



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Máster

CURSO 2016/17

PETROLERO DE CRUDO DE 300.000 TPM

Máster en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNA/O

PEDRO CARRO ALLEGUE

TUTORAS/ES

VICENTE DÍAZ CASÁS

FECHA

JUNIO

2017



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

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

PETROLERO DE 300.000 TPM

Máster en Ingeniería Naval y Oceánica

Cuaderno XII

EQUIPOS Y SERVICIOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA
TRABAJO FIN DE MASTER EN INGENIERIA NAVAL Y OCEÁNICA
CURSO 2016-2017

PROYECTO 17-33

TIPO DE BUQUE: Petrolero de crudo de 300.000 TPM.

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: DNV, SOLAS, MARPOL.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: Crudo y calefacción de tanques.

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 15 nudos a la velocidad de servicio, 85% MCR y 15% MM.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: Bombas en cámara de bombas.

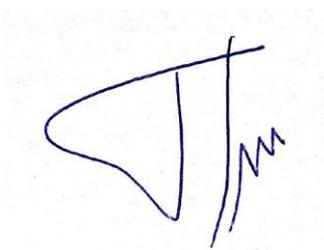
PROPULSIÓN: Motor diésel lento.

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 35 tripulantes en camarotes individuales.

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: las habituales en este tipo de buque.

Ferrol, Febrero de 2017

ALUMNO: D. Pedro Carro Allegue



Fernando Junco Ocampo

CUADERNO XII:
EQUIPOS Y SERVICIOS

ÍNDICE:

1	Introducción.....	7
2	Cotas del buque.....	8
2.1	Cotas obligatorias.	8
3	Equipo de amarre y fondeo.....	10
3.1	Numeral de equipo.....	10
3.2	Anclas, cadenas y estachas.	11
3.3	Caja de cadenas.....	14
3.4	Diámetro del escobén.	15
3.5	Molinete.....	15
3.6	Potencia de los chigres de amarre.....	16
4	Equipo de salvamento.....	18
4.1	Dispositivos individuales de salvamento.....	18
4.1.1	Aros salvavidas.....	18
4.1.2	Chalecos salvavidas.....	20
4.1.3	Trajes de inmersión.....	21
4.2	Embarcaciones de supervivencia.....	21
4.2.1	Botes salvavidas.....	21
4.2.2	Balsas salvavidas.....	21
4.2.3	Bote de rescate.....	22
4.3	Otros dispositivos de salvamento.....	22
5	Servicio de sentina.....	23
6	Sistema contra incendios.....	26
6.1	Sistema contraincendios (por agua).....	27
6.1.1	Capacidad de las bombas contraincendios.....	27
6.1.2	Colector de contraincendios.....	30
6.1.3	Diámetro en aspiración e impulsión.....	30
6.1.4	Presión de descarga de las bombas.....	31

6.1.5 Bombas contraincendios de emergencia.....	36
6.1.6 Bocas de contraincendios, mangueras y boquillas.	37
6.2 Extintores.....	38
6.3 Sistema contraincendios en Cámara de máquinas.	40
6.3.1 Cálculo del sistema de CO2.....	41
6.3.2 Agua nebulizada en C.M.	42
6.4 Sistema de espuma.....	42
7 Servicio de carga y descarga.....	45
7.1 Cálculo de las bombas de carga y descarga.....	46
7.1.1 Cálculo del caudal de las bombas.....	46
7.1.2 Cálculo de la presión de las bombas.....	47
7.1.3 Potencia de las bombas.....	50
7.2 Definición de las tuberías del sistema.	50
8 Sistema de lastre.	52
8.1 Definición de las bombas de lastre.	52
8.1.1 Caudal de las bombas de lastre.....	53
8.1.2 Cálculo de la presión de descarga de las bombas.....	53
8.1.3 Potencia de las bombas.....	55
8.2 Cálculo de las tuberías del sistema de lastre.....	56
9 Sistema de generación de vapor.	57
9.1 Balance.	59
9.2 Sistema de generación de vapor.	63
10 Sistema de ventilación.	64
10.1 Condiciones de ventilación en la cámara de máquinas.	64
10.2 Ventiladores a instalar en la cámara de máquinas.....	70
10.3 Potencia de los ventiladores.	71
11 Servicio de aire acondicionado.....	72
12 Servicio de control de la propulsión.....	73
12.1 Esquema del sistema de control.....	74
13 Luces y navegación.....	75
14 Equipo de navegación y comunicaciones.....	76
15 Sistema de gas inerte.	79
15.1 Dimensionamiento del sistema.....	79
16 Sistema de limpieza de tanques.....	80
17 Equipos de fonda y hotel.....	81

18 Servicio sanitario.....	83
18.1 Bombas de agua sanitaria fría.....	83
18.2 Bombas de agua sanitaria fría.....	84
18.3 Calentador.....	84
18.4 Generador de agua dulce.	85
18.5 Descargas sanitarias y planta séptica.	85
19 Tratamientos de basuras.	87
20 Bibliografía.....	90

1 INTRODUCCIÓN.

En este cuaderno se pretenden describir los diferentes equipos que van a formar parte de nuestro buque.

Primero, recordaremos las principales características de nuestro buque obtenidas en la espiral de diseño, y que serán necesarias para la definición de los equipos necesarios, siempre según las normas establecidas por el DNV así como por el SOLAS y MARPOL.

2 COTAS DEL BUQUE.

Comenzaremos por definir las cotas de nuestro buque según nuestra sociedad de clasificación que, como sabemos, es Det Norske Veritas.

Para ello necesitaremos ir al reglamento del DNV, en concreto:

Parte 1 Capítulo 2: “Class Notation”.

Dentro de las cotas, podemos diferenciar las obligatorias de las opcionales, por tanto, en este apartado, marcaremos las cotas que son únicamente obligatorias para el desarrollo de la actividad a la que está destinado nuestro buque.

2.1 Cotas obligatorias.

- Símbolo de construcción:

Barco construido bajo la supervisión de la sociedad de clasificación ()

- Principal característica de cota:

Barcos con: casco, maquinaria, equipos y sistemas que cumplen con lo aplicable en las reglas dadas en Pt 2, Pt 3 y Pt 4. **(1A1)**

- Restricción por área de servicio:

En verano y en el trópico no tiene restricción ninguna y en invierno tiene la más permisiva **(R0)**.

- Cota adicional por el tipo de buque:

Barcos destinados al transporte de crudo a granel (**Tanker for Oil**)

- Programa de inspección obligatorio:

Programa de supervisión mejorado (**ESP**)

- Cota adicional por el tipo de buque:

CUADERNO XII: EQUIPOS Y SERVICIOS

PEDRO CARRO ALLEGUE

La estructura del buque cumple con las reglas de IACS para petroleros con doble casco con eslora mayor de 150 m (**CSR**)

Por tanto las cotas obligatorias de nuestro buque serán:

 - 1A1 -R0 - Tanker for Oil - ESP - CSR

3 EQUIPO DE AMARRE Y FONDEO.

En este apartado, nos centraremos en definir las características de nuestro equipo de amarre y fondeo. Para ello recurriremos a la normativa de la sociedad de clasificación del DNV (Parte 3 Capítulo 3 Sección3).

Los componentes y características del equipo de amarre y fondeo son:

- Número de anclas
- Peso de las anclas
- Largo de la cadena
- Tipo de amarras necesarias
- Tipo de cable de remolque a utilizar
- Potencia del molinete
- Caja de cadenas

3.1 Numeral de equipo.

Los cálculos de los medios de amarre y fondeo se realizan partiendo del numeral de equipo, NE.

El numeral de equipo es un valor que se obtiene como resultado de la siguiente fórmula (Parte 3 Capítulo 3 Sección 3 C101):

$$NE = \Delta^{\frac{2}{3}} + 2 \cdot B \cdot H + \frac{A}{10}$$

En donde:

Δ es el desplazamiento del buque en toneladas correspondiente a la flotación de verano

$$\Delta = 336059 \text{ ton}$$

B es la manga de trazado en metros

$$B = 63 \text{ m}$$

H Altura efectiva, desde la flotación hasta la parte superior de la superestructura medida en metros, se calcula como:

$$H = a + \sum h_i$$

Donde:

a = distancia, en metros, en la sección maestra, desde la flotación de verano a la cubierta principal.

$$a = 9.998 \text{ m}$$

h = altura, en metros, medida en crujía desde la cubierta principal de cada hilera de casetas de manga mayor que B/4.

$$h = 27.5 \text{ m}$$

$$H = 37.5 \text{ m}$$

A es el área en el plano de crujía por encima de la flotación, del casco y superestructuras de casetas con manga superior a B/4.

$$A = 3859 \text{ m}^2$$

El valor del numeral de equipo resulta igual a:

$$\underline{\underline{NE = 9944}}$$

3.2 Anclas, cadenas y estachas.

Ahora que tenemos calculado el valor del NE, entramos con este valor en la Tabla C1 de 3.3-3 C100 del reglamento DNV. Y vemos que estamos dentro del intervalo correspondiente a la letra I*:

Equipment number	Equipment letter	Stockless bower anchors		Stud-link chain cables			Towline (guidance)		Mooring lines ¹⁾ (guidance)			
		Number	Mass per anchor kg	Total length m	Diameter and steel grade			Steel or fibre ropes		Steel or fibre ropes		
					NV K1	NV K2	NV K3	Minimum length m	Minimum breaking strength kN	Number	Length of each m	Minimum breaking strength kN
8900-9399	H*	2	27500	770		147	132	300	1471	13	200	735
9400-9999	I*	2	29000	770		152	132	300	1471	14	200	735

CUADERNO XII: EQUIPOS Y SERVICIOS
 PEDRO CARRO ALLEGUE

Table C1 Equipment table, general (Continued)												
Equipment number	Equip-ment letter	Stockless bower anchors		Stud-link chain cables				Towline (guidance)		Mooring lines ¹⁾ (guidance)		
		Number	Mass per anchor kg	Total length m	Diameter and steel grade			Steel or fibre ropes		Steel or fibre ropes		
					NV K1	NV K2	NV K3	Minimum length m	Minimum breaking strength kN	Number	Length of each m	Minimum breaking strength kN
910-979	v	2	2850	495	54	48	42	190	559	4	170	216
980-1059	w	2	3060	495	56	50	44	200	603	4	180	230
1060-1139	x	2	3300	495	58	50	46	200	647	4	180	250
1140-1219	y	2	3540	522.5	60	52	46	200	691	4	180	270
1220-1299	z	2	3780	522.5	62	54	48	200	738	4	180	284
1300-1389	A	2	4050	522.5	64	56	50	200	786	4	180	309
1390-1479	B	2	4320	550	66	58	50	200	836	4	180	324
1480-1569	C	2	4590	550	68	60	52	220	888	5	190	324
1570-1669	D	2	4890	550	70	62	54	220	941	5	190	333
1670-1789	E	2	5250	577.5	73	64	56	220	1024	5	190	353
1790-1929	F	2	5610	577.5	76	66	58	220	1109	5	190	378
1930-2079	G	2	6000	577.5	78	68	60	220	1168	5	190	402
2080-2229	H	2	6450	605	81	70	62	240	1259	5	200	422
2230-2379	I	2	6900	605	84	73	64	240	1356	5	200	451
2380-2529	J	2	7350	605	87	76	66	240	1453	5	200	480
2530-2699	K	2	7800	632.5	90	78	68	260	1471	6	200	480
2700-2869	L	2	8300	632.5	92	81	70	260	1471	6	200	490
2870-3039	M	2	8700	632.5	95	84	73	260	1471	6	200	500
3040-3209	N	2	9300	660	97	84	76	280	1471	6	200	520
3210-3399	O	2	9900	660	100	87	78	280	1471	6	200	554
3400-3599	P	2	10500	660	102	90	78	280	1471	6	200	588
3600-3799	Q	2	11100	687.5	105	92	81	300	1471	6	200	618
3800-3999	R	2	11700	687.5	107	95	84	300	1471	6	200	647
4000-4199	S	2	12300	687.5	111	97	87	300	1471	7	200	647
4200-4399	T	2	12900	715	114	100	87	300	1471	7	200	657
4400-4599	U	2	13500	715	117	102	90	300	1471	7	200	667
4600-4799	V	2	14100	715	120	105	92	300	1471	7	200	677
4800-4999	W	2	14700	742.5	122	107	95	300	1471	7	200	686
5000-5199	X	2	15400	742.5	124	111	97	300	1471	8	200	686
5200-5499	Y	2	16100	742.5	127	111	97	300	1471	8	200	696
5500-5799	Z	2	16900	742.5	130	114	100	300	1471	8	200	706
5800-6099	A*	2	17800	742.5	132	117	102	300	1471	8	200	706
6100-6499	B*	2	18800	742.5	137	120	107	300	1471	9	200	716
6500-6899	C*	2	20000	770		124	111	300	1471	9	200	726
6900-7399	D*	2	21500	770		127	114	300	1471	10	200	726
7400-7899	E*	2	23000	770		132	117	300	1471	11	200	726

La Sociedad de Clasificación a partir del numeral de equipo nos proporciona las características del equipo, que son las siguientes:

ANCLAS	
Número de anclas	2
Número de anclas de respeto	1
Peso de cada ancla	29000 kg
CADENA DE LAS ANCLAS	
Longitud de cadena	770 m
Número de largos de cadena	28
Diámetro de la cadena	132 mm
ESTACHAS DE REMOLQUE	
Longitud mínima de estacha de remolque	300 m
Resistencia mínima a la rotura	1471 KN
ESTACHAS DE AMARRE	
Número de estachas de amare	14
Longitud mínima de cada estacha	200 m
Resistencia mínima a la rotura	735 KN

3.3 Caja de cadenas.

El volumen que ocupa una cadena de longitud L en metros, formada por eslabones de diámetro d , en milímetros, viene dado por la siguiente expresión:

$$V_{cc} = 0.082 \cdot d^2 \cdot L \cdot 10^{-4}$$

En donde:

d : diámetro del eslabón (152 mm)

L : longitud de la cadena (770 m)

$$V_{cc} = 110 \text{ m}^3$$

Las cajas de cadenas se colocan debajo del molinete y en las proximidades de su vertical para que la cadena resbale hacia ella cuando se izan las anclas o salgan con facilidad a engranar en el barboten del molinete cuando se fondean.

Se dispondrán dos cajas de cadena en el pique de proa simétricas respecto a crujía. Serán de base cuadrada para facilitar su construcción, el volumen lo dividimos entre dos ya que tenemos dos cajas de cadenas, una a estribor de 55 m^3 y otra de la misma capacidad a babor.

Para que la cadena caiga bien y sobretodo para que pueda entrar una persona en la caja de cadenas cuando toda la cadena está dentro, debe dejarse sobre el montón de la cadena y el techo de la caja una altura de 1,2 metros como mínimo, añadiremos 1.7 m más de altura.

La caja de cadenas lleva un doble piso para que caiga el agua que lleva la cadena, se le suma sobre 0.7 m.

El diámetro de la gatera se puede estimar como 10 veces el diámetro de la cadena.

3.4 Diámetro del escobén.

Podemos determinarlo con la siguiente expresión:

$$D = k \cdot d$$

En Donde:

d = diámetro del eslabón (152 mm)

k = coeficiente obtenido por la siguiente ecuación:

$$k = (100 - d) 0.03867 + 7.5 = 6.45$$

$$D = 820 \text{ mm}$$

3.5 Molinete.

Se instalarán dos unidades combinadas molinete-chigre de amarre de accionamiento electrohidráulico capaces de izar el ancla y 4 largos de cadena.

La potencia necesaria del molinete se estima mediante el artículo técnico obtenido de la revista "Ingeniería Naval", "Normas prácticas para el diseño de molinetes de ancla" por "Carral Couce, Juan Carlos y Carral Couce Luis", mediante la siguiente expresión:

$$Pot = \frac{0.87 \cdot (Pa + 0.02d^2 \cdot Lc) \cdot v_{iza}}{4500 \cdot \eta_{mec} \cdot \eta_{elec}}$$

En donde:

η eléctrico: rendimiento eléctrico (0.7)

η mecánico: rendimiento mecánico (0.8)

Vizada: velocidad de izada (9 m / min)

Pa = Peso del ancla (2900 kg)

d = diametro de la cadena (132 mm)

Lc = Longitud de la cadena (770 metros)

Teniendo así:

$$\text{Potencia} = 923.84 \text{ CV} = 679.3 \text{ kW}$$

También tenemos que considerar cuando nuestro molinete opera zarpando la cadena del fondo, ya que la potencia requerida suele ser mayor, la estudiaremos mediante la siguiente expresión:

$$Pot = \frac{(2.1 \cdot Pa + 0.02d^2 \cdot Lc) \cdot v_{iza}}{4500 \cdot \eta_{mec} \cdot \eta_{elec}}$$

Teniendo así:

$$\text{Potencia} = \underline{\underline{1175.82 \text{ CV} = 864.57 \text{ kW}}}$$

Tomaremos esta potencia final como referencia, puesto que es mayor que la otra y por tanto más desfavorable. Dispondremos de dos molinetes cada uno con la potencia mínima aquí indicada.

3.6 Potencia de los chigres de amarre.

Calcularemos ahora nuestros Chigres o Maquinillas de amarre (mooring winches).

El motor del chigre debe ser capaz de ejercer durante una hora en continuo la potencia siguiente:

$$P = (0,23 \cdot T \cdot V_s) / \eta_t$$

Donde:

T: tracción (t.)

η_t : rendimiento de la transmisión (0,65)

Vs: velocidad de izado (velocidad aconsejada, entre 20-30 m/min \rightarrow 25 m/min)

En la zona de proa:

Instalaremos en el buque dos maquinillas dobles de tensión constante y una fuerza de 20 toneladas a 25 m/min. Por tanto:

$$P = 176,923 \text{ CV} = 130,21 \text{ kW}$$

CUADERNO XII: EQUIPOS Y SERVICIOS

PEDRO CARRO ALLEGUE

En la zona central:

Instalaremos en el buque dos maquinillas dobles de tensión constante y una fuerza de 10 toneladas a 25 m/min. Por tanto:

$$P = 88,461 \text{ CV} = 65,11 \text{ kW}$$

En popa:

Instalaremos en el buque dos maquinillas dobles de tensión constante y una fuerza de 20 toneladas a 25 m/min. Por tanto:

$$P = 176,923 \text{ CV} = 130,21 \text{ kW}$$

4 EQUIPO DE SALVAMENTO.

Se hará uso de la reglamentación del SOLAS, capítulo III, parte B, con el fin de estimar el equipamiento necesario de comunicaciones (Dispositivos y Medios de Salvamento).

De esta forma se tendrá que equipar al buque como mínimo con los siguientes equipos:

- Tres aparatos radiotelefónicos bidireccionales de ondas métricas.
- Dos respondedores de radar, uno a cada banda. Un respondedor de radar en cada bote de caída libre.
- Doce cohetes lanza-bengalas con paracaídas en las proximidades del puente.
- Un sistema de emergencia constituido por un equipo fijo y uno portátil para comunicaciones bidireccionales entre puestos diversos.
- Un sistema de alarma de emergencia más su correspondiente sistema megafónico.
- 14 Aros salvavidas.

4.1 Dispositivos individuales de salvamento.

Dentro de los elementos individuales de salvamento encontramos los siguientes:

- Aros salvavidas.
- Chalecos salvavidas.
- Trajes de inmersión.

4.1.1 Aros salvavidas.

El número mínimo de aros salvavidas será de 14 por ser la eslora del buque superior a 200 m (Regla 27). En nuestro caso al ser un buque de bastante eslora, colocaremos 22 aros salvavidas.

Según la Regla 7 los aros salvavidas irán:

1. Distribuidos de modo que estén fácilmente disponibles a ambas bandas del buque y, en la medida de lo posible, en todas las cubiertas expuestas que se extiendan hasta la banda del buque; habrá por lo menos uno en las proximidades de la popa.

2. Estibados de modo que sea posible soltarlos rápidamente y no sujetos por elementos de fijación permanente.

2.1. A cada banda del buque habrá como mínimo un aro salvavidas provisto de una rabiza flotante, de una longitud igual por lo menos al doble de la altura a la cual vaya estibado por encima de la flotación correspondiente al calado mínimo en agua de mar, o a 30m, si este valor es superior.

2.2. La mitad al menos del número total de aros salvavidas irá provista de artefactos luminosos de encendido automático, al menos dos aros llevarán también señales fumígenas de funcionamiento automático, estos dos aros habrán de poder soltarse rápidamente desde el puente de navegación.

2.3. Cada aro salvavidas llevará marcado con letras mayúsculas del alfabeto romano el nombre del buque que lo lleve y el puerto de matrícula de dicho buque.

Todo aro salvavidas (Regla 31):

1. Tendrá un diámetro exterior no superior a 800 mm y un diámetro interior no inferior a 400 mm.

2. Estará fabricado de material que tenga flotabilidad propia, no necesitará para flotar anea, virutas de corcho, corcho granulado o cualquier otro material granulado suelto, ni ningún compartimiento neumático que haya de inflarse.

3. Podrá sostener en agua dulce durante 24h un peso mínimo de 14.5 kg, para imponer el cual se emplearán pesas de hierro.

4. Tendrá una masa mínima de 2,5 kg.

5. Dejará de arder o de fundirse tras haber estado totalmente envuelto en llamas durante 2 segundos.

6. Estará fabricado de modo que resista una caída al agua desde la altura a la que vaya estibado por encima de la flotación correspondiente a la condición de calado mínimo en agua de mar, o desde una altura de 30 m si este valor es mayor, sin que disminuyan sus posibilidades de uso ni las de sus accesorios.

7. Irá provisto de una guirnalda salvavidas que tenga un diámetro de 9.5 mm por lo menos y una longitud que por lo menos sea igual a 4 veces el diámetro exterior del aro. La guirnalda salvavidas irá sujeta en cuatro puntos equidistantes, en la circunferencia del aro, de modo que forme cuatro senos iguales.

4.1.2 Chalecos salvavidas.

Se dispondrán como mínimo 1 por persona que se encuentre a bordo en su camarote, asimismo, se han de disponer chalecos salvavidas en zonas comunes de trabajo para que en caso de emergencia la tripulación presente en el citado local pueda hacer uso de los chalecos salvavidas sin necesidad de ir hacia su correspondiente camarote, además llevaremos 10 de respeto.

Se ha optado por distribuir una serie de chalecos salvavidas en distintos espacios comunes del buque. La disposición que se ha hecho es la siguiente:

- Zona del Puente de Gobierno = 4 Chalecos Salvavidas
- Zona de Cámara de Control de Máquinas = 4 Chalecos Salvavidas
- Zona de Cámara de Control de Carga = 2 Chalecos Salvavidas
- Zona del Castillo de Proa² = 4 Chalecos Salvavidas.

Por tanto llevaremos un total de 59 chalecos salvavidas.

Los chalecos salvavidas irán emplazados de modo que sean fácilmente accesibles y el emplazamiento estará claramente indicado.

En el SOLAS Capítulo 3-Regla 32 se dan las prescripciones aplicables a los chalecos salvavidas.

4.1.3 Trajes de inmersión.

Para cada una de las personas designadas como tripulantes del bote de rescate se proveerá de un traje de inmersión de talla adecuada. Llevaremos pues 6 trajes más dos de repuesto.

4.2 Embarcaciones de supervivencia.

Dentro de las embarcaciones de supervivencia encontramos las siguientes:

- Balsas salvavidas.
- Botes salvavidas.
- Bote de rescate.

4.2.1 Botes salvavidas.

Se dispondrá de dos botes salvavidas al costado en cada costado, cerrados que cumplan lo prescrito en la sección 4.7 del Código, que puedan ponerse a flote desde el costado del buque y cuya capacidad conjunta en cada costado baste para dar cabida al número total de personas que vayan a bordo.

El material de construcción será poliéster reforzado con fibra de vidrio. Los botes salvavidas cumplirán con lo prescrito para un bote de rescate y podrán recuperarse tras la operación de salvamento. Todas las embarcaciones de supervivencia irán provistas de materiales retrorreflectantes. Ídem para las balsas, chalecos y aros salvavidas.

4.2.2 Balsas salvavidas

Se dispondrán cuatro balsas salvavidas, con capacidad suficiente a cada banda para 35 personas. Irán adecuadamente estibadas en la zona de popa del buque, dos a cada banda.

Puesto que la distancia horizontal desde el extremo de la roda del buque hasta el extremo más próximo de la embarcación de supervivencia más cercana es mayor de 100 m, se dispondrá otra balsa a popa del mamparo de popa del castillo.

Las balsas salvavidas irán estibadas de manera que estén fácilmente disponibles en caso de emergencia y que puedan soltarse y flotar libremente inflarse y zafarse del buque si éste se hunde.

Como tenemos que dar cabida a toda la tripulación en cada banda, se dispondrán 4 balsas, 2 a cada banda, con capacidad mínima para cada una de 18 personas, más otra de idéntica capacidad a las anteriores a popa del mamparo del castillo, como bien comentamos anteriormente.

4.2.3 Bote de rescate.

Se dispondrá un bote de rescate de plástico reforzado con fibra de vidrio, con capacidad para seis personas y propulsado con motor diésel capaz de alcanzar 6 nudos de velocidad. Igualmente se tendrá un pescante para arriar e izar este bote.

4.3 Otros dispositivos de salvamento.

- Se dispondrá de un aparato lanzacabos, de un alcance de 230 m. como mínimo, según lo establecido en la Regla III-B-18.
- En cada banda del buque se llevará una radiobaliza de localización de siniestros de accionamiento manual. Estas radiobalizas irán estibadas de manera que se puedan quedar rápidamente colocadas en cualquier embarcación de supervivencia que no sea la balsa salvavidas.
- Tres aparatos radiotelefónicos bidireccionales para comunicaciones entre embarcaciones de supervivencia, entre embarcaciones de supervivencia y buque, y entre buque y bote de rescate.
- Se dispondrán doce cohetes lanzabengalas con paracaídas de socorro instalados en una caja de acero situada en el puente de navegación o cerca de éste.
- Dos respondedores de radar, uno a cada banda.
- Sistema general de emergencia y alarma, formado por sistema de comunicaciones interiores y sistema de alarmas completado con un sistema megafónico que cumpla con la normativa establecida, etc.

5 SERVICIO DE SENTINA.

El servicio de sentinas consta de los siguientes elementos:

- Bombas de sentinas
- Separador de sentinas
- Pocetes de sentinas

Se seguirá la normativa definida en el SOLAS, Parte II, Regla 21. En primer lugar hay que calcular el diámetro del colector principal de achique, el cual se estima mediante la siguiente expresión definida por SOLAS y por las Sociedades de Clasificación:

$$D_{col\ ppal} = (1.68 \cdot \sqrt{L \cdot (B + C)}) + 25$$

En donde:

- L: eslora entre perpendiculares del buque, en metros (305.5 m)
- B: manga del buque, en metros. (B = 63 m)
- C: puntal del buque a la cubierta de francobordo en metros. (C = 28 m)

Por tanto:

$$D_{col\ ppal} = 305,11\ mm$$

El diámetro final del tubo a montar, depende de los valores comerciales del mismo, por tanto, nuestro valor obtenido se encuentra comprendido entre dos valores comerciales del mismo fabricante (concretamente entre 12" y 14"). Nos iremos al de 14" correspondiente a 355.6 mm, ya que una tubería de menor diámetro no lo permite la normativa SOLAS.

Según SOLAS, el caudal de cada bomba o unidad de bombas de sentinas será tal que pueda proporcionar una velocidad mínima en el colector principal de sentina de:

$$\text{Velocidad} = 120\ m/min = 2\ m/seg.$$

Por tanto, el caudal necesario será:

$$Q = S \cdot V$$

En donde:

$$S = \pi \cdot \frac{D_{col\ ppal}^2}{4}$$

$$S = 0.0993 \text{ m}^2$$

Por tanto, con el valor de velocidad determinado por SOLAS, el caudal será:

$$Q = S \cdot V$$

$$Q = 0.1986 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 715.06 \text{ m}^3/\text{h}$$

A este valor se le añadirá un margen del 5%, por tanto:

$$Q_{col\ ppal} = 750,82 \text{ m}^3 \approx 750 \text{ m}^3$$

El número mínimo de bombas a instalar de acuerdo con el reglamento es de 2, por tanto, se instalarán 3 bombas de achique, pues, dando de esta manera mayor redundancia al sistema. Las bombas a instalar serán de tipo centrífugo con autocebado, con una capacidad cada una de ellas igual a:

$$Q_{bombas} = \frac{Q_{col\ ppal}}{3}$$

$$Q_{bombas} = 250 \text{ m}^3/\text{h}$$

Nos falta determinar la presión para terminar de definir nuestras bombas de achique y sentinas. En este caso, como las bombas de sentinas serán usadas también como bombas contraincendios tal y como veremos en el capítulo que viene, la presión necesaria debe de ser como mínimo la necesaria para el sistema contraincendios, ya que sino no nos valdrían las bombas de sentinas como bombas contraincendios.

La presión necesaria para el sistema contraincendios está calculada en el capítulo correspondiente al cálculo de este sistema y tiene el valor de 14.8 bar, por tanto tomaremos este valor como necesario para las bombas de achique y sentinas.

$$P_{min\ bombas} = 14.8 \text{ bar}$$

Tendremos que disponer 3 pocetes de sentinas, que irán dispuestos en el doble fondo de la cámara de máquinas. El volumen por pocete, según los reglamentos de las Sociedades de Clasificación, no puede ser menor de 150 litros pero para un buque de

tanto tamaño como el nuestro, finalmente se decide disponer de un volumen para cada pocete de 1000 litros.

El diámetro interior de la tubería de cada ramal se determina por la siguiente expresión:

$$D_{ramal} = (\alpha \cdot \sqrt{l \cdot (B + C)}) + 25$$

En donde:

- l: eslora del compartimento, en metros (l = 29.40 m)
- B: manga del buque, en metros. (B = 63 m)
- C: puntal del buque a la cubierta de francobordo en metros (C = 28 m.)
- α : coeficiente, que para SOLAS es de 2,16. mientras que para DNV es 2,15.

Por tanto el diámetro tiene el valor de:

$$D_{ramal} = 136,21 \text{ mm}$$

El valor de las tuberías a instalar, depende del valor comercial que más se ajuste. El valor más cercano coincide con 5", equivalente a 141.30 mm, ya que una tubería de menor diámetro no lo permite la normativa SOLAS.

Calcularemos ahora la potencia eléctrica consumida por cada bomba de achique.

Para ello, lo primero a calcular será la potencia entregada por bomba:

$$Pot_{entreg} = P_{min \text{ bombas}} \cdot 9.81 \cdot \rho \cdot Q_{bombas}$$

$$Pot_{entreg} = 103345,625 \text{ W} = 103.35 \text{ KW}$$

Si ahora suponemos un rendimiento del motor eléctrico igual a 0,7, la potencia eléctrica unitaria por bomba es de:

$$P_{elec \text{ unit}} = 147,64 \text{ KW}$$

Redondeando al alza, para encontrar una bomba comercial, tendremos una potencia eléctrica unitaria de:

$$P_{elec \text{ unit}} = 150 \text{ KW}$$

Que al disponer de 3 bombas, tendremos una potencia total de:

$$P_{elec \text{ tot}} = 450 \text{ KW}$$

6 SISTEMA CONTRA INCENDIOS.

En este punto será de aplicación a nuestro buque las reglas del capítulo II.2 "Construcción - prevención, detección y extinción de incendios" del SOLAS.

Estas disposiciones se basan en los principios siguientes:

1. División del buque en zonas principales y verticales mediante mamparos límite que ofrezcan una resistencia térmica y estructural.
2. Separación entre los espacios de alojamiento y el resto del buque mediante mamparos límite que ofrezcan una resistencia térmica y estructural.
3. Uso restringido de materiales combustibles.
4. Detección de cualquier incendio en la zona en que se origine.
5. Contención y extinción de cualquier incendio en el espacio en que se origine.
6. Protección de los medios de evacuación y de los de acceso a posiciones para combatir los incendios.
7. Pronta disponibilidad de los dispositivos extintores de incendios.
8. Reducción al mínimo del riesgo de inflamación de los gases de la carga.

A efectos de la aplicación de estas reglas, se hace necesario definir, los espacios del buque donde se situarán los sistemas utilizados en el servicio contra incendios. Estos son:

- Espacios de carga: Todas las bodegas del buque.
- Espacios de alojamiento: Los que se definieron así en la Habilitación.
- Espacio de servicio: Cocinas, pañoles, talleres que no forman parte de máquinas...
- Espacios de categoría A para máquinas: La cámara de máquinas.

El servicio contraincendios consta de los elementos que a continuación se enumeran:

- Bombas contraincendios.
- Bomba contraincendios de emergencia.
- Colector contraincendios.
- Mangueras contraincendios.
- Extintores portátiles.
- Sistema de extinción de incendios de por espuma.
- Sistema contraincendios para Cámara de Máquinas.

6.1 Sistema contraincendios (por agua).

Dentro de este sistema, podemos distinguir:

- Bombas Contraincendios
- Un Colector General provisto de los ramales precisos.
- Bocas Contraincendios con sus correspondientes válvulas convenientemente distribuidas de modo que dos chorros de aguas que procedan de diferentes bocas contraincendios, uno de ellos lanzado por una manguera de una sola pieza, puedan alcanzar cualquier parte del buque.
- Cajas contraincendios donde estibar las mangueras completas con acoplamientos y lanzas reguladoras para lanzar el agua.
- Debe haber una "conexión Internacional a tierra", debidamente señalada, para que si fuera necesario se pueda acoplar cualquier boca contraincendios del colector principal un suministro exterior de agua. Se suelen suministrar dos conexiones que se colocan en ambas bandas del buque.

6.1.1 Capacidad de las bombas contraincendios.

Las bombas contraincendios serán de accionamiento independiente. Las bombas sanitarias, las de lastre, las de sentina y las de servicios generales podrán ser consideradas como bombas contraincendios siempre que no sean utilizadas normalmente para bombear combustible, y que si se les destina de vez en cuando a trasvasar o elevar fueloil, estén dotadas de los dispositivos de cambio apropiados.

En los buques de carga las bombas contraincendios prescritas deberán poder dar, aparte de la de emergencia, a fines de extinción y a la presión exigida, un caudal de agua que exceda al menos en un tercio el caudal que, según la Regla II-1/21, debe evacuar cada una de las bombas de sentina independientes de un buque de pasaje de las mismas dimensiones cuando se le emplee en operaciones de achique, aunque no será necesario que en ningún buque de carga la capacidad total exigida de las bombas contraincendios exceda de 180 m³/h.

Cada una de las bombas contraincendios tendrá una capacidad no inferior al 80% de la capacidad total exigida dividida por el número mínimo de bombas contraincendios prescritas, que nunca será de menos de 25 m³/h; en todo caso cada una de esas bombas podrá suministrar por lo menos los dos chorros de agua prescritos.

En los buques de carga las Bombas Contraincendios exigidas deberán poder proporcionar, en servicio contraincendios, un caudal de agua a la presión adecuada que no sea inferior a los cuatro tercios del caudal de las bombas de sentina.

Por tanto nuestro caudal contraincendios será 4/3 del caudal de sentinas:

$$Q_{CI} = \frac{4}{3} Q_{sent}$$

En dónde el caudal de sentinas es 750 m³/h

$$Q_{CI} = 1000 \frac{m^3}{h}$$

En todo caso esto es un mínimo que podría no llegar a ser suficiente, por lo que haremos un cálculo más preciso del sistema a continuación:

Hemos instalado mangueras de 45 mm de diámetro y 20 metros de longitud. Se ha decidido una presión en punta de lanza de 7 bar.

Los dos casos más desfavorables para proceder al estudio son el puente de gobierno y la zona de proa.

Estudiaremos los dos casos por separado:

- En la zona de proa:

El caudal nominal necesario (debemos tener en cuenta la condición de más desfavorable, es decir, que las dos mangueras estén funcionando al mismo tiempo) en el colector es:

$$Q_N = k \cdot \sqrt{P}$$

En donde k lo tomaremos como 83, y la presión la hemos definido como 7 bares.

Por tanto:

$$Q_N = 439,19 \text{ m}^3/\text{h}$$

Supondremos una velocidad de unos 6 m/s y procederemos al cálculo de la sección:

$$Q = S \cdot v$$

$$S = \frac{Q}{v}$$

Por tanto:

$$S = \frac{Q}{v} = 0,020 \text{ m}^2$$

Por tanto, el diámetro de la tubería será de:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = 0,1596 \text{ m} \approx 160 \text{ mm.}$$

- En el puente (BIES):

Tomaremos una presión en punta de lanza de 5 bar. Al menos 2 BIES en funcionamiento.

Como para el caso del puente, procederemos al cálculo del caudal:

$$Q_N = 2 \cdot (83 \cdot \sqrt{5}) = 371,19 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$S = \frac{Q}{v} = 0,017 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = 0,1471 \text{ m} \approx 150 \text{ mm.}$$

El caudal nominal a tener en cuenta será el mayor de los dos casos anteriormente estudiados.

Por tanto será de 439,19 m³/h.

6.1.2 Colector de contraincendios.

El diámetro del colector principal de contraincendios y el de las tuberías de servicio de agua del mar deberá ser suficiente para la distribución eficaz del caudal de agua máximo exigido por la utilización simultánea de dos bombas contraincendios a una velocidad mínima de 6 m/s. En el apartado anterior obtuvimos el caudal nominal, y con este podemos sacar la sección y diámetro del colector principal:

$$S = \frac{Q}{v}$$

$$S = 0,020 \text{ m}^2$$

$$S = \pi \cdot \frac{d^2}{4}$$

$$d = \sqrt{4 \cdot \frac{S}{\pi}}$$

$$d = 0,161 \text{ m} = 161 \text{ mm}$$

Aproximaremos al valor comercial de diámetro inmediatamente superior, que será 165 mm.

Además SOLAS requiere que cuando las 2 bombas suministren simultáneamente, se deberán mantener en todas las bocas contraincendios una presión mínima de 2.7 bar.

No obstante a nosotros nos parece un poco insuficiente, por lo que dispondremos que la presión en punta de lanza para las BIE (Bocas de Incendios Equipadas) sea de 5 bares, y que la presión en punta de lanza en cubierta sea de al menos 6 o 7 bares como ya hemos visto.

6.1.3 Diámetro en aspiración e impulsión.

El diámetro del tubo de aspiración se calcula para una velocidad de 1,8 m/s

$$S = \frac{Q}{v} = 0,0678 \text{ m}^2$$

El diámetro del tubo será:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = 0,294 \rightarrow 300 \text{ mm.}$$

El diámetro del tubo de impulsión se calcula para una velocidad de 2,5 m/s. De manera análoga que para la aspiración:

$$S = \frac{Q}{v} = 0,0488 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = 0,249 \text{ m.} \rightarrow 250 \text{ mm}$$

6.1.4 Presión de descarga de las bombas.

Para el puente la presión total que deberá suministrar la bomba será:

$$H_{manométrica} = H_{perd} + H_{cub\ ppal} + H_{puente} + H_{requerida\ descarga} - H_{calado\ bomba}$$

La bomba tendrá que ser capaz de elevar la columna de agua hasta la cubierta principal (30 m) más los 23.5 m desde la cubierta principal hasta el punto más alto de la superestructura. De esta forma requeriría una altura de elevación de 53.5 m

Como ya se ha comentado, SOLAS requiere que cuando las dos bombas suministren simultáneamente, se deberán mantener en todas las bocas CI una presión mínima de 2.8 bar.

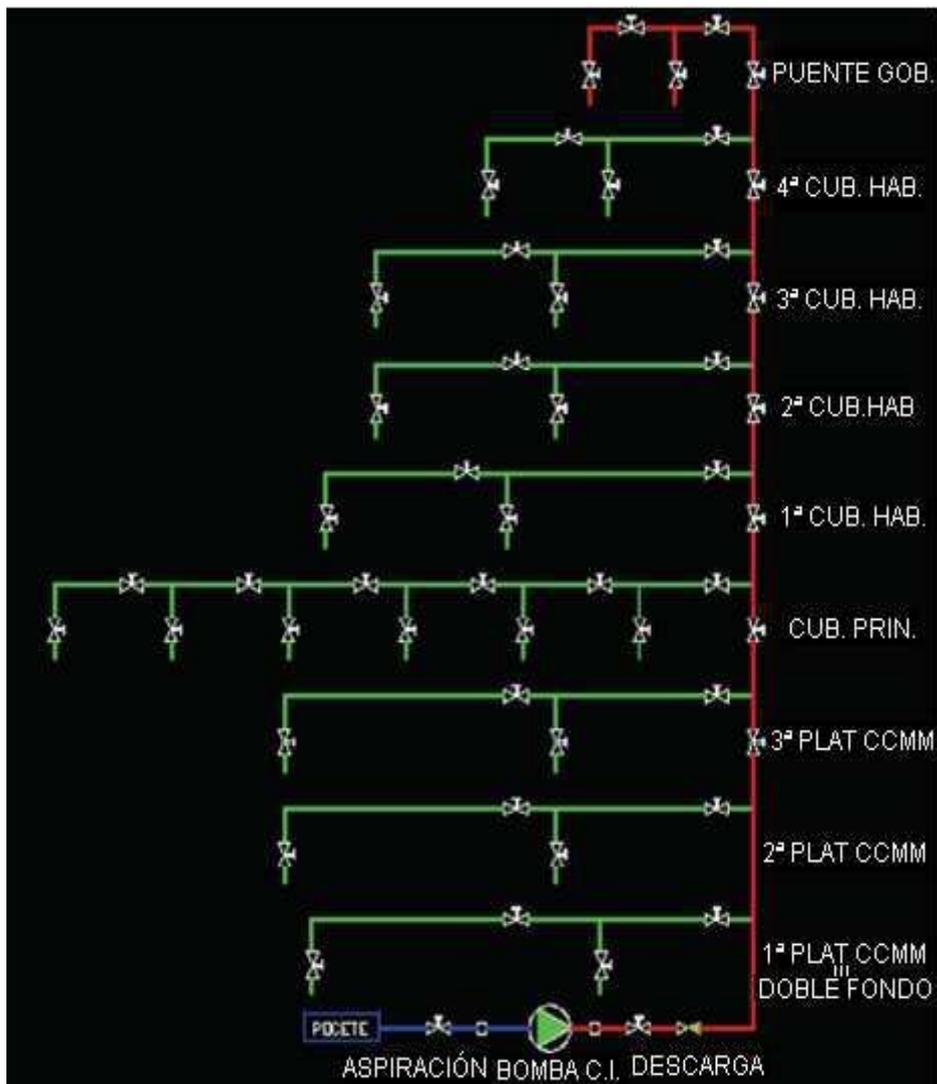
Con HCALADO-BOMBA, se ha querido definir la altura que descontaremos debido a que la bomba se encuentra debajo de la línea de calado, su valor será el siguiente:

Sabemos que el calado mínimo = 11.44 m, obtenido de la condición de llegada a puerto en lastre del Cuaderno 5.

Puesto que la bomba se situará a 4 m sobre la línea base (3.5 m es la altura del doble fondo + 0.5 m por la altura de la propia bomba); ésta tendrá una capacidad de elevación de 7.44 m por la presión hidrostática.

Para el cálculo de las pérdidas emplearemos la formulación de Hazen-Williams.

Para conocer la longitud aproximada de las tuberías, hemos hecho un esquema básico de una distribución muy común en este tipo de buques, al que le añadiremos un margen de error.



Para determinar las pérdidas de carga que tendremos hasta el puente de mando usaremos el método de la tubería recta equivalente para estimar los metros de tubería recta que equivalen a cada accesorio en lo que a pérdidas de carga se refiere.

- Longitud de la tubería de aspiración: 2 metros.
- Accesorios colocados en la aspiración:
 - 1 Cono difusor: 5 metros.
 - 1 Válvula reguladora: 2,5 metros.
- Longitud de la tubería de descarga: 60 metros
- Accesorios colocados en la descarga:
 - 1 Cono difusor: 5 metros.
 - 1 Válvula de retención: 25 metros.

- 10 Válvula reguladora: 25 metros.
- 3 codo a 90°: 30 metros

Por tanto la longitud de tubería equivalente será:

$$L_{equiv} = 154.5 \text{ metros}$$

Las mediciones sobre el plano que se indican en las tablas anteriores, son aproximadas, tanto la de la línea de aspiración como la de la línea de descarga previendo una presión holgada.

Las longitudes de tubería equivalente para cada accesorio han sido obtenidas de la tabla I, obtenidas de los apuntes de la asignatura "Sistemas de Carga y Descarga, Profesor Luis Carral Couce".

Las pérdidas de carga, como hemos dicho, las determinaremos mediante la fórmula de Hazen-Williams:

$$P_{carga} = \left[\frac{6.06 \cdot 10^5}{C^{1.85} \cdot d^{4.87}} \right] \cdot L_{equ} \cdot Q^{1.85}$$

En donde:

Q: caudal en l/min (7319,83l/min)

d: diámetro interior del tubo

$$Q = v \times S; S = \frac{Q}{v}$$

$$S = \pi \times \frac{d^2}{4}; d^2 = 4 \times \frac{S}{\pi}$$

$$d = 160 \text{ mm}$$

C: constante del acero inoxidable (140)

Lequ: longitud total equivalente del tubo y los accesorios (154.5 m)

Por tanto nuestras pérdidas de carga serán:

$$P_{carga} = 2,61 \text{ bar} = 26.1 \text{ metros}$$

Sabiendo esto, entrando en la fórmula dada al principio de este punto, ya podremos calcular la presión en la descarga de la bomba:

$$H_{manométrica} = H_{perd} + H_{cub\ ppal} + H_{puente} + H_{requerida\ descarga} - H_{calado\ bomba}$$

En donde ya conocemos el valor de todos sus componentes:

$$H_{PERDIDAS\ DE\ CARGA} = 30.025\ m$$

$$H_{CUBIERTA\ PRINCIPAL} = 31.50\ m$$

$$H_{PUENTE} = 23.5\ m$$

$$H_{REQUERIDA\ DE\ DESCARGA} = 50\ m$$

$$H_{CALADO - BOMBA} = 7.44\ m$$

$$H_{manométrica} = 117,64\ metros$$

Ahora, como ya habíamos comentado anteriormente, le aplicaremos un margen de error del 10%:

$$H_{manométrica} = 129,41\ metros$$

De manera análoga, procederemos a estudiarlo para el caso de la zona de proa.

La longitud equivalente será:

- Longitud de la tubería de aspiración: 2 metros.
- Accesorios colocados en la aspiración:
 - 1 Cono difusor: 5 metros.
 - 1 Válvula reguladora: 2,5 metros.
- Longitud de la tubería de descarga: 240 metros
- Accesorios colocados en la descarga:
 - 1 Cono difusor: 5 metros.
 - 1 Válvula de retención: 25 metros.
 - 1 Válvula reguladora: 2.5 metros.
 - 3 codo a 90°: 30 metros
 -

Por tanto la longitud de tubería equivalente será:

$$L_{equiv} = 312 \text{ metros}$$

Las mediciones sobre el plano que se indican en las tablas anteriores, son aproximadas, tanto la de la línea de aspiración como la de la línea de descarga previendo una presión holgada.

Las longitudes de tubería equivalente para cada accesorio han sido obtenidas de la tabla I, obtenidas de los apuntes de la asignatura "Sistemas de Carga y Descarga, Profesor Luis Carral Couce".

Las pérdidas de carga, como hemos dicho, las determinaremos mediante la fórmula de Hazen-Williams:

$$P_{carga} = \left[\frac{6.06 \cdot 10^5}{C^{1.85} \cdot d^{4.87}} \right] \cdot L_{equ} \cdot Q^{1.85}$$

En donde:

Q: caudal en l/min (7319,83l/min)

d: diámetro interior del tubo

$$Q = v \times S; S = \frac{Q}{v}$$

$$S = \pi \times \frac{d^2}{4}; d^2 = 4 \times \frac{S}{\pi}$$

$$d = 160 \text{ mm}$$

C: constante del acero inoxidable (140)

Lequ: longitud total equivalente del tubo y los accesorios (312 m)

Por tanto nuestras pérdidas de carga serán:

$$P_{carga} = 5,27 \text{ bar} = 52.7 \text{ metros}$$

Sabiendo esto, entrando en la fórmula dada al principio de este punto, ya podremos calcular la presión en la descarga de la bomba.

En donde ya conocemos el valor de todos sus componentes:

$$H_{\text{PERDIDAS DE CARGA}} = 52.6 \text{ m}$$

$$H_{\text{CUBIERTA PRINCIPAL}} = 30 \text{ m}$$

$$H_{\text{REQUERIDA DE DESCARGA}} = 70 \text{ m}$$

$$H_{\text{CALADO - BOMBA}} = 7.44 \text{ m}$$

$$H_{\text{manométrica}} = 145,23 \text{ metros}$$

Ahora, como ya habíamos comentado anteriormente, le aplicaremos un margen de error del 10%:

$$H_{\text{manométrica}} = 159,75 \text{ metros}$$

Tomaremos como válida esta última, pues es la más restrictiva.

Instalaremos 4 bombas, tres de funcionamiento y una de respeto. Por tanto con 3 bombas deberemos cumplir con el caudal establecido. Así pues el caudal de cada bomba será:

$$\underline{Q_{\text{bomba}} = Q_{\text{CI}}/3 = 146.33 \approx 150 \text{ m}^3/\text{h}}$$

La potencia de la bomba la definiremos como:

$$P = \frac{Q_b \cdot \gamma \cdot H}{3600 \cdot 75 \cdot \eta} = 113 \text{ CV} = 84,15 \text{ KW}$$

En donde el rendimiento lo tomaremos como 0.8.

6.1.5 Bombas contraincendios de emergencia.

Todo buque de carga de un registro bruto igual o superior a 1.000 toneladas, estará provisto de dos bombas independientes accionadas por una fuente de energía.

En todo buque de carga de un registro bruto igual o superior a 1.000 toneladas, deberá existir a bordo un medio alternativo de suministrar agua para combatir el incendio.

En todo buque de carga de un registro bruto igual o superior a 2.000 toneladas, este medio alternativo consistirá en una bomba fija de emergencia accionada independientemente.

La bomba contraincendios de emergencia ha de tener una capacidad igual al 40% de la capacidad total del servicio de contraincendios y, en ningún caso inferior a 25 m³/h.

Se considerará, a estos efectos, la capacidad máxima exigida por el SOLAS de 180 m³/h:

$$Q_{\text{BOMBA EMERGENCIA}} = 40\% \text{ de } Q_{\text{CI}}$$

$$\underline{Q_{\text{BOMBA EMERGENCIA}} = 175,68 \text{ m}^3/\text{h}}$$

La presión mínima es de 0,27 N/mm² (2,7 bar).

La potencia de esta bomba de emergencia será:

$$P = \frac{Q_b \cdot \gamma \cdot H}{3600 \cdot 75 \cdot \eta}$$

$$\underline{P = 69,04 \text{ CV} = 51,09 \text{ KW}}$$

6.1.6 Bocas de contraincendios, mangueras y boquillas.

Por normativa del SOLAS, el número y distribución de las bocas contraincendios deberá ser tal que, por lo menos, dos chorros de agua que no procedan de la misma boca contraincendios, uno de ellos suministrado por una manguera de una sola pieza, puedan alcanzar cualquier parte del buque, normalmente accesible a los pasajeros o a la tripulación durante la navegación. No se emplearán para los colectores y bocas contraincendios materiales que el calor inutilice fácilmente, a menos que estén convenientemente protegidos.

Por normativa, los diámetros normales de las boquillas serán de 12 milímetros (o 1/2 pulgada), 16 milímetros (o 5/8 de pulgada) y 19 milímetros (o 3/4 de pulgada), o lo más aproximado posible a los mismos. Como nos parece unos diámetros un poco insuficiente tomaremos valores típicos de la construcción civil, en este caso: 45 mm.

Según lo establecido por el SOLAS Capítulo II-2-Regla 4/7 en los buques de carga de arqueo bruto igual o superior a 1000 toneladas se proveerán mangueras contraincendios a razón de una cada 30 m de eslora del buque, y una de respeto, pero nunca menos de 5. Esto obliga a disponer 11 mangueras más otra de respeto (sin incluir entre ellas a las exigidas en Cámara de máquinas).

Todas las bocas contraincendios en los espacios de máquinas de los buques de carga con calderas alimentadas con combustible líquido, o con maquinaria propulsora de combustión interna, estarán provistas de mangueras que posean, además de las boquillas exigidas en el párrafo f) de la Regla 56 de este Capítulo, boquillas adecuadas para

proyectar agua en forma de lluvia sobre el combustible líquido o alternativamente boquillas de doble aplicación.

Se instalará una válvula por cada manguera contraincendios, de modo que en pleno funcionamiento de las bombas contraincendios quepa desconectar cualquiera de las mangueras.

6.2 Extintores.

Dentro de los extintores, dispondremos de los siguientes a bordo del buque:

- Extintores portátiles de polvo polivalente ABC.
- Extintores de espuma.
- Dispositivos portátiles lanzaespuma.

Ahora veremos cuantos de cada tipo llevaremos dentro del buque:

- Extintores portátiles de polvo polivalente ABC.

Para definir el número de estos extintores así como su localización en el buque se seguirá el punto 3 de la regla número 10 del SOLAS.

En la zona de habilitación se dispondrán 2 extintores por nivel con excepción del puente, donde se instalará uno sólo. En la cubierta principal, por ser un lugar de zonas comunes con riesgo de incendio (por ejemplo, cocina) y existir también zonas con maquinaria de trabajo, instalaremos 8 extintores.

En total se colocarán 19 extintores de la siguiente manera:

- Cubierta principal: 8 (Como mínimo).
- Puente de mando: 1.
- Resto de niveles de habilitación: 8
- Cubierta principal debajo de la cubierta castillo: 2.

- Extintores de espuma.

Siguiendo el punto 5 de la regla número 10 del SOLAS procedemos ahora a definir el número de extintores de espuma, siendo estos los mayores de 13.5 litros que ya no se

consideran como extintores portátiles. Este tipo de extintores se usan en la zona de cámara de máquinas debido a la mayor capacidad requerida de los mismos.

Como dice la norma: “se debe dotar a estos espacios de extintores de espuma de 45 litros de capacidad como mínimo, o modelos equivalentes, en número suficiente, para que la espuma o el producto equivalente puedan alcanzar cualquier parte de los sistemas de combustible y de aceite de lubricación a presión, engranajes y otras partes que presenten riesgo de incendio.

Como en el caso de nuestro buque se tiene una cámara de máquinas con tres niveles (primera, segunda y tercera plataforma) siendo cada uno de estos niveles muy amplios debido a las grandes dimensiones del buque, instalaremos 4 extintores por nivel, por lo que se tendrá un total de 12 extintores de espuma, cada uno de ellos. de 45 litros de capacidad.

También debemos de tener en cuenta el subapartado 5.1.2.2. perteneciente al punto 5 de la regla 10, en el que dice que por cada cámara de calderas habrá por lo menos un extintor de espuma de tipo aprobado de 135 l como mínimo de capacidad, o un modelo equivalente. Estos extintores estarán provistos de mangueras montadas en carreteles con las que se pueda alcanzar cualquier parte de la cámara de calderas.

Como en nuestro caso las calderas irán instaladas en la cámara de máquinas, puesto que son parte de la maquinaria auxiliar, y debido a que irán instaladas una a cada banda y que nuestra cámara de máquinas es de grandes dimensiones dispondremos de dos extintores de espuma, estibados uno a cada banda y en las proximidades de las correspondientes calderas.

- Dispositivos portátiles lanza espuma.

De acuerdo con el punto 5 de la Regla 10 del Capítulo II-2 del SOLAS, se dotará al buque de dos dispositivos portátiles lanzaespuma.

Estos estarán formados por una lanza para aire/espuma de tipo eductor, susceptible de quedar conectada al colector contraincendios por una manguera, y un tanque portátil que contenga como mínimo 20 litros de líquido espumógeno, más un tanque de respeto. La lanza dará espuma apropiada para combatir un incendio de hidrocarburos a razón de

por lo menos 1,5 m³/min. Estos dispositivos se estibarán en las proximidades de los accesos a cámara de máquinas.

6.3 Sistema contraincendios en Cámara de máquinas.

A continuación se definirá el sistema de extinción de incendios de la cámara de Máquinas. Existen multitud de métodos de extinción y se deja libertad de elección a la hora de fijar uno de ellos, a excepción de aquellos que usen Halón, por estar prohibido.

Nosotros, de todos los sistemas permitidos en el punto 4 de la regla 10 del capítulo II.2 del SOLAS, elegiremos el uso de un sistema de extinción por anhídrido carbónico (CO₂).

Desde el compartimento de botellas de CO₂ parten las tuberías de acero hacia los espacios a proteger, en los que se descarga el CO₂ por unos difusores convenientemente distribuidos. Se trata de un agente extintor por sofocación.

Consta de una batería de grandes botellas o cilindros de CO₂ almacenadas en un local, divididas en grupos según el tamaño del espacio a proteger. Cada grupo tiene una botella "piloto" que una vez activada dispara todas las botellas del grupo. En el centro contraincendios están situados el control de disparo y un diagrama del sistema con instrucciones para su correcto funcionamiento. El sistema debe ser capaz de suministrar un mínimo de CO₂ igual al 40% del Volumen Total del espacio a proteger, y deberá haber un aviso en los mandos que indique que se utilizará únicamente para la extinción de incendios.

Para poner el sistema en funcionamiento, primeramente se abren todas las válvulas que dan paso al espacio incendiado, una vez hecho esto se procede al accionamiento del sistema, que lo primero que hace es activar la sirena de alarma indicando que hay que abandonar la zona rápidamente pues se va a inyectar CO₂. Una vez que se ha comprobado la evacuación, se dispara la botella piloto que abre todas las botellas para la zona incendiada. Si al cabo de un rato el incendio sigue activo, se dispara otro grupo de botellas. Una vez sofocado el incendio, se cierran todas las válvulas del sistema y se ventila el espacio convenientemente, abriendo puertas, escotillas y poniendo en marcha los ventiladores, no entrando hasta que la proporción de oxígeno alcance el 21%.

6.3.1 Cálculo del sistema de CO₂.

Para realizar el cálculo de este sistema, lo primero que debemos hacer es obtener el volumen de nuestra cámara de máquinas, cosa que podemos hacer mediante el software Maxurf (32101,936 m³).

A este volumen bruto de la cámara de máquinas habrá que restarle el de los tanques que tienen alojados en su interior.

$$\text{Volumen Neto de la Cámara de Máquinas} \approx 28500 \text{ m}^3$$

El volumen de anhídrido carbónico a disponer para la extinción de incendios en la cámara de máquinas es del 40% del Volumen Neto antes calculado.

Es decir:

$$V_{\text{CO}_2} = 0.4 \times V_{\text{CM}}$$

$$\underline{V_{\text{CO}_2} = 11400 \text{ m}^3}$$

Sabiendo que el volumen específico del agente extintor de 0,56 m³/kg, podemos obtener el peso del mismo.

$$P_{\text{CO}_2} = 20357.14 \text{ kg}$$

Sabemos que cada botella comercial de este producto contiene 50 Kg del mismo, el número de botellas a instalar será de:

$$\text{N}^\circ \text{ de Botellas de CO}_2 = 407.14 \approx 408$$

Dispondremos en nuestro buque de 408 botellas que contendrán 50 kg de CO₂ cada una, estibadas en el local de CO₂, dispuesto en la cubierta principal de habitación. Se dispondrá una instalación fija de CO₂ que dará cobertura a los espacios siguientes

- Cámara de máquinas
- Local del servomotor
- Piso de calderas
- Cámara de bombas
- Pañol de pinturas
- Local del grupo de emergencia

6.3.2 Agua nebulizada en C.M.

Este sistema consiste en forzar el paso de agua a alta presión a través de unos atomizadores los cuales harán que esta se divida en multitud de gotas muy finas. Estas gotas son muy efectivas a la hora de extinguir fuegos, incluso aquellos provocados por aceites. Las gotas permanecen suspendidas en el aire de manera que o alteran la superficie aceitosa ni establecen una capa de agua sobre la que el combustible ardiente podría flotar. Además, esta clase de pulverización del agua, al cubrir tanta gran superficie respecto al fuego, ejerce un efecto refrigerante al evaporarse rápidamente. La gran concentración de gotas y su evaporación tiene el efecto de reducir el nivel local de oxígeno. El efecto refrigerante y la reducción de la concentración de oxígeno hacen que el fuego sea extinguido.

Hemos optado por el sistema Hi-fog debido a sus características:

- Un único fluido: agua
- Alta presión: 35 a 210 kg/cm²
- Cañerías especiales de acero inoxidable
- Diámetros pequeños
- Expansión de tipo “gaseosa”
- Tamaño de gota: 60 a 200 micrones
- Densidad de diseño entre 0.5 a 1.5 l/min/m² y 0.05 l/min/m³

Este sistema utiliza agua dulce a fin de evitar riesgo de corrosión en equipos y estructura.

6.4 Sistema de espuma.

Según lo establecido en la regla 10 del SOLAS en su apartado 8, el buque deberá llevar, a fin de proteger la zona de cubierta de la zona de carga, un sistema fijo de extinción de incendios de espuma en cubierta. El sistema de espuma instalado deberá ser capaz de sufragar un fuego producido en cualquier punto de la superficie de cubierta y en cualquier tanque de carga cuando la cubierta correspondiente haya sufrido daños. Se seguirá para ello el código internacional de sistemas de seguridad contraincendios, código SSCI.

Instalaremos un sistema contraincendios fijo de cubierta de espuma de baja expansión permitidos por SOLAS, y que deberán cumplir con lo dispuesto en el Código de sistemas de seguridad contra incendios, que será:

- El sistema será aprobado por la Administración teniendo en cuenta las directrices elaboradas por la Organización.
- El sistema podrá descargar a través de orificios fijos de descarga, en no más de cinco minutos, una cantidad de espuma suficiente para cubrir de manera eficaz la mayor de las superficies en que haya riesgo de que se derrame combustible líquido.
- Se proveerán los medios necesarios para distribuir eficazmente la espuma a través de un sistema permanente de tuberías y válvulas o grifos de control a los orificios de descarga apropiados, y para dirigir eficazmente la espuma mediante rociadores fijos.

Como además cualquier punto deberá ser alcanzado por dos chorros dispondremos un cañón lanzaespuma cada 25 metros centrados en crujía y repartidos por la zona de tanques de carga del buque. Además han de disponerse cañones lanzaespuma a babor y estribor del frente de la superestructura.

Es decir, que en total tendremos 12 cañones lanzaespuma. 9 de ellos dispuestos de manera equidistantes a lo largo de la cubierta separados cada 25 metros y 2 en la zona frente a la superestructura, dispuestos uno a babor y otro a estribor. De tal forma que con dicha disposición consigamos que en cualquier punto de la cubierta de la zona de carga del buque tenga que poder llegar el chorro de espuma de 2 cañones.

El volumen total de espuma a lanzar lo podemos obtener teniendo en cuenta la eslora de la zona de carga (zona más peligrosa), su manga y se considera como cantidad de espuma suficiente la que cubrirá la totalidad de la superficie con un espesor mínimo de 150 mm.

Es decir:

$$Vol_{espuma} = L_{zona\ carga} \cdot B \cdot 0.15\ m = 2239,65\ m^3$$

$$Vol_{espuma} = 2239650\ l$$

CUADERNO XII: EQUIPOS Y SERVICIOS

PEDRO CARRO ALLEGUE

Según la normativa tendremos que ser capaces de lanzar la totalidad de la espuma en un tiempo máximo de 5 minutos. Así pues, podemos calcular el caudal total de espuma de nuestros cañones:

$$\text{Caudal total de espuma} = 447930 \text{ l / min}$$

Como sabemos ahora que dispondremos de 12 cañones lanzaespuma podemos calcular el caudal mínimo a disponer para cada cañón de cubierta:

$$\text{Capacidad de cada cañón lanzaespuma} = 37327,5 \text{ l /min}$$

Por su parte, dispondremos de unos lanzaespumas portátiles en el código CIQ (no aplica a este buque) piden un mínimo de 4, pero debido a la gran eslora del buque tomaremos 8 lanzaespumas.

7 SERVICIO DE CARGA Y DESCARGA.

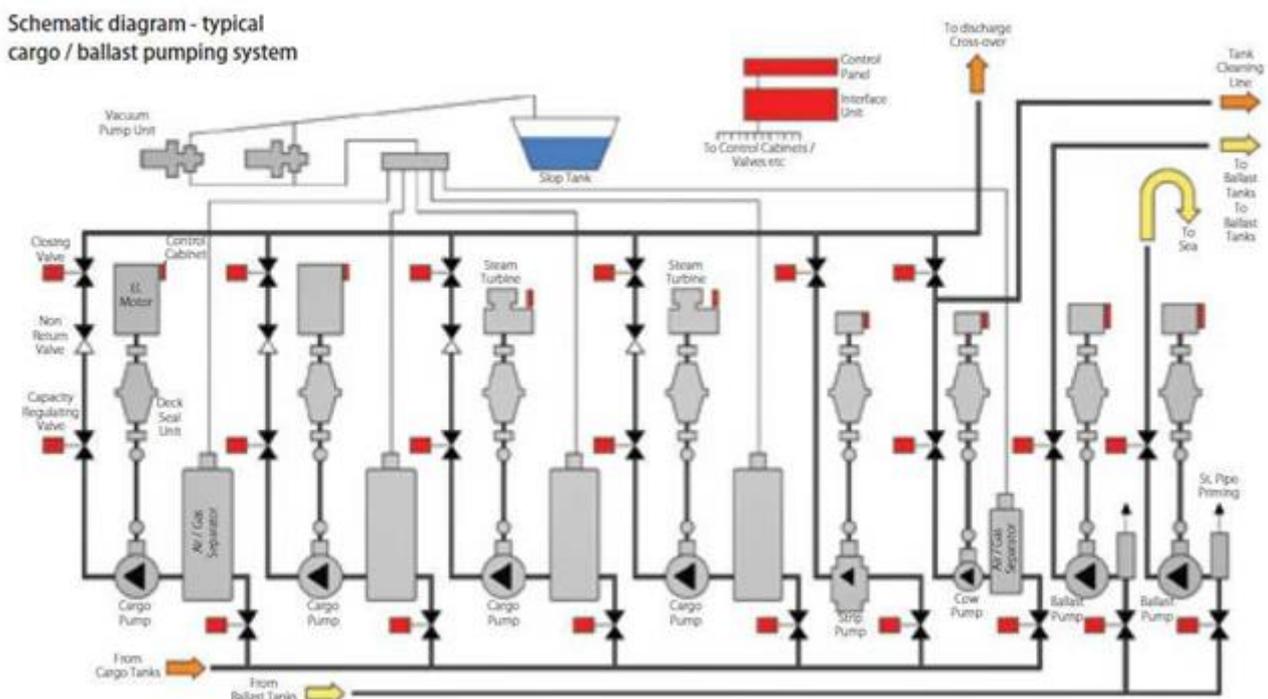
Este servicio nos viene impuesto según los RPA's de nuestro buque, en el cual se nos especifica que deberemos utilizar un sistema de carga y descarga mediante bombas estibadas en la cámara de bombas.

Es aconsejable el uso de este tipo de sistema de carga y descarga en estos buques, que debido a la gran cantidad de carga transportada necesitaremos unas bombas muy potentes que estibaremos en la cámara de bombas; en vez de tener que disponer una bombas por cada tanque, ya que aun así serían de tamaño considerable, y nos elevaría mucho la complejidad de todo el sistema.

Como el buque dispondrá de un solo tipo de carga (crudo), dispondremos las bombas necesarias para descargar toda la carga en el tiempo óptimo considerado.

Nuestras bombas de carga y descarga solo realizarán la descarga del crudo, puesto que la carga se realiza mediante la terminal portuaria. Realizándose la descarga del crudo por los propios medios del buque, que en nuestro caso será mediante las bombas de carga y descarga que instalaremos.

Podemos ver el tipo de disposición de dicho sistema obteniendo un esquema general de disposición del sistema:



solas, no elegiremos bombas eléctricas, debido a que nos obligaría a sobredimensionar la planta eléctrica de nuestro buque, obligándonos a instalar una gran cantidad de energía eléctrica solo usada en el momento de carga y descarga, usando solo una pequeña parte de ella en el resto de condiciones de navegación.

Usaremos por ello turbobombas en lugar de bombas eléctricas, esto es debido a que las turbobombas, son bombas que funcionan con turbinas de vapor que llevan incorporadas las propias bombas, a las cuales suministraremos vapor por medio de las dos calderas de a bordo.

7.1 Cálculo de las bombas de carga y descarga.

Como ya hemos dicho, la carga del buque se realiza por medio de las bombas de la terminal portuaria, mientras que la descarga se realiza por los propios medios del buque.

Hemos decidido instalar 4 turbobombas que serán las encargadas de descargar todos los tanques de carga de nuestro buque. Además, se dispondrá de una bomba de agotamiento de tanques (bomba alternativa) de capacidad igual a 1500 m³/h.

7.1.1 Cálculo del caudal de las bombas.

Lo primero que tenemos que conocer para poder dimensionar tanto en número como en caudal nuestras bombas de carga y de descarga es el volumen total de los espacios a descargar, es decir, el volumen total de los tanques que irán destinados al transporte de crudo.

	Volumen (m ³)
	Capacidad real
Tanques de carga	319580,3
Tanques de lastre	123548,3
Tanques Slop	7255,5
Tanque Agua Dulce	200,0
Tanque almacen F.O.	1640,5
Tanque sedimentación F.O.	222,3
Tanque uso diario F.O.	169,2
Tanque D.O.	529,2
Tanque aceite	158,8
Tanque lodos	75,8
Tanque aguas grises y negras	157,0
Tanque derrames	57,1
Agua técnica	624,75

Como podemos ver tenemos un volumen total de espacios de carga (carga y slops) de 332128.6 m³.

Tomaremos que como máximo queremos ser capaces de descargar los tanques en no más de 15 horas (un tiempo más o menos rápido, contrastándolo con el tiempo de descarga de distintos buques similares).

Por tanto, el caudal mínimo total de descarga que necesitaremos será de:

$$Q_{TOTAL\ MÍNIMO} = \frac{V_{TOTAL}}{tiempo\ desc.}$$

$$Q_{TOTAL\ MÍNIMO} = 22141.9\ m^3/h$$

Teniendo en cuenta que contaremos con 4 bombas que trabajarán simultáneamente, el caudal mínimo necesario por cada bomba será:

$$Q_{UNITARIO\ MÍNIMO} = \frac{Q_{TOTAL\ MÍNIMO}}{4}$$

$$Q_{UNITARIO\ MÍNIMO} = 5535.5\ m^3/h$$

Este valor mínimo del caudal de cada bomba deberemos aproximarlos a un valor comercial, finalmente, nos decidimos por instalar 4 bombas con un caudal unitario de 6000 m³/h que nos asegurarán así una descarga de la totalidad de la carga en un tiempo menor al considerado.

Al instalar las bombas de carga y descarga de 6000 m³/h conseguimos un tiempo de descarga inferior a las 15 horas. Consiguiendo así la descarga de la totalidad de la carga del buque en tan solo 13.8 horas.

7.1.2 Cálculo de la presión de las bombas.

Vamos a proceder ahora a determinar la presión de descarga de las bombas. Esta presión quedará determinada mediante la siguiente expresión:

$$H_{manométrica} = H_{perdidas\ carga} + H_{tanque} + H_{manifold} + (P_{manifold} - P_{tanque}) \cdot \frac{10}{\rho}$$

Por lo tanto deberemos determinar las pérdidas de carga que tendremos en el sistema, para poder determinar así la presión mínima de descarga necesaria en nuestras bombas. Estas pérdidas de carga, como ya lo hemos hecho anteriormente, las calcularemos por la fórmula de Hazen-Williams.

Para este usar esta formulación, lo primero que debemos conocer, como ya hemos visto, son los elementos que componen el sistema, y así conocer su longitud equivalente. Para ello, nos basaremos en un esquema bastante simple pero que se adapta bastante bien a la realidad, y le añadiremos un pequeño margen de seguridad.

Los cálculos, los haremos para los tanques 13, 14 y 15 que serán los más alejados de nuestra cámara de bombas, y por tanto los que presentarán más pérdidas de carga.

Un esquema aproximado del sistema será el siguiente:



La distancia desde la campana de aspiración al fondo debe ser:

$$H \text{ campana aspirac.} = 0.5 \cdot \text{Diámetro campana}$$

Tomando un valor del diámetro de la campana de 3000 mm, la altura será:

$$H \text{ campana aspirac.} = 1500 \text{ mm}$$

Ahora, utilizando el método de la longitud de tubería equivalente, obtendremos la longitud equivalente de cada elemento que compone el sistema:

- Longitud de la tubería de aspiración: 220 metros
- Accesorios colocados en la aspiración:
 - 1 Filtro: 5 metros.
 - 1 Cono difusor: 5 metros.
 - 1 Válvula reguladora: 2,5 metros.
 - 1 codo a 90°: 10 metros

CUADERNO XII: EQUIPOS Y SERVICIOS

PEDRO CARRO ALLEGUE

- Longitud de la tubería de descarga: 135 metros
- Accesorios colocados en la descarga:
 - 1 Cono difusor: 5 metros.
 - 1 Válvula de retención: 25 metros.
 - 1 Válvula reguladora: 2.5 metros.
 - 2 codo a 90°: 20 metros

Por tanto la longitud de tubería equivalente será:

$$L_{equiv} = 430 \text{ m}$$

Las pérdidas de carga las determinaremos mediante la fórmula de Hazen-Williams, que es:

$$P_{carga} = \left[\frac{6.06 \cdot 10^5}{C^{1.85} \cdot d^{4.87}} \right] \cdot L_{equiv} \cdot Q^{1.85}$$

En donde:

Q = caudal (l/min) = 100000 l/min

d = diámetro interior del tubo (mm) = 508 mm (obtenido más adelante en este cuaderno)

C = constante del acero inoxidable = 140

Lequiv. = 430 m

Por tanto:

$$P_{carga} = 3,3 = 33 \text{ metros}$$

Sabiendo este valor ya podemos aplicar la fórmula que mencionamos anteriormente:

$$H_{manométrica} = H_{perdidas\ carga} + H_{tanque} + H_{manifold} + (P_{manifold} - P_{tanque}) \cdot \frac{10}{\rho}$$

En donde:

H p carga: 40,27 m

H tanque: 26.5 m

PEDRO CARRO ALLEGUE

H manifold: 2 m

P manifold: 8 bar

P tanque: 0 bar

ρ : 0,95 T/m³

Por tanto:

$$H_{manométrica} = 145,67 \text{ metros}$$

Como el cálculo es algo aproximado, le añadiremos un margen de seguridad del 10%, por tanto quedará:

$$H_{manométrica} = 160.24 \text{ metros}$$

7.1.3 Potencia de las bombas.

Dispondremos de 4 bombas para el sistema de carga y descarga.

La potencia de las bombas la calcularemos mediante la siguiente expresión:

$$P = \frac{Q_b \cdot \gamma \cdot H}{3600 \cdot 75 \cdot \eta}$$

Tomaremos el rendimiento como 0.8 y la densidad del fuel 0.89.

$$\underline{\underline{P = 15846.2 \text{ CV} = 11726,2 \text{ KW}}}$$

7.2 Definición de las tuberías del sistema.

Definiremos ahora el diámetro de las tuberías por las que se producirá la carga y descarga del crudo. El diámetro de las tuberías del sistema de carga y descarga deberá ser suficiente para el transporte eficaz del caudal de crudo que es capaz de mover cada bomba, a una velocidad mínima de 10 m/s. Es decir tendremos 4 tuberías de carga y descarga, una por bomba, de manera que cada bomba se encargará de descargar de un grupo de tanques, estando todos conectados a la tubería principal.

$$Q = v \cdot S$$

En donde:

$$Q = 6000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$v = 10 \text{ m/s} =$$

$$S = \frac{Q}{v} = 0,1667 \text{ m}^2$$

$$S = \pi \cdot \frac{d^2}{4}$$

$$d = \sqrt{4 \cdot \frac{S}{\pi}} = 0,461 \text{ m} = 460,66 \text{ mm}$$

El diámetro final de la tubería a montar, depende del diámetro comercial existente, podemos comprobar en diferentes catálogos de distintos fabricantes que el diámetro comercial inmediatamente superior corresponde al DN500 (508 mm).

8 SISTEMA DE LASTRE.

En los buques petroleros es imprescindible el sistema de lastre. El sistema de lastre se encarga de lastrar el buque (incorporar agua de mar al interior) para distintos motivos como conseguir la inmersión mínima necesaria de la hélice cuando navegamos sin carga, controlar el trimado del buque, y llenar los tanques de lastre cuando se produce la descarga de sus correspondientes tanques de carga para suavizar así las tensiones y esfuerzos que se generan durante la maniobra de carga y descarga que puede ser perjudicial para la estructura del buque si no se realiza correctamente.

Según la normativa Marpol tenemos prohibido lastrar los espacios dedicados al crudo por la contaminación que se produciría al deslastrarlos. Para ello tenemos que disponer de espacios dedicados exclusivamente a tanques de lastre, pero en nuestro caso tenemos la ventaja de que aprovecharemos los espacios como doble casco y doble fondo que tenemos que llevar por normativa, y le añadiremos otros como los pique de proa y popa de manera que podamos llegar a lastrar todo lo necesario para cumplir con la condición de lastre que nos impone Marpol (Lastre IMO-MARPOL), la cual ya fue estudiada en el Cuaderno 5.

Un dato importante a tener en cuenta la hora de elegir nuestras bombas de lastre es que debido a la gran potencia que tendrán que tener para poder mover todo el agua de lastre ellas solas, no elegiremos bombas eléctricas por los mismos motivos que no las hemos utilizado para las bombas del sistema de carga y descarga usaremos por tanto, también turbobombas en lugar de bombas eléctricas.

Hemos decidido instalar 3 turbobombas que serán las encargadas del lastrado y deslastrado de nuestro buque. Los cálculos detallados de las mismas se verán a continuación.

8.1 Definición de las bombas de lastre.

Lo primero que tenemos que conocer para poder dimensionar tanto en número como en caudal nuestras bombas de lastre es el volumen total de los espacios a lastrar / deslastrar, es decir, el volumen total de los tanques que irán destinados al lastre.

El volumen total de los tanques de lastre de nuestro buque es de:

$$Vol_{TOTAL\ LASTRE} = 123548,3\ m^3$$

Como el proceso de lastrado/deslastrado se produce normalmente simultáneo con el de carga/descarga se tratará de diseñar un servicio de lastre que sea capaz de realizarse en un tiempo parecido al de carga y descarga, para que así se puedan llevar a cabo ambas tareas de manera correcta y eficiente.

8.1.1 Caudal de las bombas de lastre.

Diseñaremos el sistema para que se produzca el lastrado o deslastrado completo en 13.8 horas, que es el tiempo que como vimos en el capítulo anterior tarda en completarse la descarga completa de la carga.

Por tanto el caudal mínimo total de descarga que necesitaremos será de:

$$Q_{TOTAL\ MÍNIMO} = \frac{Vol_{TOTAL\ LASTREe}}{tiempo}$$

$$Q_{TOTAL\ MÍNIMO} = 8952,77\ m^3/h$$

Decidimos disponer de 3 bombas de lastre a bordo, siendo usadas las 3 simultáneamente, por lo que tenemos un caudal unitario por bomba mínimo de:

$$Q_{UNITARIO\ MÍNIMO} = \frac{Q_{TOTAL\ MÍNIMO}}{3}$$

$$Q_{UNITARIO\ MÍNIMO} = 2984,26\ m^3/h$$

Este valor mínimo del caudal de cada bomba deberemos aproximarlos a un valor comercial, finalmente, nos decidimos por instalar 3 bombas con un caudal unitario de **3000 m³/h**, que nos asegurarán así una descarga de la totalidad de la carga en un tiempo menor al considerado como necesario.

8.1.2 Cálculo de la presión de descarga de las bombas.

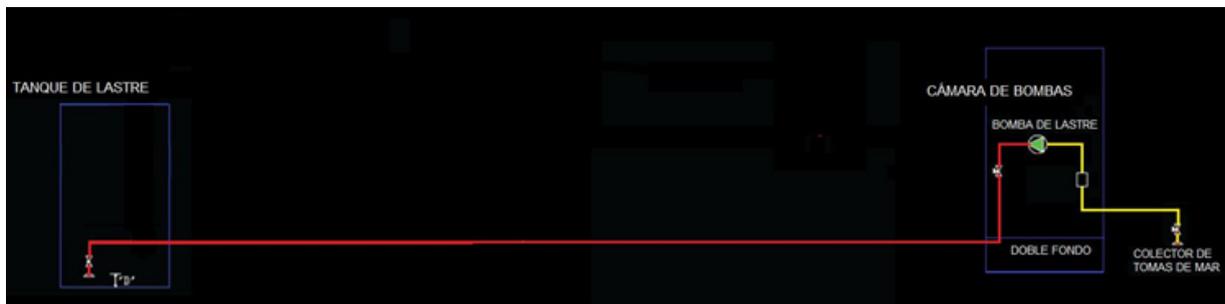
Vamos a proceder ahora a determinar la presión de descarga de las bombas. Esta presión quedará determinada mediante la siguiente expresión:

$$H_{manométrica} = H_{perdidas\ carga} + H_{tanque} - H_{bomba}$$

Por tanto, primeramente deberemos calcular las pérdidas de carga del sistema y, como hemos hecho anteriormente, usaremos la formulación de Hazen-Williams.

Como también hicimos para el sistema de carga y descarga, haremos un esquema del sistema para el vaciado de los tanque de lastre de la proa (los más lejanos a la

bomba) que serán los que presentarán unas pérdidas de carga mayores. El esquema es el siguiente:



Para calcular las pérdidas de carga usaremos el método de la tubería recta equivalente para estimar los metros de tubería recta que equivalen a cada accesorio en lo que a pérdidas de carga se refiere. Para ello debemos conocer cada accesorio dispuesto junto con su longitud recta equivalente en lo que ha pérdidas de carga se refiere. Las longitudes equivalentes de cada elemento se ven a continuación:

Ahora, utilizando el método de la longitud de tubería equivalente, obtendremos la longitud equivalente de cada elemento que compone el sistema:

- Longitud de la tubería de aspiración: 22 metros
- Accesorios colocados en la aspiración:
 - 1 Filtro: 5 metros.
 - 1 Válvula reguladora: 2,5 metros.
 - 3 codos a 90°: 30 metros
- Longitud de la tubería de descarga: 253 metros
- Accesorios colocados en la descarga:
 - 1 Cono difusor: 5 metros.
 - 1 Válvula de retención: 25 metros.
 - 1 Válvula reguladora: 2.5 metros.
 - 3 codos a 90°: 30 metros

Por tanto la longitud de tubería equivalente será:

$$L_{equiv} = 375 \text{ metros}$$

Las pérdidas de carga las determinaremos mediante la fórmula de Hazen-Williams, que es:

$$P_{carga} = \left[\frac{6.06 \cdot 10^5}{C^{1.85} \cdot d^{4.87}} \right] \cdot L_{equiv} \cdot Q^{1.85}$$

En donde:

Q = caudal (l/min) = 5000 l/min

d = diámetro interior del tubo (mm) = 110 mm (obtenido más adelante en este cuaderno)

C = constante del acero inoxidable = 140

Lequiv. = 375 m

Por tanto:

$$P_{carga} = 19,39 \text{ bar} = 193.9 \text{ metros}$$

Sabiendo este valor ya podemos aplicar la fórmula que mencionamos anteriormente:

$$H_{manométrica} = H_{perdidas\ carga} + H_{tanque} - H_{bomba}$$

En donde:

H p carga: 193.9 m

H tanque: 30 m

H bomba: 16 m

Por tanto:

$$H_{manométrica} = 207,95 \text{ metros}$$

Como el cálculo es algo aproximado, le añadiremos un margen de seguridad del 10%, por tanto quedará:

$$H_{manométrica} = 228,74 \text{ metros}$$

8.1.3 Potencia de las bombas.

De manera análoga que para carga y descarga, procederemos a determinar nuestra potencia, que será:

$$\underline{\underline{P = 325,63 \text{ CV} = 240,97 \text{ KW}}}$$

8.2 Cálculo de las tuberías del sistema de lastre.

Sabemos que nuestro buque dispondrá de 3 turbobombas para el sistema de lastre con un caudal cada una de 3000 m³/h, como veremos en el apartado siguiente.

El diámetro de las tuberías del sistema de lastre deberá ser suficiente para el transporte eficaz del caudal de agua marina máximo diseñado para cada bomba de lastre, a una velocidad mínima de 10 m / s.

Con los datos anteriores, podemos obtener el diámetro de la tubería necesario de la siguiente manera:

$$Q = v \cdot S$$

En donde:

$$Q = 3000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$v = 10 \text{ m/s}$$

$$S = \frac{Q}{v} = 0,00833 \text{ m}^2$$

$$S = \pi \cdot \frac{d^2}{4}$$

$$d = \sqrt{4 \cdot \frac{S}{\pi}} = 0,103 \text{ m} = 103 \text{ mm}$$

El diámetro final de la tubería a montar, depende del diámetro comercial existente, podemos tomar un diámetro de 110 mm.

9 SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR.

A continuación vamos a realizar el cálculo de balance de vapor requerido para la calefacción de los siguientes sistemas:

- Tanques almacén de fuel oil.
- Tanques de sedimentación de fuel oil.
- Tanques de servicio diario de fuel oil.
- Tanques de diésel.
- Tanques de aceite
- Tanque de lodos
- Calefacción de la habitación

Para el caso de buques de carga líquida se toman valores de vapor saturado de entre 7 y 20 bar. El valor elegido para este buque será de 7 bar, ya que no tenemos que calentar nada más que los tanques de fuel y servicios no relacionados con la carga. A esa presión se tiene una temperatura de vapor de 165°C, con un calor latente de vaporización de 494 kcal/kg.

Para calcular el calor necesario tenemos que dividir este en dos partidas: el calor necesario para elevar la temperatura del fluido (Q_1) y el calor necesario para mantenerlo a esa temperatura (Q_2):

$$Q_1 = \frac{V \cdot \rho \cdot c_e \cdot (T_f - T_i)}{t}$$

Donde:

V: volumen del tanque (m³)

ρ : densidad el fluido contenido en el tanque (kg/m³)

c_e : calor específico de la carga (Kcal/kg·°C)

T_f : temperatura final del producto calefactado (°C)

T_i : temperatura inicial del producto antes de ser calefactado (°C)

$$Q_2 = \sum k_i \cdot A_i \cdot (T_m - T_{ext})$$

Donde:

k: coeficiente de transmisión de calor de cada pared (kcal/m²·°C·h)

A: área o superficie de intercambio de calor (m²)

T_m: temperatura media en el tanque (°C)

T_{ext}: temperatura en el exterior (°C)

La cantidad de vapor necesaria la calcularemos con la siguiente fórmula:

$$C_v = \frac{Q_t}{h}$$

Donde:

C_v: cantidad de vapor en kg/h.

Q_t: potencia calorífica requerida en Kcal/h.

h: calor latente de vaporización (494,2 kcal/kg)

Las temperaturas, coeficientes y calores específicos que usaremos son los que veremos en la siguiente tabla:

Medio	Temperatura (°C)	k (kcal/m ² ·°C·h)
Mar	5	18
C.Máquinas	25	3
Bodega/Esp. Vacío	10	4
Lastre	10	5
Consumos	T ^a final en tanque	4
Habilitación	20	3,5
Cubierta (aire ext.)	5	4,5

Calores específicos (kcal/kg·°C)	
Fuel oil	0,441
Diesel oil	0,441

Aceite	0,501
Agua salada	0,942
Agua dulce	1
Aire	0,311
Gases de escape	0,25

Tanque	Tª final en tanques (°C)	Tª inicial en tanques (°C)
FO UD	60	50
FO Sedimentación	50	40
FO Almacén	40	20
Diesel	30	20
Aceite	80	20
Lodos	40	20

9.1 Balance.

- Tanques de F.O. U.D.:

$$Q_1 = 2 \cdot \frac{V \cdot \rho \cdot c_e \cdot (T_f - T_i)}{t} = 55.28 \text{ KCal/h}$$

El volumen de F.O. en estos tanques es de 169 m³.

Y t lo tomaremos como 12 horas.

TANQUES F.O. U.D.						
MAMPARO	ÁREA(m ²)	MEDIO	K(kcal/m ² ·°C·h)	Text. (°C)	Tm-Text	Q2(kcal/h)
SUPERIOR	6	C.M.	3	25	35	630
TRANSVERSAL	27	C.M.	3	25	35	2835
TRANSVERSAL	27	C.M.	3	25	35	2835
LONGITUDINAL	18	T.SED.	4	50	10	720
LONGITUDINAL	18	C.M.	3	25	35	1890
FONDO	6	C.M.	3	25	35	630
TOTAL(x2)						19080

cv = 38.72 kg/h

CUADERNO XII: EQUIPOS Y SERVICIOS

PEDRO CARRO ALLEGUE

- Tanques de F.O. SED.:

$$Q1 = 72.71 \text{ kcal/h}$$

El volumen de F.O. en estos tanques es de 222.3 m³.

TANQUES F.O. SEDIM.						
MAMPARO	ÁREA(m ²)	MEDIO	K(kcal/m ² ·°C·h)	Text. (°C)	Tm-Text	Q2(kcal/h)
SUPERIOR	9	C.M.	3	25	25	675
TRANSVERSAL	27	C.M.	3	25	25	2025
TRANSVERSAL	27	C.M.	3	25	25	2025
LONGITUDINAL	27	T.U.D.	4	60	-10	-1080
LONGITUDINAL	27	T.ALM.	4	40	10	1080
FONDO	9	C.M.	3	25	25	675
TOTAL(x2)						10800

$$\underline{cv = 22 \text{ kg/h}}$$

- Tanques de F.O. ALMAC.:

$$Q1 = 1073.13 \text{ kcal/h}$$

El volumen de F.O. en estos tanques es de 1640.5 m³(cada tanque).

TANQUES F.O. ALMAC.						
MAMPARO	ÁREA(m ²)	MEDIO	K(kcal/m ² ·°C·h)	Text. (°C)	Tm-Text	Q2(kcal/h)
SUPERIOR	9	C.M.	3	25	15	405
TRANSVERSAL	139,5	C.M.	3	25	15	6277,5
TRANSVERSAL	139,5	C.M.	3	25	15	6277,5
LONGITUDINAL	54	T.U.D.	4	60	-20	-4320
LONGITUDINAL	54	T.ALM.	4	40	0	0
FONDO	9	C.M.	3	25	15	405
TOTAL(x2)						18090

$$\underline{cv = 38.78 \text{ kg/h}}$$

- Tanques de D.O.:

$$Q1 = 173.1 \text{ kcal/h}$$

El volumen de D.O. en estos tanques es de 1640.5 m³(cada tanque).

TANQUES D.O.						
MAMPARO	ÁREA(m ²)	MEDIO	K(kcal/m ² ·°C·h)	Text. (°C)	Tm-Text	Q2(kcal/h)
SUPERIOR	30	C.M.	3	25	5	450

CUADERNO XII: EQUIPOS Y SERVICIOS

PEDRO CARRO ALLEGUE

TRANSVERSAL	54	C.M.	3	25	5	810
TRANSVERSAL	54	LASTRE	5	10	20	5400
LONGITUDINAL	45	C.M.	3	25	5	675
LONGITUDINAL	45	D.O.	4	30	0	0
FONDO	30	C.M.	3	25	5	450
TOTAL(x2)						15570

cv = 31.86 kg/h

- Tanques de Aceite:

$Q1 = 1769.74 \text{ kcal/h}$

El volumen de aceite en estos tanques es de 529.2 m^3 (cada tanque).

t lo tomaremos como 8 horas.

TANQUES ACEITE						
MAMPARO	ÁREA(m ²)	MEDIO	K(kcal/m ² ·°C·h)	Text. (°C)	Tm-Text	Q2(kcal/h)
SUPERIOR	9	C.M.	3	25	55	1485
TRANSVERSAL	27	C.M.	3	25	55	4455
TRANSVERSAL	27	LASTRE	5	10	70	9450
LONGITUDINAL	27	C.M.	3	25	55	4455
LONGITUDINAL	27	C.M.	3	25	55	4455
FONDO	9	C.M.	3	25	55	1485
TOTAL(x2)						51570

cv = 107.93 kg/h

- Tanques de Lodos:

$Q1 = 84.5 \text{ kcal/h}$

El volumen de lodos en estos tanques es de 75.8 m^3 (cada tanque).

t lo tomaremos como 8 horas.

TANQUES LODOS						
MAMPARO	ÁREA(m ²)	MEDIO	K(kcal/m ² ·°C·h)	Text. (°C)	Tm-Text	Q2(kcal/h)
SUPERIOR	22,4	C.M.	3	25	15	1008
TRANSVERSAL	14	C.M.	3	25	15	630
TRANSVERSAL	14	LASTRE	5	10	30	2100
LONGITUDINAL	19,6	C.M.	3	25	15	882
LONGITUDINAL	19,6	C.M.	3	25	15	882
FONDO	22,4	MAR	18	5	35	14112
TOTAL(x2)						39228

cv = 79.55 kg/h

- Calefacción de la habitación:

Calcularemos las necesidades de calefacción para la habitación mediante la siguiente expresión:

$$C_v = \frac{(3,23 \cdot A + 2,12 \cdot V) \cdot (T_{int} - T_{ext})}{1160}$$

A: área total de la superficie de todos los locales a calentar (m²)

V: volumen total de todos los locales a calentar (m³)

T_{int}: temperatura interior de los locales (20°C)

T_{ext}: suponemos una situación desfavorable (-10°C)

Los datos de las áreas y los volúmenes de la habitación los podemos ver en el siguiente cuadro:

CUBIERTA	ÁREA (m ²)	VOLUMEN (M ³)
PPAL	961,7	3558,29
1	598	2392
2	598	2392
3	598	2392
4	598	2392
PUENTE	367	1468
TOTAL	3720,7	14594,29

Con estos valores, podemos obtener cv:

$$cv = 370.33 \text{ kg/h}$$

- Balance térmico final:

Hemos multiplicado las necesidades de vapor por unos coeficientes “k”. Éstos representan una especie de grado de simultaneidad en la demanda.

Servicio	Cv	Navegación		Puerto	
		k	Cv	k	Cv
Tanques FO UD	38,72	1,00	38,72	0,50	19,36
Tanques FO Sed	22,00	0,50	11,00	0,50	11,00
Tanques FO Almacén	38,78	0,30	11,63	0,00	0,00
Tanques Diesel	31,86	1,00	31,86	0,50	15,93
Tanques Aceite	107,93	1,00	107,93	0,50	53,97

Tanque de lodos	79,55	1,00	79,55	0,60	47,73
Calefacción	370,33	0,70	259,23	0,50	185,16
		TOTAL	539,92		333,15

9.2 Sistema de generación de vapor.

En condiciones normales, estarán funcionando tres generadores simultáneamente, y sus gases de escape junto con los gases de escape de nuestro motor ppal serán los encargados de generar el vapor necesario.

Utilizando los tres generadores únicamente, tenemos:

$$C_v = m_{exh} \cdot c_e \cdot (T_e - T_s) \cdot 0,97 \cdot \frac{1}{h_v - h_l}$$

Donde:

- m_{exh} : caudal de los gases de escape lo podemos aproximar a 280000 kg/h
- c_e : calor específico (0,254 kcal/kg·°C)
- T_e : temperatura de los gases de escape en la entrada (351°C)
- T_s : temperatura de los gases de escape en la salida (180°C)
- h_v : entalpía del vapor a 7 bar (659,9 kcal/kg)
- h_l : entalpía del agua a la entrada (20 kcal/kg)

Por tanto:

$$\underline{\underline{c_v = 18435.18 \text{ kg/h}}}$$

Como podemos comprobar, es holgadamente suficiente para satisfacer las necesidades definidas anteriormente.

10 SISTEMA DE VENTILACIÓN.

En este apartado se procederá al cálculo de la ventilación a través de la UNE - EN ISO 8861. Cuando no se disponga de alguno de los valores se utilizarán los valores propuestos por la norma o se estimarán por los buques de la base de datos.

10.1 Condiciones de ventilación en la cámara de máquinas.

La temperatura del aire exterior se tomará como +35 °C, para hacer un cálculo conservador del sistema de ventilación.

El incremento de temperatura del aire desde la aspiración hasta el paso del aire desde la sala de máquinas a la entrada del guardacalor debe ser de 12,5 °C como máximo.

La capacidad de la planta de ventilación debería ser de tales características que proporcionara unas condiciones de trabajo confortables en la sala de máquinas, que suministrará el aire necesario para la combustión de los motores diésel y de las calderas, y que evitara el sobrecalentamiento de los aparatos sensibles al calor.

Cálculo de aire para la combustión:

En primer lugar se procederá al cálculo de aire para la combustión:

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

En dónde:

- q_p es el flujo de aire para la combustión del motor principal, en m^3/s .
- q_{dg} es el flujo de aire para la combustión de los motores Diésel de los generadores, en m^3/s .
- q_b es el flujo de aire para la combustión de las calderas, en m^3/s .

Ahora calcularemos por separado cada uno de estos datos:

- Flujo de aire para la combustión de los motores principales:

$$qp = \frac{P_{fp} \cdot m_{fa}}{\rho}$$

En donde:

P_{fp} es la potencia normalizada de servicio de los motores de propulsión principal Diésel a la máxima potencia de salida continua, en kW.

$$P_{fp} = 30400 \text{ kW}$$

m_{fa} es el flujo de aire necesario para la combustión del motor Diésel:

$$m_{fa} = 0.002434456 \text{ kg/(kW}\cdot\text{s)}$$

$\rho = 1.13 \text{ kg/m}^3$. Densidad del aire.

Por tanto:

$$qp = 65,49 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Flujo de aire para la combustión de los motores diesel de los generadores

$$qdg = \frac{P_{dg} \cdot m_{ad}}{\rho}$$

En donde:

P_{dg} es la potencia normalizada de servicio de los motores Diesel de los generadores a la máxima potencia de salida continua, en kW. En nuestro caso al tener cuatro motores se multiplica la potencia máxima de uno de ellos por cuatro.

$$P_{dg} = 1760 \times 4 = 7040 \text{ kW}$$

m_{ad} es el flujo de aire necesario para la combustión del motor Diésel.

$$m_{ad} = 0.002434456 \text{ kg/(kW}\cdot\text{s)}$$

$\rho = 1.13 \text{ kg/m}^3$. Densidad del aire.

Por tanto:

$$qdg = 15,17 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Flujo de aire para la combustión de las calderas:

$$q_b = \frac{Q \cdot m_{fs} \cdot m_{af}}{\rho}$$

En donde:

Q es la capacidad de vapor total de la caldera:

$$Q = 45000 \text{ kg/h} = 12.5 \text{ kg/s}$$

m_{fs} es el consumo de combustible, en kilogramos de combustible por kilogramos de vapor.

$$m_{fs} = 0.077 \text{ kg}$$

m_{af} es el aire necesario para la combustión, en kilogramos de aire por kilogramo de combustible.

$$m_{af} = 15.7 \text{ kg}$$

$\rho = 1.13 \text{ kg/m}^3$. Densidad del aire.

Por tanto:

$$q_b = 13,372 \text{ m}^3/\text{s}$$

Por tanto, como hemos visto, el aire de combustión será igual a:

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

$$\underline{q_c = 94,03 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Flujo de aire necesario para la evacuación de la emisión de calor:

Lo podemos definir con la siguiente expresión:

$$qh = \frac{\Phi_p + \Phi_{dg} + \Phi_b + \Phi_p + \Phi_g + \Phi_{el} + \Phi_t + \Phi_o}{\rho \cdot c \cdot \Delta T} - 0.4 \cdot (q_{dp} + q_{dg}) - q_b$$

En donde:

- Φ_p : Emisión de calor motor principal.

Se entra en la gráfica del apartado 7.1. de la normativa con la potencia de un motor principal 30400 obteniéndose:

$$\Phi_p = 560 \text{ kW}$$

- Φ_{dg} : Emisión de calor de los motores Diésel generadores.

Se entra en la gráfica del apartado 7.1. con la potencia de un motor generador Diésel de 1760 kW obteniéndose:

$$\Phi_{dg \text{ unit}} = 57.53$$

Como tenemos 4 motores generadores:

$$\Phi_{dg} = 230.12 \text{ kW}$$

- Φ_b : Emisión de calor de las calderas, según el apartado 6.3:

$$\Phi_b = m_s \cdot m_{fs} \cdot h \cdot \frac{\Delta h_b}{100} \cdot B_1$$

En donde:

m_s : es la capacidad de vapor total de la caldera en kg/s.

$$m_s = 12.5 \text{ kg/s}$$

m_{fs} : es el consumo de combustible, en kilogramos de combustible por kilogramo de vapor.

$$m_{fs} = 0.077$$

h : es el más bajo valor calorífico del combustible, en kilojulios por kilogramo. Se emplea el valor especificado en la norma:

$$h = 40.20 \text{ kJ/kg}$$

Δh_b : es la pérdida de calor de la caldera, en porcentaje. Obtenido en el apartado 7.2.

$$\Delta h_b = 34$$

B_1 : una constante que se aplica a la ubicación de la caldera.

$$B_1 = 0.1$$

Conocidos estos valores, Φ_b tendrá el valor de:

$$\Phi_b = 1.32 \text{ kW}$$

Como tenemos 2 calderas:

$$\Phi_b = 2.64 \text{ kW}$$

- Φ_p : Emisión de calor de las tuberías de vapor y condensación.

$$\Phi_p = msc \cdot \frac{\Delta hp}{100}$$

En donde:

msc: es el consumo total de vapor, en kilowatios.

$$msc = 45000 / 1.6 = 28125 \text{ kW}$$

Δhp es la pérdida de calor de la caldera, en porcentaje.

$$\Delta hp = 34\% = 0.34$$

Por tanto:

$$\Phi_p = 95.625 \text{ kW}$$

Como tenemos 2 calderas

$$\Phi_p = 191.25 \text{ kW}$$

- Φ_g : Emisión de calor generadores eléctricos.

En donde:

P_g es la potencia de los generadores eléctricos refrigerados por aire, en kilowatios. Nuestros generadores eléctricos tienen una potencia cada uno de 1672 kW por lo que, como tenemos 4:

$$P_g = 6688 \text{ kW}$$

η el rendimiento del generador, en porcentaje.

$$\eta = 94$$

Por tanto:

$$\Phi_g = 401.28 \text{ kW}$$

- Φ_{el} : Emisión de calor de las instalaciones eléctricas.

Estimamos como régimen de potencia eléctrica instalada y de iluminación en la mar 400 kW. Luego según la normativa estimamos la emisión de calor por la instalación eléctrica como el 20%.

$$\Phi_{el} = 80 \text{ kW}$$

- Φ_t : Emisión de calor de los tanques de calefacción.

Calcularemos la emisión producida como las superficies de los distintos tanques de F.O. y de D.O. multiplicadas por un coeficiente función de la temperatura. Hay que resaltar que todos los tanques que posean calefacción en cámara de máquinas contarán con un aislamiento de 30 mm.

ISO 8861:1998 **Tabla 1**
Emisión de calor de los tanques de calefacción

Superficie del tanque	Emisión de calor, ϕ_t , en kW/m ² , a una temperatura del tanque de				
	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C	100 °C
No aislado	0,14	0,234	0,328	0,42	0,515
Con 30 mm de aislamiento	0,02	0,035	0,05	0,06	0,08
Con 50mm de aislamiento	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05

Tanques de Consumo Diario de Fuel Oil:

$$\text{Superficie total} = 418.744 \text{ m}^2$$

$$\text{Temperatura} = 60 \text{ °C} \quad k = 0.02$$

Tanque de Sedimentación de Fuel Oil:

$$\text{Superficie total} = 275.42 \text{ m}^2$$

$$\text{Temperatura} = 60 \text{ °C} \quad k = 0.02$$

Tanques de Aceite:

$$\text{Superficie total} = 360.032 \text{ m}^2$$

$$\text{Temperatura} = 80 \text{ °C} \quad k = 0.05$$

Por tanto, multiplicando la superficie total del tanque por el factor “k” asociado tendremos la emisión en kW de cada tanque, y sumando cada uno de estos valores de cada tanque tendremos el total, que será:

$$\Phi_t = 31,885 \text{ kW}$$

- Φ_o : Emisión de calor de otros componentes.

Como el fabricante no nos proporciona la emisión de calor del resto de componentes, se decide establecer de forma conservadora dicho valor como el 4% del resto de emisiones.

Por tanto:

$$\Phi_0 = 59,886 \text{ kW}$$

- $\rho = 1.13 \text{ kg/m}^3$, es la densidad del aire
- $c = 1.01$. Fijado por la normativa, hace referencia al calor específico del aire.
- $\Delta T = 2.5$
- $q_{dp} = 94.10$
- $q_{dg} = 10.57$
- $q_b = 13.373$

Una vez conocidos todos estos valores, ya podemos definir nuestro valor de flujo de aire necesario para la evacuación de la emisión de calor, que será:

$$q_h = 500.07 \text{ m}^3/\text{s}$$

El flujo de aire total será al menos el valor más alto de los dos siguientes:

$$Q = q_c + q_h = 594.11 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 1.5 \times q_c = 141.05 \text{ m}^3/\text{s}$$

El flujo de aire de la sala de máquina será como mínimo de:

$$\underline{\underline{Q = 594.11 \text{ m}^3/\text{s} = 2138789 \text{ m}^3/\text{h}}}$$

10.2 Ventiladores a instalar en la cámara de máquinas.

Ahora que sabemos cuál es el caudal total de aire ($2138789 \text{ m}^3/\text{h}$), se ha decidido instalar 8 ventiladores, cada uno con un caudal del 20% del total, es decir con una capacidad mínima de $427757.8 \text{ m}^3/\text{h}$, de tal forma que la cámara de maquina podría seguir funcionando si fallan tres ventiladores.

Para la extracción se instalaran 6 ventiladores con un 25% del caudal total, es decir con una capacidad mínima de $534697.3 \text{ m}^3/\text{h}$, permitiendo el funcionamiento si fallan dos ventiladores.

10.3 Potencia de los ventiladores.

La potencia total de los ventiladores que deberemos instalar en la cámara de máquinas es la siguiente:

$$P = \frac{Q \cdot p}{75 \cdot 3600 \cdot \eta}$$

En donde:

- p lo tomaremos como 40 m.c.a
- El rendimiento será de 0.65

Por tanto:

$$\underline{\underline{P = 97,5 CV = 72,15 KW}}$$

Por tanto dispondremos de 8 ventiladores, con una pot de 97.5 CV cada uno.

11 SERVICIO DE AIRE ACONDICIONADO.

El sistema de aire acondicionado de nuestro buque será de tipo centralizado, conectando todos los locales y alojamientos a acondicionar de la zona de habitación y la cabina de control de cámara de máquinas mediante tuberías.

La salida del colector principal a cada uno de los espacios se podrá regular por medios de unas salidas individuales situadas en cada local a acondicionar.

Desde dichas salidas se podrá regular el caudal de entrada de aire o cerrarlo completamente para que así cada miembro de la tripulación pueda disfrutar de un mayor confort.

Se instalará un equipo de aire acondicionado de alta presión, constituido por dos compresores de agua dulce refrigerada, un condensador y una unidad de acondicionamiento diseñada para obtener unas condiciones adecuadas en los locales.

El equipo será de accionamiento eléctrico, estimándose su consumo medio de 2.5 kW por persona a bordo, lo que en nuestro caso en concreto que tenemos 35 tripulantes, y contando con 2 personas más para el caso específico de encontrarse el armador y el práctico a bordo, tendremos un consumo de:

$$\text{Consumo aire acondicionado} = 2.5 \times 37 = 92.5 \text{ kW}$$

Teniendo en cuenta que también acondicionamos la cabina de control de máquinas nos tomaremos un margen del 20% del consumo total para absorber así el consumo de su acondicionamiento de la cabina.

$$\underline{\underline{\text{Consumo aire acondicionado} = 1.2 \times 105 = 111 \text{ kW}}}$$

12 SERVICIO DE CONTROL DE LA PROPULSIÓN.

Los sistemas de mandos de las máquinas están recogidos en el SOLAS II – 1. Parte C, Regla 31

Para el motor propulsor, motores auxiliares, separadores, servicios de aire comprimido, etc. se instalarán los sistemas de seguridad exigidos por la Sociedad de Clasificación conforme a lo exigido para Cámara de Máquinas Desatendida o UMS, con sus siglas en el inglés.

El motor principal llevará control local, control remoto desde el puente de gobierno, control remoto desde la sala de control y los dispositivos de seguridad de parada automática por:

- Baja presión aceite M.P.
- Alta temperatura agua refrigeración
- Sobrevelocidad.
- Cualquier otra exigida por la Sociedad de Clasificación.
- Niebla en el cárter.

13 LUCES Y NAVEGACIÓN.

Nuestro buque dispondrá de las siguientes luces de navegación:

- Una luz de tope de 225° de ángulo de visibilidad situada en el mástil de proa.
- Una luz de tope de 225° de ángulo de visibilidad situada sobre el puente de navegación.
- Una luz de alcance de 135° de ángulo de visibilidad situada a popa del guardacalor.
- Dos luces de costado, una a cada banda, situadas en las bandas de la superestructura.
- Dos luces todo-horizonte de 360° de ángulo de visibilidad situadas en la superestructura (para la situación de buque fondeado).
- Una luz de maniobra de 360° de ángulo de visibilidad para el paso del Canal de Suez.

14 EQUIPO DE NAVEGACIÓN Y COMUNICACIONES.

- Equipos de ayuda a la navegación:

Se dispondrán a bordo los aparatos de navegación electrónicos que se citan a continuación, siguiendo las reglas y requerimientos de las firmas fabricantes. Este equipo estará preparado para funcionar con corriente alterna a 220 V / 60 Hz, obtenida a partir de la corriente primaria generada a bordo a través de transformadores. A continuación se citan los aparatos instalados a bordo:

- Se colocará en el puente de gobierno, un girocompás de tipo compacto, con salidas para conexión a distintos equipos del buque (piloto automático, receptor de navegación por satélite, radar).

- Este equipo dispondrá, además, de registrador de rumbo y alarma por fallo de alimentación.

- Un piloto automático con control eléctrico y preparado para trabajar en conexión con el girocompás y con pre-selector de rumbos.

- Un radar de movimiento verdadero. Dispondrá de una unidad ARPA instalada.

- Un radar de movimiento relativo.

- Un sistema de navegación por satélite G.P.S. (Global Position System)

- Una ecosonda con el registrador gráfico y un indicador en la consola de navegación.

- Una corredera de tipo magnético.

- Un radiogoniómetro de tipo marino para las bandas de MF (225-525 KHz) e HF (1600-3800 KHz).

- Un indicador eléctrico angular de la posición del timón con tres repetidores.

Además se procederá a la instalación de los siguientes equipos para ayudas a la navegación:

- Un sextante.
- Un cronómetro y un megáfono.

CUADERNO XII: EQUIPOS Y SERVICIOS

PEDRO CARRO ALLEGUE

- Dos binoculares para visión diurna y otros dos para visión nocturna.
- Campanas de alarma de acuerdo con la reglamentación del SOLAS.
- Un gong y una bocina de niebla.
- Un barómetro y un barógrafo.
- Dos termómetros para medir la temperatura del aire exterior y la temperatura del mar.
- Un anemómetro.

- Comunicaciones exteriores:

Los equipos estarán diseñados para trabajar con corriente alterna a 220V / 60 Hz. Se dispondrán a bordo los aparatos necesarios para el equipo de comunicaciones de buque con el exterior (comunicaciones con tierra o con otros buques). Este sistema cumplirá con los requerimientos para GMDSS internacionalmente aceptados.

Entre otros dispondrá de los siguientes aparatos:

1. Un equipo de comunicación vía satélite (Standard A).
2. Una estación de radio que incluirá los siguientes aparatos:
 - Un transmisor principal y otro de emergencia.
 - Un receptor principal y otro de emergencia, con capacidad de recepción de señales de radio, télex y facsímil para cartas meteorológicas.
 - Una autoalarma radiotelefónica UHF / FM.
 - Un transmisor principal y otro de emergencia.
 - Dos radiobalizas de emergencia (EPIRBS)
 - Un receptor Navtex.
 - Dos radioteléfonos VHF con DSC.

- Comunicaciones interiores:

Los equipos estarán diseñados para trabajar con corriente alterna a 220 V / 60 Hz. El equipo de comunicaciones interiores estará compuesto por los siguientes aparatos:

- Un teléfono de órdenes en puente y cámara de máquinas.
- Un sistema de interfonos de cubierta con unidades en el puente de mando y en las zonas de fondeo y amarre de proa y popa.
- Un sistema de órdenes y avisos generales con altavoces en zonas de paso, habilitación, cubierta y cámara de máquinas. El puesto de mando de este sistema se situará en el puente.
- Un sistema automático de doce teléfonos que enlazará el puente de gobierno con algunos espacios tales como cámara de máquinas, despacho del capitán, despacho del jefe de máquinas, local del servomotor, cocina, etc.
- Se instalará un potente claxon asociado el teléfono en cámara de máquinas.
- Tres equipos de comunicaciones UHF de tipo “walkie-talkie” para la comunicación con las áreas de manejo de la carga.
- Pulsadores luminosos en las gambuzas frigoríficas con actuación sobre alarmas ópticas y acústicas dispuestas en la cocina.

15 SISTEMA DE GAS INERTE.

Tendremos un sistema de gas inerte cuya función será llenar los espacios restantes de los tanques de carga con un gas inerte de manera que desplacemos el oxígeno (de manera que su contenido de oxígeno no exceda del 8 % del volumen total de tanque) y en su lugar tengamos un gas inerte, consiguiendo con esto crear una atmosfera en la que al no haber oxígeno sea imposible la explosión y la inflamación de la carga.

El servicio de gas inerte se realizará por medio de los gases de escape de las grandes calderas instaladas a bordo, aunque dichos gases deberán pasar por unos filtros especiales (Scrubbers), entre otros sistemas que tratarán los gases de escape hasta asegurarnos de que dichos gases estén listos para cumplir con su función.

15.1 Dimensionamiento del sistema.

El gas inerte (CO₂) lo obtenemos de los gases de escape de las grandes calderas que tenemos instaladas a bordo. Esto es una gran ventaja frente a petroleros de productos o quimiqueros, que necesitan usar como gas inerte N₂ para no contaminar su carga, y por lo tanto deberán instalar a bordo un generador de gas inerte que le proporcione el caudal necesario.

El caudal de gas inerte ha de ser igual al caudal del sistema de carga y descarga del buque, incrementado en un porcentaje, que por motivos de seguridad deberá ser de al menos el 25% de la capacidad del sistema de carga y descarga, manteniendo así siempre una ligera de sobrepresión en los tanques. Esto nos lo define el Código SSCI en su capítulo 15, siendo totalmente obligatorio.

Puesto que la capacidad del sistema de carga y descarga es de 5535.48m³/h, entonces la capacidad del sistema de gas inerte será de:

$$Q_{Gas\ inerte} = 125\% Q_{C/D}$$
$$Q_{Gas\ inerte} = 6919,35\ m^3/h$$

16 SISTEMA DE LIMPIEZA DE TANQUES.

El sistema de limpieza de tanques es de vital importancia debido a que, por las características del tipo de carga a transportar en nuestro buque, una vez que hayamos realizado la descarga de nuestros tanques, estos se quedarán manchados con gran cantidad de crudo adherido a sus mamparos, esto sucede así debido a la gran densidad y sobre todo a la gran viscosidad del crudo.

El proceso de limpiado constará de una primera fase de limpieza con agua de mar y otra posterior con agua dulce caliente. El agua será impulsada por una de las bombas contraincendios a través de un sistema de tuberías independientes, hasta la cubierta de cada tanque, donde están dispuestas las tomas para los rociadores de limpieza. Estos rociadores tienen capacidad de movimiento vertical y de giro, de forma que el agua pueda acceder a toda la superficie interior de los tanques. Tras la limpieza, el agua sucia será bombeada hasta los tanques Slops por medio de las bombas de carga y a través de las tuberías de descarga, de forma que se retiren de la misma los posibles residuos depositados. Desde los tanques Slops se hace pasar el agua de limpieza a través de las purificadoras, que separarán así el agua de los hidrocarburos, al tiempo que se controla la pureza de dicho agua por medio del oleómetro. El agua ya limpia se expulsará al mar y los hidrocarburos residuales serán almacenados en los tanques Slops.

17 EQUIPOS DE FONDA Y HOTEL.

- Cocina

En la cocina dispondremos de los siguientes equipos y accesorios:

- Un fregadero con servicio de agua dulce fría y caliente.
- Una mesa de trabajo
- Una cocina eléctrica
- Una freidora.
- Un tostador de pan.
- Una amasadora.
- Una peladora de patatas.
- Una cafetera eléctrica.
- Un molinillo-dosificador de café.
- Una picadora de carne.
- Dos lavavajillas.
- Una cortadora de fiambres.
- Cuatro frigoríficos de 500 l.

Los equipos eléctricos de este local utilizarán una tensión de 220 V/ 380 V, 50 Hz.

- Gambuzas

En la cubierta principal, en la zona de habilitación (como podemos ver en los planos de disposición general del cuaderno 7) se disponen los espacios destinados a gambuza seca y gambuza refrigerada.

La gambuza seca dispondrá de:

- Estantes, alacenas, barras y ganchos para víveres.

CUADERNO XII: EQUIPOS Y SERVICIOS

PEDRO CARRO ALLEGUE

-Un patatero.

La gambuza frigorífica constará de cuatro cámaras:

-Una cámara de carne a -25°C.

-Una cámara de pescado a -20°C.

-Una cámara de leche a 3°C

-Una cámara de verdura y fruta a 2°C.

Cada cámara tendrá su tipo de aislamiento y espesor, de acuerdo con el servicio. Se dispondrán indicadores de temperatura dentro y fuera del servicio

- Equipo de lavandería

Para servicio del buque se dispondrá una lavandería constituida por los siguientes elementos:

-Un fregadero de acero inoxidable.

-Dos lavadoras.

-Dos secadoras de aire.

-1 plancha

Este local dispondrá de agua dulce fría y caliente, así como de ganchos y tendederos.

18 SERVICIO SANITARIO.

En cuanto al servicio de agua dulce, en condiciones de operación normales no es necesario que contemos con un generador de la misma a bordo, puesto que en los tanques destinados a ese fin llevaremos una cantidad suficiente para nuestra autonomía, sin embargo, por seguridad, instalaremos un generador de agua dulce a mayores.

A la hora de calcular las necesidades de agua potable, seguiremos las normas UNE-EN ISO 15748-1 y UNE-EN ISO 15748-2.

En el CUADERNO IV determinamos el tamaño de nuestros tanques de agua dulce, que tendrán un volumen total de 200 m³.

18.1 Bombas de agua sanitaria fría.

Instalaremos dos bombas centrífugas de 5 bar.

- Caudal

$$Q = \frac{N \cdot C \cdot 3600 \cdot 10^{-3}}{B} = \mathbf{11,34 \text{ m}^3/\text{h}}$$

N: número de personas a bordo (35)

C: pico de consumo de agua dulce (0,09 l/seg·persona)

B: número de bombas funcionando simultáneamente (1)

- Potencia

$$P = \frac{Q_b \cdot \gamma \cdot H}{3600 \cdot 75 \cdot \eta} = 3,23 \text{ CV} = \mathbf{2,38 \text{ kW}}$$

Donde:

γ : peso específico del agua dulce (1000 kg/m³)

H: incremento de presión, en este caso se tomará la altura del puntal más un cierto margen por pérdidas en las tuberías (50 m.c.a.)

η : rendimiento de la bomba (0,65)

18.2 Bombas de agua sanitaria fría.

Instalaremos una bomba de agua sanitaria caliente de tipo centrífugo, con un caudal 2 m³/h y una presión de 2 bar.

- Potencia

$$P = \frac{Q_b \cdot \gamma \cdot H}{3600 \cdot 75 \cdot \eta} = 0,228 \text{ CV} = \mathbf{0,18 \text{ kW}}$$

Donde:

P: potencia eléctrica de la bomba (CV).

Q_b: caudal de la bomba (2 m³/h)

γ: peso específico del agua dulce (1000 kg/m³)

H: 20 m.c.a.

η: rendimiento de la bomba (0,65)

18.3 Calentador.

Instalaremos a bordo un calentador de agua caliente:

- Volumen

$$V = \frac{C \cdot N \cdot (T_i - T_e)}{24(T_i - T_m)} = 14,58 \text{ litros}$$

N: número de personas a bordo (35)

C: pico de consumo de agua caliente (6 l/h·persona)

T_i: temperatura inicial del agua caliente (60°C)

T_e: temperatura de entrada en el calentador (10°C)

T_m: temperatura de la mezcla de agua en el calentador (40°C)

- Potencia

$$Q = \frac{C \cdot c_e \cdot (T_m - T_e)}{860} = 0,21 \text{ kW}$$

Donde:

C: pico de consumo de agua caliente (6 l/h·persona)

ce: calor específico del agua (1 kcal/kg·°C)

Te: temperatura de entrada en el calentador (10°C)

Tm: temperatura de la mezcla de agua en el calentador (40°C)

18.4 Generador de agua dulce.

El buque dispone de un generador de agua dulce que permite obtener agua dulce con una pureza de 5 p.p.m a partir de un intercambiador de calor, el cual evapora el agua de mar para a continuación condensarla, de manera que las sales extraídas del agua por evaporación incrementan la salinidad del agua sacada por el eyector y descargada al mar.

El funcionamiento del generador es como el de un intercambiador de calor, de manera que el suministro de agua caliente se obtiene del circuito de refrigeración del motor. Esta agua caliente es introducida en el interior del generador donde se producirá un intercambio de calor con el agua de mar que hay en el interior.

18.5 Descargas sanitarias y planta séptica.

El diseño del sistema de desagüe se hará de acuerdo con las norma UNE-EN ISO 15749-1 a 14749-4.

La planta séptica consiste básicamente en un tanque donde se recogen, almacenan y tratan las aguas grises y negras que se generan en el buque durante la navegación.

Según la norma ISO anteriormente citada, se define:

-“Aguas grises: aguas de desecho que deben evacuarse, con excepción de las aguas negras.”

-“Aguas negras: aguas de desecho procedentes de retretes, urinarios y bidés, incluyendo aditivos; de zonas médicas (farmacia, hospital, etc.) y de lavabos, bañeras y descargas de agua de éstas áreas; de espacios en los que habiten animales vivos y de otros tipos de aguas de desecho, si se mezclan con las aguas contaminadas que se han mencionado.” (Esta definición coincide con la de MARPOL)

La instalación de una planta séptica a bordo es un requerimiento exigido por el convenio MARPOL:

“Todo buque estará equipado con un tanque de retención que tenga capacidad suficiente, a juicio de la Administración, para retener todas las aguas sucias, habida cuenta del servicio que presta el buque, el número de personas a bordo y otros factores pertinentes. El tanque de retención estará construido del modo que la Administración juzgue satisfactorio y estará dotado de medios para indicar visualmente la cantidad del contenido”

Otro requerimiento de MARPOL es que tanto los buques como las instalaciones de recepción consten de unos conductos con conexión universal para que sea posible acoplarlos. Las dimensiones de las conexiones se muestran a continuación.

19 TRATAMIENTOS DE BASURAS.

El Anexo V del convenio MARPOL es el que regula la prevención de contaminación por las basuras de los buques.

En general, el Anexo prohíbe la descarga al mar de todas las basuras salvo las autorizadas de manera concisa y su ámbito de aplicación se extiende a todos los buques.

En dicho Anexo se define el término “basura” como:

“Por basuras se entiende toda clase de desechos de alimentos, desechos domésticos y operacionales, todos los plásticos, residuos de carga, cenizas de incinerador, aceite de cocina, artes de pescas y cadáveres de animales resultantes de las operaciones normales del buque”.

Zonas especiales

En el convenio MARPOL se define una serie de lugares geográficos como zonas especiales, que son:

“Por zona especial se entiende cualquier extensión de mar en la que, por razones técnicas reconocidas en relación con sus condiciones oceanográficas y ecológicas y el carácter particular de su tráfico marítimo, se hace necesario adoptar procedimientos especiales obligatorios para prevenir la contaminación del mar por las basuras.”

Las zonas especiales son:

- Zona del Mar Mediterráneo
- Zona del Mar Báltico
- Zona del Mar Negro
- Zona del Mar Rojo
- Zona de los Golfos
- Zona del Mar del Norte
- Zona del Antártico
- Zona del Gran Caribe

Descarga de basuras en zonas especiales

En las zonas especiales sólo se permitirá la descarga de las basuras siguientes en el mar mientras el buque esté en ruta y tal como se indica a continuación:

-Descarga al mar de desechos de alimentos tan lejos como sea posible de la tierra más próxima, pero no a menos de 12 millas marinas de la tierra más próxima o de la plataforma de hielo más próxima.

-Descarga de residuos de carga que no pueden recuperarse mediante los métodos normalmente disponibles de descarga cuando se satisfacen todas las condiciones siguientes:

-Los residuos de carga y los agentes y aditivos de limpieza contenidos en el agua de lavado de las bodegas no incluyen ninguna sustancia clasificada como perjudicial para el medio marino, teniendo en cuenta las directrices elaboradas por la Organización.

-Tanto el puerto de partida como el siguiente puerto de destino se encuentran dentro de la zona especial y el buque no va a salir de la zona especial entre esos dos puertos.

-En esos dos puertos no se dispone de instalaciones de recepción adecuadas teniendo en cuenta las directrices elaboradas por la Organización.

-Si se satisfacen las condiciones especificadas en los apartados anteriores del presente párrafo, la descarga del agua de lavado de las bodegas de carga que contenga residuos se efectuará tan lejos como sea posible de la tierra más próxima o la plataforma de hielo más próxima y a no menos de 12 millas marinas de la tierra más próxima o de la plataforma de hielo más próxima.

Descarga de basuras fuera de zonas especiales

“La descarga de las siguientes basuras en el mar fuera de las zonas especiales sólo se permitirá mientras el buque esté en ruta y tan lejos como sea posible de la tierra más próxima, pero en ningún caso a menos de:

-Tres millas marinas de la tierra más próxima en el caso de desechos de alimentos que se hayan pasado por un desmenuzador o triturador.

-Doce millas marinas de la tierra más próxima en el caso de desechos de alimentos que no se hayan tratado.

-Doce millas marinas de la tierra más próxima en el caso de residuos de carga que no puedan recuperarse mediante los métodos normalmente disponibles para su descarga.

-En el caso de cadáveres de animales, la descarga se efectuará tan lejos de la tierra más cercana como sea posible, teniendo en cuenta las directrices elaboradas por la Organización.”

Instalaciones a bordo y para la recepción de basuras

En cuanto a las instalaciones y los servicios de recepción de basuras, el Convenio asegura:

“Los Gobiernos de las Partes en el Convenio se comprometen a garantizar que en los puertos y terminales de recepción se establecerán instalaciones y servicios de recepción de basuras con capacidad adecuada para que los buques que las utilicen no tengan que sufrir demoras innecesarias.”

Por parte del buque:

“Todo buque de arqueo bruto igual o superior a 400 toneladas y todo buque que esté autorizado a transportar 15 personas o más tendrá un plan de gestión de basuras que la tripulación deberá cumplir. Dicho plan incluirá procedimientos escritos para la recogida, el almacenamiento, el tratamiento y la evacuación de basuras, incluida la manera de utilizar el equipo de a bordo. También se designará en él a la persona encargada de su cumplimiento. Dicho plan se ajustará a las directrices que elabore la Organización y estará escrito en el idioma de trabajo de la tripulación.”

Además de esto, el buque llevará un Libro registro de basuras. Todas las operaciones de descarga o incineración se hayan llevado a cabo se anotarán en el Libro y llevarán la firma del oficial encargado en la fecha en la que se realizó la incineración o descarga.

20 BIBLIOGRAFÍA.

- SOLAS
- SSCI
- CIQ
- MARPOL
- DNV
- Revistas Infomarine.
- Diverso material web