h$  el valor calorífico más bajo del combustible (40,2 kJ/kg) y  $\Delta hb$  la pérdida de calor en porcentaje (Pudiendo estimarse como 37% según las tablas de la ISO) La constante B1 depende de la ubicación de la caldera y vale 0,1. Por tanto:

$$\Phi_b = 2 * 11,11 * 0,077 * 40,2 * 37 * 0,1 = 254,5 \text{ kW}$$

- $\Phi_p$  es la emisión de calor de las tuberías de vapor y condensación. La fórmula empleada para calcularla es la siguiente:

$$\Phi_p = n^{\circ} * m_{sc} * \frac{\Delta hp}{100}$$

Siendo  $m_{sc}$  el consumo total de vapor, en kW (Siendo 1kW = 1,6 kg/h de vapor) y  $\Delta hp$  la pérdida de calor de las tuberías en porcentaje, tenemos por tanto:

$$\Phi_p = 2 * \frac{40000}{1,6} * 0,002 = 100 \text{ kW}$$

- $\Phi_{el}$  es la pérdida de calor de los sistemas eléctricos, y la estimamos como un 20% de la potencia eléctrica total, hallada en el Cuaderno 11 (830 kW)

$$\Phi_{el} = 0,2 * 830 = 166 \text{ kW}$$

- $\Phi_{otros}$  pérdidas de calor producidas por otros sistemas como turbinas, reductores o compresores, y lo estimamos como un 50% de la pérdida de los sistemas eléctricos, quedando por tanto:

$$\Phi_{otros} = 0,5 * 166 = 83 \text{ kW}$$

- $C$  es la capacidad de calor específico del aire  $C = 1,01$  kJ/(kg\*K)

Con todos estos datos, el flujo de aire para la disipación de calor nos resulta:

$$q_h = \frac{1260 + 254,5 + 100 + 166 + 83}{1,13 * 1,01 * 12,5} - 0,4 * 76,46 - 23,77 = 76,26 \frac{m^3}{s}$$

Los dos valores del flujo total nos quedan por tanto:

$$Q1 = 1,5 * q_c = 1,5 * 100,23 = 150,35 \frac{m^3}{s}$$

$$Q2 = q_c + q_h = 100,23 + 76,26 = 176,5 \frac{m^3}{s}$$

Elegimos Q2 por ser el mayor de los dos valores, quedándonos un flujo de 176,5 m<sup>3</sup>/s que es igual a 635393 m<sup>3</sup>/h de aire en la cámara de máquina.

El flujo puede ser redondeado a **640000 m<sup>3</sup>/h**, y podemos conseguirlo instalando ocho ventiladores de 80000 m<sup>3</sup>/h en la cámara de máquinas. Si suponemos que los ventiladores mantienen una presión de 30 m.c.a. la potencia resultante será:

$$Pot = \frac{Q \left( \frac{m^3}{h} \right) * H(m.c.a) * \rho \left( \frac{kg}{m^3} \right)}{75 * 3600 * \eta} = \frac{80000 * 30 * 1,13}{75 * 3600 * 0,65} = 15,453 hp = 11,16 kW$$

Con ocho ventiladores, la potencia total será de **89,28 kW**

## 9.- Equipo de control del motor propulsor

Al contar nuestro buque de propulsión diésel eléctrica de dos ejes, los motores propulsores son motores eléctricos, y están alimentados por una serie de motores diésel Wartsilla 46F.

En la **Project Guide** de estos motores (Apartado 14) vienen indicados unos dispositivos llamados UNIC que son un sistema acoplado de automatización. LA UNIC C2 tiene una interfaz cableada para funciones de control y otra interfaz para monitorización y alarma.

Esta caja de control permite realizar automáticamente funciones como las descritas a continuación:

- Inicio de secuencia
- Inicio de cierres
- Control de velocidad
- Paradas regulares
- Paradas de emergencia

Además del UNIC existe un panel de control local, que permite realizar las funciones previas de forma manual, además de tener indicadores de repuesto para parámetros como la velocidad del motor, la presión del aceite lubricante, o la temperatura del agua de refrigeración.

Además, se recomienda que haya indicadores para los siguientes estados:

- Encendido
- Funcionamiento del motor
- Apagado del aceite de lubricación
- Apago por alta temperatura del agua dulce de refrigeración
- Apagado por exceso de velocidad
- Parada de emergencia
- Fallo de arranque
- Rotura de cables
- Enclavamientos (bloqueos)
- Enclavamientos (local)
- Aire de arranque

Para el sistema de alarma debería haber indicaciones de:

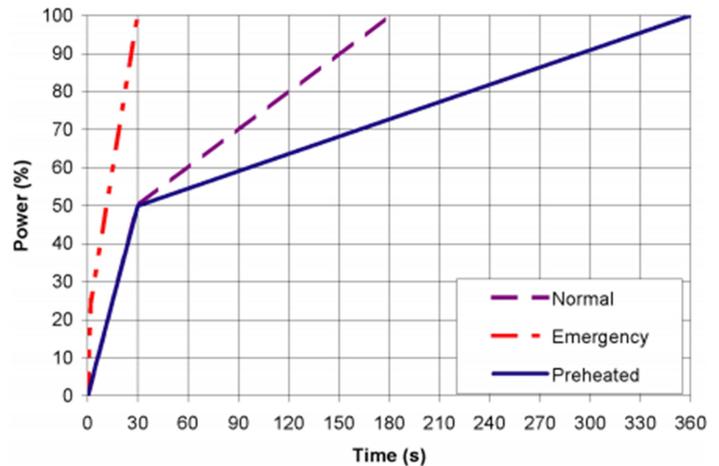
- Presión de entrada del aceite lubricante
- Presión del aceite de prelubricación
- Fugas de combustible
- Filtro de aceite
- Temperatura de la salida de agua de refrigeración
- Temperatura de la entrada de aceite
- Presión del agua de refrigeración
- Fallo del tachó
- Baja tensión de alimentación
- Alto voltaje de suministro
- Fallo del fusible
- Fallo de la bomba de prelubricación
- Exceso de velocidad

## 9.1- Requerimientos del sistema y guías para propulsión diésel eléctrica

Según la **Project Guide**, hay ciertas características que se incorporan al control de potencia de los sistemas un buque de propulsión diésel eléctrica:

- 1- El programa de incremento de carga del motor debe limitarla durante la aceleración del buque y la transferencia de carga entre generadores según las siguientes curvas:

Suele usarse la gráfica de motor precalentado en caso de no haber otra, el motor tardaría 6 minutos en estar a plena potencia.



Generalmente el incremento de

carga de un generador recién conectado es la suma de la transferencia de carga del sistema de control de potencia y el incremento de carga del control de propulsión (Si el compartir la carga se debe a una disminución de velocidad).

- 2- Una carga rápida puede sólo ser posible activando la función de emergencia (Lo cual genera alarmas visuales y sonoras en la sala de control y el puente de mando).
- 3- El control de propulsión debe ser capaz de controlar y limitar automáticamente la potencia propulsiva según el incremento de carga de los diésel generadores.
- 4- El ratio de reducción de carga también debe estar limitado para evitar paradas bruscas.
- 5- Algunos sistemas de propulsión, como los que disponen de un generador de cola, pueden devolver energía a la red eléctrica.
- 6- El sistema de control de potencia realiza la conexión y desconexión de generadores según un sistema de reducción de velocidad, y además se encarga de corregir la frecuencia del sistema para compensar por la caída de velocidad. Esta corrección se realiza enviando una señal a la unidad de control de velocidad. La señal depende de la magnitud de la corrección, y se deben esperar 30 segundos antes de realizar otra.
- 7- Aunque en teoría la potencia completa del generador se encuentra disponible tan pronto el generador está conectado, el sistema de control de carga se encarga de distribuir la potencia del motor. Si la potencia exigida es mayor al 100% de carga del motor, se realiza una distribución equitativa entre los generadores conectados, o se conecta uno nuevo en caso de que los generadores conectados se carguen más allá de su máxima capacidad.
- 8- El sistema deberá monitorear la frecuencia de la red y reducir la carga si la frecuencia cae de forma excesiva.

## 10.- Equipos de elevación y mantenimiento

### 10.1- Equipo de izado exterior

Según el buque de referencia SPYROS K, habrá dos grúas de 6,3 toneladas de capacidad y un alcance de 4 metros. Se situará una a cada banda y se emplearán para cargar víveres. Podemos suponer una velocidad de izado de 10 m/min = 0,167 m/s basándonos en buques similares. Por tanto la potencia de cada una de estas grúas será:

$$Pot = \frac{Capacidad * V * g}{\eta} = \frac{6,3 * 0,167 * 9,81}{0,8} = 12,9 \text{ kW}$$

También hay otras dos grúas encargadas para coger mangueras para el sistema de carga y descarga del buque, las cuales han sido descritas previamente entre los sistemas de carga.

El acceso de la cámara de máquinas vendrá dado por la presencia de una Viga Carril, que será usada para la instalación de los motores.

### 10.2- Equipo de acceso al buque

Contaremos con dos tipos de escala:

- Escala real: Se dispondrá de una escala a cada banda, en la zona central del buque donde los costados son planos. Dichas escalas deben estar dispuestas de tal manera que se suba de popa hacia proa. Durante la navegación deben quedar estibadas de tal manera que no sobresalgan de la manga del buque.
- La escala del práctico: Se trata de una escalera enrollable. Ésta debe conservarse en buenas condiciones, guardada en un local al que no le afecte la lluvia ni las condiciones ambientales.

### 10.3- Máquinas y herramientas

En la primera plataforma habrá un taller con los siguientes elementos:

- Un torno eléctrico
- Un taladro vertical
- Un esmeriladora doble
- Un equipo de soldadura eléctrica
- Un equipo de corte y soldadura oxiacetilénica
- Un banco para prueba de inyectoras con soporte para inyectora y bomba manual.
- Un compresor de aire para servicios auxiliares

Para el uso de esta maquinaria se estima una potencia global instalada de 40 kW.

## **11.- Equipo de fonda y hotel**

### **11.1- Gambuza frigorífica**

El buque dispondrá de una cámara frigorífica que se accede desde la cocina y que servirá para almacenar diversos víveres. Estará formada por tres armarios de tipo comercial con capacidad suficiente para almacenar comida para al menos los 47 días de autonomía del buque.

Esta estancia se encontrará aislada y mantendrá una temperatura de entre -2 y -20 °C dependiendo de las necesidades. Las puertas deben ser de construcción robusta y bisagras especialmente reforzadas contra los golpes. La cocina dispondrá de unos sistemas de alarma que indiquen una subida de temperatura en el recinto de la gambuza

### **11.2- Neveras y frigoríficos caseros**

Además de la Gambuza se dispondrá de frigoríficos para bebidas y tentempiés, situados en estancias como el comedor, los alojamientos del Capitán y Jefe de máquinas, y el puente de gobierno.

### **11.3- Fuentes de agua potable fría**

Se instalarán distribuidas por todo el buque un total de 5 fuentes de agua exclusivamente fría. Uno en el puente de mando, uno en la sala de control de cámara de máquinas, uno en la cámara de máquinas y uno en la planta baja y nivel 1 de la habilitación.

### **11.4- Equipo de cocina y oficios**

El buque contará con: una cocina con capacidad suficiente para cumplir su cometido para la dotación de 30 personas. Tendrá horno, cocina, peladora, freidora, microondas, amasadora, campana extractora de gases, lavavajillas, batidora y electrodomésticos menores varios.

También habrá una cafetera industrial y dos cafeteras eléctricas una en cada comedor.

(Se estima una potencia total instalada de unos 50 kW)

### **11.5- Equipo de lavandería**

Habrà una lavandería industrial en la cubierta principal, la cual dispondrá de agua dulce fría y caliente, así como ganchos y tendederos. Estará equipada con:

- 3 Lavadoras.
- 1 secadora y una plancha.
- 2 cubos para ropa seca
- 1 Mesa de trabajo con cajones debajo.
- 1 Armario para ropa blanca y otra para ropa de color

## 12.- Calefacción de la carga

El sistema de calefacción de la carga es un requisito del armador, y busca conseguir un grado de fluidificación de la carga mediante su calentamiento por vapor para mejorar su trasiego. Este servicio se utiliza también para calentar los tanques de combustible y otros servicios menores como el calentador de agua potable.

Los equipos a dimensionar serán los siguientes:

- Calderas e intercambiadores de calor: Se dimensionan suponiendo que todos los tanques de carga están llenos
- Serpentes: Se dimensionan considerando que los tanques de carga adyacentes están vacíos

Las condiciones del calentamiento de la carga son las que se describen a continuación:

- Temperatura a la que mantener la carga: 65 °C
- Elevación de la temperatura de la carga: De 44°C a 65°C en 6 días 144 horas. El proceso debe comenzar antes de la llegada del buque al puerto.
- Calor específico de la carga: Variable, pero suponemos 0,845 Kcal/kg\*°C. Lo cual equivale a 1,88 KJ/kg\*°C
- Densidad de la carga: Máximo de 990 kg/m<sup>3</sup>
- Temperatura del aire: Unos 10 grados
- Temperatura del agua de mar: Entre 5°C y 10°C

El calentamiento se lleva a cabo mediante una serie de serpentes distribuidos principalmente en el fondo de los tanques de carga.

La energía que se debe suministrar se puede dividir en dos términos  $q_1$  y  $q_2$ .

$q_1$  es igual a la energía necesaria para elevar la temperatura de la carga. Con un volumen de los tanques de carga igual a 197728,4 m<sup>3</sup>, nos resulta:

$$q_1 = \frac{\rho * V_{carga} * Ce * (T_f - T_i)}{t_{calentamiento}} = \frac{990 * 197728,4 * 0,845 * (65 - 44)}{144} =$$

$$q_1 = 24122247 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} = 28054,17 \text{ kW}$$

Y  $q_2$  es el calor necesario para mantener la temperatura, que podemos estimar con la siguiente fórmula:

$$E = \sum K_v * A * (t_m - t_{ext})$$

- $K_v$  es el coeficiente de transmisión de calor del tanque.
- $A$  es el área del mamparo del tanque.
- $t_m$  es la temperatura media del líquido del tanque
- $t_m$  es la temperatura exterior.

La temperatura de la cámara de máquinas se considera 20°C, y la de los espacios vacíos puede tomarse como la media aritmética entre la temperatura de la carga y la del exterior del espacio vacío. Esto implica que estando el agua y el aire a 10°C y la carga a 44°C, la temperatura de los espacios vacíos será de 27°C

Haremos los cálculos con el tanque de carga número 3, situado en la sección maestra del buque.

Superficie	Fondo	Esquina	Lateral Obra viva	Lateral Obra muerta	Tapa
Área (m <sup>2</sup> )	605,5	257,25	385,28	230,72	770
Coeficiente Kv	0,00465	0,00465	0,00465	0,00465	0,0054

Es importante tener en cuenta que el mamparo de crujía separa el tanque de otro simétrico, por lo que la diferencia de temperaturas es 0 en ese caso ya que suponemos que ambas están a 44°C.

Lo mismo sucede con los mamparos a proa y popa del tanque.

Salvo en el caso de la tapa, en el que se presume contacto directo, el resto de superficies son parte del doble casco y hay por tanto un tanque de lastre vacío de separación entre el tanque y el exterior, por lo que se toma un coeficiente Kv correspondiente a un espacio cerrado.

A continuación se hace una evaluación de las pérdidas de calor del tanque 3:

Superficie	Fondo	Esquina	Lateral Obra viva	Lateral Obra muerta	Tapa
Temperatura ext.	27	27	27	27	10
Diferencia de T.	17	17	17	17	34
Pérdida de calor (kW)	47,864775	20,3356125	30,456384	18,238416	141,372

Esto resulta en un total de **258,267 kW**

Podemos estimar el flujo total de calor como unas 12 veces esa cantidad, resultando en  $q_2 = 3099,2 \text{ kW}$  para compensar las pérdidas en todos los tanques de carga.

Con esta cifra se puede estimar una energía necesaria de 31153,17 kW, y con un 10% de margen de seguridad, tenemos:  $Q = 34268,5 \text{ kW}$

Este resultado nos permite confirmar las calderas a emplear en nuestro buque, basándonos en las de los buques base. En nuestro caso, el buque ETON posee unos tanques de carga muy similares al nuestro, y cuenta con 2 calderas Aalborg con un consumo de 40000 kilogramos por hora de vapor.

En las tablas de las especificaciones se indica que la presión de trabajo de esta caldera es de 18 bares, y que producción máxima de calor es de 28200 kW en cada una, lo cual nos da una producción de calor de **56400 kW > 34268,5 kW**. Por tanto esas calderas son válidas.

### 12.1- Serpentes de los tanques de carga:

La fórmula que rige la transferencia de calor entre el serpentín y el líquido es similar al anterior y es como sigue:

$$E = K_v * A * (T_m - T_{serp})$$

- $K_v$  es el coeficiente de transmisión de calor fluido-serpentín-tanque.  
Para el calentamiento de hidrocarburos suele emplearse  $0,1163 \frac{kW}{m^2 * ^\circ C}$
- $A$  es el área del serpentín en metros cuadrados
- $T_m$  es la temperatura media del líquido del tanque (44°C)
- $T_{serp}$  es la temperatura media del fluido del serpentín  
Empleando vapor se utiliza la temperatura de saturación a la presión del sistema (En nuestro caso, a 18 bares tenemos 209,84°C)

El área del serpentín es igual a:  $A = L * \pi * \Phi^2 * \frac{10^{-6}}{4}$

- $\Phi$  = Diámetro del serpentín (mm) siendo unos de los más comúnmente aceptados DN65: 73/76,1
- $L$  = Longitud total del serpentín (m)

De todos los factores aquí presentados, el único que no conocemos es  $L$ , la cual se puede despejar:

$$L = \frac{4 * 10^6 * E}{K_v * \pi * \Phi^2 * (t_m - t_{serp})} = \frac{4 * 10^6 * (-34268,5)}{0,1163 * \pi * 76,1^2 * (44 - 209,84)} = \mathbf{350904 \text{ m}}$$

Con 642911 m a lo largo del buque, tenemos que el área de los serpentines será por tanto:

$$A = 350904 * \pi * 76,1^2 * \frac{10^{-6}}{4} = \mathbf{1596,05 \text{ m}^2}$$

## 13.- Servicio sanitario.

### 13.1- Circuito de agua potable

Se trató previamente el sistema de agua dulce en general, pero a continuación se verá con mayor detalle el sistema de agua potable empleada para el consumo humano:

Por un lado calcularemos la capacidad de los tanques de agua potable:

Se estima que el máximo que cada persona gasta al día son 100 litros en total.

$$100 \text{ (litros/persona * día)} * 30 \text{ personas} = 3000 \text{ litros al día}$$
$$3000 \text{ litros/día} * 47 \text{ días de autonomía} = 141000 \text{ litros} = 141 \text{ m}^3$$

Aplicando un margen de reserva de 10% queda en un total de **155 m<sup>3</sup>**, distribuidos en tanques no estructurales.

Para hallar las dimensiones del tanque de hidróforo se supondrá que el mayor consumo se produce con la mitad de la tripulación consumiendo 0,1 l/s.

En nuestro buque eso implica un caudal de la bomba de alimentación de unos 5,4 m<sup>3</sup>/h.

La presión diferencial de la bomba ha de ser tal que el agua del tanque almacén pueda llegar y salir por el servicio más alto pasando por el tanque de hidróforo.

Una buena estimación sería de 30 metros de columna de agua.

Se determinará el volumen del tanque hidróforo como el producto del volumen del agua que se podría acumular durante seis arrancadas de la bomba y la relación de presiones de arranque y parada de la bomba, tomándose un 15% de margen para reservar una zona de decantación en el fondo. Basándonos en buques con similares características, **1 m<sup>3</sup>** es una buena estimación

### 13.2- Bombas de agua potable

Se dispondrá dos bombas, una de ellas de reserva, para este servicio. Su caudal será de 5 m<sup>3</sup>/h y su diferencia de presiones de trabajo de 40 m.c.a. Tomando como rendimiento de la bomba y su accionamiento un 0,6, la potencia absorbida por la misma será de **0,91 kW**.

### 13.3- Calentador de agua sanitaria

Para dimensionar el tamaño del calentador se tomará como requisito el que una dotación de tripulación de guardia entera (Podemos aproximarlo como un tercio del total = 10 personas) pueda realizar su consumo de agua caliente diaria al mismo tiempo.

Para ello se consideran los siguientes factores:

El Consumo de agua caliente se presupone como el 25% consumo diario por persona = 25 litros

Con lo que la capacidad del calentador deberá ser de:  $25 \times 10 = 250 \text{ litros}$

Además se impondrá que pueda calentarse el agua de 20 °C a 60°C en un máximo de 2 horas.

Con todos estos factores, la potencia total será de:

$$P = \frac{\text{Calor específico} * m * \Delta T}{t} = \frac{4,1813 * 250 * 40}{2} = 20906,5 \frac{\text{kJ}}{\text{h}} = \mathbf{5,8 \text{ kW}}$$

Esta energía puede extraerse del calor sobrante de la refrigeración de los motores.

### 13.4- Bomba de circulación de agua caliente

Se dispondrán dos bombas de 3 m<sup>3</sup> /h y 40 m.c.a con un rendimiento de 0,60.

La Potencia absorbida por cada bomba será de **0,54 kW**.

Para disponer en cualquier punto de agua caliente el circuito de agua será de doble lazo cerrado.

### 13.5- Equipo de tratamiento de aguas residuales

Según MARPOL (Regla 9 del capítulo 3 del anexo IV), el buque deberá disponer alternativamente de uno de los tres sistemas de tratamiento de aguas residuales:

- Un sistema de tratamiento de las aguas residuales que cumpla con los parámetros de calidad de agua efluente requeridos.
- Un sistema de desinfección de las aguas previo a su vertido junto a un tanque de almacenamiento de las aguas que no puedan verterse en navegaciones a menos de 3 millas de la costa.
- Un tanque que permita el almacenamiento de todas las aguas residuales producidas durante el tiempo en que no puedan ser vertidas al mar o a un punto de descarga en puerto. Dicho tanque deberá disponer de sistemas para cuantificar visualmente su nivel de llenado.

El convenio MARPOL (Regla 11 del capítulo 3 del anexo IV) también contempla la posibilidad de descarga directa de aguas residuales en aguas a más de 12 millas de la costa siempre que el buque navegue a más de 4 nudos y a un ritmo de vertido moderado que deberá ser aprobado por la administración competente.

La autonomía de nuestro buque es de 47 días, por lo que resulta justificado instalar una planta de tratamiento de aguas residuales. Ésta debe ser capaz de procesar la demanda completa del buque, y suponiendo que la totalidad del consumo de agua por persona (150 l/día) se convierte en agua fecal, tenemos que nuestra planta debe procesar 4500 litros al día, o 4,5 metros cúbicos.

Nuestro buque también contará con un pequeño tanque de almacenamiento en caso de que se produzca una avería en la planta de tratamiento. Éste tanque es estructural y tiene una capacidad para 10 metros cúbicos, o una avería de unos 3 días.

## 14.- Bibliografía

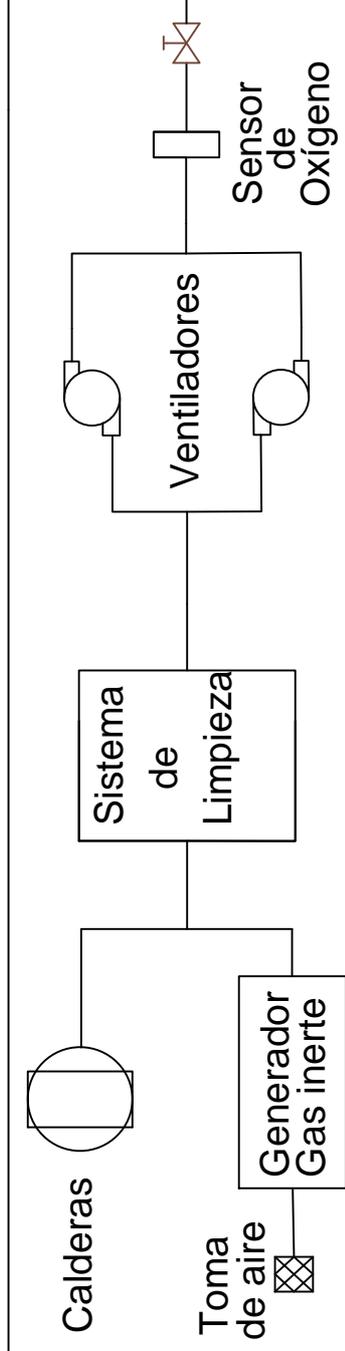
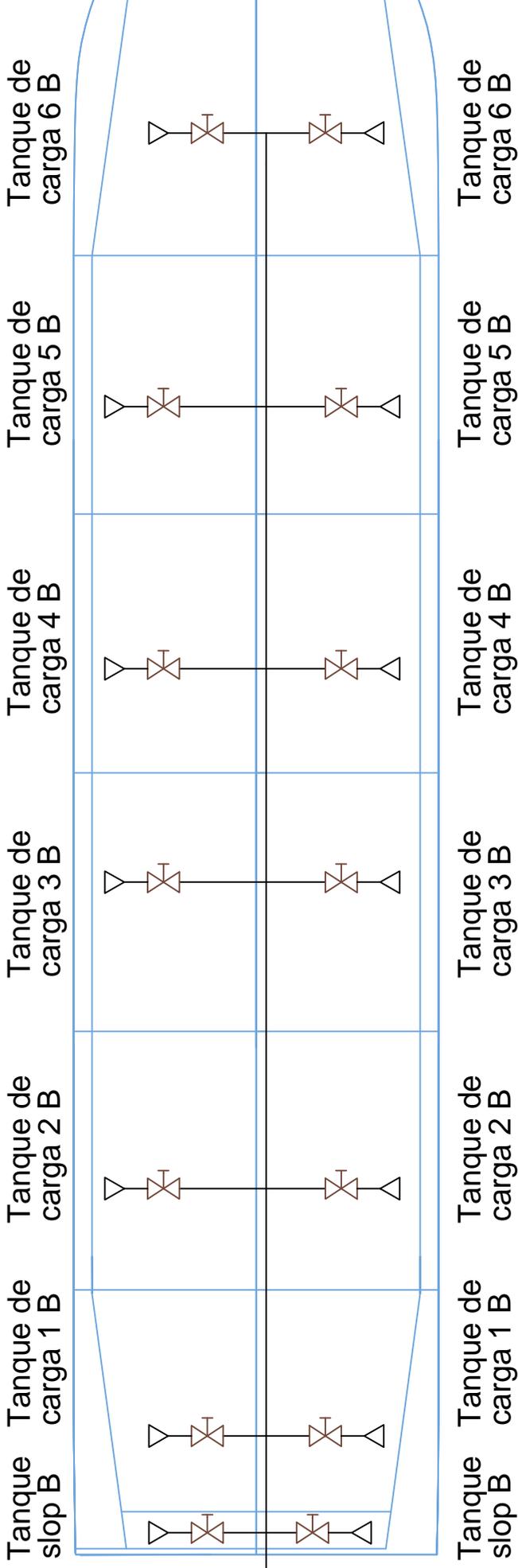
1. JUNCO OCAMPO, Fernando; DÍAZ CASAS, Vicente. Apuntes de la asignatura de “*Proyectos de buques y artefactos marinos 2*”. Universidad de A Coruña, Escuela Politécnica Superior de Ferrol, Curso 2017-2018.
2. FRAGUELA FORMOSO, Jose Ángel. CARRAL COUCE, Luís. Apuntes de la asignatura “*Sistemas auxiliares del buque 1*” Universidad de A Coruña, Escuela Politécnica Superior de Ferrol, Curso 2016-2017.
3. Norma UNE-EN-ISO 8861-1998
4. Revistas “*Significant ships of 2011*” y “*Significant ships of 2006*” Royal institution of naval architects.
5. Código Internacional de Sistemas de Seguridad Contra Incendios, 2011
6. *Rules for the Classification of Steel Ships*. Bureau Veritas, January 2018.
7. Convenio MARPOL 73/78.
8. Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida en el Mar (SOLAS)
9. *Technical data Wärtsilä 46F diesel engine*:  
<https://www.wartsila.com/products/marine-oil-gas/engines-generating-sets/diesel-engines/wartsila-46f>
10. Generadores Osmomar de agua dulce por ósmosis inversa.  
[http://ntorreiro.es/files/osmomar\\_om\\_economy.pdf](http://ntorreiro.es/files/osmomar_om_economy.pdf)
11. Brochure of *Wärtsilä Moss Mult-Inert™ Systems*:  
<https://www.wartsila.com/products/marine-oil-gas/inert-gas/inert-gas-systems/wartsila-moss-mult-inert-systems>

# **Anexo:**

## **Esquemas de los sistemas de lastre, carga y gas inerte.**

# Sistema de gas inerte

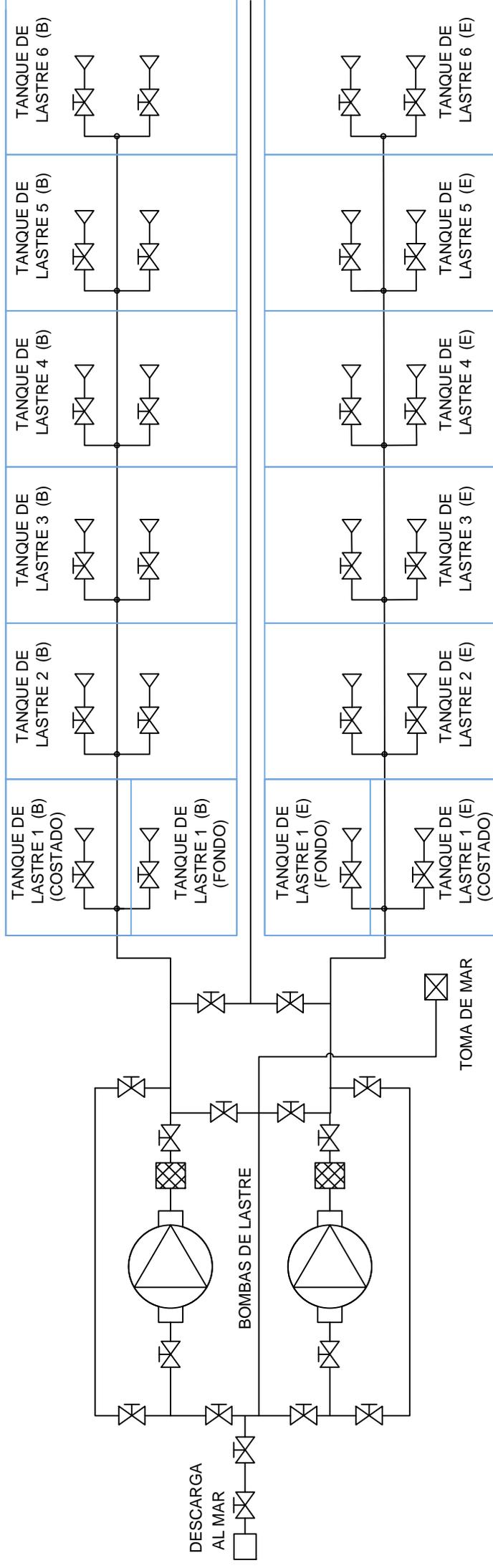
Descarga a la atmósfera



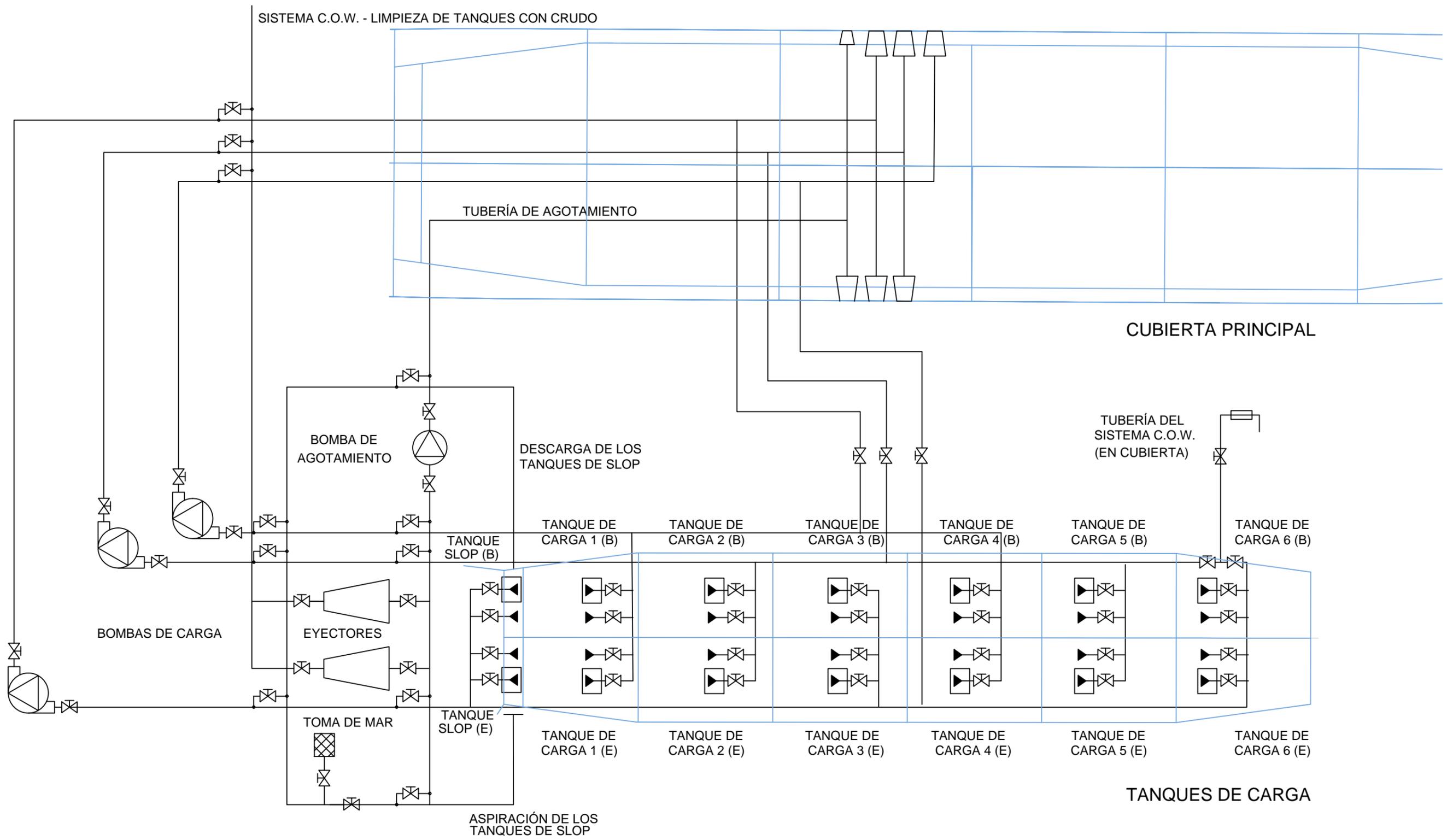
Julio Barreiro Montes

Trabajo fin de grado

# Sistema de lastre



# Sistema de descarga



Julio Barreiro Montes

Trabajo fin de grado