



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado
CURSO 2021/22

BUQUE PORTACONTENEDORES

16000 TEUs

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNA/O

Javier García Ávila

TUTORAS/ES

Alicia Munín Doce

FECHA

Septiembre 2022



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2021/22**

BUQUE PORTACONTENEDORES

16000 TEUs

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

CUADERNO 12. EQUIPOS Y SERVICIOS



TIPO DE BUQUE: Portacontenedores

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

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: 16000 TEUS

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 22 nudos de velocidad de servicio con una autonomía de 20000 millas.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: Sin grúas

PROPULSIÓN: Motor Diesel acoplado a línea de ejes

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 30

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES:

ALUMNO: D. Javier García Ávila

ÍNDICE

Índice	4
Gráficas.....	6
Tablas	7
Ilustraciones	8
ACRÓNIMOS USADOS.....	9
1. Introducción	10
2. Fondeo y Amarre	11
2.1 Equipamiento de fondeo	12
2.1.1. Anclas y cadenas	13
2.1.2. Molinete del ancla	13
2.1.3 Caja de cadenas	14
2.1.4 Diámetro del escobén	15
2.2 Cable de remolque.....	15
2.3 Estachas de amarre.....	16
2.3.1 MBL.....	16
2.3.2 Número de estachas.....	16
2.3.1 Chigre.....	18
3. Servicio Contraincendios	19
3.1 Sistema de detección y alarma	19
3.2 Diámetro del colector contra incendios	20
3.3 Sistema de agua nebulizada.....	20
3.3 Hidrantes y mangueras	25
3.4 Bombas contra incendios.....	26
3.4.1 Bomba contra incendios de emergencia.....	26
3.5 Extintores portátiles.....	27
4. Salvamento	27
4.1 Embarcaciones de supervivencia	27
4.1.1 Botes salvavidas.	27
4.1.2 Balsas Salvavidas	28
4.1.3 Bote de Rescate.....	28
4.2 Dispositivos individuales de salvamento	29
4.2.1 Aros Salvavidas	29
4.2.2 Chalecos Salvavidas.....	29

4.2.3 Trajes de Inmersión y Protección contra la Intemperie	30
4.2.4 Aparato Lanzacabos	30
4.4 Dispositivos radioeléctricos de salvamento	30
5. Ventilación	31
5.1 Ventilación de la Cámara de Máquinas	31
5.1.1 Ventilación local del servo.....	33
5.2 Ventilación en bodegas.....	33
5.3 Ventilación de otros espacios	34
6. Sistemas de aire acondicionado.....	35
6.1 Condición en verano:	40
6.2 Condición de invierno.....	44
6.3 Selección del equipo de aire acondicionado.....	48
7. Generación de agua dulce.....	49
7.1 Consumo de agua dulce	49
7.2 Planta de generación de agua dulce.....	51
7.3 Circuitos de agua	51
7.3.1 Compartimentos tipo	51
7.3.2 Caudales por cubierta	52
7.3.3 Presiones de suministro.....	54
7.3.4 Dimensionamiento de las bombas de suministro.....	56
7.4 Dimensionamiento del circuito de recirculación	57
7.4.1 Dimensionamiento de las bombas de recirculación.....	58
7.5 Dimensionamiento de los calentadores	59
7.6 Tanque hidróforo.....	60
8. Tratamiento de aguas residuales.....	61
9. Tratamiento de basuras	62
10. Lastre	63
10.1 Consideraciones previas.....	65
10.2 Diseño del sistema de filtrado	66
10.3 Diseño del circuito.....	67
10.4 Cálculos preliminares.....	69
10.4.1 Selección de bombas.....	69
10.4.2 Diámetro de tuberías.....	69
10.4.3 Esquema del sistema.....	70

11. Achique y sentinas	72
11.1 Colector principal de sentinas	72
11.2 Bombas de sentinas.....	72
12. Navegación y comunicaciones	74
12.1 Comunicaciones.....	74
12.1.1 Comunicaciones externas.....	74
12.1.1 Comunicaciones internas.....	76
12.2 Navegación	76
13. Equipos específicos	78
13.1 Escotillas	78
12.2 Estiba y trincaje de contenedores	79
12.3 Sistema del servo del timón	80
12.4 Empujadores transversales.....	81
Bibliografía	82
Anexo 1. Catálogo de ventiladores	83
Anexo 2. Catálogo de tuberías	84
Anexo 3. Catálogo bombas.....	87
Anexo 4. Catálogo aire acondicionado	91
Anexo 5. Planos distribución de extintores.	93
Anexo 5. Catálogo planta de tratamiento de basuras	100
Anexo 6. Disposición de tanques.....	101
Anexo 7. Esquema sistema de lastre	102

GRÁFICAS

Gráfico 1. Caudal punta	53
Gráfica 2. Cálculo del tanque hidróforo	61

TABLAS

Tabla 1. Numeral de equipo DNV-GL RUSHIP-Part 3-CH11-S1-3.1.....	12
Tabla 2. Tabla número de amarras.....	17
Tabla 3. Cálculo de caudales y diámetros del sistema CI	22
Tabla 4. Factores de fricción.....	23
Tabla 5. Velocidades en las tuberías.....	23
Tabla 6. Pérdidas de carga por fricción CI.....	24
Tabla 7. Constantes de fricción por accesorio.....	24
Tabla 8. Ventilación bodegas.....	33
Tabla 9. Ventilación otros espacios	35
Tabla 10. Diferencias de temperaturas entre estancias.....	37
Tabla 11. Coeficientes de transmisión térmica entre estancias.....	37
Tabla 12. Estancias cubierta 4.....	39
Tabla 13. Potencia requerida en verano.....	43
Tabla 14. Potencia requerida en invierno	47
Tabla 15. A.1 UNE-ISO 15748-2	49
Tabla 16. A.2 Consumo de agua en diferentes puntos por persona y día para buques de carga.....	50
Tabla 17. Consumos de agua dulce por tripulante	50
Tabla 18. Consumidores por tipo de local	51
Tabla 19. Consumidores por cubierta	52
Tabla 20. A.11, Diámetros nominales para caudales punta	54
Tabla 21. Pérdidas de carga del suministro de agua fría al consumidor más desfavorable	55
Tabla 22. Pérdidas de carga del suministro de agua caliente al consumidor más desfavorable	55
Tabla 23. Altura bombeo suministro de agua fría	56
Tabla 24. Altura bombeo suministro agua caliente.....	56
Tabla 25. Pérdidas de carga de la recirculación de agua fría al consumidor más desfavorable	57
Tabla 26. Pérdidas de carga de la recirculación de agua caliente en el consumidor más desfavorable	58
Tabla 27. Altura bombas de circulación.....	58
Tabla 28. Dimensionamiento de calentadores.....	59
Tabla 29. Cantidad mínima de deshecho	61
Tabla 30. Capacidad de los tanques de lastre.....	64

ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Dimensiones principales del buque	10
Ilustración 2. Cálculo del numeral de equipo	11
Ilustración 3. Caja de cadenas.....	14
Ilustración 4. Disposición de las amarras según normativa DNV-GL	16
Ilustración 5. Catálogo de estachas.....	17
Ilustración 6. Catálogo sistema contra incendios.....	21
Ilustración 6. Distribución de hidrantes.....	25
Ilustración 7. Botes y balsas salvavidas	28
Ilustración 8. Ejemplo cubierta superestructura.....	38
Ilustración 9. Planta generadora de agua dulce	51
Ilustración 10. Planta de tratamiento de aguas residuales.	62
Ilustración 11. Sistema de filtrado.....	66
Ilustración 12. Cubierta inferior 1 de la cámara de máquinas.....	67
Ilustración 13. Circuito llenado de tanques.....	68
Ilustración 14. Circuito entrada aguas lastre.....	68
Ilustración 15. Esquema general	71
Ilustración 16. Métodos de y estiba de contenedores.....	79

ACRÓNIMOS USADOS

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	UNIDADES
Δ	Desplazamiento	Tn
B	Manga del buque	m
C_b	Coefficiente de bloque	-
C_f	Coefficiente de la flotación	-
C_m	Coefficiente de la maestra	-
C_p	Coefficiente prismático	-
D	Puntal	m
D_p	Diámetro Hélice	m
F_b	Francobordo	m
F_n	Número de Fraude	-
g	Gravedad	m/s^2
GM	Radio metacéntrico	m
KB	Posición vertical del centro de carena	-
KG	Posición vertical del centro de gravedad	-
KM	Posición vertical del metacentro	-
L_{pp}	Longitud entre perpendiculares del buque	-
Loa	Longitud total del buque	-
P	Potencia	KW
PM	Peso muerto	Tn
PR	Peso en Rosca	Tn
T	Calado	m
V_{mx}	Velocidad máxima	m/s o Kn
V_{sv}	Velocidad servicio	m/s o Kn
XB, XC	Posición longitudinal del centro de carena	m
XG	Posición longitudinal del centro de gravedad	m

1. INTRODUCCIÓN

En el presente cuaderno se describirán y dimensionarán los principales sistemas y equipos del buque, no relacionados con la unidad principal de potencia, diseñada anteriormente en el Cuaderno 6.

Los equipos a estudiar serán los de fondeo y amarre, contraincendios, salvamento, ventilación, aire acondicionado, generación de agua dulce, tratamiento de aguas residuales, tratamiento de basuras, lastre, achique de sentinas y equipos de navegación y puente.

Partiendo de las dimensiones principales del buque:

TEUs Totales	16000 TEUs	Cb	0,7 [-]
TEUs Bodega	6963 TEUs	Cm	0,998 [-]
Lpp	356[m]	Cp	0,7 [-]
Loa	377[m]	V	22 [Kn]
B	53[m]	Fn	0.192
D	31 [m]	Δ	210499 [t]
T	15,5 [m]		

Ilustración 1. Dimensiones principales del buque

El diseño y selección de equipos se realizará en base a las normativas del SOLAS y MARPOL, en conjunto con las normas UNE-EN-ISOxxx. Así mismo se deberá cumplir con el reglamento facilitado por la sociedad de clasificación DNV-GL.

2. FONDEO Y AMARRE

El primer paso para calcular el equipo de amarre y fondeo será calcular el numeral de equipo. Este se obtiene de las normas generales de la sociedad de clasificación (DNVGL-RUSHIP-Part 3-CH11-3.1 Equipment number):

$$EN = \Delta^{2/3} + 2 \cdot B \cdot H + 0.1 \cdot A$$

Donde:

$$- H = a + \sum h_i = 14,1 + 23 = 37,1[m]$$

Las alturas se tomarán a partir de la siguiente ilustración proporcionada por el reglamento:

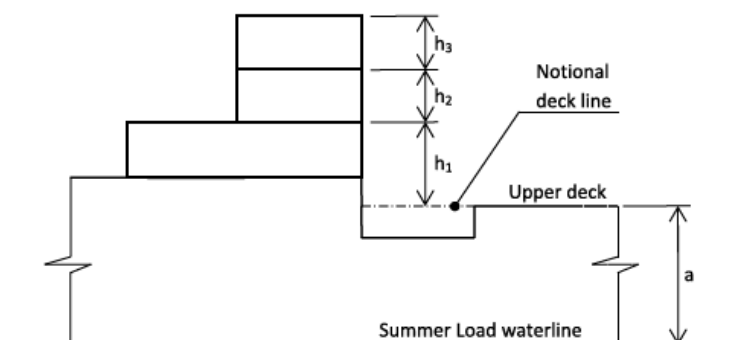


Ilustración 2. Cálculo del numeral de equipo

Donde A es el área lateral proyectada en metros cuadrados por encima de la línea del calado de verano:

$$A = 350 \cdot 15 + 12 \cdot 17 + 9 \cdot 12 = 5562 [m^2]$$

Resultando:

$$EN = (203623)^{2/3} + 2 \cdot 53 \cdot 33,1 + 0.1 \cdot 5562 = 7950$$

Entrando en la tabla proporcionada por la sociedad de clasificación:

Equipment number	Equipment letter	Stockless bower anchors		Stud-link chain cables			Towline (guidance)			Mooring lines ¹⁾²⁾⁴⁾ (guidance)		
		Number	Mass per anchor kg	Total length	Diameter and steel grade			Steel or fibre ropes			Steel or fibre	ropes
				m	VL K1 mm	VL K2 mm	VL K3 mm	Minimum length m	Minimum breaking strength kN	Number	Length of each m	Minimum breaking strength kN
7900 to 8399	F*	2	24500	770		137	122	300	1471			
8400 to 8899	G*	2	26000	770		142	127	300	1471			
8900 to 9399	H*	2	27500	770		147	132	300	1471			
9400 to 9999	I*	2	29000	770		152	132	300	1471			
10000 to 10699	J*	2	31000	770			137					
10700 to 11499	K*	2	33000	770			142					

1) For ships with equipment number *EN* less or equal to 2000, having the ratio $A/EN > 0.9$ the following number of mooring lines should be added to number of mooring lines as given by the table:
One line where $0.9 < A/EN \leq 1.1$, two lines where $1.1 < A/EN \leq 1.2$,
three lines where $1.2 < A/EN$, where *A* is taken as defined in [3.1.2].

2) Value is applicable for ships with equipment number $1930 < EN \leq 2000$.

3) Guidance for mooring lines for ships with equipment number $EN > 2000$ is given in [3.3].

Tabla 1. Numeral de equipo DNV-GL RUSHIP-Part 3-CH11-S1-3.1

A partir del numeral calculado anteriormente, se observa que los equipos se corresponden a una letra de equipamiento F*.

Con los datos aportados por la tabla se puede proceder a dimensionar los equipos de fondeo y amarre.

2.1 Equipamiento de fondeo

Se emplearán para el cálculo y diseño del equipamiento de fondeo las expresiones aportadas por la sociedad de clasificación DNV-GL. a partir del cálculo del numeral de equipo (EN), y una serie de artículos publicados por Juan Carlos Carral Couce y Luis Carral Couce.

2.1.1. Anclas y cadenas

Acorde con los requisitos de la sociedad de clasificación se establecen los siguientes componentes:

- Dos anclas de una masa de 24500 [kg] cada una.
- Cadena de una longitud de 770 [m] (27 largos), se decide optar por un número par de largos, 28. Y un diámetro de cadena de 137 [mm] con acero de calidad VL-K2.

2.1.2. Molinete del ancla

El buque ha de poseer dos molinetes por cada ancla.

Del artículo “Normas prácticas para el diseño de molinetes de anclas” (JC.Carral y L.Carral), se obtiene la siguiente expresión para el cálculo de la potencia del molinete:

$$P_{Molinete} = \frac{0,87 \cdot (P_A + 0,02 \cdot d_c^2 \cdot L) \cdot V_s}{4500 \cdot \eta_M \cdot \eta_E}$$

Donde:

- P_A , peso del ancla, 24500 [Kg].
- d_c , diámetro de la cadena, 137 [mm].
- L , longitud de la cadena, 770/2 [m].
- η_M , rendimiento del molinete, en caso se aplica 0,8 [-].
- η_E , rendimiento del escobén, se toma 0,6 [-].
- V_s , Velocidad de izada, que se establece en 9 [m/min].

$$P_{Molinete} = \frac{0,87 \cdot (24500 + 0,02 \cdot (137)^2 \cdot 385) \cdot 9}{4500 \cdot 0,8 \cdot 0,6} = 613 [HP].$$

Así mismo, se ha de considerar la potencia necesaria para zafar el ancla del fondo:

$$P_{Molinete} = \frac{(2,1 \cdot P_A + 0,02 \cdot d_c^2 \cdot L) \cdot V_s}{4500 \cdot \eta_M \cdot \eta_E} = 817 [HP]$$

Esta potencia deberá ser ejercida durante un mínimo de 2 minutos, que se considera tiempo suficiente para liberar el ancla del fondo.

2.1.3 Caja de cadenas

El volumen requerido por la caja de cadenas se calculará a partir de la siguiente expresión:

$$V = 8,48 \cdot d^2 \cdot L \cdot 10^{-6} = 8,48 \cdot 137^2 \cdot 770/2 \cdot 10^{-6} = 61,3 [m^3]$$

Donde:

$$d = 137[mm], \text{ diámetro de la cadena en [mm]}$$

$$L = 770/2[m], \text{ longitud de la cadena estibada [m].}$$

El volumen calculado será para cada una de las dos cajas de cadenas.

A este volumen habrá que añadirle un doble fondo para el drenaje de lodos y un espacio en la parte superior que permita el acceso a este espacio.

Este volumen se descompone en dos volúmenes distintos, correspondientes a la forma de la caja de cadenas:

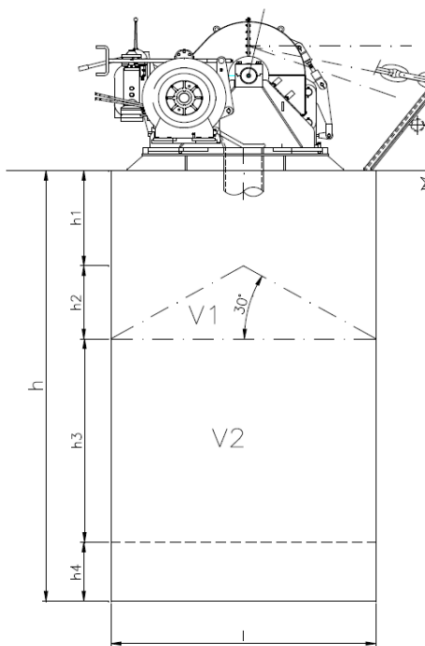


Ilustración 3. Caja de cadenas

Un volumen superior:

$$V_1 = \frac{h_2}{2} \cdot (l/2) = \frac{(l/2) \cdot \tan(30)}{2} \cdot (l/2) = 1 [m^3]$$

Y un volumen inferior:

$$V_2 = V - V_1 = 60,3 [m^3]$$

- Dimensiones de la caja de cadenas

Donde, al optarse por una solución paralelepípedica debido a la facilidad constructiva que ella supone:

- l , el lado de la "caja", $l = 25 \cdot d \cdot 1,1 = 25 \cdot 137 \cdot 10^{-3} \cdot 1,1 = 3,8[m]$
- h , la altura de la caja, $h = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = 2,3 + 1,1 + 4 + 4 = 11,4[m]$
- $h_1 = 2,3[m]$
- $h_2 = (l/2) \cdot \tan(30) = 1,1[m]$
- $h_3 = \frac{V_2}{l^2} = 4[m]$
- $h_4 = \frac{V_2}{l^2} = 4[m]$

2.1.4 Diámetro del escobén

Se obtendrá a partir de la expresión, obtenido de los apuntes del profesor E. Comas Turnes, de la Universidad Politécnica de Cartagena:

$$D_{Escobén} = [(100 - d) \cdot 0,03867 + 7,5] \cdot d = 832[mm]$$

Se escoge un tubo de diámetro nominal de 863,6 [mm], o 32" comercial.

2.2 Cable de remolque

Así mismo se establecen las especificaciones para el cable de remolque a partir del Numeral de Equipo:

- Longitud mínima de 300 [m]
- MBL [*Minimum Breaking Load*], mínima carga a rotura, 1471 [KN].

2.3 Estachas de amarre

Según los requisitos expuestos en el equipo DNV-GL RUSHIP-Part 3-CH11-3.3-“Mooring lines for ships with EN>2000”. La disposición de las estachas de amarre ha de realizarse de la siguiente manera:

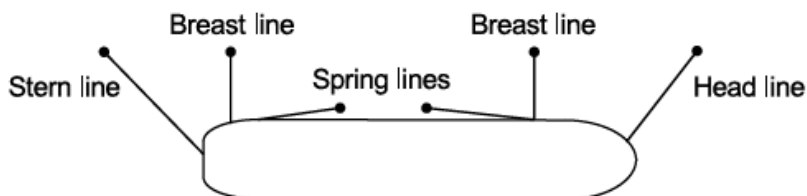


Ilustración 4. Disposición de las amarras según normativa DNV-GL

La longitud y MBL de las estachas puede ser calculado mediante fórmulas empíricas o bien mediante el estudio de alguna empresa externa autorizada, en este caso, se procede a utilizar las fórmulas propuestas por DNV-GL.

2.3.1 MBL

En primer lugar se calcula [DNV-GL RUSHIP-Part 3-CH11-3.3.4]:

Ha de ser el mayor de:

$$MBL = 0,1 \cdot A_1 + 350 = 5562 \cdot 0,1 + 350 = 906,2 \text{ [kN]}$$

$$MBL = 1275 \text{ [kN]}$$

2.3.2 Número de estachas

Número de estachas, [DNV-GL RUSHIP-Part 3-CH11-3.3.5]:

No se especifica una norma específica para portacontenedores, por lo que se emplea la formulación general.

El número de estachas de proa (*head*), popa (*stern*), traveses (Breast) y springs, ha de ser:

$$n = 8,3 \cdot 10^{-4} \cdot A_1 + 6 = 8,3 \cdot 10^{-4} \cdot 5562 + 6 = 10,62 = 11 \text{ estachas.}$$

Con una longitud mínima de 190 m.

El número de springs no ha de ser menor a 4 líneas.

Se opta por emplear todas las líneas manteniendo el MBL constante, con el fin de simplificar las operativas de maniobra y unificar materiales.

Se escoge por tanto la siguiente configuración de estachas:

Elemento	Número
Proa	2
Popa	2
Traveses	4
Springs	4

Tabla 2. Tabla número de amarras.

Entrando en el catálogo del distribuidor "trefilcable":



POLIDACRON-2 (8 CORDONES)

- Disponible en 8 cordones, bajo petición en 12 cordones
- Flotabilidad 0,99.
- Resistencia rayos UV excelente.
- Estiramiento de ruptura de alrededor del 21% cuando es nuevo, la recuperación después de la carga es buena.
- Resistencia a la temperatura punto de fusión 170°C.



Diam. Ø	Circ.	Peso	Carga de rotura mínima	
			T	kN
mm	inch "	kg/100m		
32	4	49	19,5	191
36	4 ½	69	29,5	289
40	5	86	36,7	360
44	5 ½	101	42,8	420
48	6	123	50,3	493
52	6 ½	137	58,8	577
56	7	159	68,2	669
60	7 ½	183	78,5	770
64	8	208	89,4	877
68	8 ½	235	101	991
72	9	270	113	1112
76	9 ½	301	127	1241
80	10	340	139	1368
88	11	415	163	1599
96	12	489	193	1892

Ilustración 5. Catálogo de estachas

Se escogen estachas de Polidacron-2 de ocho cordones, con un diámetro de 80 [mm], que ofrece una carga mínima de rotura de 1368 [KN], se emplearán todas las estachas del mismo material para de esta forma evitar tensiones excesivas y distintas debidas a las diferencias entre elasticidades de distintas estachas.

2.3.1 Chigre

Se procede a continuación a calcular las dimensiones del carretel partiendo de la amarra seleccionada:

El diámetro interior vendrá definido por:

$$d_i = 17 \cdot d_e = 17 \cdot 80 = 1360[mm]$$

Y el diámetro exterior:

$$d_{ext} = 1,7 \cdot d_i = 2312[mm]$$

La longitud del carretel vendrá dada por:

$$l = 1500 \cdot L \cdot \frac{d_e^2}{d_{ext}^2 - d_i^2} = 1500 \cdot 190 \cdot \frac{80^2}{(2312^2 - 1360^2)} = 522[mm]$$

Donde:

- L, longitud de estacha almacenada, 190[m].
- d_e , diámetro de la estacha.

El siguiente paso será calcular la potencia del motor, por lo que se requiere calcular el tiro:

$$T = 0,33 \cdot MBL_{estacha} = 0,33 \cdot 139[t] = 45,87[t]$$

La potencia vendrá dada por la siguiente expresión:

$$P_C = \frac{0,23 \cdot T \cdot V_s}{\eta_t} = \frac{0,23 \cdot 45,87 \cdot 20}{0,55} = 384[HP] = 283[kW]$$

Donde:

- T, es el tiro del motor.
- V_s , la velocidad de elevación lineal, que se toma como 20 [m/min].
- η_t , el rendimiento mecánico que se toma como 0,55 [-].

3. SERVICIO CONTRA INCENDIOS

Se instalarán tres sistemas contraincendios diferenciados, uno para la habilitación (distinto del de la cámara de máquinas por estar situada en la superestructura de popa), otro para la cámara de máquinas, y un último sistema que actuará en la cubierta principal.

Siguiendo la normativa del SOLAS (Cap II-2, Parte A, Regla 10, 2.1.2) los buques de arqueo bruto superior a 1000 toneladas llevarán al menos dos bombas.

Por ello el buque a diseñar contará con 3 bombas contra incendios, existiendo adicionalmente una más de contingencia, siendo un total finalmente de 4 bombas.

El servicio contra incendios se diseñará según la normativa anteriormente nombrada en la que destacan las siguientes prescripciones:

- Separación de los espacios de habilitación mediante mamparos límite.
- Utilización restringida de materiales combustibles.
- Detección de cualquier incendio y el lugar de origen.
- Contención de incendios por zonas.
- Disposición inmediata de los medios de extinción necesarios por zonas.
- Reducción al mínimo la posibilidad de ignición de los vapores de las cargas que resulten inflamables.

Se pueden distinguir entre sistemas de seguridad de protección activa (sistemas de alarma y detección, sistemas de extinción y sistemas de ventilación) y sistemas de protección pasivos, como las rutas de evacuación y las señalizaciones, que permitan la puesta a salvo de la tripulación en caso de la existencia de incendio.

3.1 Sistema de detección y alarma

Será necesario instalar un sistema de detección y alarma que se encargue de detectar y avisar en caso de detectar la potencial presencia de un incendio.

Este sistema deberá estar conectado directamente al puente, donde podrán ser visualizados los sensores por sectores y donde aparecerán avisos de fallos o necesidad de reparaciones de los dispositivos.

En caso de que una alarma no sea atendida en el puente será emitida al resto del buque.

Entre los detectores de incendios se emplearán detectores de temperatura, los cuales sólo se emplearán en la cámara de máquinas y en la cocina.

Se instalarán detectores de humo en la cámara de máquinas de manera que se pueda detectar un incendio que se produzca en cualquier parte del espacio.

Así mismo habrá un sistema fijo de detección de incendios y de alarma contra incendios, instalado y dispuesto de manera que permita detectar la presencia de un incendio en todos los espacios de alojamiento y de servicio, salvo los que no presenten un verdadero riesgo de incendio. Además, habrá un sistema fijo de detección de incendios y de alarma contra incendios instalado y dispuesto de manera que permita detectar la presencia de humo en todos los pasillos, las escaleras y las vías de evacuación en el interior de los espacios de alojamiento.

Finalmente se instalarán avisadores de accionamiento manual en todos los espacios de alojamiento, de servicio y puestos de control. En los pasillos de cada cubierta habrá avisadores de accionamiento manual fácilmente accesibles, de manera que ninguna parte del pasillo diste más de 20 m de uno de dichos avisadores.

3.2 Diámetro del colector contra incendios

En base a la norma 2.1.3 del SOLAS Cap.II-2 Regla 10, el diámetro del colector deberá ser el suficiente para otorgar un caudal de 140 [m³/h].

Considerando una velocidad de 4 [m/s] en el conducto:

$$D = \left(\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V} \right)^{0.5} = \left(\frac{4 \cdot 140}{\pi \cdot 4} \right)^{0.5} = 111,2 [mm]$$

Se toma por tanto un diámetro nominal de 125 [mm].

3.3 Sistema de agua nebulizada

A continuación se procede a diseñar el sistema de agua nebulizada que se encontrará en la habitación y en la cámara de máquinas

De acuerdo con el SOLAS (Cap. II-2, Parte A, Regla 10) se establece para la habitación un sistema de agua nebulizada, que presenta las siguientes ventajas sobre otros sistemas:

- No produce daños a tripulación ni instalaciones
- El caudal requerido es menor
- Capacidad aceptable de extinción de incendios y control de humos.
- Desplaza los vapores inflamables y posibles productos tóxicos durante la combustión.

- No permite la conducción de corrientes eléctricas.

Dentro de todas las posibilidades de sistemas de nebulización que existen en el mercado se escoge un sistema de alta presión de tubería mojada, es decir, que permanecen siempre llenas de agua.

Todos los puestos de control, espacios de servicio y alojamientos deben estar equipados con un sistema automático de rociadores.

La norma marca que el sistema fijo de rociadores en todos los espacios de acomodación debe de tener una capacidad mínima de 5 [l/m²].

Así mismo se establece la necesidad de protección para el equipo de freidoras, el cual usará un sistema de extinción manual.

La sociedad de Clasificación permite diseñar al fabricante su propio sistema, para el diseño se empleará la norma UNE-CEN-TS-14972:2014.

Se escoge el modelo FOGEX F27, cuyos datos se muestran a continuación.

Fogex for Marine Applications – Total Flooding & Local Application:

Nozzle Type	IMO Design Pressure	Water Flow Rate L/min @ 100 bar	K-Factor	Nozzle Coverage (m ²)
FOGEX F20	110 Bar	6.4	0.64 L/min/bar ^{1/2}	≤17
FOGEX F27	110 Bar	5.3	0.53 L/min/bar ^{1/2}	≤17
FOGEX F11	100 Bar	10.0	1.00 L/min/bar ^{1/2}	≥17

Ilustración 6. Catálogo sistema contra incendios

Calculando el caudal requerido y el diámetro de tubería adecuada para su alimentación, considerando el área cubierta por cada aspersor de 16 [m²], y el diámetro requerido para dar ese caudal con una velocidad del fluido en el interior de la tubería máximo de 4 [m/s].

Cubierta	Área de la cubierta [m ²]	Número de consumidores	Caudal requerido [l/min]	Velocidad [m/s]	Diámetro [mm]	Diámetro nominal [mm]	
Cubierta inferior 1Proa	994	65	344,5	4	42,75	50	
Local del Servo	161,5	10	53	4	16,77	20	
CM Popa	Cubierta inferior 1 CM	684	45	238,5	4	35,57	40
	Cubierta inferior 2 CM	854	55	291,5	4	39,33	40

	Cubierta	Área de la cubierta [m ²]	Número de consumidores	Caudal requerido [l/min]	Velocidad [m/s]	Diámetro [mm]	Diámetro nominal [mm]
	Cubierta inferior 3 CM	862	55	291,5	4	39,33	40
	Cubierta inferior 4 CM	731	50	265	4	37,49	40
Habilitación	Cubierta -1	1011	65	344,5	4	42,75	50
	Cubierta Principal	655,2	45	238,5	4	35,57	40
	Cubierta 1	655,2	45	238,5	4	35,57	40
	Cubierta 2	655,2	45	238,5	4	35,57	40
	Cubierta 3	655,2	45	238,5	4	35,57	40
	Cubierta 4	655,2	45	238,5	4	35,57	40
	Puente	655,2	45	238,5	4	35,57	50
TOTAL				3259,5			

Tabla 3. Cálculo de caudales y diámetros del sistema CI

Se observa que el caudal total requerido es de 3,26 [m³/s].

Se procede a calcular la presión que ha de dar la bomba, teniendo en cuenta los efectos de la presión estática y las pérdidas de carga en tuberías y accesorios.

$$P_B = P_{rociador} + P_{estática} + P_{Fricción} + P_{Accesorios}$$

Las pérdidas de fricción se calcularán por la fórmula de Darcy:

$$P_{Fricción} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

- f : Factor de fricción
- L : Longitud de la tubería
- v : Velocidad del fluido
- g : aceleración de la gravedad
- D : Diámetro de la tubería

Los factores de fricción se calcularán a partir de métodos de iteración mediante una hoja de cálculo Excel empleando la formulación de Colebrook-White, considerando un régimen turbulento rugoso:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left(\frac{\varepsilon}{3,7 \cdot D} + \frac{2,51}{\text{Re} \cdot \sqrt{f}} \right)$$

	Cubierta	Rugosidad comercial	Diámetro ϕ [mm]	r	Reynolds	Factor fricción f
	Cubierta inferior 1Proa	0,0451	50	0,0009	131589	0,004483862
	Local del Servo	0,0451	20	0,0023	50611	0,005646355
CM Popa	Cubierta inferior 1 CM	0,0451	40	0,0011	113875	0,004681994
	Cubierta inferior 2 CM	0,0451	40	0,0011	139181	0,004572281
	Cubierta inferior 3 CM	0,0451	40	0,0011	139181	0,004572281
	Cubierta inferior 4 CM	0,0451	40	0,0011	126528	0,004623903
Habilitación	Cubierta -1	0,0451	50	0,0009	131589	0,004483862
	Cubierta Principal	0,0451	40	0,0011	113875	0,004681994
	Cubierta 1	0,0451	40	0,0011	113875	0,004681994
	Cubierta 2	0,0451	40	0,0011	113875	0,004681994
	Cubierta 3	0,0451	40	0,0011	113875	0,004681994
	Cubierta 4	0,0451	40	0,0011	113875	0,004681994
	Puente	0,0451	50	0,0009	91100	0,004681994

Tabla 4. Factores de fricción

A continuación es necesario calcular las pérdidas de carga de los conductos, para ello se calcula la nueva velocidad del fluido en el interior al haber empleado diámetros comerciales:

	Cubierta	Nueva velocidad
	Cubierta inferior 1Proa	2,9
	Local del Servo	2,8
CM Popa	Cubierta inferior 1 CM	3,2
	Cubierta inferior 2 CM	3,9
	Cubierta inferior 3 CM	3,9
	Cubierta inferior 4 CM	3,5
Habilitación	Cubierta -1	2,9
	Cubierta Principal	3,2
	Cubierta 1	3,2
	Cubierta 2	3,2
	Cubierta 3	3,2
	Cubierta 4	3,2
	Puente	2,0

Tabla 5. Velocidades en las tuberías

Finalmente se calculan las pérdidas por fricción, para ello se estimarán las longitudes de tubería en cada una de las cubiertas:

	Cubierta	Diámetro [mm]	Factor fricción f	Longitud [m]	Pérdidas carga [mca]
	Cubierta inferior 1Proa	50	0,004483862	45	7,40
	Local del Servo	20	0,005646355	15	7,77
CM Popa	Cubierta inferior 1 CM	40	0,004681994	29	6,23
	Cubierta inferior 2 CM	40	0,004572281	29	6,08
	Cubierta inferior 3 CM	40	0,004572281	29	6,08
	Cubierta inferior 4 CM	40	0,004623903	21	4,45
Habitación	Cubierta -1	50	0,004483862	37	6,09
	Cubierta Principal	40	0,004681994	32	6,87
	Cubierta 1	40	0,004681994	32	6,87
	Cubierta 2	40	0,004681994	32	6,87
	Cubierta 3	40	0,004681994	32	6,87
	Cubierta 4	40	0,004681994	32	6,87
	Puente	50	0,004681994	32	5,50
TOTAL					83,97

Tabla 6. Pérdidas de carga por fricción CI

Perdidas por fricción totales: $P_{fric} = 83,97 [mca]$

A continuación se calculan las pérdidas de carga por accesorios: $P_{acc} = K \cdot \frac{v^2}{2g}$

Donde K es una constante que depende del accesorio, se hace una estimación de los accesorios a utilizar por el sistema:

Accesorio	K	Unidades	Pérdida de carga [m]
Codo 90	0,75	70	42,81
Válvulas	2	35	57,08
T	1,8	80	117,43

Accesorios	K
Válvula esférica (totalmente abierta)	10
Válvula en ángulo recto (totalmente abierta)	5
Válvula de seguridad (totalmente abierta)	2.5
Válvula de retención (totalmente abierta)	2
Válvula de compuerta (totalmente abierta)	0.2
Válvula de compuerta (abierto $\frac{3}{4}$)	1.15
Válvula de compuerta (abierto $\frac{1}{2}$)	5.6
Válvula de compuerta (abierto $\frac{1}{4}$)	24.0
Válvula de mariposa (totalmente abierta)	-
"T" por la salida lateral	1.80
Codo a 90° de radio corto (con bridas)	0.90
Codo a 90° de radio normal (con bridas)	0.75
Codo a 90° de radio grande (con bridas)	0.60
Codo a 45° de radio corto (con bridas)	0.45
Codo a 45° de radio normal (con bridas)	0.40
Codo a 45° de radio grande (con bridas)	0.35

Tabla 7. Constantes de fricción por accesorio

Siendo la pérdida de carga total por accesorios: $P_{Acc} = 217,33$ [mca].

La presión estática será la diferencia de alturas entre alturas desde la salida de la bomba hasta la cubierta más alta que corresponde al puente:

$$P_{est} = 0.098 \cdot H = 0.098 \cdot 65,5[m] = 6,42$$
 [Bar]

Finalmente:

$$P_B = 83,97 + 217,33 + 64,2 = 365,5$$
 [mca]

$$P_{inst} = 37$$
 [Bar]

La bomba por tanto tendrá que dar la presión de la instalación sumada a la presión requerida por los nebulizadores:

$$P_B = 37 + 110 = 147$$
 [Bar]

3.3 Hidrantes y mangueras

En la cubierta de carga han de situarse distintos puntos para la conexión de mangueras de extinción manual.

Según lo estipulado en el SOLAS, Capítulo 2, Parte C, Regla 10, 2.3, los buques de carga con una manga superior a 30 [m] deberán tener mangueras situadas en una cubierta expuesta con longitud superior a 10 [m] pero nunca superior a 25 [m].

Así mismo, se indica que deben existir por lo menos dos chorros de agua no precedentes de la misma boca de incendios que puedan alcanzar cualquier parte del buque.

Si se establece una distribución de longitud de mangueras de 20 metros, sumado a un chorro de 5 metros se obtiene la siguiente distribución de hidrantes:

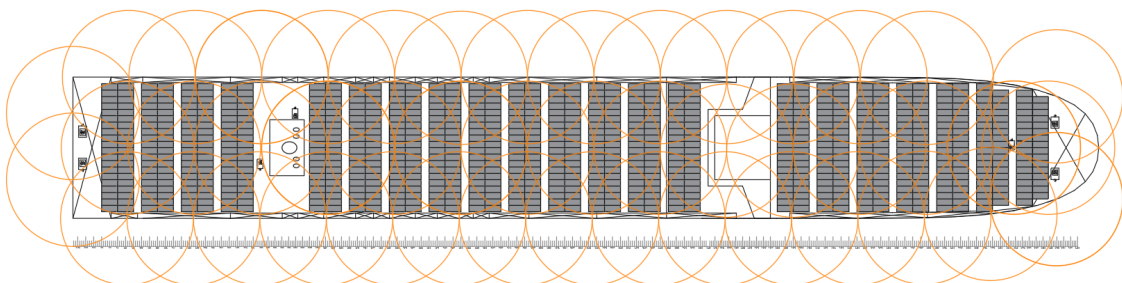


Ilustración 6. Distribución de hidrantes.

A partir de la distribución anterior se establecen 45 bocas de incendio en cubierta.

Según establece la norma 2.3.2, “Número y diámetro de las mangueras contraincendios”, no existe la necesidad de llevar mangueras para cada una de las bocas, pudiendo llevar una manguera por cada 30 [m] de eslora y banda. De esta manera el buque proyecto por norma llevará 24 mangueras y una manguera adicional de respeto, haciendo un total de 25 mangueras.

3.4 Bombas contra incendios

El buque contará con 3 bombas CI, más una bomba de emergencia adicional.

El caudal de las bombas contraincendios se dimensiona en base a los requerimientos del SOLAS:

$$Q_{CI} = \frac{4}{3} \cdot Q_{Sentinas} \cdot 2 = 946 [m^3/h]$$

Donde:

- $Q_{Sentinas}$: es el caudal de sentinas 355 [m^3/h], calculado más adelante en el presente cuaderno.

Q_{CI} debe tener un valor máximo de 180 [m^3/h].

El solas establece a continuación el caudal mínimo de cada bomba como:

$$Q_{min} = 0.8 \cdot \frac{Q_{CI}}{N} = 0,8 \cdot \frac{180}{3} = 48 [m^3/h]$$

Siendo:

- N, el número de bombas contra incendios.

Se escogen de esta manera las bombas contraincendios del fabricante Saer, modelo NCBZ2P -250NO, un caudal de 60 [m^3/h] y un consumo de 45 [kW] cada una.

3.4.1 Bomba contraincendios de emergencia

Se establece que la bomba contraincendios deberá proporcionar un caudal mínimo del 40% del caudal total, siendo el caudal mínimo de 25 [m^3/h].

$$Q_{B \text{ emergencia}} = 0,4 \cdot 180 = 72 [m^3/h]$$

Se escogen de esta manera las bombas contraincendios del fabricante Saer, modelo NCBZ2P -250NO, un caudal de $75 [m^3/h]$, consumidora de una potencia de 45 [kW].

3.5 Extintores portátiles

Todos los espacios de alojamiento y control estarán provistos de extintores portátiles.

Se seleccionarán extintores de 12Kg polvo ABC, y se situarán de forma que la distancia máxima de un extintor a un posible incendio sea inferior a 10 [m].

Así mismo, existirá un grupo de dispositivos portátiles lanza espuma a la entrada de la cámara, al tiempo que se contará con extintores con una capacidad de 45 [l], en número suficiente para que el producto (espuma o polvo), alcancen a cualquier sistema que esté a presión, cuente con lubricación, engranajes, y cualquier otro sistema que tenga riesgo de incendio.

Se adjunta en el anexo el esquema sobre plano de la ubicación de los extintores siguiendo el criterio de que ningún incendio pueda situarse a más de 15 [m] de un extintor.

4. SALVAMENTO

Del SOLAS, Capítulo III: Dispositivos y Medios de Salvamento, se extraen las normas requeridas para determinar los requerimientos de salvamento del buque.

4.1 Embarcaciones de supervivencia

Capítulo III, Sección 3, Regla 31:

4.1.1 Botes salvavidas.

Se requieren de dos botes salvavidas completamente cerrados que cumplirán con lo prescrito en la sección 4.6 del Código Internacional de Dispositivos de Salvamento.

La capacidad conjunta de ambos buques debe ser suficiente para que todas las personas que vayan abordo puedan embarcar.

Se establecen de esta manera dos botes salvavidas cerrados a cada banda con capacidad de 35 tripulantes cada uno, que llevarán un sistema de descenso vertical.

Se situarán en la superestructura de proa a una altura de 15m sobre la flotación.

Al estar la superestructura de habilitación a proa, se cumple la normativa que establece que los botes han de situarse a 1.5 esloras a proa de la hélice.

Como la norma establece que la distancia horizontal máxima a la que se debe encontrar el bote salvavidas ha de ser siempre inferior a 100 [m], es necesario situar balsas salvavidas.

4.1.2 Balsas Salvavidas

Serán necesarias balsas con capacidad para el total de la tripulación.

Se situarán adicionalmente 3 balsas salvavidas, de 30 personas de capacidad, con el fin de garantizar una distancia entre medios de salvamento inferior a 100 [m].

Una balsa situada lo más a popa posible, otra lo más a proa posible, a popa del mamparo de colisión, y adicionalmente dos balsas, una a cada banda, en el cuerpo cilíndrico del buque.

4.1.3 Bote de Rescate

Según lo prescrito en la sección 5.1 del Código Internacional de Dispositivos de Salvamento se deberá contar con un bote de rescate, que permita embarcar directamente desde su posición de estiba.

Se obtiene la siguiente configuración de botes y balsas de salvamento en el buque, logrando cumplir con la normativa, estando todo punto del buque a una distancia horizontal menor a 100 [m] de un medio de evacuación, tal y como muestran los arcos de circunferencia en la Ilustración siguiente:

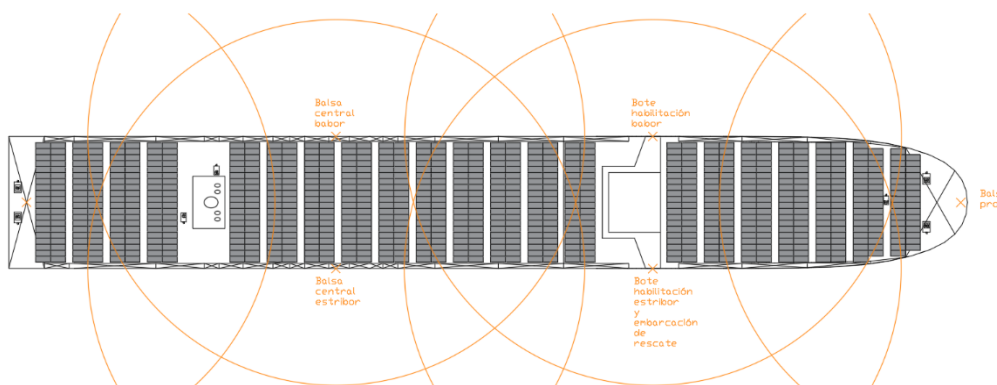


Ilustración 7. Botes y balsas salvavidas

4.2 Dispositivos individuales de salvamento

A continuación se establecerán los dispositivos individuales de salvamento que llevará el buque proyecto.

4.2.1 Aros Salvavidas

Según el Capítulo III, Sección 1, Regla 7-1:

Estarán distribuidos para que estén disponibles desde ambas bandas y en la medida de lo posible, en todas las cubiertas expuestas que se extiendan hasta los costados del buque. Y habrá por lo menos uno en las proximidades de la popa. Estarán estibados de modo que sea posible soltarlos rápidamente y no estarán sujetos por elementos de fijación permanente.

A cada banda de buque habrá como mínimo un aro salvavidas provisto de una rabiza flotante de una longitud mayor o igual al doble de la altura a la cual vaya a ser estivado por encima de la flotación en calado mínimo, o a 30m, si este valor es superior.

La mitad de los aros deberán estar provistos de luces de encendido automático y al menos dos de estos llevarán señales fumígenas automáticas y se podrán soltar rápidamente desde el puente de navegación.

Para buques de eslora superior a 200 [m] es obligatoria llevar 14 aros salvavidas, por lo que se establece este número para el buque proyecto.

Resultando finalmente, 10 aros con luz, de los cuales 2 tendrán humo y “*quick release*” (estos situados en las inmediaciones del puente). Los 4 aros restantes se distribuirán en ambas bandas a lo largo del buque a ambas bandas, dos de ellos contarán con rabizas de 30 [m] de longitud.

Todos los aros serán de 75 [cm] de diámetro, del fabricante IBEROMED, homologados por el SOLAS.

4.2.2 Chalecos Salvavidas

Del Capítulo III, Sección 1, Regla 7-2:

Se exige que para cada una de las personas que se encuentren a bordo.

Por precaución, y en previsión de que en algún momento pueda haber alguna persona adicional a bordo, se incluirán 35 chalecos salvavidas (30 tripulantes + 5 de contingencia).

4.2.3 Trajes de Inmersión y Protección contra la Intemperie

Para cada una de las personas que sean tripulantes del buque de rescate o como miembros de la cuadrilla encargada del sistema de evacuación marino se proveerá de un traje de inmersión o protección contra la intemperie de la talla adecuada,.

Al ser los botes salvavidas cerrados con capacidad para todos los miembros de la tripulación no es necesario estar provisto de más unidades.

4.2.4 Aparato Lanzacabos

Todo aparato lanzacabos deberá lanzar un cabo con precisión aceptable, tendrá al menos 4 cohetes, cada uno de ellos deberá lanzar el cabo a un mínimo de 230m con buen tiempo.

Comprenderá al menos cuatro cabos y se incluirán instrucciones o diagramas de funcionamiento.

El cohete y el cabo irán dentro de un estuche hidro-resistente, además, el cartucho con el cabo, los cohetes y los medios de ignición irán en un receptáculo que los proteja contra la intemperie.

4.4 Dispositivos radioeléctricos de salvamento

El SOLAS exige tres aparatos radiotelefónicos bidireccionales de ondas métricas. Por ello se instalarán 3 aparatos de VHF.

Se exigen así mismo dos respondedores de radar, situados a ambas bandas del buque, han de estar localizados en lugares que permitan que estos sean colocados rápidamente en cualquiera de las embarcaciones de supervivencia.

Será necesario también llevar abordo un mínimo de 12 cohetes lanza bengalas con paracaídas que se encuentren estibados en el puente o cerca de este.

También es necesario tener un sistema de comunicaciones abordo que permita la comunicación bidireccional entre ciertos puntos estratégicos abordo.

Este sistema también debe ser capaz de enviar alarmas para convocar a tripulantes a sus respectivos puestos de reunión, por lo que cada equipo deberá contar con un megáfono audible en todos los espacios de alojamiento y trabajo de la tripulación.

5. VENTILACIÓN

Se estudiarán a continuación los requerimientos de ventilación del buque proyecto y se establecerán los sistemas de ventilación de la cámara de máquinas, bodegas de carga y resto de espacios del buque.

5.1 Ventilación de la Cámara de Máquinas

El sistema de ventilación de la cámara de máquinas se encarga de suministrar el aire necesario al interior de la cámara de máquinas.

Se empleará la norma UNE-EN ISO 8861, donde se encuentran reflejados tanto los calores generados como los distintos flujos de entrada y salida de calor.

El flujo de aire que ha de entrar en la cámara de máquinas ha de ser el mayor de los siguientes:

$$Q_t = q_c + q_h$$

$$Q_t = 1.5 \cdot q_c$$

En primer lugar se calcula q_c , el flujo de aire necesario para la combustión, mediante la siguiente expresión:

$$q_c = q_{dp} + q_{dg} + q_b = 179,73 \text{ [m}^3/\text{s]}$$

Donde:

- $q_{dp} = \frac{P_{dp} \cdot m_{ad}}{\rho} = 149,7 \text{ [m}^3/\text{s]}$
- $q_{dg} = \frac{P_{dg} \cdot m_{ad}}{\rho} = 29,14 \text{ [m}^3/\text{s]}$
- $q_b = \frac{m_s \cdot m_{fs} \cdot m_{af}}{\rho} = 0,89 \text{ [m}^3/\text{s]}$

Con:

- P_{dp} es la potencia normalizada del motor de propulsión a máxima potencia. (73560 KW).
- m_{ad} es el aire necesario para la combustión del motor. 0.0023 [kg/(kW·s)].
- P_{dg} es la potencia normalizada de los diésel generadores a máxima potencia (4x3200 KW).
- m_s capacidad de vapor total de la caldera: 0,83 [kg/s].
- m_{fs} consumo de combustible 0,077 [kg/kg].
- m_{af} aire necesario para combustión, 15,7 [kg/kg].
- $\rho = 1,13 \text{ [kg/m}^3\text{]}$.

Continuando:

$$q_h = \frac{\Phi_{dp} + \Phi_{dg} + \Phi_b + \Phi_g + \Phi_{el} + \Phi_{ep} + \Phi_o}{\rho + c + \Delta T}$$

Donde:

- Φ_{dp} emisión de calor del motor diesel (1% potencia total)
- Φ_{dg} emisión de calor del motor diesel del generador (1% del total)
- Φ_b emisión de calor de las calderas y los calentadores de fluido.

$$\Phi_b = Q \cdot B_1 \cdot \frac{\Delta h_b}{100}$$

Faltan datos del motor y calderas luego se tomará un valor de 0.75.

- Φ_g emisión de calor del generador eléctrico.

$$\Phi_g = P_g \cdot \left(1 - \frac{\eta}{100}\right) = 768 \text{ kW}$$

Se considerará el rendimiento de los generadores de un 94%

- Φ_{el} emisión de calor de las instalaciones eléctricas, se toma un 20% de Φ_g .
- Φ_{ep} emisión de calor de las tuberías de escape, se toma según la Project Guide un diámetro de tubería de 2.6 m con un incremento de temperatura de 250 [K].

$$\Phi_{ep} = 0.85 \cdot L_{tubo \text{ escape}} = 8.5$$

- Φ_o emisión por calor de otros componentes, considerando este valor un 5% de la suma total de emisiones.

$$q_h = \frac{0.73 + 768 + 0.2 \cdot 768 + 8.5 + 1800 \cdot 0.05}{1.13 \cdot 1.01 \cdot 12.5} - 0.4 \cdot (166.5 + 29.14) - 1.95$$

$$q_h = 52.19 [m^3/s]$$

$$Q_t = q_c + q_h = 197.59 + 52.19 = 250 [m^3/s]$$

$$Q_t = 1.5 \cdot q_c = 296 [m^3/s]$$

Luego los ventiladores deberán mover un caudal de 296 [m³/s].

Se seleccionan 20 ventiladores, uno de ellos de contingencia, del proveedor ENAG, modelo VA420-40, cuyo catálogo se anexiona.

Estos ventiladores de manera individual tienen capacidad para desplazar un flujo de entre 10,5 y 17,5 [m³/s], resultando un caudal total de 332 [m³/s], con una potencia de 15 [kW].

Adicionalmente se sitúan 6 ventiladores de extracción, uno de ellos de contingencia, que permitan desalojar un 30% del caudal anteriormente establecido, 88 $[m^3/s]$.

Se seleccionan los ventiladores VA500-50 del mismo proveedor, capaz de extraer un caudal máximo de 24,2 $[m^3/s]$, con una potencia de 22 kW cada uno.

5.1.1 Ventilación local del servo

En el local del servo se considerará una necesidad de reposición de 10 veces el volumen total del espacio por hora.

Considerando un volumen de 1190 $[m^3]$ se requiere un caudal de 11900 $[m^3/h]$.

Se establecen 3 ventiladores axiales, uno de ellos de reserva, modelo VA 55-15 con una capacidad de 6200 $[m^3/h]$ del fabricante ENAG.

5.2 Ventilación en bodegas

Se han de reponer 10 veces el volumen total de la bodega por hora, calculando para cada una de las bodegas y seleccionando los ventiladores del fabricante ENAG:

Bodega	Área $[m^2]$	Eslora $[m]$	Volumen $[m^3]$	Caudal $[m^3/h]$	Número ventiladores	Modelo	Potencia $[kW]$	Caudal promedio modelo	Caudal total
Bodega 1	686	25,5	17493	174930	2	VA 900-39	22	124000	248000
Bodega 2	786	31,5	24759	247590	2	VA 900-39	22	124000	248000
Bodega 3	1385	30	41550	415500	4	VA 900-39	22	124000	496000
Bodega 4	1498	30	44940	449400	4	VA 900-39	22	124000	496000
Bodega 5	1498	30	44940	449400	4	VA 900-39	22	124000	496000
Bodega 6	1498	30	44940	449400	4	VA 900-39	22	124000	496000
Bodega 7	1385	30	41550	415500	4	VA 900-39	22	124000	496000
Bodega 8	1372	30	41160	411600	4	VA 900-39	22	124000	496000
Bodega 9	1223	30	36690	366900	3	VA 900-39	22	124000	372000
Bodega 10	836	30	25080	250800	3	VA 500-50	30	87000	261000

Tabla 8. Ventilación bodegas

5.3 Ventilación de otros espacios

El buque contará con un sistema de ventilación mecánica para los distintos espacios del buque que la requieran.

En particular cabe destacar que en el caso de la enfermería la ventilación se realizará directamente a la atmósfera.

La potencia requerida para ventilar estos espacios vendrá marcada por la siguiente expresión:

$$P = \frac{Q \cdot P \cdot \rho}{\eta_m}$$

Donde:

- Q, es el caudal de aire necesario en $[m^3/s]$.
- P, presión, 505 Pa.
- ρ_{aire} , 1,13 $[kg/m^3]$.
- $\eta_m = 0,85 \cdot 0,6 = 0,51 [-]$, el rendimiento eléctrico-mecánico.

	Bodega	Área [m ²]	Volumen [m ³]	Número de renovaciones	Caudal [$\frac{m^3}{h}$]	Número ventiladores	Potencia unitaria [kW]
C-1	Pañol 1	146,3	512	5	2560,3	1	0,80
	Pañol 2	88	308	5	1540,0	1	0,48
	Pañol 3	88	308	5	1540,0	1	0,48
	Pañol maquinaria	189,6	664	10	6636,0	2	1,03
	Taller	189,6	664	10	6636,0	2	1,03
	Lavandería	146,3	512	10	5120,5	2	0,80
	Aseo	1,98	7	12	83,2	1	0,03
C. Ppal.	Vestuario M	48,57	170	12	2039,9	1	0,63
	Vestuario F	59,28	207	12	2489,8	1	0,77
	Generador Emergencia	62,01	217	20	4340,7	3	0,45
	Pañol limpieza	4,56	16	5	79,8	1	0,02
	Enfermería	108,47	380	12	4555,7	3	0,47
	Gimnasio	55,72	195	25	4875,5	2	0,76
	Salón usos varios	50,25	176	25	4396,9	1	1,37
	Pañol contenedores	30,35	106	5	531,1	1	0,17
	Aseo	1,98	7	12	83,2	1	0,03
C1	Comedor tripulación	108,5	380	10	3797,5	2	0,59
	Comedor oficiales	69,25	242	10	2423,8	2	0,38
	Pañol limpieza	14	49	5	245,0	1	0,08
	Vestuario cocina	18	63	12	756,0	1	0,23
	Aseo	1,98	7	12	83,2	1	0,03
	Cocina	86,7	303	40	12138,0	5	0,75

Bodega	Área [m ²]	Volumen [m ³]	Número de renovaciones	Caudal [$\frac{m^3}{h}$]	Número ventiladores	Potencia unitaria [kW]	
Gambuza seca	18,2	64	10	637,0	1	0,20	
Aseo 1	1,98	7	12	83,2	1	0,03	
Aseo 2	1,98	7	12	83,2	1	0,03	
Aseo 3	1,98	7	12	83,2	1	0,03	
Biblioteca	36,65	128	10	1282,8	1	0,40	
Sala juegos	36,65	128	10	1282,8	1	0,40	
Salón café	63,75	223	10	2231,3	1	0,69	
C2	Pañol limpieza	8,2	29	5	143,5	1	0,04
	Sala común	172,7	604	10	6044,5	2	0,94
	Aseo	1,98	7	12	83,2	1	0,03
C3	Salón común	172,7	604	10	6044,5	2	0,94
	Pañol limpieza	8,2	29	5	143,5	1	0,04
	Aseo	1,98	6,93	12	83,16	1	0,03
C4	Sala reuniones	36,75	129	10	1286,25	1	0,40
	Salón común	116,65	408	10	4082,75	2	0,63
	Pañol limpieza	17,7	62	5	309,75	1	0,10
	Aseo	1,98	7	12	83,16	1	0,03
Puente	687	2405	12	28854	5	1,79	

Tabla 9. Ventilación otros espacios

6. SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO.

El sistema de aire acondicionado tiene por objetivo mantener unas condiciones de confort y habitabilidad manteniendo temperaturas adecuadas a través de la circulación de aire.

Para el cálculo de este sistema se tendrá en cuenta la norma UNE-EN ISO 7547, la cual especifica que el aporte de aire ha de ser el mínimo para que se cumplan las siguientes condiciones:

- En verano las condiciones en el interior han de ser 27°C y humedad relativa del 50%, tomando como condiciones en el exterior será de 35°C y 70% humedad relativa.
- En invierno el interior ha de estar a 22°C con el exterior a -20°C.
- Como mínimo el caudal ha de ser de 0.008 m³/s por cada persona para la cual este dimensionado el espacio.

La ocupación de los locales será la siguiente:

- Cabinas, el número de personas para el que se ha diseñado la cabina.
- Espacios públicos, tales como salones, comedores de tripulación o pasaje y salas de recreo:

- Una persona por cada $2 m^2$ en salones
 - Una persona por cada $1.5 m^2$ en comedores.
 - Una persona por cada $5 m^2$ en salas de recreo.
- Despachos del capitán y jefe de máquinas, 4 personas.
 - Despachos privados, 3 personas.
 - Hospital, el número de camas más dos personas.
 - Gimnasio, 4 personas
 - Sala de primeros auxilios, 2 personas
 - Oficinas, 2 personas.

$$\Phi_t = \Delta T \cdot (k_v \cdot A_v + k_g \cdot A_g)$$

Donde:

- ΔT es la diferencia de temperatura del aire, K.
- k_v es el coeficiente de transmisión térmica de una división, W/m^2K .
- A_v área de la división, excluyendo portillos laterales y ventanas rectangulares.
- k_g coeficiente de transmisión térmica de una división, W/m^2K .
- A_g es el área de la división, de portillos laterales y ventanas rectangulares.

Las diferencias de temperatura se adjuntan en la siguiente tabla:

Cubierta o mamparo	$\Delta T, K$	
	Verano	Invierno
Cubierta contigua a un tanque con calefacción	43	17
Cubierta con un mamparo contiguo a una cámara de calderas	28	
Cubierta y mamparo contiguos a una sala de máquinas y a una galería sin aire acondicionado	18	
Cubierta y mamparo contiguos a tanques sin calefacción, espacios de carga y equivalentes	13	42
Cubierta y mamparo contiguos a una lavandería	11	17
Cubierta y mamparo contiguos a locales sanitarios públicos	6	0
Cubierta y mamparo contiguos a locales sanitarios privados		
a) con alguna parte contigua a superficies exteriores expuestas	2	0
b) no expuestas	1	0
c) con alguna parte contigua a una cámara de máquinas/calderas	6	0
Mamparo contiguo a un pasillo	2	5

NOTA – Se entiende que existen sistemas de calefacción en los espacios sanitarios expuestos.

Tabla 10. Diferencias de temperaturas entre estancias.

Para los coeficientes de transmisión térmica se considera que existe una protección térmica en todas las superficies expuestas a condiciones exteriores o al frío y calor de los espacios contiguos.

Superficies	Coefficiente de transmisión total de calor, kW/(m ² ·K)
Cubierta de intemperie no expuesta a la radiación solar, costado del buque y mamparos exteriores	0,9
Cubierta y mamparos contiguos a la sala de máquinas, espacios de carga u otros espacios sin aire acondicionado	0,8
Cubierta y mamparos contiguos a la cámara de calderas o a una caldera en la sala de máquinas	0,7
Cubierta contigua al exterior o a otra cubierta de intemperie expuesta a la radiación solar y cubierta contigua a tanques calientes	0,6
Portillos laterales y ventanas rectangulares, con cristal simple	6,5
Portillos laterales y ventanas rectangulares, con cristal doble	3,5
Mamparo contiguo a un pasillo, sin insonorizar	2,5
Mamparo contiguo a un pasillo, insonorizado	0,9

Tabla 11. Coeficientes de transmisión térmica entre estancias.

Adicionalmente se tendrán en cuenta las ganancias de calor por radiación solar, en la condición de verano, calculadas mediante la siguiente expresión:

$$\Phi_t = \Delta T_r \cdot A_v \cdot k_v + A_g \cdot G_s$$

Donde G_s , es el aumento de calor por metro cuadrado debido a superficies de cristal, considerando cristal claro con interior sombreado, $G_s = 240 [W/m^2]$. Al estar la superestructura pintada con colores claros, se toma $\Delta T_r = 12 [K]$.

Así mismo se contarán la ganancia de temperatura debida a la iluminación, solo en la condición de verano. Al establecerse un sistema de iluminación LED, el calor aportado es bajo, y se tomará un valor de $2 [W/m^2]$.

El calor aportado por las personas que se encuentren en el departamento se tomará como $120 [W/persona]$, solo en la situación de verano.

Finalmente se considerará un aporte térmico debido a la renovación del aire, considerando $76,8 [W/persona]$.

Se realiza el cálculo de las necesidades del sistema de aire acondicionado de la Cubierta 4 a partir de los planos generados en el Cuaderno 7, disposición general:

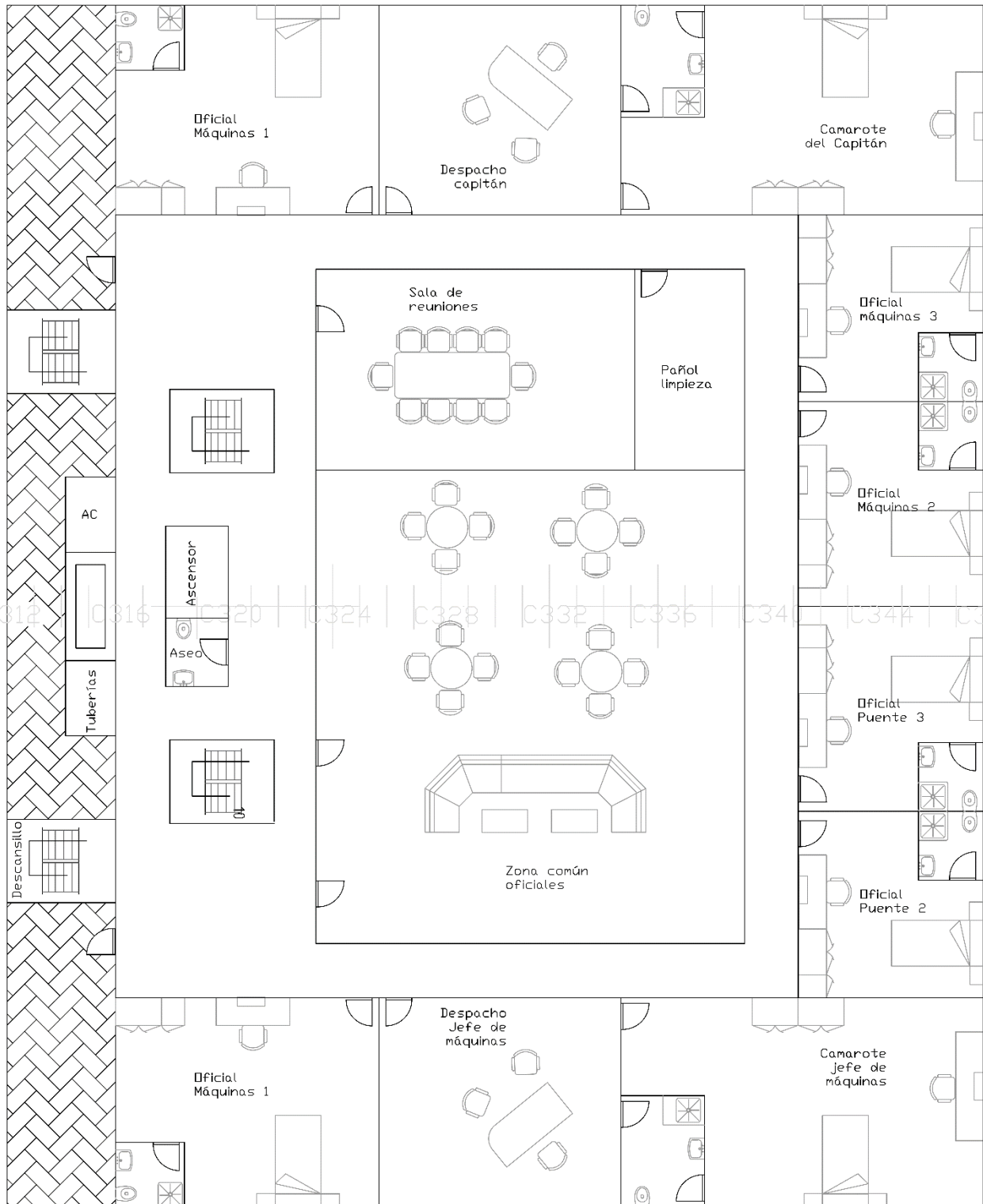


Ilustración 8. Ejemplo cubierta superestructura

Esta cubierta contiene las siguientes estancias:

Cubierta 4	
Estancia	Área [m ²]
Oficial Máquinas 1	31,7
Oficial Máquinas 2	20,2
Oficial Máquinas 3	20,2
Capitán	72,75
Jefe de máquinas	72,75
Oficial Puente 1	31,7
Oficial Puente 2	20,2
Oficial Puente 3	20,2
Sala reuniones	36,75
Salón Común	116,65
Aseo	1,98
Pañol de limpieza	17,7

Tabla 12. Estancias cubierta 4

Se estudia esta estancia tanto para verano como para invierno.

Se considerarán ventanas de 0,4 [m²], considerando el cristal y un marco de 100 [mm] a mayores, con doble cristal.

6.1 Condición en verano:

Tal y como se estableció anteriormente se suponen condiciones exteriores de 35°C y 70% de humedad relativa, y se requerirán de una temperatura interior de 27°C a una humedad relativa del 50%. Realizando una tabla con los compartimentos y los datos:

Compartimento	Mamparo	ΔT Verano	Transmisión					Radiación solar			Personas	Renovación	Iluminación	Otros
			Kv	Av	Kg	Ag	Φ t	ΔTr	Gs	Φ s	Φ p	Φ rv	Φ l	Φ o
Oficial máquinas 1	Cubierta	2	0	31,7	0	0	0,00	0	0	0,00	Nº personas	Nº personas	Área	0
	Techo	2	0	31,7	0	0	0,00	0	0	0,00	1	1	41,76	
	Proa	1	0,9	17,5	0	0	15,75	0	0	0,00	W/persona	W/persona	W/m ²	
	Popa	13	0,9	17,5	0	0	204,75	0	0	0,00	120	76,8	2	
	Babor	13	0,6	22,05	3,5	0,4	190,19	12	240	1022,10	W	W	W	
	Estribor	2	2,5	22,05	0	0	110,25	0	0	0,00				
	TOTAL							520,94	TOTAL	1022,10	120	76,8	83,52	
Despacho capitán	Cubierta	2	0	29	0	0	0,00	0	0	0,00	Nº personas	Nº personas	Área	150
	Techo	2	0	29	0	0	0,00	0	0	0,00	4	4	29	
	Proa	1	0,9	17,5	0	0	15,75	0	0	0,00	W/persona	W/persona	W/m ²	
	Popa	1	0,9	17,5	0	0	15,75	0	0	0,00	120	76,8	2	
	Babor	13	0,6	20,3	3,5	0,4	176,54	12	240	948,60	W	W	W	
	Estribor	2	0,9	20,3	0	0	36,54	0	0	0,00				
	TOTAL							244,58	TOTAL	948,60	480	307,2	58	
Camarote Capitán	Cubierta	2	0	40,6	0	0	0,00	0	0	0,00	Nº personas	Nº personas	Área	0
	Techo	2	0	40,6	0	0	0,00	0	0	0,00	1	1	40,6	
	Proa	1	0,6	17,5	3,5	0,4	11,90	12	240	831,00	W/persona	W/persona	W/m ²	
	Popa	13	0,9	17,5	0	0	204,75	0	0	0,00	120	76,8	2	
	Babor	13	0,6	30,45	3,5	0,4	255,71	12	240	1374,90	W	W	W	
	Estribor	2	0,9	30,45	0	0	54,81	0	0	0,00				
	TOTAL							527,17	TOTAL	2205,90	120	76,8	81,2	

Compartimento	Mamparo	ΔT Verano	Transmisión					Radiación solar			Personas	Renovación	Iluminación	Otros
			Kv	Av	Kg	Ag	Φ t	ΔTr	Gs	Φ s	Φ p	Φ rv	Φ l	Φ o
Oficial Máquinas 3	Cubierta	2	0	20,2	0	0	0,00	0	0	0,00	Nº personas	Nº personas	Área	0
	Techo	2	0	20,2	0	0	0,00	0	0	0,00	1	1	20,2	
	Proa	13	0,6	15,4	3,5	1,2	174,72	12	240	934,80	W/persona	W/persona	W/m^2	
	Popa	2	0,9	15,4	0	0	27,72	0	0	0,00	120	76,8	2	
	Babor	1	0,9	15,6	0	0	14,04	0	0	0,00	W	W	W	
	Estribor	1	0,9	15,6	0	0	14,04	0	0	0,00				
	TOTAL							230,52	TOTAL	934,80	120	76,8	40,4	
Oficial Máquinas 2	Cubierta	2	0	20,2	0	0	0,00	0	0	0,00	Nº personas	Nº personas	Área	0
	Techo	2	0	20,2	0	0	0,00	0	0	0,00	1	1	20,2	
	Proa	13	0,6	15,4	3,5	1,2	174,72	12	240	934,80	W/persona	W/persona	W/m^2	
	Popa	2	0,9	15,4	0	0	27,72	0	0	0,00	120	76,8	2	
	Babor	1	0,9	15,6	0	0	14,04	0	0	0,00	W	W	W	
	Estribor	1	0,9	15,6	0	0	14,04	0	0	0,00				
	TOTAL							230,52	TOTAL	934,80	120	76,8	40,4	
Oficial Puente 3	Cubierta	2	0	20,2	0	0	0,00	0	0	0,00	Nº personas	Nº personas	Área	0
	Techo	2	0	20,2	0	0	0,00	0	0	0,00	1	1	20,2	
	Proa	13	0,6	15,4	3,5	1,2	174,72	12	240	934,80	W/persona	W/persona	W/m^2	
	Popa	2	0,9	15,4	0	0	27,72	0	0	0,00	120	76,8	2	
	Babor	1	0,9	15,6	0	0	14,04	0	0	0,00	W	W	W	
	Estribor	1	0,9	15,6	0	0	14,04	0	0	0,00				
	TOTAL							230,52	TOTAL	934,80	120	76,8	40,4	
Oficial puente 2	Cubierta	2	0	20,2	0	0	0,00	0	0	0,00	Nº personas	Nº personas	Área	0
	Techo	2	0	20,2	3,5	1,2	8,40	12	240	1136,40	1	1	20,2	
	Proa	13	0,6	15,4	0	0	120,12	0	0	0,00	W/persona	W/persona	W/m^2	
	Popa	2	0,9	15,4	0	0	27,72	0	0	0,00	120	76,8	2	

Compartimento	Mamparo	ΔT Verano	Transmisión					Radiación solar			Personas	Renovación	Iluminación	Otros
			Kv	Av	Kg	Ag	Φ t	ΔTr	Gs	Φ s	Φ p	Φ rv	Φ l	Φ o
	Babor	1	0,9	15,6	0	0	14,04	0	0	0,00	W	W	W	
	Estribor	1	0,9	15,6	0	0	14,04	0	0	0,00				
	TOTAL							184,32	TOTAL	1136,40	120	76,8	40,4	
Camarote Jefe máquinas	Cubierta	2	0	40,6	0	0	0,00	0	0	0,00	Nº personas	Nº personas	Área	150
	Techo	2	0	40,6	0	0	0,00	0	0	0,00	1	1	40,6	
	Proa	1	0,9	17,5	3,5	0,4	17,15	12	240	831,00	W/persona	W/persona	W/m^2	
	Popa	13	0,9	17,5	0	0	204,75	0	0	0,00	120	76,8	2	
	Babor	2	2,5	30,45	0	0	152,25	0	0	0,00	W	W	W	
	Estribor	13	0,9	30,45	3,5	0,4	374,47	12	240	1374,90				
	TOTAL							748,62	TOTAL	2205,90	120	76,8	81,2	
Despacho Jefe de máquinas	Cubierta	2	0	29	0	0	0,00	0	0	0,00	Nº personas	Nº personas	Área	0
	Techo	2	0	29	0	0	0,00	0	0	0,00	4	4	29	
	Proa	1	0,9	17,5	0	0	15,75	0	0	0,00	W/persona	W/persona	W/m^2	
	Popa	1	0,9	17,5	0	0	15,75	0	0	0,00	120	76,8	2	
	Babor	2	0,9	20,3	0	0	36,54	0	0	0,00	W	W	W	
	Estribor	13	0,9	20,3	3,5	0,4	255,71	12	240	948,60				
	TOTAL							323,75	TOTAL	948,60	480	307,2	58	
Oficial puente 1	Cubierta	2	0	31,7	0	0	0,00	0	0	0,00	Nº personas	Nº personas	Área	0
	Techo	2	0	31,7	0	0	0,00	0	0	0,00	1	1	31,7	
	Proa	1	0,9	17,5	0	0	15,75	0	0	0,00	W/persona	W/persona	W/m^2	
	Popa	13	0,9	17,5	0	0	204,75	0	0	0,00	120	76,8	2	
	Babor	13	2,5	22,05	0	0	716,63	0	0	0,00	W	W	W	
	Estribor	2	0,6	22,05	3,5	0,4	29,26	12	240	1022,10				
	TOTAL							966,39	TOTAL	1022,10	120	76,8	63,4	

Compartimento	Mamparo	ΔT Verano	Transmisión					Radiación solar			Personas	Renovación	Iluminación	Otros
			Kv	Av	Kg	Ag	Φ t	ΔTr	Gs	Φ s	Φ p	Φ rv	Φ l	Φ o
Sala de reuniones	Cubierta	2	0	36,75	0	0	0,00	0	0	0,00	Nº personas	Nº personas	Área	250
	Techo	2	0	36,75	0	0	0,00	0	0	0,00	18	18	36,75	
	Proa	1	13	16,8	0	0	218,40	0	0	0,00	W/persona	W/persona	W/m^2	
	Popa	13	2	16,8	0	0	436,80	0	0	0,00	120	76,8	2	
	Babor	13	2	26,8	0	0	696,80	0	0	0,00	W	W	W	
	Estribor	2	6	26,8	0	0	321,60	0	0	0,00				
	TOTAL							1673,60	TOTAL	0,00	2160	1382,4	73,5	
Salón común	Cubierta	2	0	116,7	0	0	0,00	0	0	0,00	Nº personas	Nº personas	Área	250
	Techo	2	0	116,7	0	0	0,00	0	0	0,00	23	23	116,65	
	Proa	6	2	39,7	0	0	476,40	0	0	0,00	W/persona	W/persona	W/m^2	
	Popa	6	2	39,7	0	0	476,40	0	0	0,00	120	76,8	2	
	Babor	6	6	35,5	0	0	1278,00	0	0	0,00	W	W	W	
	Estribor	6	2	35,5	0	0	426,00	0	0	0,00				
	TOTAL							2656,80	TOTAL	0,00	2760	1766,4	233,3	
Total por partidas							6864,12	-	-	12294,00	4680	2995,2	820,22	800

Total verano [W]	28453,54
------------------	----------

Tabla 13. Potencia requerida en verano

6.2 Condición de invierno

Se suponen condiciones exteriores de -20°C y se requerirán de una temperatura interior de 22°C . Cabe destacar que en la condición de invierno no se tendrán en cuenta ni la radiación solar ni el calor generado por las personas, debido a que son aportaciones térmicas. Realizando una tabla con los locales:

Compartimento	Mamparo	ΔT Invierno	Transmisión					Radiación solar			Personas	Renovación	Iluminación	Otros
			Kv	Av	Kg	Ag	Φt	ΔTr	Gs	Φs	Φp	Φrv	ΦI	Φo
Oficial máquinas 1	Cubierta	0	0	31,7	0	0	0,00	0	0	0,00	Nº personas	Nº personas	Área	0
	Techo	0	0	31,7	0	0	0,00	0	0	0,00	1	1	41,76	
	Proa	0	0,9	17,5	0	0	0,00	0	0	0,00	W/persona	W/persona	W/m ²	
	Popa	42	0,9	17,5	0	0	661,50	0	0	0,00	0	76,8	0	
	Babor	42	0,6	22,05	3,5	0,4	614,46	0	0	0,00	W	W	W	
	Estribor	5	2,5	22,05	0	0	275,63	0	0	0,00	W	W	W	
	TOTAL							1551,59	TOTAL	0,00	0	76,8	0	
Despacho capitán	Cubierta	0	0	29	0	0	0,00	0	0	0,00	Nº personas	Nº personas	Área	0
	Techo	0	0	29	0	0	0,00	0	0	0,00	1	1	29	
	Proa	0	0,9	17,5	0	0	0,00	0	0	0,00	W/persona	W/persona	W/m ²	
	Popa	0	0,9	17,5	0	0	0,00	0	0	0,00	0	76,8	0	
	Babor	42	0,6	20,3	3,5	0,4	570,36	0	0	0,00	W	W	W	
	Estribor	5	0,9	20,3	0	0	91,35	0	0	0,00	W	W	W	
	TOTAL							661,71	TOTAL	0,00	0	76,8	0	
Camarote Capitán	Cubierta	0	0	40,6	0	0	0,00	0	0	0,00	Nº personas	Nº personas	Área	0
	Techo	0	0	40,6	0	0	0,00	0	0	0,00	1	1	40,6	
	Proa	0	0,6	17,5	3,5	0,4	0,00	0	0	0,00	W/persona	W/persona	W/m ²	
	Popa	42	0,9	17,5	0	0	661,50	0	0	0,00	0	76,8	0	
	Babor	42	0,6	30,45	3,5	0,4	826,14	0	0	0,00	W	W	W	
	Estribor	5	0,9	30,45	0	0	137,03	0	0	0,00	W	W	W	
	TOTAL							1486,13	TOTAL	0,00	0	76,8	0	

Compartimento	Mamparo	ΔT Invierno	Transmisión					Radiación solar			Personas	Renovación	Iluminación	Otros
			Kv	Av	Kg	Ag	Φ t	ΔTr	Gs	Φ s	Φ p	Φ rv	Φ l	Φ o
	TOTAL					1624,67	TOTAL	0,00		0	76,8	0		
Oficial Máquinas 3	Cubierta	0	0	20,2	0	0	0,00	0	0	0,00	Nº personas	Nºpersonas	Área	0
	Techo	0	0	20,2	0	0	0,00	0	0	0,00	24	24	20,2	
	Proa	42	0,6	15,4	3,5	1,2	564,48	0	0	0,00	W/persona	W/persona	W/m^2	
	Popa	5	0,9	15,4	0	0	69,30	0	0	0,00	0	76,8	0	
	Babor	0	0,9	15,6	0	0	0,00	0	0	0,00	W	W	W	
	Estribor	0	0,9	15,6	0	0	0,00	0	0	0,00				
	TOTAL					633,78	TOTAL	0,00		0	1843,2	0		
Oficial Máquinas 2	Cubierta	0	0	20,2	0	0	0,00	0	0	0,00	Nº personas	Nºpersonas	Área	0
	Techo	0	0	20,2	0	0	0,00	0	0	0,00	24	24	20,2	
	Proa	42	0,6	15,4	3,5	1,2	564,48	0	0	0,00	W/persona	W/persona	W/m^2	
	Popa	5	0,9	15,4	0	0	69,30	0	0	0,00	0	76,8	0	
	Babor	0	0,9	15,6	0	0	0,00	0	0	0,00	W	W	W	
	Estribor	0	0,9	15,6	0	0	0,00	0	0	0,00				
	TOTAL					633,78	TOTAL	0,00		0	1843,2	0		
Oficial Puente 3	Cubierta	0	0	20,2	0	0	0,00	0	0	0,00	Nº personas	Nºpersonas	Área	0
	Techo	0	0	20,2	0	0	0,00	0	0	0,00	1	1	20,2	
	Proa	45	0,6	15,4	3,5	1,2	604,80	0	0	0,00	W/persona	W/persona	W/m^2	
	Popa	5	0,9	15,4	0	0	69,30	0	0	0,00	0	76,8	0	
	Babor	0	0,9	15,6	0	0	0,00	0	0	0,00	W	W	W	
	Estribor	0	0,9	15,6	0	0	0,00	0	0	0,00				
	TOTAL					674,10	TOTAL	0,00		0	76,8	0		
Oficial puente 2	Cubierta	0	0	20,2	0	0	0,00	0	0	0,00	Nº personas	Nºpersonas	Área	0
	Techo	0	0	20,2	3,5	1,2	0,00	0	0	0,00	1	1	20,2	
	Proa	42	0,6	15,4	0	0	388,08	0	0	0,00	W/persona	W/persona	W/m^2	

Compartimento	Mamparo	ΔT Invierno	Transmisión					Radiación solar			Personas	Renovación	Iluminación	Otros
			Kv	Av	Kg	Ag	Φ t	ΔTr	Gs	Φ s	Φ p	Φ rv	Φ l	Φ o
	Popa	5	0,9	15,4	0	0	69,30	0	0	0,00	0	76,8	0	
	Babor	0	0,9	15,6	0	0	0,00	0	0	0,00	W	W	W	
	Estribor	0	0,9	15,6	0	0	0,00	0	0	0,00				
	TOTAL							457,38	TOTAL		0,00	0	76,8	
Camarote Jefe máquinas	Cubierta	0	0	40,6	0	0	0,00	0	0	0,00	Nº personas	Nºpersonas	Área	0
	Techo	0	0	40,6	0	0	0,00	0	0	0,00	1	1	40,6	
	Proa	42	0,9	17,5	3,5	0,4	720,30	0	0	0,00	W/persona	W/persona	W/m^2	
	Popa	0	0,9	17,5	0	0	0,00	0	0	0,00	0	76,8	0	
	Babor	5	2,5	30,45	0	0	380,63	0	0	0,00	W	W	W	
	Estribor	42	0,9	30,45	3,5	0,4	1209,81	0	0	0,00				
	TOTAL							2310,74	TOTAL		0,00	0	76,8	
Despacho Jefe de máquinas	Cubierta	0	0	29	0	0	0,00	0	0	0,00	Nº personas	Nºpersonas	Área	0
	Techo	0	0	29	0	0	0,00	0	0	0,00	1	1	29	
	Proa	0	0,9	17,5	0	0	0,00	0	0	0,00	W/persona	W/persona	W/m^2	
	Popa	0	0,9	17,5	0	0	0,00	0	0	0,00	0	76,8	0	
	Babor	5	0,9	20,3	0	0	91,35	0	0	0,00	W	W	W	
	Estribor	42	0,9	20,3	3,5	0,4	826,14	0	0	0,00				
	TOTAL							917,49	TOTAL		0,00	0	76,8	
Oficial puente 1	Cubierta	0	0	31,7	0	0	0,00	0	0	0,00	Nº personas	Nºpersonas	Área	0
	Techo	0	0	31,7	0	0	0,00	0	0	0,00	25	25	31,7	
	Proa	0	0,9	17,5	0	0	0,00	0	0	0,00	W/persona	W/persona	W/m^2	
	Popa	42	0,9	17,5	0	0	661,50	0	0	0,00	0	76,8	0	
	Babor	5	2,5	22,05	0	0	275,63	0	0	0,00	W	W	W	
	Estribor	42	0,6	22,05	3,5	0,4	614,46	0	0	0,00				
	TOTAL							1551,59	TOTAL		0,00	0	1920	

Compartimento	Mamparo	ΔT Invierno	Transmisión					Radiación solar			Personas	Renovación	Iluminación	Otros
			Kv	Av	Kg	Ag	Φ t	ΔTr	Gs	Φ s	Φ p	Φ rv	Φ l	Φ o
Sala de reuniones	Cubierta	0	0	36,75	0	0	0,00	0	0	0,00	Nº personas	Nºpersonas	Área	0
	Techo	0	0	36,75	0	0	0,00	0	0	0,00	25	25	36,75	
	Proa	5	13	16,8	0	0	1092,00	0	0	0,00	W/persona	W/persona	W/m^2	
	Popa	5	2	16,8	0	0	168,00	0	0	0,00	0	76,8	0	
	Babor	5	2	26,8	0	0	268,00	0	0	0,00	W	W	W	
	Estribor	42	6	26,8	0	0	6753,60	0	0	0,00	W	W	W	
	TOTAL							8281,60	TOTAL	0,00	0	1920	0	
Salón común	Cubierta	0	0	116,65	0	0	0,00	0	0	0,00	Nº personas	Nºpersonas	Área	0
	Techo	0	0	116,65	0	0	0,00	0	0	0,00	25	25	116,65	
	Proa	5	2	39,7	0	0	397,00	0	0	0,00	W/persona	W/persona	W/m^2	
	Popa	5	2	39,7	0	0	397,00	0	0	0,00	0	76,8	0	
	Babor	42	6	35,5	0	0	8946,00	0	0	0,00	W	W	W	
	Estribor	5	2	35,5	0	0	355,00	0	0	0,00	W	W	W	
	TOTAL							10095,00	TOTAL	0,00	0	1920	0	
Total por partidas							21111,81	-	-	0,00	0	8064	0	0
Total invierno [W]							29175,81							

Tabla 14. Potencia requerida en invierno

Luego:

$$\Phi_{\text{verano}} = 28,454 \text{ [kW]}$$

$$\Phi_{\text{invierno}} = 29,176 \text{ [kW]}$$

6.3 Selección del equipo de aire acondicionado

No se considera el objeto de este cuaderno realizar un cálculo exacto de cada una de las cubiertas del buque.

Por ello, de una manera aproximada y para un cálculo preliminar, se realizará el cálculo de la potencia total de la planta de AC considerando unos requerimientos de potencia aproximadamente constantes en todas las cubiertas.

A partir de esta suposición se establece que:

$$\Phi_{\text{Verano Total}} = 6 \cdot 28,454 = 170 \text{ [kW]}$$

$$\Phi_{\text{Invierno Total}} = 6 \cdot 29,176 = 175 \text{ [kW]}$$

Se establecen dos unidades de la planta HH-PU 4 del fabricante Heinen&Hopman, cuyo catálogo se encuentra anexo al cuaderno, con una capacidad máxima de enfriamiento de 170 [kW] y de calefacción de 220 [kW].

7. GENERACIÓN DE AGUA DULCE

Partiendo de los consumos calculados en el cuaderno 4:

- Agua técnica 150 [t]
- Agua tripulación: 227 [t]

Se procede a calcular y realizar el dimensionamiento del sistema y sus componentes.

Se selecciona un sistema de suministro a través de depósitos de agua presurizados, regulado según la norma UNE-EN-ISO 15748-1 y 2, "Suministro de agua potable en buques y estructuras marinas".

El consumo de agua en buques portacontenedores no tiene comparación con el de buques de otra clase como los de transporte de pasajeros, por lo que el sistema de tanques parece el más adecuado.

7.1 Consumo de agua dulce

Para el dimensionamiento de dicho tanque se partirá de la norma UN-ISO 15748-2, donde se recoge en la tabla A.1 el consumo diario de agua potable por persona según el tipo de buque.

Tipo de buque		Grupo de personas embarcado	Consumo de agua cuando esté equipado con	
			sistema de aseos de gravedad	sistema de aseos de vacío
Buque de alta mar	Carguero	Tripulante/cama	220 l	175 l
	Buque de pasaje	Pasajero/cama	270 l	225 l
	Crucero de lujo	Pasajero/cama	–	275 l
	Trasbordador con cabinas	Pasajero/cama	205 l*	160 l*
		Pasajero sin cama	100 l	55 l
	Trasbordador sin cabinas	Pasajero sin cama	150 l	105 l
Tripulante sin cama		100 l	55 l	
Embarcación de navegación interior	Carguero	Tripulante/cama	mínimo 150 l	
	Buque de pasaje con cabinas	Pasajero/tripulante/cama	220 l	175 l
	Buque de pasaje sin cabinas	Tripulante/pasajero	100 l	
Buques especiales	Buque de investigación	por cama	220 l	175 l
	Buque auxiliar de las fuerzas armadas y mayores	Tripulante/cama	160 l	110 l
	Buque de las fuerzas armadas menor que un auxiliar	Tripulante/cama	100 l	55 l
Pesquero		Tripulante/cama	mínimo 150 l	
Plataforma "offshore"		Tripulante/cama	350 l	

* Sin lavandería a bordo.

Tabla 15. A.1 UNE-ISO 15748-2

Escogiendo el valor para buque carguero en alta mar, usando aseos con un sistema de vacío, el consumo por persona es de 175 [l/día].

Se realiza a continuación una estimación más precisa del consumo por tripulante:

Punto de servicio	Consumo por cada utilización	Frecuencia de uso por día	Consumo		
			Cantidad total de agua l/día	Agua fría l/día	Agua caliente ^a l/día
Lavabo de pared o pedestal	2	6 ×	12	5	7
Plato de ducha	60	2 ×	120	50	70
Retrete de gravedad ^b	10	6 ×	60	60	–
Retrete de vacío ^b	1,2	6 ×	8	8	–
Urinario ^b	3	5 ×	15 ^c	15 ^c	–
Zona de cocina	–	–	20	8	12
Lavandería ^b	–	–	38	15 ^d	23
Limpieza	–	–	5	2	3

^a Temperatura de 60 °C en la admisión de agua caliente.
^b Si se utiliza agua no potable se reduce el consumo de agua potable proporcionalmente.
^c El uso de urinarios reduce la utilización de retretes.
^d Consumo de los aparatos con conexiones al agua caliente.

Tabla 16. A.2 Consumo de agua en diferentes puntos por persona y día para buques de carga

Calculando a continuación los consumidores por persona y por tipo de agua, en base a los apuntes de la asignatura “Proyecto de buques y artefactos II”:

Consumidores	Consumos estimados [l/día]		
	Total	Agua fría	Agua Caliente
Lavabo	12	5	7
Ducha	120	50	70
WC Vacío	8	8	-
Lavadora	38	38	-
Cocina (general)	20	8	12
Limpieza	5	2	3
Total por tripulante [l/(día·tripulante)]	203	111	92
Total [l/día]	6496	3552	2944

Tabla 17. Consumos de agua dulce por tripulante

7.2 Planta de generación de agua dulce

Al ser un consumo razonablemente bajo, 6,5 [t/día], se opta por emplear un sistema de ósmosis. En concreto el modelo ARUBA 300, del fabricante AQUA-BASE, capaz de generar 300 [l/h], correspondiente a 7,2 [t/día].

ARUBA premium Range					
Capacity	Model	Voltage		Electricity consumption	Weight
		Single phase	Three phase		
60 L/h	ARUBA 60 premium	230 V	400 or 440 V	1.5 kW	61 kg
120 L/h	ARUBA 120 premium			1.8 kW	68 kg
180 L/h	ARUBA 180 premium			2.2 kW	75 kg
240 L/h	ARUBA 240 premium			2.6 kW	82 kg
300 L/h	ARUBA 300 premium			3.4 kW	92 kg
ARUBA comfort Range					
60 L/h	ARUBA 60 comfort	115 or 230 V	400 or 440 V	1.5 kW	61 kg
120 L/h	ARUBA 120 comfort			1.8 kW	68 kg
180 L/h	ARUBA 180 comfort			2.2 kW	75 kg
240 L/h	ARUBA 240 comfort			2.6 kW	82 kg
300 L/h	ARUBA 300 comfort	230 V		3.4 kW	92 kg

Ilustración 9. Planta generadora de agua dulce

7.3 Circuitos de agua

Se dimensionará a continuación el sistema de bombeo de agua dulce, distinguiendo dos circuitos, el de agua caliente y el de agua fría.

7.3.1 Compartimentos tipo

En primer lugar se calculará el consumo de los distintos compartimentos tipo, que permitan realizar un estudio de consumos por cubierta:

Local	Consumidor	Presión [Bar]	Caudal agua total [l/s]	Caudal agua fría [l/s]	Caudal agua caliente [l/s]
Aseo ducha	Llave ducha	1	0,3	0,15	0,15
	Llave lavabo	1	0,14	0,07	0,07
	WC Vacío	1,5	0,3	0,3	-
	Total		0,74	0,52	0,22
Aseo	Llave lavabo	1	0,14	0,07	0,07
	Retrete de vacío	1	0,3	0,3	-
	Total		0,44	0,37	0,07
Lavandería	Lavandería	1,5	0,5	0,5	0
Cocina	Fregadero	1	0,3	0,15	0,15
	Pela-patas	1	0,13	0,13	-
	Grifo	1	0,05	0,05	-
	Lavavajillas	1	0,15	0,15	-
	Total		0,63	0,48	0,15

Tabla 18. Consumidores por tipo de local

7.3.2 Caudales por cubierta

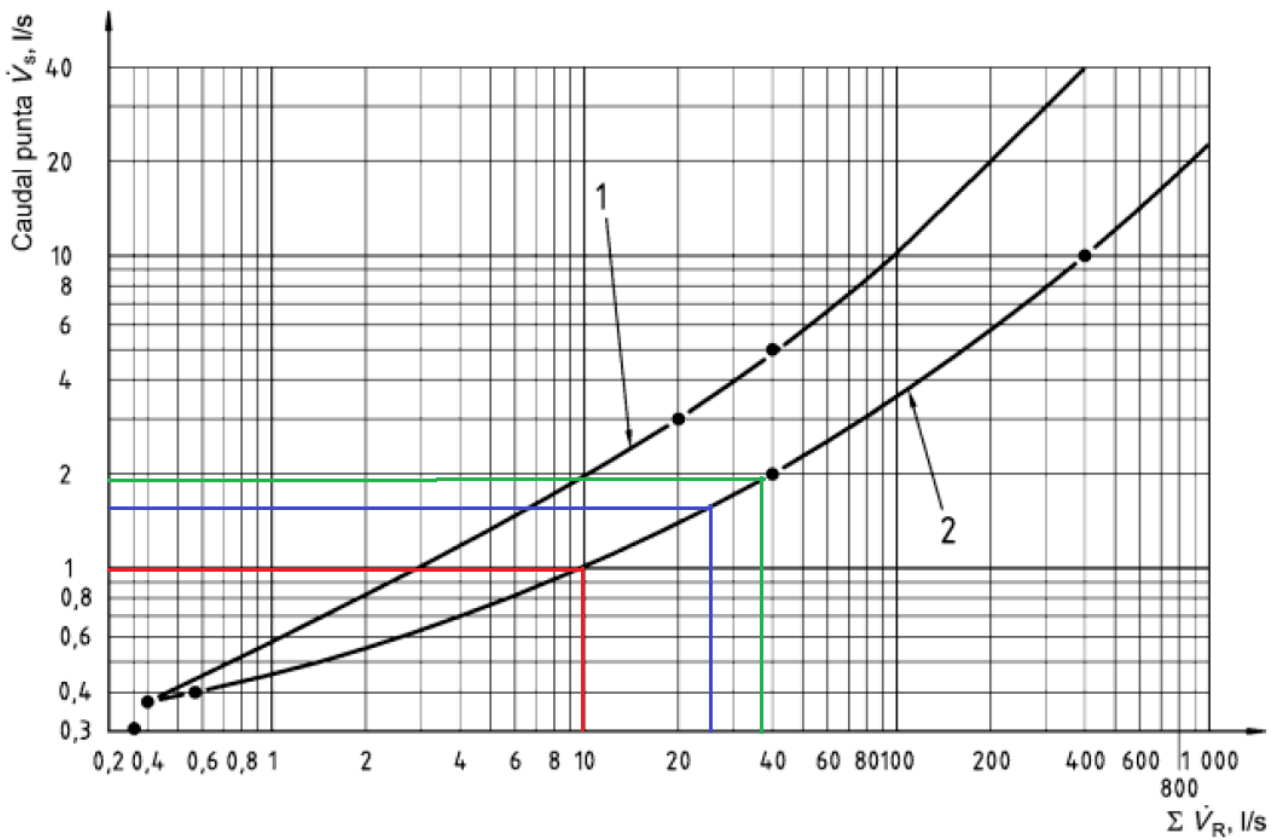
A partir de estos consumidores se realiza el cálculo del consumo por cubiertas:

Cubierta	Servicio		Cantidad	Q fría	Q caliente	Ramal cubierta		Ramal vertical		
						Q fría	Q caliente	Q fría	Q caliente	
						[l/s]	[l/s]	[l/s]	[l/s]	
C -1	Lavandería		1	0,5	0	0,87	0	0,87	0	
	Aseo		1	0,37	0,07					
C Ppal	Vestuarios	M	Aseo Ducha	1	0,52	5,17	1,82	6,04	1,82	
		F	Aseo Ducha	1	0,52					
		Gimnasio	Aseo Ducha	3	1,56					
	Aseo		3	1,11	0,21					
	Enfermería	Aseo ducha		2	1,04					0,44
		Grifo		2	0,05					0
	Despacho médico		Aseo	1	0,37					0,07
C1	Aseo		3	1,11	0,21	1,59	0,36	7,63	2,18	
	Cocina		1	0,48	0,15					
C2	Aseo Ducha		12	6,24	2,64	6,61	2,71	14,24	4,89	
	Aseo		1	0,37	0,07					
C3	Aseo Ducha		12	6,24	2,64	6,61	2,71	20,85	7,6	
	Aseo		1	0,37	0,07					
C4	Aseo Ducha		8	4,16	1,76	4,53	1,83	25,38	9,43	
	Aseo		1	0,37	0,07					
Puente	Aseo		1	0,37	0,07	0,37	0,07	25,75	9,5	
TOTAL								25,75	9,5	

Tabla 19. Consumidores por cubierta

Se obtiene un caudal total $Q_t = 35,25$ [l/s].

Es necesario a continuación calcular el caudal punta que, a partir de los apuntes de la asignatura “Proyecto de buques y artefactos II”, se obtiene de la siguiente gráfica:



- Leyenda**
 1 Buque de pasaje
 2 Buque de carga

Fig. A.3 – Caudal punta \dot{V}_s en función de la suma de caudales $\Sigma \dot{V}_R$

Gráfico 1. Caudal punta

Obteniendo los siguientes caudales punta:

$$Q_{Fría} = 1,6 [l/s]$$

$$Q_{Caliente} = 0,98 [l/s]$$

$$Q_{Total} = 1,9 [l/s]$$

7.3.3 Presiones de suministro

A continuación se calculan las presiones correspondientes a las pérdidas de carga de cada tramo, considerando las siguientes velocidades:

- 2,5 [m/s] en la sala de máquinas y tronco de máquinas.
- 2,0 [m/s] en espacios públicos.
- 1,4 [m/s] en las cubiertas de alojamientos.
- 1,0 [m/s] en la enfermería.
- 1,0 [m/s] en las líneas de aspiración.
- 0,5 [m/s] en las líneas de circulación.

A partir del caudal punta y a partir de la tabla A.11, se establecen los diámetros nominales para las tuberías de la instalación y las pérdidas de carga del consumidor más desfavorable.

Tabla A.11
Caudales punta, anchuras nominales y presiones diferenciales para tuberías de cobre y acero inoxidable

Caudal punta \dot{V}_S l/s	Velocidad del flujo v m/s							
	1		1,4		2		2,5	
	Anchura nominal	Presión diferencial	Anchura nominal	Presión diferencial	Anchura nominal	Presión diferencial	Anchura nominal	Presión diferencial
	DN	R mbar/m	DN	R mbar/m	DN	R mbar/m	DN	R mbar/m
0,2	15	20,0	12	50	10	125	10	220
0,3	20	14,0	15	36	12	95	12	170
0,45	25	11,0	20	27	15	70	15	130
0,7	32	8,0	25	20	20	52	20	95
1,0	40	6,0	32	15	25	40	25	75
1,5	40/50	4,8	40	11,5	32	30	32	55
2,25	50	3,5	50	8,6	40	23	32	42
3,5	65	2,6	65	6,5	50	16,5	40	30
5,25	80	1,9	65	4,7	65	12	50	23
8,0	100	1,5	80	3,7	65	9,5	65	17

NOTA – Las presiones diferenciales mencionadas incluyen las pérdidas debidas a los codos, ramales, válvulas, etc. La presiones diferenciales debidas al rozamiento en las tuberías son muy pequeñas para una temperatura del orden de hasta 60 °C; por lo tanto se considera despreciable este diferencial de presión.

Tabla 20. A.11, Diámetros nominales para caudales punta

Se calcularán a continuación los dos circuitos que componen el sistema, el de suministro y el de recirculación.

7.3.1.1 Pérdidas de carga al consumidor más desfavorable

Calculando las pérdidas para el suministro de agua fría:

Pérdida de carga de la ruta más larga en el circuito de suministro de agua fría								
Nomenclatura		Longitud del tramo [m]	Caudal agua fría [l/s]	Caudal punta [l/s]	Velocidad máxima [m/s]	Diámetro nominal [mm]	Diferencia de presión [mbar/m]	Pérdidas de carga [mbar]
Tronco	C4 - Puente	3,5	0,37	0,35	1,4	20	27	94,5
Tronco	C3 - C4	3,5	4,9	0,75	1,4	32	15	52,5
Tronco	C2 - C3	3,5	9,43	1	1,4	32	15	52,5
Tronco	C1 - C2	3,5	16,04	1,2	1,4	40	11,5	40,25
Tronco	Cppal - C1	14,5	22,65	1,6	1,4	50	8,6	124,7
Tronco	C -1 - Cppal	3,5	24,24	1,7	1,4	50	8,6	30,1
Tronco	Tanque- C-1	142	29,41	1,8	1,4	50	8,6	1221,2
Ramal	Puente	4,5	0,37	0,35	2	15	70	315
Total [Bar]								1,93

Tabla 21. Pérdidas de carga del suministro de agua fría al consumidor más desfavorable

Calculando las pérdidas para el suministro de agua caliente:

Pérdida de carga de la ruta más larga en el circuito de suministro de agua caliente								
Nomenclatura		Longitud del tramo [m]	Caudal agua caliente [l/s]	Caudal punta [l/s]	Velocidad máxima [m/s]	Diámetro nominal [mm]	Diferencia de presión [mbar/m]	Pérdidas de carga [mbar]
Tronco	C4 - Puente	3,5	0,07	0,05	1,4	12	50	175
Tronco	C3 - C4	3,5	1,9	0,4	1,4	20	27	94,5
Tronco	C2 - C3	3,5	3,73	0,6	1,4	25	20	70
Tronco	C1 - C2	3,5	6,44	0,72	1,4	32	15	52,5
Tronco	Cppal - C1	14,5	9,15	1	1,4	32	15	217,5
Tronco	C -1 - Cppal	3,5	9,51	1,1	1,4	40	11,5	40,25
Tronco	Tanque- C-1	142	11,33	1,2	1,4	40	11,5	1633
Ramal	Puente	4,5	0	0,05	2	10	125	562,5
TOTAL [Bar]								2,85

Tabla 22. Pérdidas de carga del suministro de agua caliente al consumidor más desfavorable

7.3.1.2 Altura de bombeo

A partir de la disposición general del buque se obtiene una altura total de 63,5 [m] desde la cámara de bombas, hasta la cubierta del puente.

Esto se corresponde a una presión de 6,47 [Bar].

Altura de bombeo suministro agua fría	
Partida	P [Bar]
Geométrica	6,47
Pérdidas de carga	1,93
Válvulas y accesorios	1,84
Presión mínima	1,5
Margen	10%
Total	12,92

Tabla 23. Altura bombeo suministro de agua fría

Análogamente, para el suministro de agua caliente:

Altura de bombeo suministro agua caliente	
Partida	P [Bar]
Geométrica	6,47
Pérdidas de carga	2,85
Válvulas y accesorios	2,48
Presión mínima	1,5
Margen	10%
Total	14,63

Tabla 24. Altura bombeo suministro agua caliente

7.3.4 Dimensionamiento de las bombas de suministro

Tomando un margen del 10% de igual manera en el caudal total:

$$Q_{Bomba} = 1,9 \cdot 1,1 = 2,09 \text{ [l/s]} = 7,52 \text{ [m}^3\text{/h]}$$

A partir de la altura más desfavorable, añadiendo un margen de 2 [mca]:

$$H_{Bomba\ Suministro} = 16,63 \text{ [mca]}$$

Se selecciona una bomba centrífuga de doble turbina del catálogo anexo, modelo FC 25-2E, que aporta una altura de 34 [mca] con un caudal de 2,22 [l/s]. Con una potencia de 1,5 [kW].

7.4 Dimensionamiento del circuito de recirculación

Calculando las pérdidas de carga para la recirculación de agua fría:

Pérdida de carga de la ruta más larga del circuito de recirculación de agua fría								
Nomenclatura		Longitud del tramo [m]	Caudal agua fría [l/s]	Caudal punta [l/s]	Velocidad máxima [m/s]	Diámetro nominal [mm]	Diferencia de presión [mbar/m]	Pérdidas de carga [mbar]
Tronco	C4 -Puente	3,5	0,37	0,35	1,4	20	27	94,5
Tronco	C3 - C4	3,5	4,9	0,75	1,4	32	15	52,5
Tronco	C2 - C3	3,5	9,43	1	1,4	32	15	52,5
Tronco	C1 - C2	3,5	16,04	1,2	1,4	40	11,5	40,25
Tronco	Cppal - C1	14,5	22,65	1,6	1,4	50	8,6	124,7
Tronco	C -1 - Cppal	3,5	24,24	1,7	1,4	50	8,6	30,1
Tronco	Tanque-C-1	142	29,41	1,8	1,4	50	8,6	1221,2
Ramal	Puente	4,5	0,37	0,35	2	15	70	315
Tronco	Puente-C4	3,5	4,16	0,35	1,4	20	27	94,5
Tronco	C4-C3	3,5	9,43	0,75	1,4	32	15	52,5
Tronco	C3-C2	3,5	16,04	1	1,4	32	15	52,5
Tronco	C2-C1	3,5	22,65	1,2	1,4	40	11,5	40,25
Tronco	C1-Cppal	14,5	24,24	1,6	1,4	50	8,6	124,7
Tronco	Cppal-C-1	3,5	29,41	1,7	1,4	50	8,6	30,1
Tronco	C-1-Tanque	142	30,28	1,8	1,4	50	8,6	1221,2
								2,3

Tabla 25. Pérdidas de carga de la recirculación de agua fría al consumidor más desfavorable

Análogamente, en el circuito de agua caliente:

Pérdida de carga de la ruta más larga del circuito de recirculación de agua caliente								
Nomenclatura		Longitud del tramo [m]	Caudal agua caliente [l/s]	Caudal punta [l/s]	Velocidad máxima [m/s]	Diámetro nominal [mm]	Diferencia de presión [mbar/m]	Pérdidas de carga [mbar]
Tronco	C4 -Puente	3,5	0,07	0,05	1,4	12	50	175
Tronco	C3 - C4	3,5	1,9	0,4	1,4	20	27	94,5
Tronco	C2 - C3	3,5	3,73	0,6	1,4	25	20	70
Tronco	C1 - C2	3,5	6,44	0,72	1,4	32	15	52,5
Tronco	Cppal - C1	14,5	9,15	1	1,4	32	15	217,5
Tronco	C -1 - Cppal	3,5	9,51	1,1	1,4	40	11,5	40,25
Tronco	Tanque-C-1	142	11,33	1,2	1,4	40	11,5	1633

Pérdida de carga de la ruta más larga del circuito de recirculación de agua caliente								
Nomenclatura		Longitud del tramo [m]	Caudal agua caliente [l/s]	Caudal punta [l/s]	Velocidad máxima [m/s]	Diámetro nominal [mm]	Diferencia de presión [mbar/m]	Pérdidas de carga [mbar]
Ramal	Puente	4,5	0	0,05	2	10	125	562,5
Tronco	Puente-C4	3,5	0,07	0,05	1,4	12	50	175
Tronco	C4-C3	3,5	1,9	0,4	1,4	20	27	94,5
Tronco	C3-C2	3,5	3,73	0,6	1,4	25	20	70
Tronco	C2-C1	3,5	6,44	0,72	1,4	32	15	52,5
Tronco	C1-Cppal	14,5	9,15	1	1,4	32	15	217,5
Tronco	Cppal-C-1	3,5	9,51	1,1	1,4	40	11,5	40,25
Tronco	C-1-Tanque	142	11,33	1,2	1,4	40	11,5	1633
Total (Bar)								3,7

Tabla 26. Pérdidas de carga de la recirculación de agua caliente en el consumidor más desfavorable

7.4.1 Dimensionamiento de las bombas de recirculación

A continuación se calcula la altura de la columna de agua a elevar. Esta se considerará igual para los dos ramales.

Altura de bombeo circulación agua caliente	
Partida	P [Bar]
Pérdidas de carga	5,1
Válvulas y accesorios	2,48
Margen	10%
TOTAL	8,37

Altura de bombeo circulación agua fría	
Partida	P [Bar]
Pérdidas de carga	3,5
Válvulas y accesorios	1,84
Margen	10%
TOTAL	5,93

Tabla 27. Altura bombas de circulación

El caudal de recirculación se toma igual al de suministro 2,09 [l/s]. Y se toma la altura más desfavorable con un margen de 2 [mca], 15,86 [mca].

Se selecciona la misma bomba que en el caso de la bomba de suministro FC 25-2E.

7.5 Dimensionamiento de los calentadores

A partir de la norma UNE-EN ISO 15748-2, se establecen calentadores de almacenamiento capaces de abastecer la demanda punta de agua caliente, en un margen de 2h, al ser un buque de carga general. Así mismo, deberá garantizar el suministro de agua caliente en puerto.

Volumen de los calentadores se obtiene de la tabla A.6 de la norma anteriormente mencionada:

Tabla A.6

Valores guía de los volúmenes de los calentadores de agua, potencia de calentamiento y calentadores adicionales

Número de personas	Volumen del calentador de agua l	Potencia de calentamiento kW	Tiempo de calentamiento desde 10 °C hasta 65 °C min	Cantidad en l de agua mezclada de 40 °C a producir en		Potencia de calentamiento adicional kW
				1 h	2 h	
1 a 10	200	15	51	660	1 030	8
	300	10	115	680	930	5
11 a 20	400	30	51	1 320	2 060	15
	650	20	125	1 440	1 940	10
21 a 30	650	40	62	1 940	2 920	20
	1 000	20	192	1 960	2 450	10
31 a 50	1 000	40	96	2 450	3 440	20
	1 500	25	230	2 820	3 440	13
51 a 75	1 000	80	48	3 440	5 400	40
	1 500	60	96	3 680	5 160	30
	2 000	40	192	3 930	4 910	20
76 a 100	2 000	80	96	4 910	6 880	40
	3 000	40	288	5 400	6 380	20
101 a 150	3 000	100	115	6 880	9 330	50
	5 000	40	480	8 350	9 330	20
151 a 200	3 000	160	72	8 350	12 280	60
	5 000	100	192	9 820	12 280	50
201 a 300	5 000	200	96	12 280	17 200	60
	7 000	150	179	14 000	17 690	50
301 a 500	7 000	300	90	17 690	25 060	70
	10 000	200	192	19 650	24 570	60
501 a 700	7 000	400	67	20 140	29 970	80
	10 000	300	128	22 110	29 480	70
701 a 1 000	10 000	550	70	28 250	41 770	100

NOTA 1 – Por regla general, no se utilizan calentadores individuales de agua de más de 3 000 l de capacidad. Para demandas superiores de agua se deben instalar dos o más calentadores de agua de un tamaño apropiado, o calentadores de flujo continuo.

NOTA 2 – Para cada número de personas se indican dos posibilidades de volumen de agua.

NOTA 3 – La columna “Potencia de calentamiento adicional” tiene en cuenta el suministro de agua potable que hay que asegurar en puerto (véase el apartado 11.1).

Tabla 28. Dimensionamiento de calentadores.

A partir del número de tripulantes, se establece un calentador de 1000 [l] de agua, con una potencia de calentamiento de 40 [kW], con un tiempo de calentamiento de 96 minutos, con una cantidad de agua mezclada de 2450 [l] en una hora y 3440 [l] en dos horas.

7.6 Tanque hidróforo

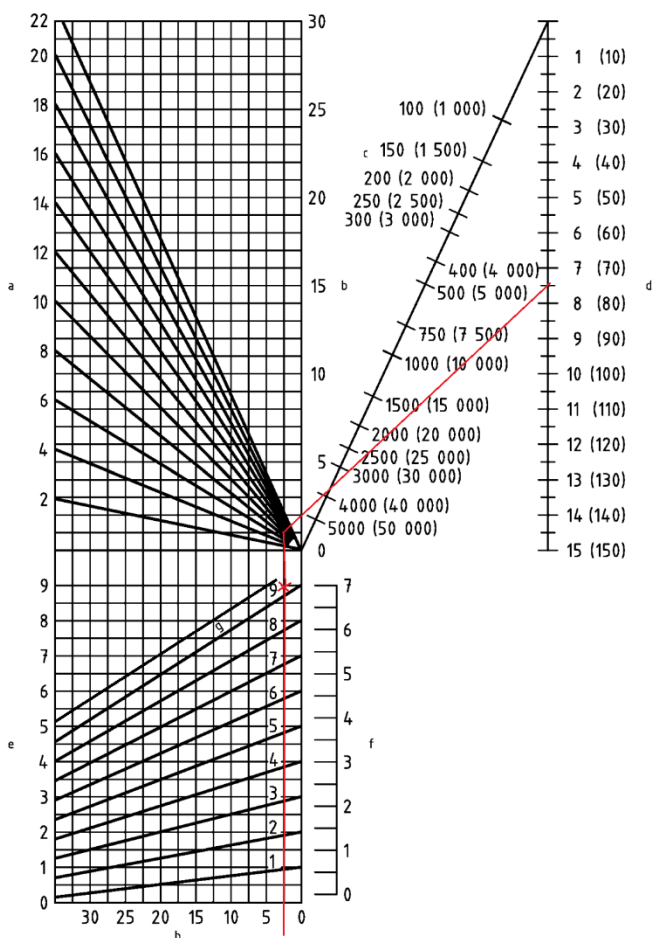
Se empleará un tanque hidróforo que permita mantener una presión adecuada en el sistema de circulación de agua dulce de manera que las bombas no estén constantemente encendiéndose y apagándose, generando puntas de intensidad y calentamiento, así como deteriorando sus componentes.

Se realiza la selección del tanque mediante la norma 8.2, donde se marca la frecuencia de puestas en marcha situada entre 6 y 8 funcionamientos por hora. Para el caso del buque proyecto se escoge la situación de 8 funcionamientos por hora.

Así mismo, se indica en la norma que la diferencia de presión entre la presión de corte y de puesta en marcha tiene que pertenecer al intervalo de 1 y 2 [Bar]. Para minimizar el sufrimiento de las bombas se escoge una diferencia de presiones de 1,8 [Bar].

La precompresión deberá de ser 0,3 Bar de la presión de corte de la bomba, por lo que la presión de puesta en marcha de la bomba será de 8,37 [Bar]. La presión de corte será de 1,5 [bar] de sobrepresión, resultando la presión de corte del buque proyecto en 9,87 [Bar].

Mediante el siguiente gráfico obtenido de los apuntes de la asignatura *Proyectos del buque y artefactos II* se realiza la selección de la capacidad del tanque:



Se obtiene de esta manera un volumen de tanque hidróforo de 4000 [l] con un porcentaje de utilización del depósito efectiva de un 2,5 %.

Gráfica 2. Cálculo del tanque hidróforo

8. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Será necesaria una planta con capacidad suficiente para tratar todas las aguas residuales producidas a bordo.

Teniendo en cuenta las exigencias del MARPOL, Anexo IV, Capítulo 3, Regla tercera, “Sistemas de tratamiento de aguas sucias”, sumado a lo definido por las normas UNE-EN ISO 15749-1 y UNE-EN ISO 15749-2, en el buque se instalará una planta de tratamiento de aguas residuales unido a un tanque de almacenamiento.

En el cuaderno 4 se dimensionaron los tanques, resultando en dos tanques simétricos de 6 [t].

Pero se recalculará a partir de la norma anterior mente mencionada con la siguiente tabla de cantidades mínimas de deshecho.

Tabla 2
Cantidad mínima de agua de desecho

Tipo de buque	Cantidad mínima de agua de desecho por persona y día en litros			
	Planta sin vacío		Planta con vacío	
	Aguas negras	Aguas negras y grises	Aguas negras	Aguas negras y grises
Buques de pasaje	70	230	25	185
Buques de alta mar exceptuando los de pasaje	70	180	25	135
Los buques costeros pueden conservar los valores recomendados por las autoridades responsables.				
NOTA – Estos valores son los recomendados. Hay que considerar las posibles variaciones debidas a los reglamentos nacionales o a las recomendaciones de las sociedades de clasificación.				

Tabla 29. Cantidad mínima de deshecho

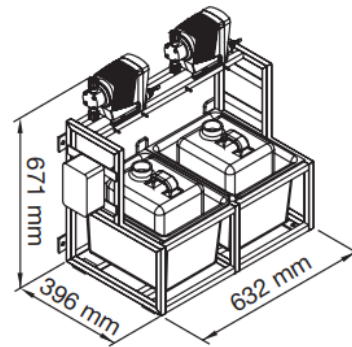
Al ser una planta con sistema de vacío se toman 135 [l/(persona·día)], calculando la capacidad:

$$C_{planta} = 135 \cdot 31 = 4185 [l/día]$$

Para el tratamiento se escoge la planta del fabricante Wartsila, Small STC-13 series:

Chemical Dosing Unit (Loose Supply)

STC02-13 and STC03-13



WEIGHTS & DIMENSIONS

Model No.	IMO Certified* (litres/day)	Dimensions** (mm)			Weight Full** (kg)
		A	B	C	
STC01-13	1740	1890	1400	1181	1550
STC02-13	3120	2518	1863	1336	3030
STC03-13	4660	2622	1863	1681	3959
STC04-13	6010	2722	2080	1821	5027
STC06-13	9360	3072	2280	1971	7367

*IMO certificate issued by Lloyd's Register **Weights and dimensions based on one pump and one compressor variant

Ilustración 10. Planta de tratamiento de aguas residuales.

Se escoge la planta STC03-13 con una capacidad de 4660 [l/día].

9. TRATAMIENTO DE BASURAS

El MARPOL establece en el Anexo V, Regla 4, "Descarga de basuras fuera de las zonas especiales", establece que las basuras se tirarán cuando el buque se encuentre en ruta, y tan lejos como sea posible de la tierra más próxima, prohibiéndose en todo caso si el buque se encuentra:

- 3 millas en caso de residuos que hayan pasado por un triturador con criba inferior a 25mm
- 12 millas en caso de residuos de alimentos que no se traten con conformidad al apartado anterior.
- 12 millas en caso de los residuos de carga que no puedan recuperarse mediante los métodos disponibles normalmente para su descarga.

Los agentes aditivos o de limpieza de bodegas de carga y aguas de limpieza de cubierta podrán descargarse al mar en caso de no ser perjudiciales para el medio marino.

Una vez establecidos los requisitos, se instalarán los siguientes sistemas para cumplir con estos:

- Trituradora de residuos orgánicos
- Compactadora
- Incinerador

Se escoge el sistema de Evac, UMS 5050, cuyo catálogo se encuentra en el Anexo 4.

10. LASTRE

Partiendo de la capacidad de tanques y su distribución, obtenida en los cuadernos 3 y 4 se procederá a diseñar el sistema de lastre del buque.

Tanques de lastre				
Tanque	Capacidad [t]	LCG [m]	TCG [m]	VCG [m]
BW01 B DF	431,792	9,323	-5,806	14,937
BW01 E DF	431,792	9,323	5,806	14,937
BW01 B	279,219	7,93	-25,451	26,82
BW01 E	279,219	7,93	25,451	26,82
BW02 B DF	224,681	35,728	-1,917	1,772
BW02 E DF	224,681	35,728	1,917	1,772
BW02 B	833,599	30,743	-25,438	26,385
BW02 E	833,599	30,743	25,438	26,385
BW03 B DF	1855,351	146,078	-12,651	1,433
BW03 E DF	1855,351	146,078	12,651	1,433
BW03 B	896,635	151,696	-25,496	17,857
BW03 E	896,635	151,696	25,496	17,857
BW04 B DF	1796,405	171,938	-12,612	1,435
BW04 E DF	1796,405	171,938	12,612	1,435
BW04 B	1501,817	171,901	-25,481	17,936
BW04 E	1501,817	171,901	25,481	17,936
BW05 B DF	1808,497	197,745	-12,353	1,442
BW05 E DF	1808,497	197,745	12,353	1,442
BW05 B	1408,861	197,472	-25,401	18,47
BW05 E	1408,861	197,472	25,401	18,47
BW06 DF B	1700,565	223,833	-11,68	1,46
BW06 DF E	1700,565	223,833	11,68	1,46
BW06 B	1039,099	222,722	-25,253	20,58
BW06 E	1039,099	222,722	25,253	20,58

Tanques de lastre				
Tanque	Capacidad [t]	LCG [m]	TCG [m]	VCG [m]
BW07 DF	2296,149	246,985	0	1,494
BW08 B DF	1083,711	269,149	-8,01	1,545
BW08 E DF	1083,711	269,149	8,01	1,545
BW08 B	254,074	268,539	-25,182	29,747
BW08 E	254,074	268,539	25,182	29,747
BW09 B DF	634,27	294,596	-4,737	1,594
BW09 E DF	634,27	294,596	4,737	1,594
BW09 B	135,673	294,787	-25,043	31,833
BW09 E	135,673	294,787	25,043	31,833
BW10 B DF	218,167	315,965	-2,92	1,613
BW10 E DF	218,167	315,965	2,92	1,613
BW10 B	61,079	319,01	-24,584	33,303
BW10 E	61,079	319,01	24,584	33,303
BW11 DF	243,137	341,216	0	1,641
BW11 B	38,827	343,551	-21,492	34,326
BW11 E	38,827	343,551	21,492	34,326
Pique popa	10992,204	-5,012	0	25,273
Pique proa	7036,964	356,364	0	26,516

Tabla 30. Capacidad de los tanques de lastre

La disposición de tanques se encuentra en el anexo.

Se considerará para el cálculo la situación más desfavorable correspondiente a la situación de navegación en lastre donde, según lo calculado en el Cuaderno 5, se requieren 29398 [t] de lastre en la salida de puerto.

La situación de lastre no es habitual en la operación del buque por lo que el tiempo de lastrado en esta condición se establecerá de 10 [h].

Partiendo de estas condiciones se procede a realizar el diseño del sistema en base a las normativas del SOLAS y la IMO.

10.1 Consideraciones previas

Partiendo de la normativa de la IMO, “*Convenio sobre la gestión del agua de lastre*”, el buque ha de cumplir los siguientes requisitos a la hora de diseñar el sistema de aguas de lastre:

REGLA D-2:

Los buques que efectúen la gestión del agua de lastre en conformidad de la presente regla descargarán menos de 10 organismos viables por metro cúbico, cuyo tamaño mínimo sea igual o superior a 50 micras y menos de 10 organismos viables por mililitro cuyo tamaño sea inferior a 50 micras y superior a 10 micras.

Así mismo, la IMO establece que los buques deberán realizar un cambio de aguas de lastre con uno de los siguientes métodos:

Método secuencial: El tanque destinado al almacenaje de agua de lastre se vacía y a continuación, se llena con agua de reemplazo para lograr un mínimo del 95% de intercambio. El vaciado de ciertos tanques puede conducir a una estabilidad reducida y mayores tensiones estructurales de la embarcación, por lo que el empleo de este método y sus condiciones tendrá que ir reflejado en el libro de carga del propio buque.

Método de flujo continuo: En este método el agua de lastre de reemplazo se bombea al tanque de lastre por el fondo de manera continua de tal forma que fluya por el desbordamiento del tanque. Es necesario que el volumen de agua intercambiada sea tres veces el volumen del tanque para asegurar el 95% de efectividad en la eliminación de organismos. Este método no afecta gravemente a la estabilidad del buque, sin embargo, al usar sistemas de bombeo continuos estos tendrán que estar correctamente dimensionados y serán utilizados con las precauciones pertinentes.

Método de dilución: En este proceso el lastre de reemplazo se entra al tanque por la parte superior y este se descarga por la parte inferior al mismo caudal de entrada manteniendo un nivel constante en todo momento. Se debe bombear tres veces el volumen del tanque para asegurar el 95% de efectividad en la eliminación de organismos. En este método la estabilidad tampoco es un factor crucial. La principal ventaja de este método es que, al salir el agua por la parte inferior del tanque, la evacuación de sedimentos que pudieran encontrarse.

Normalmente a los métodos de dilución y flujo continuo se les denomina conjuntamente “pump-through”, o métodos de bombeo.

Por el bien de la integridad del buque, y para minimizar los potenciales problemas de estabilidad que puede causar el remplazo completo del agua de lastre, se decide utilizar el método de **flujo continuo** para realizar el cambio de aguas de lastre.

10.2 Diseño del sistema de filtrado

El caudal de diseño del sistema se calcula en función de la cantidad de lastre requerida y las horas de descarga:

$$Q_{\text{Lastrado}} = \frac{29398}{10} = 2939,8 \left[\frac{t}{h} \right] = 2939,8 \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

Como se ha visto en el apartado anterior, se requiere de un sistema de filtrado homologado por la IMO para la descarga del lastre del buque, este sistema se instalará entre las bombas y los tanques de lastre de tal forma que el agua pase por este filtro antes de llegar al tanque.

Se escoge particularmente un sistema estándar compuesto por un filtro físico primario (de distintas etapas), que elimine partículas grandes en suspensión, y a continuación un sistema de lámparas UV para matar cualquier microorganismo que todavía pudiera permanecer tras el filtrado. Se escoge en particular el sistema "HiBallast" de Hyundai Heavy Industries.

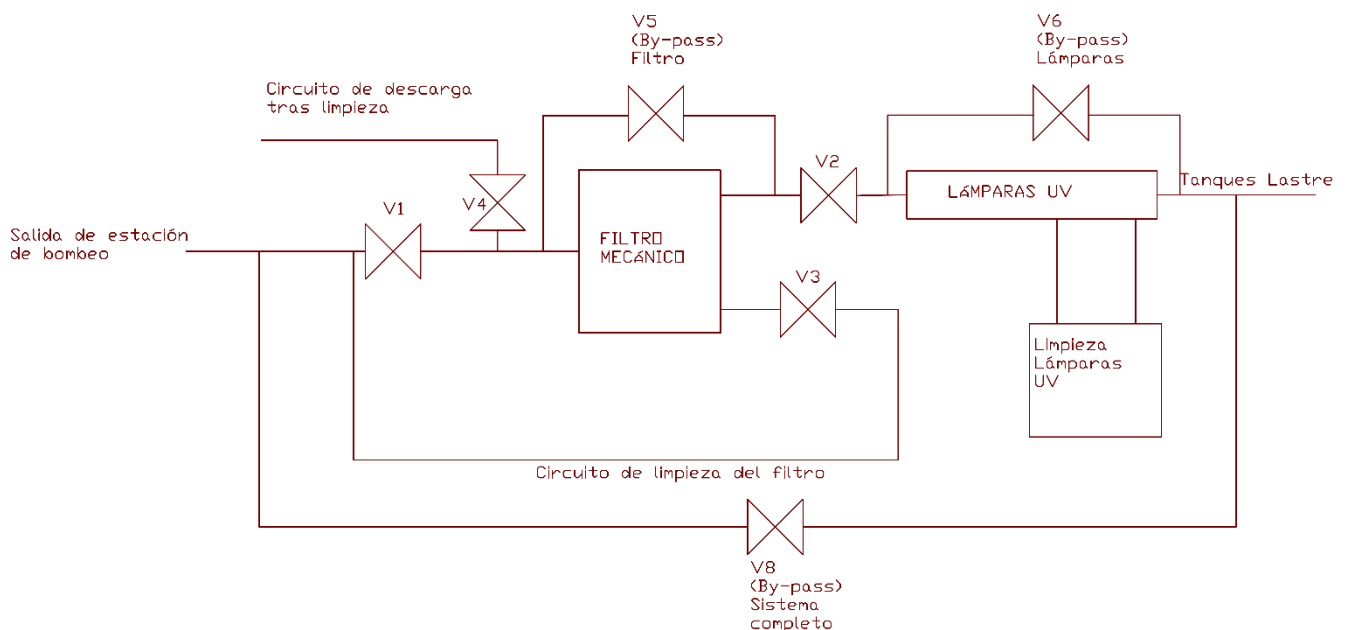


Ilustración 11. Sistema de filtrado

10.3 Diseño del circuito

A partir de los Cuadernos 7 y 10, las bombas de lastre se situaron en la cubierta inferior 1 de la cámara de máquinas, en popa.

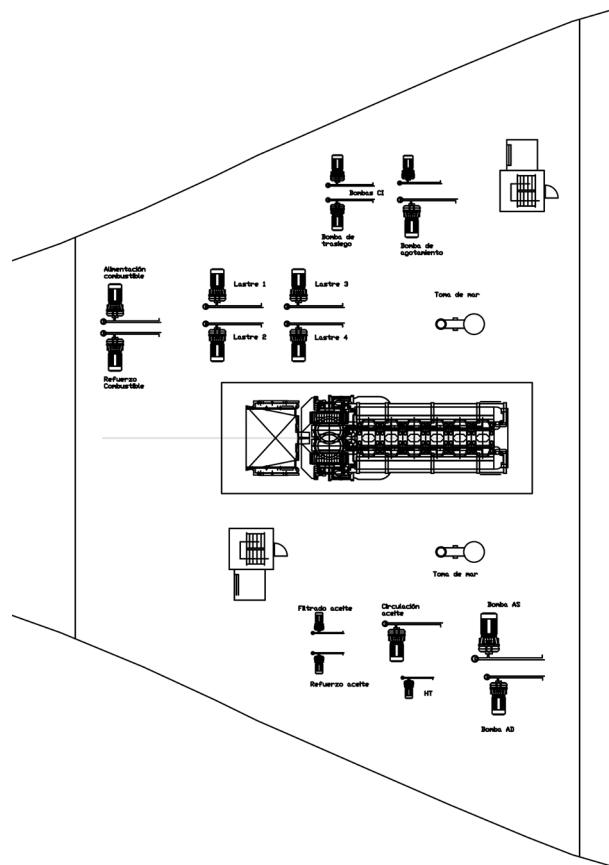


Ilustración 12. Cubierta inferior 1 de la cámara de máquinas

Se observa que las tomas de mar de las que se obtiene el agua se encuentran en la misma cubierta.

Así mismo, la planta de tratamiento seleccionada se ha situado sobre la cubierta inferior 3, con una diferencia de alturas entre ambas cubiertas de 7,6 [m].

Con estas tomas y la estación de bombeo, se establece una única línea de llenado y vaciado de tanques minimizando de esta manera los costes y el empache del sistema. Se opta por una distribución en anillo que permita llegar a cualquier tanque por cualquiera de las dos bandas. Se sitúa en el anexo el esquema completo del circuito con todos sus componentes

Se muestra a continuación la línea de llenado y descarga de tanques en color verde:

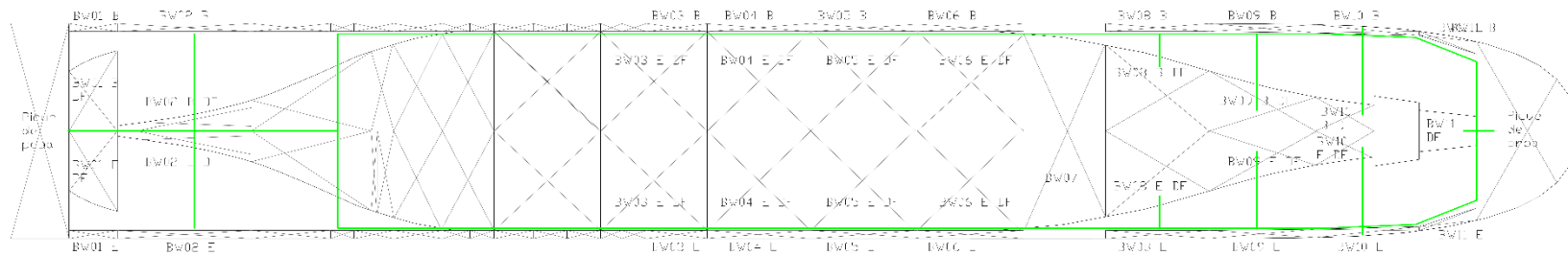


Ilustración 13. Circuito llenado de tanques.

El circuito de descarga al mar se muestra a continuación en color rojo, este circuito se encuentra a un puntal de 19[m] desde la línea base:

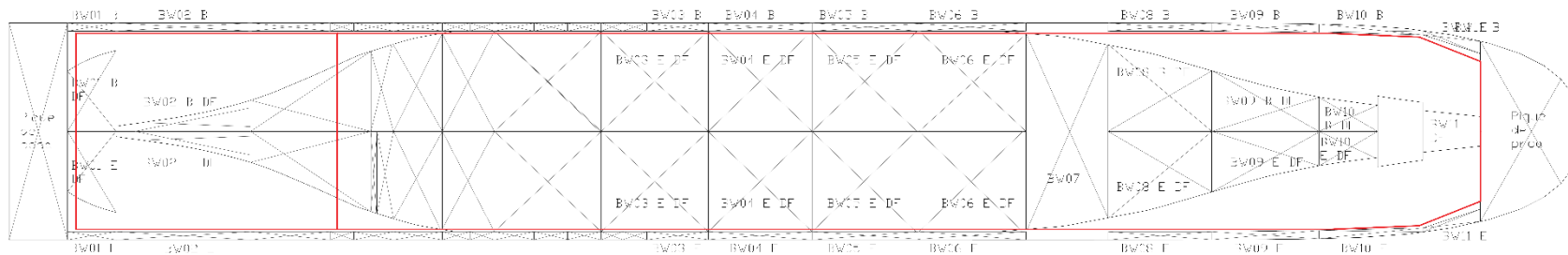


Ilustración 14. Circuito entrada aguas lastre

10.4 Cálculos preliminares

De acuerdo con la operación habitual del buque no será necesario cargarlo completamente de lastre (al ser un buque portacontenedores lleva carga durante gran parte de su vida útil) es por ello por lo que, tal y como se explicó anteriormente, el caudal requerido de carga de los tanques se establece con la condición de lastre con un tiempo de carga de 10 [h]:

$$Q_{\text{Lastrado}} = 2939,8 \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

Como la operación habitual del buque no conlleva cambios bruscos de lastrado, se opta por mantener una única instalación de filtrado, con el fin de minimizar costes y optimizar los espacios abordo.

10.4.1 Selección de bombas

Se decide realizar una instalación de cuatro bombas, una de ellas de agotamiento, que colocadas en paralelo ofrezcan el caudal calculado anteriormente.

A partir del caudal requerido:

$$Q_{B \text{ unitario}} = \frac{2940}{3} = 980 \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

Para las bombas se seleccionan del catálogo anexo las bombas del modelo NCBKZ4P 200-500^a, con un caudal de 1000 $\left[\frac{m^3}{h} \right]$. Con una potencia consumida de 315 [kW] cada una.

Para la bomba de agotamiento se tiene que cumplir que otorgue un caudal de un 5% del caudal de las principales, es decir, 50 $\left[\frac{m^3}{h} \right]$. Se decide, además, que esta sea centrífuga.

Se escoge del catálogo anexo NCBZ2P 50-200NB, que otorga un caudal de 55 $\left[\frac{m^3}{h} \right]$ con un consumo de 15 [kW].

10.4.2 Diámetro de tuberías

Una vez definido el caudal de las bombas es necesario establecer las alturas de las aspiraciones de las tomas de mar y de las alturas de las descargas de los tanques.

Para ello, partiendo de que la velocidad en la tubería no debe exceder un límite superior para que el flujo en su interior sea laminar y por tanto las pérdidas de carga sean las mínimas:

$$Re_{mx} = 1500 = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} = \frac{\rho \cdot Q \cdot D}{A \cdot \mu} = \frac{4 \cdot \rho \cdot Q \cdot D}{\mu \cdot \pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot \rho \cdot Q}{\pi \cdot \mu \cdot D} \quad [2]$$

Despejando el diámetro:

$$D = 589,5 \text{ [mm]}$$

Que para un caudal de 2940 [m³/h], ofrece una velocidad:

$$V[\text{m/s}] = Q[\text{m}^3/\text{h}] \cdot (1/3600) / (\text{PI} \cdot (D[\text{mm}]/2000)^2) \quad [2]$$

$$V = 2,54 \text{ [m/s]}$$

Que un diámetro comercial, siempre a mayores que reduzca la velocidad del fluido, se obtiene:

$$D_{\text{sistema}} = 600[\text{mm}]$$

Como comprobación de la validez del diámetro, en la última descarga, se tendría un caudal de:

$$2500 - 7 * 2500/8 = 312,5[\text{m}^3/\text{h}]$$

$$Q[\text{m}^3/\text{s}] = V[\text{m/s}] \cdot A[\text{m}^2] = V[\text{m/s}] \cdot \frac{\text{PI} \cdot (D[\text{mm}]/1000)^2}{4} \quad [2]$$

$$V_{\text{salida 8}} = 0,31 \text{ [m/s]}$$

La velocidad a la salida de la última descarga es baja, pero no se considera un inconveniente, si fuera necesario, por diseño, se podría introducir un elemento estrangulador que aumentará la velocidad en la salida. *(estos accesorios suponen una pérdida de carga elevada, por lo que cuando se seleccionen las bombas, se tendrá en cuenta un margen en altura que incluya estos posibles accesorios).*

Para una optimización de diseño, se podrían ajustar los diámetros de las tuberías del circuito haciendo un cálculo para cada caudal y tramo en la red de descarga, ya que el caudal baja paulatinamente a medida que se suceden las descargas a lo largo de la eslora del buque.

Se decide no cambiar diámetros por dos motivos:

- Aumento considerable de las pérdidas de carga al incluir accesorios que permitan la unión de tuberías de distinto diámetro.
- En caso de avería, se requeriría un mayor número de repuestos.

10.4.3 Esquema del sistema

Como se ha visto en el inicio, se compartirán los conductos para el llenado y el vaciado de los tanques para minimizar el uso de tuberías y optimizar espacio.

Se requiere por tanto una alimentación a la unidad de bombeo que permita conectar las tomas de mar el circuito de vaciado de tanques.

Así mismo a la salida de las bombas se deberá situar un manifold que sea capaz de enviar el caudal o bien a los tanques (situación de llenado) o al circuito de descarga.

En caso de que no sea necesario emplear el grupo de filtrado se requiere en el circuito de llenado de tanques un baipás que se salte este equipo.

Finalmente, es necesario conectar los rebosos de los tanque sal circuito de descarga de manera que en caso de llenarse de más los tanques el fluido abandone el buque sin poner este en riesgo.

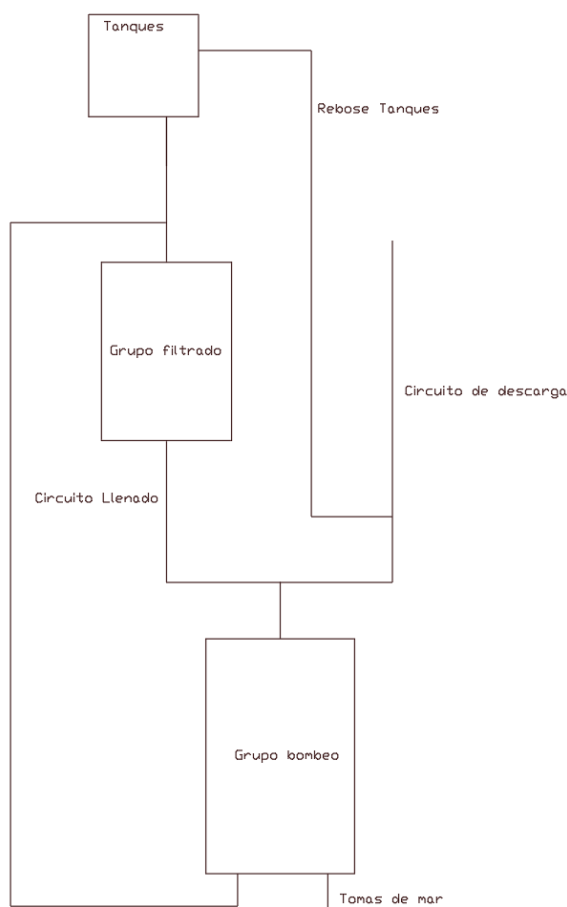


Ilustración 15. Esquema general

11. ACHIQUE Y SENTINAS

El SOLAS establece como necesario un sistema de achique con la función de drenar y bombear cualquier compartimento estanco que no esté destinado al transporte permanente de agua dulce, lastre, combustible o carga líquida.

11.1 Colector principal de sentinas

En el Capítulo II-1, Regla 35-1, “Medios de bombeo de aguas de sentina”, se detalla el procedimiento para calcular el diámetro del colector:

$$d = 25 + 1,68 \cdot \sqrt{L \cdot (B + D)} = 25 + 1,68 \cdot \sqrt{356 \cdot (53 + 30)} = 315[\text{mm}]$$

Donde:

- L, Eslora.
- B, Manga.
- D, Puntal medio hasta la cubierta de cierre.

Se escoge un diámetro comercial de 350 [mm].

11.2 Bombas de sentinas

A continuación se procede a calcular el caudal de las bombas, según el SOLAS se requerirán de 3 bombas como mínimo para realizar esta operación.

El caudal viene marcado por la velocidad de evacuación del fluido, que no debe ser nunca inferior a 2 [m/s].

$$Q = v \cdot A_t = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 0,35^2}{4} = 0,192[\text{m}^3/\text{s}] = 691,2 [\text{m}^3/\text{h}]$$

Luego el caudal de la bomba, considerando una de ellas en “Standby”:

$$Q_{Bomba} = 345,6 [\text{m}^3/\text{h}]$$

En el caso particular de la cámara de máquinas, la aspiración de los pozos irá directamente a la bomba sin pasar por el colector, pasando a su vez de la bomba directamente a separador de sentinas.

Para continuar dimensionando la bomba, es necesario a continuación calcular la altura mínima que esta debe otorgar.

$$H = (P_2 - P_1) + P_{est} + P_{fric} + P_{acc}$$

El caso más desfavorable resulta el drenaje de la bodega más a proa del buque, al estar las bombas situadas en la cámara de máquinas, situada en popa.

A partir de los siguientes datos:

- $z_1 = 2,5[m]$
- $P_1 = 0[Bar]$
- $V_1 = 0[m/s]$
- $z_2 = 28[m]$
- $P_2 = \rho \cdot g \cdot z_2 = 28,2 [Bar]$
- $V_2 = 2 [m/s]$

Aplicando la fórmula de Hazen Williams:

$$P_{fric} = \frac{6,05 \cdot 10^5}{C^{1,85} \cdot d^{4,87}} \cdot L \cdot Q^{1,85} = \frac{6,05 \cdot 10^5}{120^{1,85} \cdot 350^{4,87}} \cdot 300 \cdot 23100^{1,85} = 0,344 [bar]$$

Donde:

- C, es un coeficiente de corrección, que se establece en 120.
- D, es el diámetro de tubería 350 [mm].
- L, longitud de tubería, se toma la distancia desde el centro del del tanque BW01 hasta la cámara de bombas, que se establece en 300 [m].
- Q, el caudal 11520 [l/min].

Al no estar completamente diseñado el sistema de sentinas, se toma un valor aproximado de 0,5 bares de pérdidas por accesorios.

$$P_{acc} = 0,5[Bar]$$

La variación de presión estática se calcula en el tramo de tubería vertical, en la parte más alta del tanque a achicar, que coincide con el BW01, 28[m].

$$P_{est} = 0,098 \cdot L = 0,098 \cdot 28 = 2,75[mca]$$

Obteniendo una altura final de:

$$H = (2,82 - 0) + 2,75 + 5 + 3,44 = 14,01 [mca]$$

Con este caudal, dividido por la mitad al haber dos bombas en funcionamiento, y la altura calculada se puede buscar una bomba por catálogo. A partir del catálogo de bombas centrífugas sobre bancada del fabricante SAER se selecciona la bomba NCBZ2P 100-200A, que aporta con un caudal de 355 [m³/h] una altura de 39,5 [mca] a 2900 [rpm].

12. NAVEGACIÓN Y COMUNICACIONES

Se evalúan a continuación los sistemas y equipos de navegación y comunicaciones que ha de llevar el buque proyecto.

12.1 Comunicaciones

Tal y como está establecido en SOLAS Capítulo IV “Radiocomunicaciones”, es necesario cumplir con un número mínimo de equipos a instalar en el buque.

12.1.1 Comunicaciones externas

Estos equipos varían en función de la zona de navegación del buque, según la ruta que el buque cubre se considerará que éste navega por las zonas A1, A2 y A3.

Se establece en la Regla 6, *Instalaciones radioeléctricas*, se establece que todo buque deberá estar provisto de instalaciones radioeléctricas que permitan transmitir alertas de socorro buque-costera a través de dos medios separados e independientes utilizando cada uno de ellos un servicio de radiocomunicaciones diferente, así mismo deberán recibir alertas de socorro costera-buque. Por otro lado deberán poder transmitir y recibir alertas de socorro buque-buque, transmitir y recibir comunicaciones para la coordinación de las operaciones de búsqueda y salvamento. Finalmente se deberá poder transmitir y recibir señales para fines de localización.

Toda instalación radio eléctrica deberá cumplir con las siguientes prescripciones:

- Estar situada de modo que ninguna interferencia pueda afectar a su correcto funcionamiento.
- Estar situada de modo que se garantice el mayor grado posible de disponibilidad operacional.
- Ha de estar protegida de los efectos del agua, temperaturas extremas y otras inclemencias ambientales.
- Provista de corriente eléctrica segura, permanente e independiente de las fuentes de energía principal y de emergencia.
- Claramente marcada con el distintivo de llamada de la entidad de la estación del buque y otras claves para su utilización.

En la Regla 7 se establecen las especificaciones de los equipos radioeléctricos que todo buque tendrá que llevar:

- Instalación radioeléctrica de ondas métricas que pueda transmitir y recibir:
 - Mediante LSD en la frecuencia de 156,525 [MHz] (Ch70). Será posible iniciar la transmisión de las alertas de socorro en el canal 70 en el puesto de gobierno.

- Mediante radiotelefonía en las frecuencias de 156,300 [MHz] (Ch6), 156,650 [MHz] (Ch13) y 156,800 [MHz] (Ch16).
- Instalación radio eléctrica que pueda mantener una escucha continua de LSD en el canal 70.
- Un respondedor de radar que pueda funcionar en la banda de 9 [GHz], el cual:
 - Irá estibado de forma que su utilización sea fácil.
 - Podrá ser uno de los prescritos en la regla III para una embarcación de supervivencia.
- Un receptor que pueda recibir las transmisiones de servicio NAVTEX internacional.
- Instalación radioeléctrica para la recepción de información sobre seguridad marítima por el sistema de llamada intensificada a grupos Inmarsat.
- Una radiobaliza de localización de siniestros por satélite (RLS satelitaria).
- Equipos que permitan mantener radiocomunicaciones bidireccionales en el lugar del siniestro para fines de búsqueda y salvamento desde el puesto habitual de gobierno del buque.

Así mismo, tal y como se nombró anteriormente, el buque deberá cumplir con la Regla 10, “Equipo radioeléctrico – Zonas marítimas A1, A2 y A3”, todo buque deberá llevar a bordo:

- Una estación terrena de buque Inmarsat que pueda:
 - Transmitir y recibir comunicaciones de socorro y seguridad utilizando telegrafía de impresión directa.
 - Iniciar y recibir llamadas prioritarias de socorro.
 - Mantener un servicio de escucha para las alertas de socorro costera-buque, incluidos los dirigidos a zonas geográficas específicamente definidas.
 - Transmitir y recibir radiocomunicaciones generales utilizando radiotelefonía o telegrafía de impresión directa.
- Una instalación radioeléctrica de ondas hectométricas que pueda transmitir y recibir, a efectos de socorro y seguridad en las frecuencias de:
 - 2187,5 [kHz] utilizando LSD.
 - 2182 [kHz] utilizando radiotelefonía.
- Una instalación radioeléctrica que pueda mantener una escucha continua de LSD en la frecuencia de 2187,5 [kHz], instalación que puede estar combinada con la instalación radioeléctrica de ondas hectométricas.
- Medios para iniciar la transmisión de alertas de socorro buque-costera mediante un servicio de radiocomunicaciones.

Además será posible iniciar la transmisión de alertas de socorro mediante los equipos anteriormente nombrados en el puesto habitual de gobierno del buque.

12.1.1 Comunicaciones internas

El buque deberá llevar a bordo equipos adecuados para realizar la operativa para la que ha sido diseñado de una manera óptima y segura para la tripulación y el buque. Para ello se instalarán los siguientes sistemas:

- Telégrafo de máquinas, el buque llevará un telégrafo de máquinas eléctrico para transmitir órdenes desde el puente de gobierno hasta la ECR.
- Teléfonos interiores, se instalarán teléfonos interiores que permitan las comunicaciones internas entre los siguientes departamentos: puente de gobierno, cámara de máquinas, ECR, local del servo, camarote del jefe de máquinas y camarote del capitán.
- Sistema de altavoces, que permita transmitir órdenes del puente en todos los espacios públicos de habilitación, cámara de máquinas, castillo de proa y toldilla.

12.2 Navegación

En cumplimiento con la normativa establecida en el SOLAS capítulo V Regla 19, "Prescripciones relativas a los sistemas y aparatos náuticos que se han de llevar a bordo", al tener un arqueo bruto de 169329 [GT] tal y como se calculó en el Cuaderno 9, el buque proyecto contará con los siguientes sistemas:

- Un compás magistral magnético compensado independiente de cualquier suministro de energía para determinar el rumbo del buque y presentar los datos visualmente en el puesto principal de gobierno. Adicionalmente, se equipará un compás magnético de contingencia que pueda intercambiarse con el principal en caso de avería.
- Un girocompás que permita presentar el rumbo por medios no magnéticos que el timonel pueda leer desde el puesto de gobierno.
- Un repetidor de rumbo en el puesto de gobierno de emergencia.
- Indicadores de la posición del timón, del sentido de giro, empuje y paso de la hélice y de la modalidad de funcionamiento. Así mismo un indicador de la potencia y dirección del empujador transversal.
- Un dispositivo de marcación de compas para obtener demoras en un arco de horizonte de 360°.
- Medios para corregir y obtener el rumbo y la demora verdaderos.
- Cartas y publicaciones náuticas para planificar y presentar visualmente la derrota del buque para la ruta prevista.
- Medios auxiliares para cumplir con la navegación establecida en el apartado anterior.
- Receptor para el sistema mundial de navegación por satélite, un sistema de radionavegación terrenal u otro medio adecuado que pueda utilizarse en todo momento.
- Sistema de recepción acústica que permita al oficial de guardia oír señales acústicas y su dirección.
- Un teléfono u otro medio para comunicar información sobre el rumbo al puesto de gobierno de emergencia.

- Una lámpara de señales diurnas u otro medio para comunicarse mediante señales luminosas durante el día y la noche, cuya fuente de energía eléctrica no dependa únicamente del suministro eléctrico del buque.
- Una ecosonda u otro medio electrónico para medir y presentar visualmente la profundidad.
- Un radar de 9 [GHz] u otro medio para determinar y presentar visualmente la distancia y la demora de los respondedores de búsqueda y salvamento de otras embarcaciones, obstrucciones, boyas, litorales y marcas que ayuden a la navegación y a evitar abordajes. Adicionalmente se instalará un radar adicional de 3 [GHz] con el mismo fin que el de 9 [GHz] anteriormente descrito.
- Ayuda de punteo electrónica para trazar distancias y demoras de blancos para minimizar situaciones de abordaje.
- Un dispositivo medidor de velocidad y distancia sobre el agua.
- Dispositivo transmisor de rumbo para transmitir información a los equipos que la requieran.
- Sistema de identificación automática (SIA).
- Un sistema adicional de ayuda de seguimiento automático de la distancia y demora de otro blanco, con capacidad para trazar un mínimo de 20 blancos simultáneos.
- Un sistema de control del rumbo o de la derrota y otro medio para regular y mantener automáticamente el rumbo o una derrota recta.
- Un indicador de la velocidad de giro y un dispositivo medidor de la velocidad y la distancia con respecto al fondo en dirección de proa y través.

Tal y como se ha descrito existen multitud de dispositivos de navegación a llevar a bordo, actualmente existen sistemas que permiten integrar varios elementos en una única pantalla o equipo, minimizando el coste del equipamiento, y simplificando las instalaciones y la operación de éstos.

Estos sistemas integrados deberán cumplir de igual manera con las reglas anteriormente expuestas y, en particular, con las normas 5, 6 y 7 de la Regla 7:

- Los sistemas y aparatos que ofrezcan diferentes modalidades de funcionamiento contarán con un indicador de modalidad en la cual están funcionando.
- Los sistemas integrados del puente* estarán instalados de manera que el fallo de un subsistema se ponga inmediatamente en conocimiento del oficial encargado de la guardia de navegación mediante alarmas acústicas y visuales, y no produzca el fallo de ningún otro subsistema. En caso de fallo de una parte de un sistema de navegación integrado†, se podrá utilizar cada uno de los demás elementos del equipo o partes del sistema por separado.
- Los sistemas y aparatos se instalarán, comprobarán y mantendrán de manera que se reduzca al mínimo la posibilidad de un funcionamiento defectuoso.

13. EQUIPOS ESPECÍFICOS

A continuación se describirán los equipos específicos del buque, como son el equipo de guía y trincado de los contenedores y el cálculo de las escotillas.

El buque está subdividido en 10 bodegas:

- Las bodegas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 pueden llevar 2 contenedores en eslora, 20 en manga y 10 en altura.
- La bodega 10, puede llevar 3 contenedores en eslora, 18 en manga y 8 en altura.

Las brazolas se establecieron en el cuaderno 4 en brazolas de 2,8m de altura.

13.1 Escotillas

Los buques portacontenedores requieren de emplear gran parte de la superficie de su cubierta para transportar carga, por lo que es necesario escantillonar correctamente las escotillas para que puedan soportar esta carga.

Las escotillas empleadas serán las de tipo Pontón, al ser las más simples.

Se construyen con facilidad al ser una chapa con una serie de refuerzos soldados.

Se decide escoger un sistema de escotillas de Pontón con una configuración multi-panel, que permiten que cada tapa de escotilla esté formada por varios paneles, facilitando la operación al poder retirar los paneles que sea necesario sin requerir retirar la escotilla al completo.

Con respecto a la estanqueidad, se requerirá una estanqueidad a la intemperie, con condiciones de 5° de escora y 2° de asiento.

El movimiento de las escotillas se realizarán con los mismos elementos para los contenedores. Luego se deben establecer trincas con las dimensiones de estos.

12.2 Estiba y trincaje de contenedores

Generalmente existen dos métodos de estiba de contenedores en buques, aplicando una filosofía vertical:

- Guías celulares: Guías son un conjunto de pilares que forman una malla de celdas de superficie igual a la cara superior del contenedor, de tal forma que en cada celda se apilan contenedores uno encima de otro.
- Sin guías celulares, los contenedores se agrupan y se trincan con herrajes que los sujeten con firmeza ante los movimientos del buque.

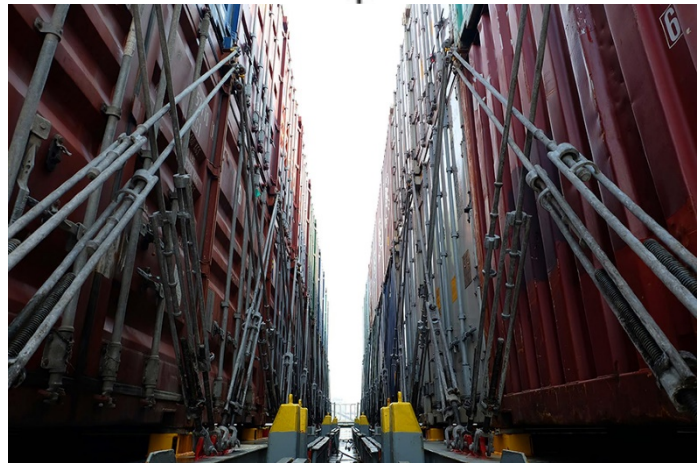
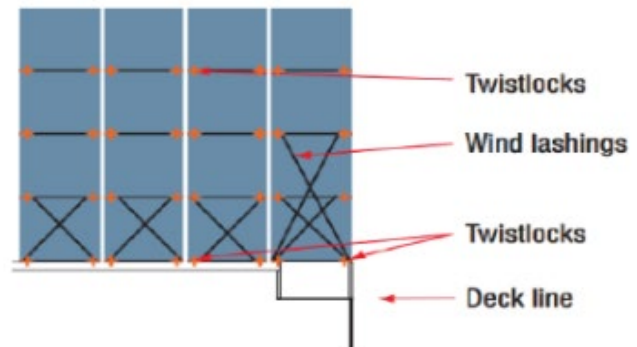


Ilustración 16. Métodos de y estiba de contenedores

Para el buque proyecto se establece:

- Contenedores bajo cubierta, un sistema de guías celulares.
- Contenedores sobre cubierta, un sistema sin guías celulares.

12.3 Sistema del servo del timón

El primer paso será calcular el área del timón (con DNV-Pt3-Chapter 3-Sec2):

$$A_T = \frac{L \cdot T}{100} \cdot [1 + 50 \cdot C_b^2 \cdot (B/L)^2] = 82,9[m^2]$$

Donde:

- L, eslora entre perpendiculares, 356 [m].
- B, manga, 53 [m].
- T, calado de escantillonado 15,1 [m].
- C_b , coeficiente de bloque, 0,7 [-].

Esta área se considera como válida al estar el timón trabajando tras la hélice, y al no existir configuraciones especiales.

Se escoge un timón con forma “*Flatsided*”, por facilidad constructiva. Se calcula de esta manera a continuación la fuerza a ejercer por el timón:

$$F_t = 0,044 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot A \cdot V^2 = 7062[kN]$$

Donde:

- k_1 , coeficiente del perfil del timón, se considera 1.
- k_2 , coeficiente de disposición del timón, 1 por no tener una consideración especial.
- k_3 , coeficiente de relación de aspecto del timón, se considera 4, 12,9 [m] de altura media del timón.
- A_t , Área del timón, 82,9[m²].
- V, Velocidad de servicio, 22 [Kn].

El par del timón será entonces:

$$M_t = F \cdot x_e = 0,1 \cdot F_t \cdot B = 0,1 \cdot 7062 \cdot 5,4 = 3815 [kN \cdot m]$$

Donde B, es la manga media del timón que se toma como 5,4 [m]

La potencia del motor vendrá dada por la siguiente expresión:

$$P = M \cdot \omega \cdot \frac{1}{\eta} = M_t \cdot 1,15 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot \vartheta}{360 \cdot t} \cdot \frac{1}{\eta} = 225[kW]$$

Con:

- ω , Velocidad angular.
- η , Rendimiento mecánico del servomotor, se toma 0,8 [-].
- ϑ , Ángulo de giro máximo, se establece en 65 [°].
- t, tiempo en efectuar el giro, según el SOLAS 28 [s].

12.4 Empujadores transversales

Se establece que el buque tenga un empujador transversal en proa, para calcularlo se sigue el procedimiento propuesto por los apuntes de la asignatura *Sistemas Auxiliares del Buque 2*.

Calculando el empuje requerido sin que exista notación de clase de posicionamiento dinámico:

$$E = \frac{1}{2} \cdot (A_B \cdot R_B + A_S \cdot R_S) = 9540 \text{ [kgf]}$$

Donde:

- A_B , Área transversal proyectada bajo flotación, $A_B = B \cdot T = 795 \text{ [m}^2\text{]}$.
- R_B , Empuje específico bajo flotación, se toma un valor de $6 \text{ [}\frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}\text{]}$.
- A_S , Área transversal proyectada sobre flotación.
- R_S , Empuje específico sobre flotación, $6 \text{ [}\frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}\text{]}$.

La potencia requerida resulta:

$$P = \frac{1}{k} \cdot E = 636 \text{ [kW]}$$

Con k siendo el ratio de empuje potencia, que se toma como 15 [kgf/kW] .

La potencia eléctrica se obtiene dividiendo entre el rendimiento del motor, suponiendo un $0,94$ para un motor eléctrico.

$$P_E = \frac{P}{0,94} = 677 \text{ [kW]}$$

Se instala en el buque proyecto un empujador transversal de 3000 [kW] . Si bien es cierto que excede enormemente los resultados obtenidos, en consonancia con la base de buques consultada, se ha optado por instalar esta potencia al ser la más habitual en buques de su clase.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Carral, L. (2021). Apuntes de la asignatura sistemas auxiliares del buque II. Universidade da Coruña.
- [2] Carral, L. y Carral, J. (s. f.-a). Normas prácticas para el diseño de cabrestantes.
- [3] Carral, L. y Carral, J. (s. f.-b). Normas prácticas para el diseño de molinetes.
- [4] Organization, I. M. (2006). Marpol consolidated. International Maritime Organization.
- [5] Puente Varela, B. y Diaz Casas, V. (s. f.). Apuntes de proyectos de buques y artefactos I y II. Universidade da Coruña.
- [6] Rodríguez González, M. A. (s. f.). Buque protacontenedores de 20000 teus adaptado a ruta asia-europa.
- [7] Rules and standards - DNV. (s. f.). DNV. [n](#)
- [8] Villa, R. (s. f.). Apuntes de la asignatura sistemas auxiliares del buque I.

ANEXO 1. CATÁLOGO DE VENTILADORES



Marine fans Axial marine fan range

VA : AC fan
VC : DC fan

1500RPM		Correspondance Previous type	Low limits		High limits		DIMENSIONS								
Housing Diameter	Power		Flow (m³/h)	Pressure (mm.Wg)	Flow (m³/h)	Pressure (mm.Wg)	A	B	C	D	E	F VA	F VC	G	H
Ø355	0,37kW *	VA/VC 15-10	1500 - 10		2600 - 1		355	410	6xØ9	385	310	310		310	185
Ø405	0,37kW *	VA/VC 20-14	2800 - 12		4600 - 1		405	460	6xØ9	435	320	320		335	185
Ø455	0,37kW *	VA/VC 35-17	3500 - 17		6700 - 1		455	515	6xØ9	490	400	400	400	365	215
	0,55kW *	VA/VC 50-15	5000 - 17		6000 - 1							400	400	365	215
	0,75kW *	VA/VC 55-17	5500 - 17		9500 - 1							400	400	365	215
Ø505	0,75kW *	VA/VC 60-19	6000 - 19		10300 - 1		505	565	8xØ9	540	420	420	420	390	215
	0,75kW *	VA/VC 60-20	6000 - 20		10500 - 1							450	450		
Ø555	1,1kW *	VA/VC 80-19	8000 - 22		13100 - 1		555	615	8xØ9	590	450	450	450	420	215
	1,5kW *	VA/VC 100-20	7000 - 28		13300 - 1							450	450		
	1,5kW*	VA/VC 100-25	8500 - 25		16300 - 1							470	470	445	215
Ø606	2,2kW*	VA/VC 120-25	9000 - 31		15700 - 1		606	680	8xØ9	645	470	470	475	445	215
	3kW	VA 125-28	12200 - 31		18200 - 1							470			

* Exists as both VC-I and VC-D (24V)

1500RPM		Correspondance Previous type	Low limits		High limits		DIMENSIONS					
Housing Diameter	Power		Flow (m³/h)	Pressure (mm.Wg)	Flow (m³/h)	Pressure (mm.Wg)	A	B	C	D	E	F
Ø706	4kW	VA 125-45	12500 - 45		21000 - 8		706	782	12xØ12	745	470	470
Ø807	7,5kW	VA 200-55	20000 - 55		31000 - 11		807	895	12xØ12	850	550	570
Ø807	11kW	VA 300-45	30000 - 45		47000 - 8							750
Ø1010	11kW	VA 350-40	30000 - 71		55000 - 9		1010	1096	16xØ14	1060	650	750
Ø1010	15kW	VA 420-40	38000 - 69		64000 - 10							800

1000RPM		Correspondance Previous type	Low limits		High limits		DIMENSIONS					
Housing Diameter	Power		Flow (m³/h)	Pressure (mm.Wg)	Flow (m³/h)	Pressure (mm.Wg)	A	B	C	D	E	F
Ø1400	22kW	VA 500-50	48000 - 68		87000 - 9		1400	1532	20xØ18	1490	800	900
Ø1700	22kW	VA 900-39	60000 - 73		124000 - 8		1700	1832	28xØ24	1780	1000	1000
Ø1700	30kW	VA 1100-40	30000 - 71		150000 - 7							

ANEXO 2. CATÁLOGO DE TUBERÍAS



Grupo Vemacero, C.A.
TUBERIA DE ACERO AL CARBONO
API 5L / ASTM A53 / A106

www.vemacero.com

Diámetro Nominal NPS Pulgadas in.	DN Milímetros mm.	Diámetro Exterior Real		Espesor de Pared		Identificación		Peso del Tubo		ASTM A53 PRESION DE PRUEBA			
		(in.)	mm.	(in.)	Milímetros (mm.)	Weight Class	Schedule	lb/pie	kg/m	Grado A		Grado B	
										psi	Kg/cm2	psi	Kg/cm2
1/2	15	0.840	21.3	0.109	2.77	STD	40	0.85	1.27	700	49	700	49
				0.147	3.73	XS	80	1.09	1.62	850	60	850	60
3/4	20	1.050	26.7	0.113	2.87	STD	40	1.13	1.69	700	49	700	49
				0.154	3.91	XS	80	1.47	2.20	850	60	850	60
1	25	1.315	33.4	0.133	3.38	STD	40	1.68	2.50	700	49	700	49
				0.179	4.55	XS	80	2.17	3.24	850	60	850	60
1-1/4	32	1.660	42.2	0.140	3.56	STD	40	2.27	3.39	1200	84	1300	91
				0.191	4.85	XS	80	3.00	4.47	1800	127	1900	134
1-1/2	40	1.900	48.3	0.145	3.68	STD	40	2.72	4.05	1200	84	1300	91
				0.200	5.08	XS	80	3.63	5.41	1800	127	1900	134
2	50	2.375	60.3	0.154	3.91	STD	40	3.65	5.44	2300	162	2500	176
				0.218	5.54	XS	80	5.02	7.48	2500	176	2500	176
2-1/2	65	2.875	73	0.203	5.16	STD	40	5.79	8.63	2500	176	2500	176
				0.276	7.01	XS	80	7.66	11.41	2500	176	2500	176
				0.375	9.52	-	160	-	-	2500	176	2500	176
				0.552	14.02	XXS	-	-	-	2500	176	2500	176
3	80	3.500	88.9	0.125	3.18	-	-	4.51	6.72	1290	91	1500	105
				0.156	3.96	-	-	5.57	8.29	1600	112	1870	131
				0.188	4.78	-	-	6.65	9.92	1930	136	2260	159
				0.216	5.49	STD	40	7.58	11.29	2220	156	2500	176
				0.250	6.35	-	-	8.68	12.93	2500	176	2500	176
				0.281	7.14	-	-	9.66	14.40	2500	176	2500	176
				0.300	7.62	XS	80	10.25	15.27	2500	176	2500	176
4	100	4.500	114.3	0.125	3.18	-	-	5.84	8.71	1000	70	1170	82
				0.156	3.96	-	-	7.24	10.78	1250	88	1460	103
				0.188	4.78	-	-	8.66	12.91	1500	105	1750	123
				0.219	5.56	-	-	10.01	14.91	1750	123	2040	143
				0.237	6.02	STD	40	10.79	16.07	1900	134	2210	155
				0.250	6.35	-	-	11.35	16.90	2000	141	2330	164
				0.281	7.14	-	-	12.66	18.87	2250	158	2620	184
				0.312	7.92	-	-	13.98	20.78	2500	176	2800	197
				0.337	8.56	XS	80	14.98	22.32	2700	190	2800	197
				0.438	11.13	-	120	19.00	28.32	2800	197	2800	197
				0.531	13.49	-	160	22.51	33.54	2800	197	2800	197
5	125	5.563	141.3	0.188	4.78	-	-	10.79	16.09	1220	86	1420	100
				0.219	5.56	-	-	12.50	18.61	1420	100	1650	116
				0.258	6.55	STD	40	14.62	21.77	1670	117	1950	137
				0.281	7.14	-	-	15.85	23.62	1820	128	2120	149
				0.312	7.92	-	-	17.50	26.05	2020	142	2360	166
				0.344	8.74	-	-	19.17	28.57	2230	157	2600	183
6	150	6.625	168.3	0.188	4.78	-	-	12.92	19.27	1020	72	1190	84
				0.219	5.56	-	-	14.98	22.31	1190	84	1390	98
				0.250	6.35	-	-	17.02	25.36	1360	96	1580	111
				0.280	7.11	STD	40	18.97	28.26	1520	107	1780	125
				0.312	7.92	-	-	21.04	31.32	1700	120	1980	139
				0.344	8.74	-	-	23.08	34.39	1870	131	2180	153
				0.375	9.52	-	-	25.02	37.28	2040	143	2380	167
				0.432	10.97	XS	80	28.57	42.56	2350	165	2740	193
				0.562	14.27	-	120	36.39	54.20	2800	197	2800	197
				0.719	18.26	-	160	45.35	67.56	2800	197	2800	197
0.864	21.95	XXS	-	53.16	79.22	2800	197	2800	197				



Grupo Vemacero, C.A.
 TUBERIA DE ACERO AL CARBONO
 API 5L / ASTM A53 / A106

www.vemacero.com

Diámetro Nominal NPS		Diámetro Exterior Real		Espesor de Pared		Identificación		Peso del Tubo		ASTM A53 PRESION DE PRUEBA							
Pulgadas in.	Milímetros mm.	(in.)	mm.	Pulgadas (in.)	Milímetros (mm.)	Weight Class	Schedule	lb/pie	kg/m	Grado A		Grado B					
										psi	Kg/cm2	psi	Kg/cm2				
8	200	8.625	219,1	0.188	4.78	-	-	16.94	25.26	780	55	920	65				
				0.203	5.16	-	-	18.26	27.22	850	60	1000	70				
				0.219	5.56	-	-	19.66	29.28	910	64	1070	75				
				0.250	6.35	-	20	22.36	33.31	1040	73	1220	86				
				0.277	7.04	-	30	24.70	36.81	1160	82	1350	95				
				0.312	7.92	-	-	27.70	41.24	1300	91	1520	107				
				0.322	8.18	STD	40	28.55	42.55	1340	94	1570	110				
				0.344	8.74	-	-	30.42	45.34	1440	101	1680	118				
				0.375	9.52	-	-	33.04	49.20	1570	110	1830	129				
				0.406	10.31	-	60	35.64	53.08	1700	120	2000	141				
				0.438	11.13	-	-	38.30	57.08	1830	129	2130	150				
				0.500	12.70	XS	80	43.39	64.64	2090	147	2430	171				
				0.594	15.09	-	100	50.95	75.92	2500	176	2800	197				
				0.719	18.26	-	120	60.71	90.44	2800	197	2800	197				
				0.812	20.62	-	140	67.76	100.92	2800	197	2800	197				
				0.875	22.22	XXS	-	72.42	107.88	2800	197	2800	197				
				0.906	23.01	-	160	74.69	111.27	2800	197	2800	197				
10	250	10.750	273,0	0.188	4.78	-	-	21.21	31.62	630	44	730	51				
				0.203	5.16	-	-	22.87	34.08	680	48	800	56				
				0.219	5.56	-	-	24.63	36.67	730	51	860	60				
				0.250	6.35	-	20	28.04	41.75	840	59	980	69				
				0.279	7.09	-	-	31.20	46.49	930	65	1090	77				
				0.307	7.80	-	30	34.24	51.01	1030	72	1200	84				
				0.344	8.74	-	-	38.23	56.96	1150	81	1340	94				
				0.365	9.27	STD	40	40.48	60.29	1220	86	1430	101				
				0.438	11.13	-	-	48.19	71.87	1470	103	1710	120				
				0.500	12.70	XS	60	54.71	81.52	1670	117	1950	137				
				0.594	15.09	-	80	64.43	95.97	1990	140	2320	163				
				0.719	18.26	-	100	77.03	114.70	2410	169	2800	197				
				0.844	21.44	-	120	89.29	133.00	2800	197	2800	197				
				1.000	25.40	XXS	140	104.13	155.09	2800	197	2800	197				
				1.125	28.57	-	160	115.65	172.21	2800	197	2800	197				
				12	300	12.750	323,8	0.203	5.16	-	-	27.20	40.55	570	40	670	47
								0.219	5.56	-	-	29.31	43.63	620	44	720	51
0.250	6.35	-	20					33.38	49.71	710	50	820	58				
0.281	7.14	-	-					37.42	55.75	790	56	930	65				
0.312	7.92	-	-					41.45	61.69	880	62	1030	72				
0.330	8.38	-	30					43.77	65.18	930	65	1090	77				
0.344	8.74	-	-					45.58	67.90	970	68	1130	79				
0.375	9.52	STD	-					49.52	73.78	1060	75	1240	87				
0.406	10.31	-	40					53.52	79.70	1150	81	1340	94				
0.438	11.13	-	-					57.59	85.82	1240	87	1440	101				
0.500	12.70	XS	-					65.42	97.43	1410	99	1650	116				
0.562	14.27	-	60					73.15	108.92	1590	112	1850	130				
0.688	17.28	-	80					88.63	132.04	1940	136	2270	160				
0.844	21.44	-	100					107.32	159.86	2390	168	2780	195				
1.000	25.40	XXS	120					125.49	186.91	2800	197	2800	197				
1.125	28.57	-	140					139.68	208.00	2800	197	2800	197				
1.312	33.32	-	160					160.27	238.68	2800	197	2800	197				



Grupo Vemacero, C.A.
TUBERIA DE ACERO AL CARBONO
API 5L / ASTM A53 / A106

www.vemacero.com

Diámetro Nominal NPS DN		Diámetro Exterior Real		Espesor de Pared		Identificación		Peso del Tubo		ASTM A53 PRESION DE PRUEBA			
Pulgadas in.	Milímetros mm.	(in.)	mm.	(in.)	Milímetros (mm.)	Weight Class	Schedule	lb/pie	kg/m	Grado A		Grado B	
										psi	Kg/cm2	psi	Kg/cm2
14	350	14.000	355,6	0.250	6.35	-	10	36.71	54.69	640	45	750	53
				0.281	7.14	-	-	41.17	61.35	720	51	840	59
				0.312	7.92	-	20	45.61	67.90	800	56	940	66
				0.344	8.74	-	-	50.17	74.76	880	62	1030	72
				0.375	9.52	STD	30	54.57	81.25	960	67	1120	79
				0.438	11.13	-	40	63.44	94.55	1130	79	1310	92
				0.469	11.91	-	-	67.78	100.94	1210	85	1410	99
				0.500	12.70	XS	-	72.09	107.39	1290	91	1500	105
16	400	16.000	406,4	0.250	6.35	-	10	42.05	62.64	560	39	660	46
				0.281	7.14	-	-	47.17	70.30	630	44	740	52
				0.312	7.92	-	20	52.27	77.83	700	49	820	58
				0.344	8.74	-	-	57.52	85.71	770	54	900	63
				0.375	9.52	STD	30	62.58	93.17	840	59	980	69
				0.438	11.13	-	-	72.80	108.49	990	70	1150	81
				0.469	11.91	-	-	77.79	115.86	1060	75	1230	86
				0.500	12.70	XS	40	82.77	123.30	1120	79	1310	92
18	450	18.000	457,2	0.250	6.35	-	10	47.39	70.60	500	35	580	41
				0.281	7.14	-	-	53.18	79.24	560	39	660	46
				0.312	7.92	-	20	58.94	87.75	620	44	730	51
				0.344	8.74	-	-	64.87	96.66	690	49	800	56
				0.375	9.52	STD	-	70.59	105.10	750	53	880	62
				0.406	10.31	-	-	76.29	113.62	810	57	950	67
				0.438	11.13	-	30	82.15	122.43	880	62	1020	72
				0.469	11.91	-	-	87.81	130.78	940	66	1090	77
0.500	12.70	XS	-	93.45	139.20	1000	70	1170	82				
20	500	20.000	508,0	0.250	6.35	-	10	52.73	78.55	450	32	520	37
				0.281	7.14	-	-	59.18	88.19	510	36	590	41
				0.312	7.92	-	-	65.60	97.67	560	39	660	46
				0.344	8.74	-	-	72.21	107.60	620	44	720	51
				0.375	9.52	STD	20	78.60	117.02	680	48	790	56
				0.406	10.31	-	-	84.96	126.53	730	51	850	60
				0.438	11.13	-	-	91.51	136.37	790	56	920	65
				0.469	11.91	-	-	97.83	145.70	850	60	950	67
0.500	12.70	XS	30	104.13	155.12	900	63	1050	74				
24	600	24.000	609,6	0.250	6.35	-	10	63.41	94.46	380	27	440	31
				0.281	7.14	-	-	71.18	106.08	420	30	490	34
				0.312	7.92	-	-	78.93	117.51	470	33	550	39
				0.344	8.74	-	-	86.91	129.50	520	37	600	42
				0.375	9.52	STD	20	94.62	140.88	560	39	660	46
				0.406	10.31	-	-	102.31	152.37	610	43	710	50
				0.438	11.13	-	-	110.22	164.26	660	46	770	54
				0.469	11.91	-	-	117.86	175.54	700	49	820	58
0.500	12.70	XS	-	125.49	186.94	750	53	880	62				
0.562	14.27	-	30	140.68	209.50	840	59	980	69				

Tolerancias dimensionales:

Espesor: $\pm 12,5\%$ de espesor nominal en cualquier punto del tubo.

Peso: $\pm 10\%$ del paquete de tubos con diámetro menor o igual a 4" (114,3mm) o tubos individuales con diámetro nominal mayor a 4" (114,3mm)

Diámetro externo: Para diámetro menores o iguales a 1-1/2" (48,3mm) $\pm 0,016$ pulg (0,40mm)

Para diámetro mayores o iguales a 2" (60,3mm): $\pm 1\%$

CENTRÍFUGAS SOBRE BANCADA NORMALIZADAS NORMA EN733

Serie NCB / NCBZ



MODELO/CARACTERÍSTICAS

2900 RPM

Tipo	P2		In (A)		Is / In	U.S.g.p.m.	0	18	26	35	44	53	62	70	79	88	110	132	154	176	198	220	242	264	
	kW	HP	230 V	400 V		Q m³/h	0	4	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
						l/min	0	67	100	133	167	200	233	267	300	333	417	500	583	667	750	833	917	1000	
NCBZ2P 32-125C	0,75	1	3,1	1,8	7	H (m)	17	16,6	16	15,3	14,3	13,2	11,8	10,3											
NCBZ2P 32-125B	1,1	1,5	4,9	2,8	7,2		21	20,6	20,1	19,2	17,8	15,8	14,1	12,3											
NCBZ2P 32-125A	1,5	2	5,6	3,2	7,3		25,4	25	24,6	24,1	23,2	22	20,5	18,8	16,9	15									
NCBZ2P 32-160C	1,5	2	5,6	3,2	8,4		28	27,4	27	26,3	25,6	24,8	23,4	22,3	20,7	18,5									
NCBZ2P 32-160B	2,2	3	8	4,6	8,2		33	32,2	32	31	30,2	29,2	28	27	25	23,2									
NCBZ2P 32-160A	3	4	10,8	6,2	9,1		37	36,5	36	35,4	34,7	33,8	32,8	31,6	30,1	28,3									
NCBZ2P 32-160NC	3	4	10,8	6,2	9,1		29,5			29	28,8	28,3	27,5	26,2	25,8	25,5	22,3	18,5							
NCBZ2P 32-160NB	4	5,5	13	7,5	9,9		36,7			36,4	36,2	35,8	35,4	34,7	34	33,2	31	27,5	23						
NCBZ2P 32-160NA	5,5	7,5	17,6	10,1	9		43			42,4	42,2	41,9	41,3	41	40,5	39,8	38	34,5	31,1	26					
NCBZ2P 32-200NC	4	5,5	13	7,5	9,9		46	45	44	43	41,3	39,8	38,2	36,2	34,4	27,5									
NCBZ2P 32-200NB	5,5	7,5	17,6	10,1	9,9		53,6	53	52,8	52,5	51,7	51,1	50,2	49,8	47,4	43	35								
NCBZ2P 32-200NA	7,5	10		13,6	9		63	62,8	62,5	62,3	62,2	62	60,6	59,5	57,5	49,7	38,6								
NCBZ2P 32-250E	11	15		20,1	9		64,8			64,5	64,2	63,8	63,6	63,4	63	62,5	61	59,5	57,4	55					
NCBZ2P 32-250D	15	20		26,3	8,2		72			71	70,8	70,5	70,2	70	69,6	69,2	68	66	63,5	63	62	56	52	47	
NCBZ2P 32-250C	15	20		26,3	8,2		78			77,8	77,7	77,6	77,5	77,2	76,9	74,6	74,6	72,3	69,2	65,9	62,1	62,1			
NCBZ2P 32-250B	18,5	25		33	8,5		86			85,6	85,4	85,2	85	84,3	84,2	83,6	82,8	81	78,5	75,5	73	73	69,5	65,6	
NCBZ2P 32-250A	22	30		39,2	8,5		94,7			94,5	94,4	94,3	94,2	94	93	92,5	92	90	88	85	81	77	71	63	

2900 RPM

Tipo	P2		In (A)		Is / In	U.S.g.p.m.	0	35	44	53	62	70	79	88	110	132	154	176	198	220	242	264	286	310	330	352	
	kW	HP	230 V	400 V		Q m³/h	0	8	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	
						l/min	0	133	167	200	233	267	300	333	417	500	583	667	750	833	917	1000	1083	1167	1250	1333	
NCBZ2P 40-125C	1,5	2	5,6	3,2	7,3	H (m)	18,8	18,5	18,3	18,1	17,8	17,5	16,9	16,2	14,8	12,5	9,4										
NCBZ2P 40-125B	2,2	3	8	4,6	8,2		22,6	22,2	22	21,8	21,5	21,2	20,8	19,4	17,5	14,9											
NCBZ2P 40-125A	3	4	10,8	6,2	9,1		27,8	27,5	27,3	27,1	26,8	26,4	26	24,5	23	19,8	17,2										
NCBZ2P 40-160NC/A	4	5,5	13	7,5	9,9		32			31,6	31,4	31	30,7	30,2	28,8	26,7	23	21	16								
NCBZ2P 40-160NB/A	5,5	7,5	17,6	10,1	9		37			36,8	36,5	36,3	36	35,5	34	32	30,1	27,4	24,5	20,5							
NCBZ2P 40-160NA	5,5	7,5	17,6	10,1	9		39,6			39,2	39	38,9	38,8	38,7	37,4	36	33,8	31,8	28,7	25,4	22						
NCBZ2P 40-160NO	7,5	10		13,6	9		41,8			41,6	41,4	41,3	41,2	41,2	40,3	39,2	37,9	35,9	33,9	31,3	28,9	24,9	21,9				
NCBZ2P 40-200C	4	5,5	13	7,5	9,9		45			43,9	43,7	43,5	42,2	41,2	37,3	33,5											
NCBZ2P 40-200B	5,5	7,5	17,6	10,1	9		48,8			48,3	48	47,5	46,8	46	43,6	40,4	36,5	31,4									
NCBZ2P 40-200A	7,5	10		13,6	9		58,4			58,2	58	57,9	57,6	57	55	52	48	42									
NCBZ2P 40-200NB	7,5	10		13,6	9		53							52,5	51,4	49,4	47	44,2	41,5	37,5	30,5						
NCBZ2P 40-200NA	11	15		20,1	9		61							60	59	57	56	54	50	47	41,5	35					
NCBZ2P 40-250NE	15	20		26,3	8,2		67,5	66,7	66,4	65,9	65,4	64,8	64	62,3	60,3	58,3	54,3	48,9	45,3	43							
NCBZ2P 40-250ND	15	20		26,3	8,2		74	73	72,8	72,5	72,3	72	71	70	68	66	64	62	60	57	54						
NCBZ2P 40-250NC	18,5	25		33	8,5		82	81	80,8	80,5	80,2	80	79	78	76,5	75	73	70,5	68	65	62	57,5	55				
NCBZ2P 40-250NB	18,5	25		33	8,5		89	88,5	88,3	87,9	87,6	87,3	86	85,5	84	82,1	80	77,5	74,6	71,4	68	63,4	60				
NCBZ2P 40-250NA	22	30		39,2	8,5		98	95,8	95,6	95,4	95	94,5	93,2	91,6	89,7	87,8	85,2	83,9	79	75,8	71,3	66,8	61				
NCBZ2P 40-315C	37	50		63,2	8,8		101							100	99	98	97,5	97	95,5	94	92	90	87,5	85	82,5	80,3	
NCBZ2P 40-315B	45	60		79,4	6,9		129							128,8	128,6	128,2	128	127,8	127,5	127	126	125	123,5	122	120,5	119	



CENTRÍFUGAS SOBRE BANCADA QUE EXCEDEN LA NORMA EN733

Serie NCBK / NCBKZ



1450 RPM

Tipo	P2		In (A)	Is / In	U.S.g.p.m. / Q m³/h / l/min	0	880	1321	1761	2200	2640	2900	3302	3522	3742	3963	4183	4402	4513	4623	
	kW	HP				400 V	0	200	300	400	500	600	700	750	800	850	900	950	1000	1025	1050
				0		3333	5000	6667	8333	10000	11667	12500	13333	14167	15000	15833	16667	17083	17500		
NCBKZ4P 200-400D	90	125	149,9	7,7	H (m)	45,1	44,9	44	42,5	39,5	36	31,5	29	26,5	23,5	20	16,5				
NCBKZ4P 200-400C	110	150	186,7	7,8		51,5	51	50,5	49	46	43	39	37	34,5	31,8	29	25,5	22	20		
NCBKZ4P 200-400B	132	180	221,1	7,8		56,5	56	55	53,7	51,5	49	45,5	43,5	41,5	39	36,5	33,5	30,5	28,5		
NCBKZ4P 200-400A	160	220	267,4	7,9		63,5	63	62,8	61,5	60	58	55	53,5	51,5	49,5	47	44,5	41,5	40	38,5	

1450 RPM

Tipo	P2		In (A)	Is / In	U.S.g.p.m. / Q m³/h / l/min	0	880	1321	1761	2200	2640	2900	3522	3963	4402	4843	5283	4843	5283
	kW	HP				400 V	0	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1000	1100	1200
				0		3333	5000	6667	8333	10000	11667	13333	15000	16667	18333	20000	16667	18333	20000
NCBKZ4P 200-500C	200	270	337,3	7,7	H (m)	74	73,5	73	72,5	71	69	65	60,5	54,5	47				
NCBKZ4P 200-500B	250	340	426,4	7,9		83	82,5	82	81,5	80	78	75	71	66	59,5	50			
NCBKZ4P 200-500A	315	430	531,2	7,8		95	93,5	92,5	91	89	86,5	83,5	79,5	75	69	61,5	53		

1450 RPM

Tipo	P2		In (A)	Is / In	U.S.g.p.m. / Q m³/h / l/min	0	1761	2200	2640	2900	3522	3963	4402	4843	5283	5724	5944	
	kW	HP				400 V	0	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1350
				0		6667	8333	10000	11667	13333	15000	16667	18333	20000	21667	22500		
NCBKZ4P 250-315D	55	75	96,5	7,4	H (m)	23,5	22,1	21	19,8	18,4	16,8	15	13	11	8,5			
NCBKZ4P 250-315C	75	100	125,5	8		29	27	26,3	25,6	24,5	23,3	22	20	18	15,5	12		
NCBKZ4P 250-315B	90	125	149,9	7,7		34	32	31,5	31	30	29	27,5	26	24,3	21,5	18,5	16	
NCBKZ4P 250-315A	110	150	186,7	7,8		37,5	35,4	34,6	33,9	33	32	31	29,5	28	25	21	17	

1450 RPM

Tipo	P2		In (A)	Is / In	U.S.g.p.m. / Q m³/h / l/min	0	2200	2640	2900	3522	3963	4402	4843	5283	5724	6164	6604	7045	7485	7925	8145	8365
	kW	HP				400 V	0	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1850
				0		8333	10000	11667	13333	15000	16667	18333	20000	21667	23333	25000	26667	28333	30000	30833	31667	
NCBKZ4P 250-400D	200	270	337,3	7,7	H (m)	45	44,9	44,8	44,5	44	43	41	39	36,5	34	31	28	25	22			
NCBKZ4P 250-400C	200	270	337,3	7,7		50	49,9	49,8	49,5	49	48,5	47,5	46	44	41,5	39	36,5	33	28,5	24		
NCBKZ4P 250-400B	250	340	426,4	7,9		56,5	56	55,7	55,5	55	54,5	53,5	52	50,5	48,5	46,5	44	41	38	33	30	
NCBKZ4P 250-400A	315	430	531,2	7,8		63	61,5	61	60,5	59,7	59	58	56,5	55	53,5	51,5	49,5	47	44	40	37	33,5

1450 RPM

Tipo	P2		In (A)	Is / In	U.S.g.p.m. / Q m³/h / l/min	0	2200	2640	2900	3522	3963	4402	4843	5283	5724	6164	6384	6604
	kW	HP				400 V	0	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1450
				0		8333	10000	11667	13333	15000	16667	18333	20000	21667	23333	241667	25000	
NCBKZ4P 250-500C	250	340	426,4	7,9	H (m)	75	72,5	71	69	67	64,5	62	59	55,5	52,5	48,5	46	42
NCBKZ4P 250-500B	315	430	531,2	7,8		84	80,5	79,5	78	76,5	75	73	70,5	68	64	60,5	57,5	
NCBKZ4P 250-500AB	355	480	621,0	6,8		92	89	88	87,5	86,5	85	83	80	77,5	73,5	69,5	66	
NCBKZ4P 250-500A	400	540	705,0	6,8		97	95	94,5	94	93	92	90	88	85	81	75	70	

1450 RPM

Tipo	P2		In (A)	Is / In	U.S.g.p.m. / Q m³/h / l/min	0	3522	4402	5283	6164	7045	7925	8806	9246	9686
	kW	HP				400 V	0	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2100
				0		13333	16667	20000	23333	26667	30000	33333	35833	36667	37500
NCBKZ4P 300-315C	90	125	149,9	7,7	H (m)	22,5	19,5	17,7	16,3	14,5	12,5	9,9	7,4		
NCBKZ4P 300-315A	160	220	267,4	7,9		37	36,2	35	33,2	31,1	28,8	25,9	22,2	19,7	16,2

1450 RPM

Tipo	P2		In (A)	Is / In	U.S.g.p.m. / Q m³/h / l/min	0	3522	4402	5283	6164	7045	7925	8806	9466	9686	9906	10127	
	kW	HP				400 V	0	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2150	2200	2250	2300
				0		13333	16667	20000	23333	26667	30000	33333	35833	36667	37500	38333		
NCBKZ4P 300-400C	200	270	337,3	7,7	H (m)	41	39,5	38,5	36,5	34	31	28	25,5	22,5				
NCBKZ4P 300-400B	250	340	426,4	7,9		50	49,5	48,5	47	44,5	42	39	36	32,5	31,5	30		
NCBKZ4P 300-400A	315	430	531,2	7,8		58	57	56	54,5	53	51	49	46,5	43,5	41,5	39,5	36	



CENTRÍFUGAS SOBRE BANCADA NORMALIZADAS NORMA EN733

Serie NCB / NCBZ

2900 RPM

Tipo	P2		In (A)		Is / In	U.S.g.p.m. Q m³/h l/min	0	79	18	110	154	176	198	220	242	264	286	310	330	350	374	396	440	462	528	572	594		
	kW	HP	230 V	400 V			0	18	20	25	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100	105	120	130	135		
	H (m)																												
NCBZ2P 50-125C	2,2	3	8	4,6	8,2	17,5	17,2	17	16,7	15,2	14,3	13,2	12	10	8														
NCBZ2P 50-125B	3	4	10,8	6,2	9,1	21,2		20,6	20	18,6	17,6	16,6	15,3	13,9	13	11													
NCBZ2P 50-125A	4	5,5	13	7,5	9,9	24,2			24,4	23,2	22,4	21,4	20,3	19,1	17,7	17													
NCBZ2P 50-160B	5,5	7,5	17,6	10,1	9	32,5			32	30,1	28,8	27,5	25,9	24,2	22,3	20,3	18,4	16,6											
NCBZ2P 50-160A	7,5	10		13,6	9	40,4			40	38,6	37,7	36,6	35,2	33,7	31,8	29,7	27,6	25,7											
NCBZ2P 50-160NC	5,5	7,5	17,6	10,1	9	30,5				27,7	27	26	24,9	23,6	22,1	20,6	20												
NCBZ2P 50-160NB	7,5	10		13,6	9	39				36,8	35,8	35	33,7	32,3	30,7	29	27	25											
NCBZ2P 50-160NA	9,2	12,5		17,4	8,9	44				40,6	40	39	38	36	35,2	34	32	30	27,5	26									
NCBZ2P 50-200C	9,2	12,5		17,4	8,9	52,2				52	49,6	47,8	45,9	43,4	41	38,2	35	32,3	28,4										
NCBZ2P 50-200B	11	15		20,1	9	58				57,3	54,3	52,3	50,1	47,2	44,2	40,8	37,3	33,8											
NCBZ2P 50-200A	15	20		26,3	8,2	61,8				60	58	56,5	55	53	50,5	48	45	41	30										
NCBZ2P 50-200NC	15	20		26,3	8,2	53,3								49,2	48	46,5	46	44,5	43	41,5	38	36,5	30,5						
NCBZ2P 50-200NB	18,5	25		33	8,5	61,5								56,4	55	53	51,5	50	48	47	45	42	37						
NCBZ2P 50-200NA	22	30		39,2	8,5	71								66,8	66	65	64	62	60	58	55	52,5	45,5	49	31,5				
NCBZ2P 50-250ND	18,5	25		33	8,5	69				68,5	66	64	62,5	61	58	56	50,5	47,3	44,2	40,2									
NCBZ2P 50-250NC/B	18,5	25		33	8,5	80				79	77,5	76	74,5	72	70	68	64,5	61,5											
NCBZ2P 50-250NC/A	22	30		39,2	8,5	80				79	77,5	76	74,5	72	70	68	64,5	61,5	58	54									
NCBZ2P 50-250NB/B	22	30		39,2	8,5	88,5				88	86,5	85	84	82	80	77	74	71	68										
NCBZ2P 50-250NB/A	30	40		53,1	9,1	88,5				88	86,5	85	84	82	80	77	74	71	68	64,5	60	57	44						
NCBZ2P 50-250NA	30	40		53,1	9,1	101				100	99	98	97	94,5	93	90,5	87,5	84	80	76,5	64	57	44						
NCBZ2P 50-315D	45	60		79,4	6,9	107								104	103	102	100	98	96	94	92,5	89	86	83	78	75			
NCBZ2P 50-315C	55	75		96,8	8	125,5								121	120	118,5	116,8	115	113,5	112	110	108	106	104	100	97,5	91	85,5	83

2900 RPM

Tipo	P2		In (A)		Is / In	U.S.g.p.m. Q m³/h l/min	0	132	154	176	198	220	242	264	286	310	330	350	396	440	484	528	572	616	660	704	726
	kW	HP	230 V	400 V			0	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90	100	110	120	130	140	150	160	165
	H (m)																										
NCBZ2P 65-125D	3	4	10,8	6,2	9,1	12,5	12,3	12	11,9	11,8	11,6	11,4	11	10	9,5	8	7,4										
NCBZ2P 65-125C	4	5,5	13	7,5	9,9	17	16	15,9	15,6	15,5	15,4	15,2	15	14,6	14,2	13,5	13	11	8								
NCBZ2P 65-125B	5,5	7,5	17,6	10,1	9	21,5	21,2	21	20,9	20,9	20,8	20,7	20,5	20	19,1	19	18,1	16,4	14								
NCBZ2P 65-125A	7,5	10		13,6	9	26,6	26,4	26,2	26	25,9	25,8	25,7	25,6	25,4	25	24,5	24	22	19,4	17							
NCBZ2P 65-160C	9,2	12,5		17,4	8,9	32,8	32,3	31,8	31,6	31,2	30,8	30,6	30,1	29,3	28,7	27,8	27,1	25,2	23,1	20,3							
NCBZ2P 65-160B	11	15		20,1	9	38,8	38,3	38,1	37,8	37,5	37,3	37	36,5	36,2	35,7	35,3	34,5	32	30	27,8							
NCBZ2P 65-160A	15	20		26,3	8,2	43,4	43	42,8	42,7	42,5	42,3	41,9	41,7	41,4	40,8	40,4	39,7	38,2	36,2	33,5	30	28					
NCBZ2P 65-200C	15	20		26,3	8,2	43				42	41,6	41	40,5	39,8	39	38	35,9	33	31	27	23						
NCBZ2P 65-200B	18,5	25		33	8,5	48				47,9	47,3	47	46,9	46,2	45,8	45	42,8	40	36,9	33	30	25					
NCBZ2P 65-200A	22	30		39,2	8,5	55,5				55,3	55	54,9	54,2	54	53,5	53	51,5	49,5	47	44,2	41	35					
NCBZ2P 65-200NC	18,5	25		33	8,5	46,4				46,1	45,9	45,4	45	44	43,1	42,1	41,1	39,9	37,8	35,3	32,4	29,5	25,8	21,4			
NCBZ2P 65-200NB	22	30		39,2	8,5	53,5				53,4	53,3	53,1	53	52,9	52,3	51,6	50,8	50	48,3	46,4	44,3	41,7	38,5	35,3	31,3	27,5	
NCBZ2P 65-200NA	30	40		53,1	9,1	66,6				66,5	66,3	66	65,7	65,3	65	64,7	64,1	63,7	62	60	58	55,6	53	50	47	43	40
NCBZ2P 65-250NC	22	30		39,2	8,5	69				68,8	68,5	68	67,5	67	66,3	65,3	63,8	62,8									
NCBZ2P 65-250NA	30	40		53,1	9,1	76				75	74,7	74,4	74	73,5	73	72,5	72	69	67	63,5							
NCBZ2P 65-250NB	37	50		63,2	8,8	89,7				89,4	89,2	89	88,5	88	87	86,5	85	84	82	79,5	76						
NCBZ2P 65-250NB	45	60		79,4	6,9	95,6				95,2	95	94,8	94,5	94	93,6	93	92	90	87,6	85	81,5	78,5	74				

ANEXO 4. CATÁLOGO AIRE ACONDICIONADO

PACKAGE UNIT

The package unit type HH-PU is a compact unit specially designed for marine installations as air supply for single pipe and or dual pipe systems on board of ships and platforms.

The HH-PU contains of air handling unit and cooling plant.

The air handling unit consist of:

- Air mixing section: with air regulating valves.
- Filter section: cleanable filters, type filtermats P15/500
- Heating section: electrical, thermal oil, steam or hot water coil
- Cooling section: with cooling coil of 100% of the total cooling capacity for direct expansion R-407C (optional: R134A).
- Humidifier section: steam humidifier, complete with hygrostat and solenoid valve and droplet separator (optional).
- Fan section: centrifugal fan complete with flexible and vibration/mounted, suitable for medium pressure.
- Plenum section: with air duct connection or flanges (optional).

The cooling plant consist of:

- Compressor: semi-hermetic
- Condenser: shell and tube condenser
- Frame: Galvanized steel or stainless steel including vibration dampers
- Control starter Panel: all necessary control equipment for accurate control of correct working of the package unit.

Control panel

The control comprises the following functions:

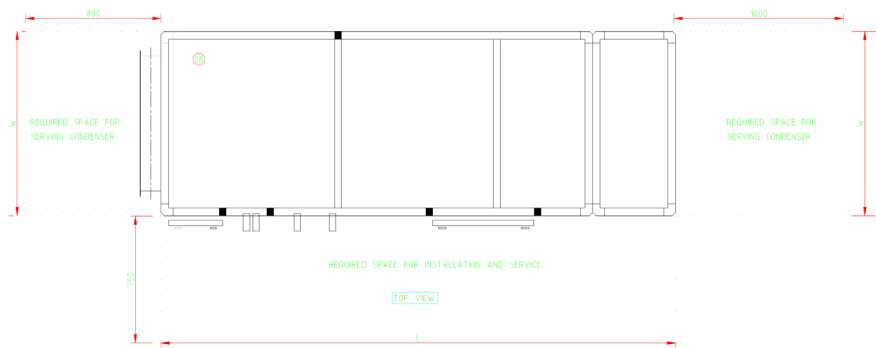
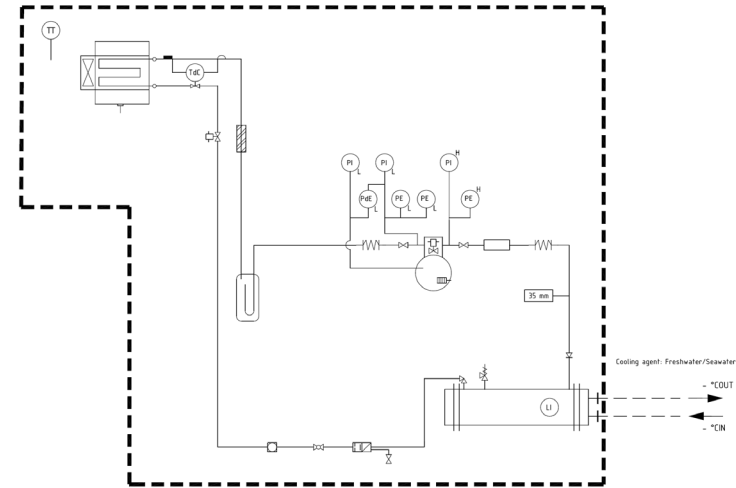
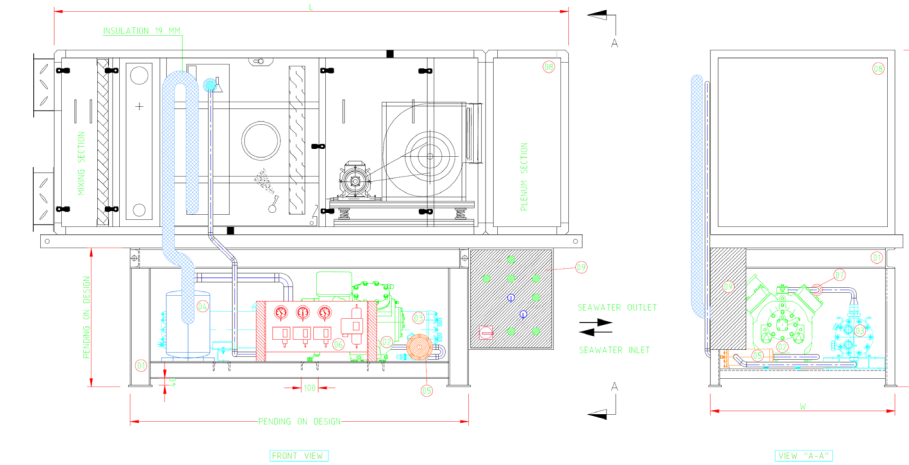
- Start and stop of fan
- Control of heating capacity
- Control of cooling capacity
- Start and stop of compressor motor
- Potential free contact for common alarm signal

Selection 50Hz

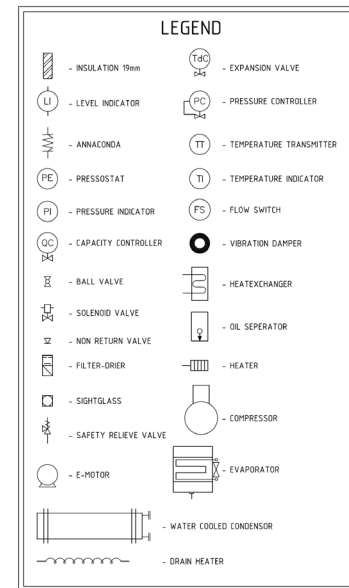
Type	HH-PU 1	HH-PU 2	HH-PU 3	HH-PU 4
Air Quantity Range (m³/hr)	1500 - 3500	3500 - 7000	7000 - 11000	11000 - 15000
Static Pressure Range (Pa)	800 - 1200	800 - 1200	1000 - 1400	1000 - 1400
Cooling Capacity Range (kW)	30 - 65	65 - 95	95 - 135	135 - 170
Compressor Power Range (kW)	9 - 18	18 - 26	26 - 39	39 - 45
Condenser Water Flow at 32°C (m³/hr)	6 - 8	8 - 12	12 - 19	19 - 20
Condenser Water Flow at 38°C (m³/hr)	10 - 15	15 - 22	22 - 33	33 - 36
Heating Capacity Range (kW)	20 - 50	50 - 100	70 - 150	140 - 220
Fan Motor Power Consumption (kW)	1,5 - 3	3 - 5,5	5,5 - 11	11 - 15
Current	3ph - 400V - 50 Hz			
Class	IP 54 isol. F			
Dimension (L x W x H) in mm	2650x1030x1660	3050x1260x1960	3150x1530x2080	3350x1800x2230

Optional: 60Hz

Alternatives available on request.

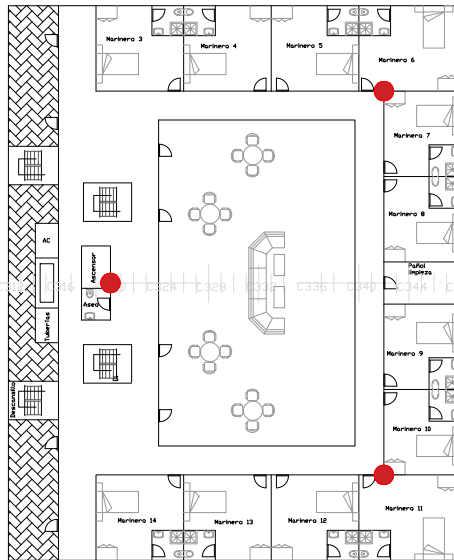


POS	QTY	DESCRIPTION
09	1	Electr. Control Panel
08	1	A.H.U.
07	1	Muffler
06	1	Gauge panel
05	1	Filter
04	1	Liquid Separator
03	1	Condensator
02	1	Compressor
01	1	Frame

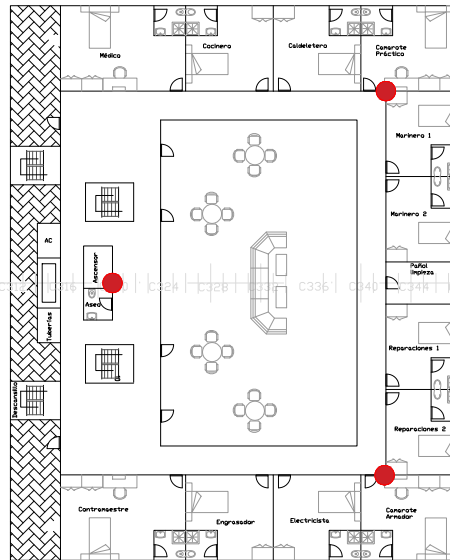


Alternatives available on request.

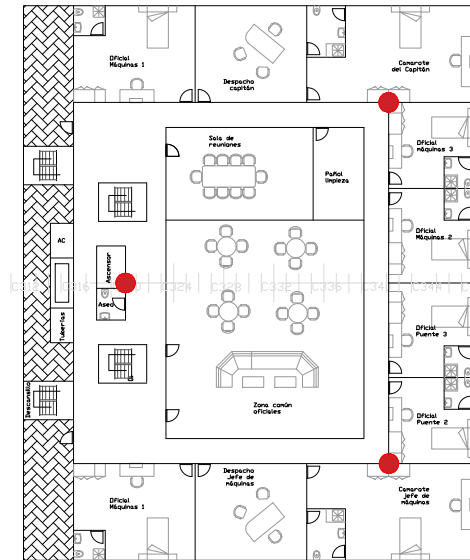
CUBIERTA 2



CUBIERTA 3

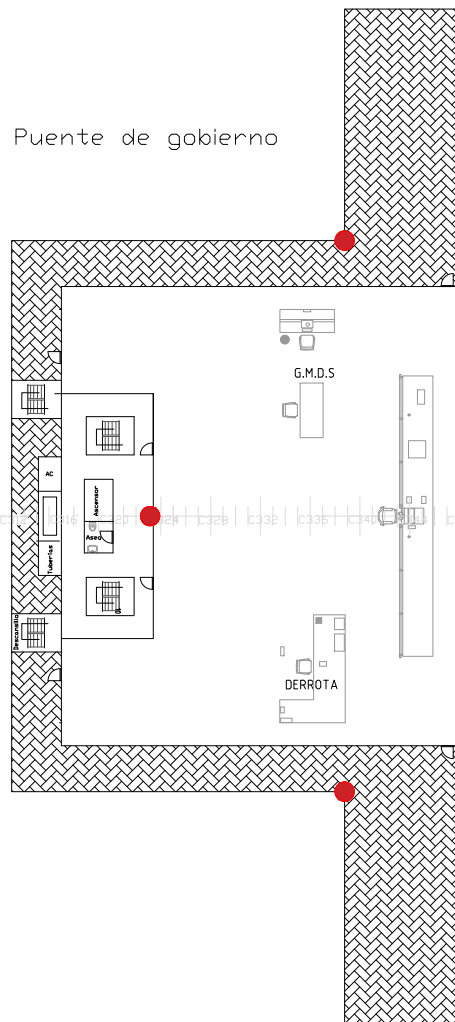


CUBIERTA 4

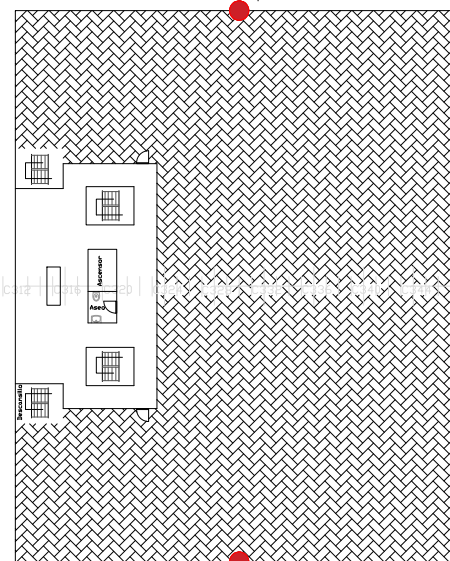


TÍTULO	BUQUE PORTACONTENEDORES 16000 TEU's	PLANO N°	02
AUTOR	Javier García Ávila	FIRMA	
CUADERNO	Cuaderno 12. Equipos y servicios		
ESCALA	1:400		
FECHA	Abril 2022		
PLANO		Cubierta 2, cubierta 3, cubierta 4. Posición extintores.	

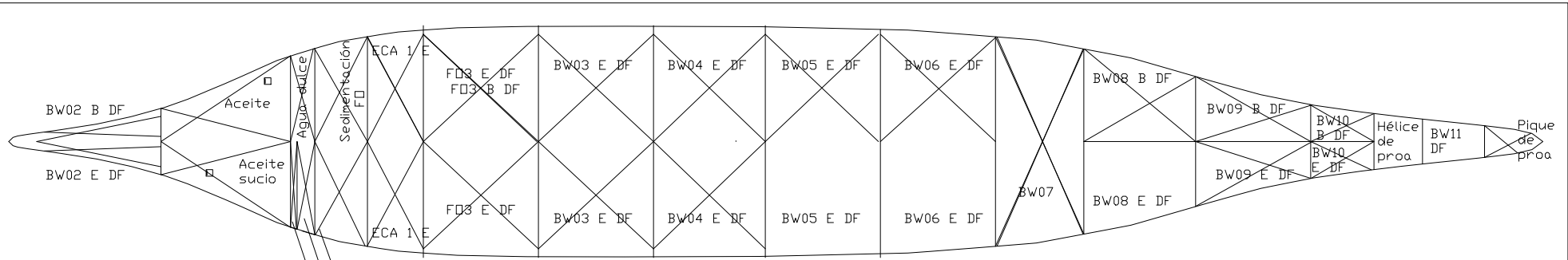
Puente de gobierno



Techo del puente



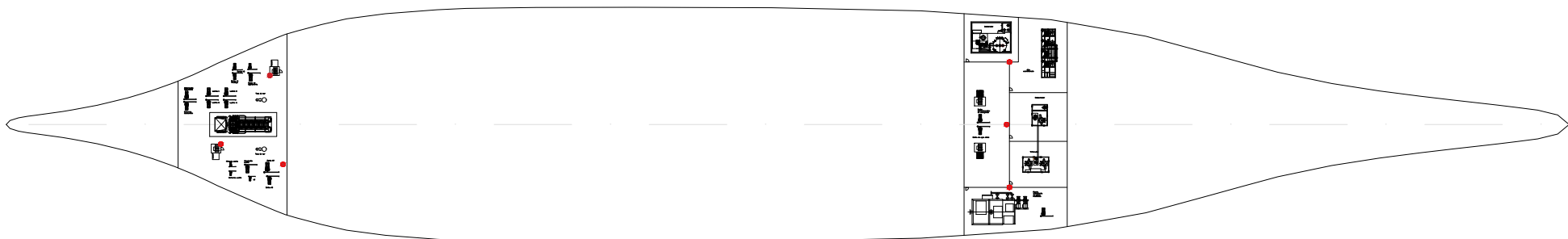
TÍTULO	BUQUE PORTACONTENEDORES 16000 TEU's	PLANO Nº	03
AUTOR	Javier García Ávila	FIRMA	
CUADERNO	Cuaderno 12. Equipos y servicios		
ESCALA	1:400	PLANO	
FECHA	Abril 2022	Puente y techo del puente. Posición extintores.	



Sedimentación ECA
 Aguas negras
 Lodos

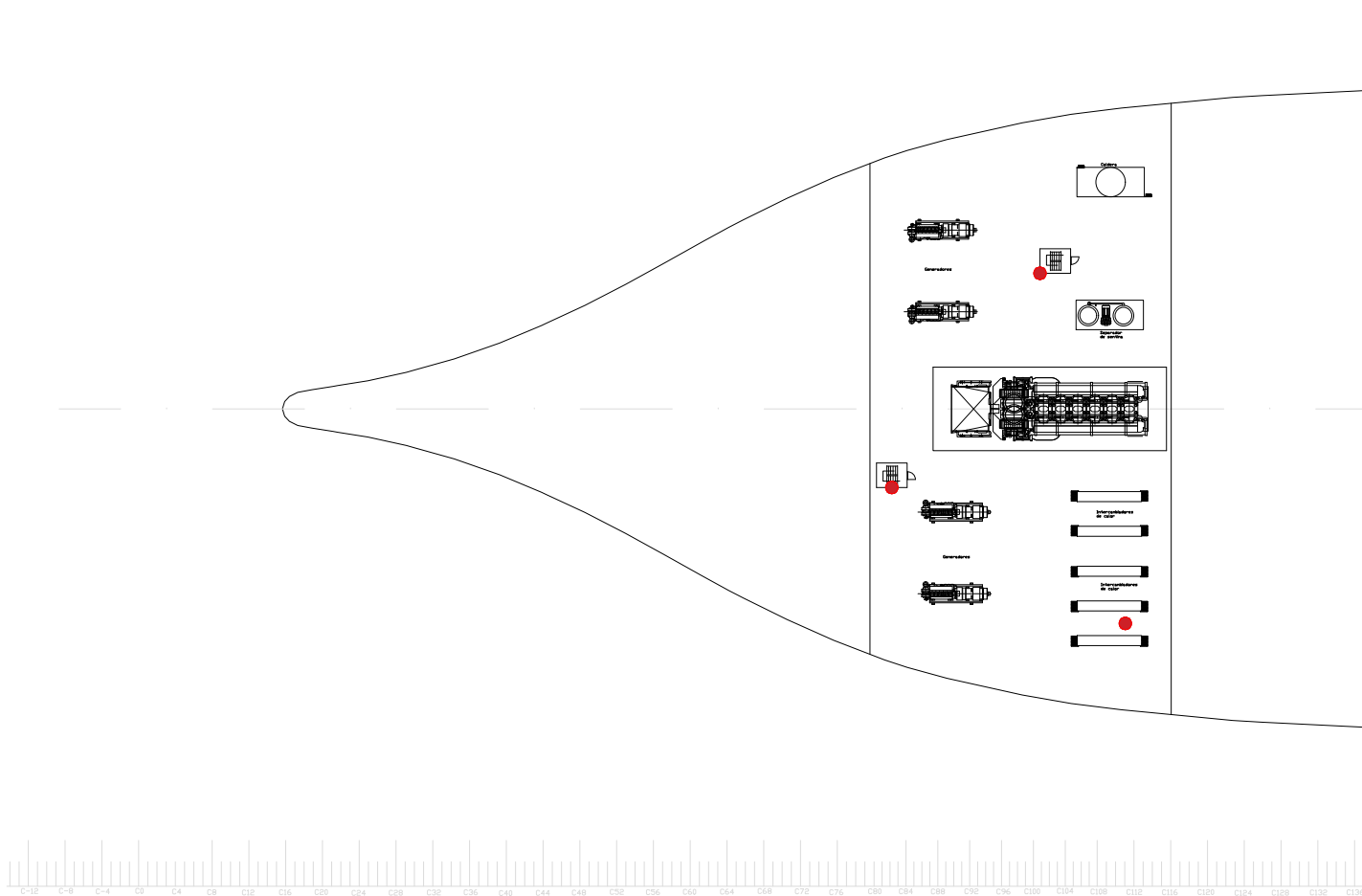
CUBIERTA DOBLE FONDO

CUBIERTA Inferior 1 D=3.9 [m]



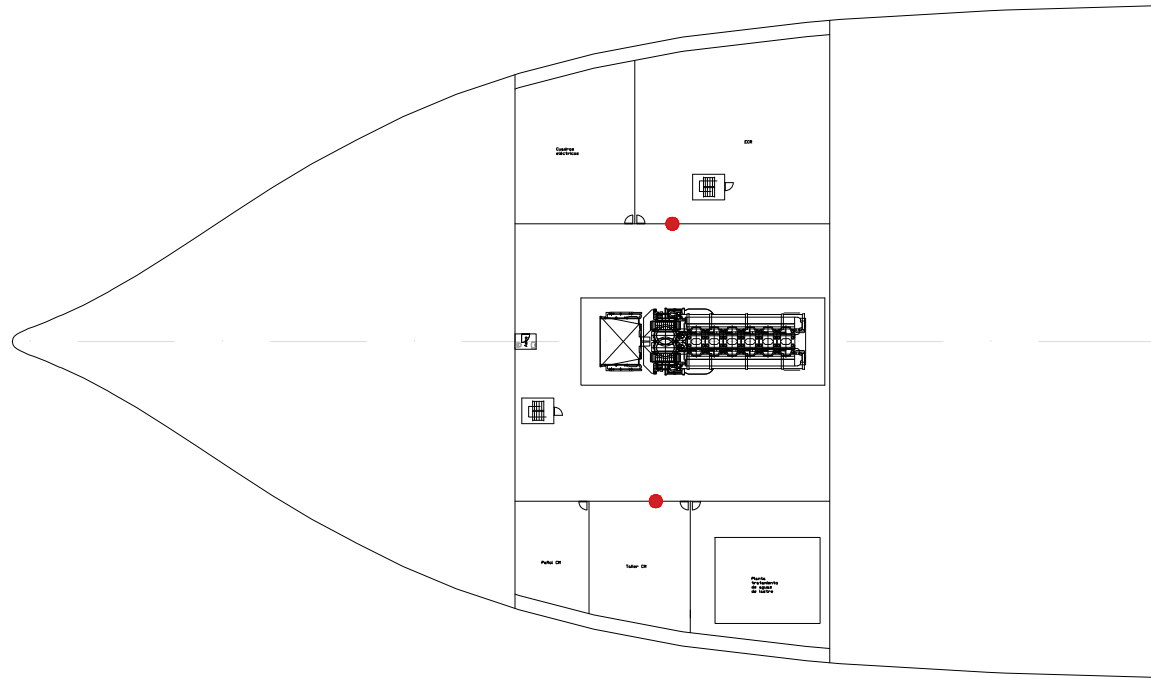
TÍTULO	BUQUE PORTACONTENEDORES 16000 TEU's	PLANO N°	04
AUTOR	Javier García Ávila	FIRMA	
CUADERNO	Cuaderno 12. Equipos y servicios		
ESCALA	1:4000	PLANO	Cubierta Doble Fondo y cubierta inferior 1. Extintores.
FECHA	Abril 2022		

Cubierta Inferior 2 D= 8.2 [m]



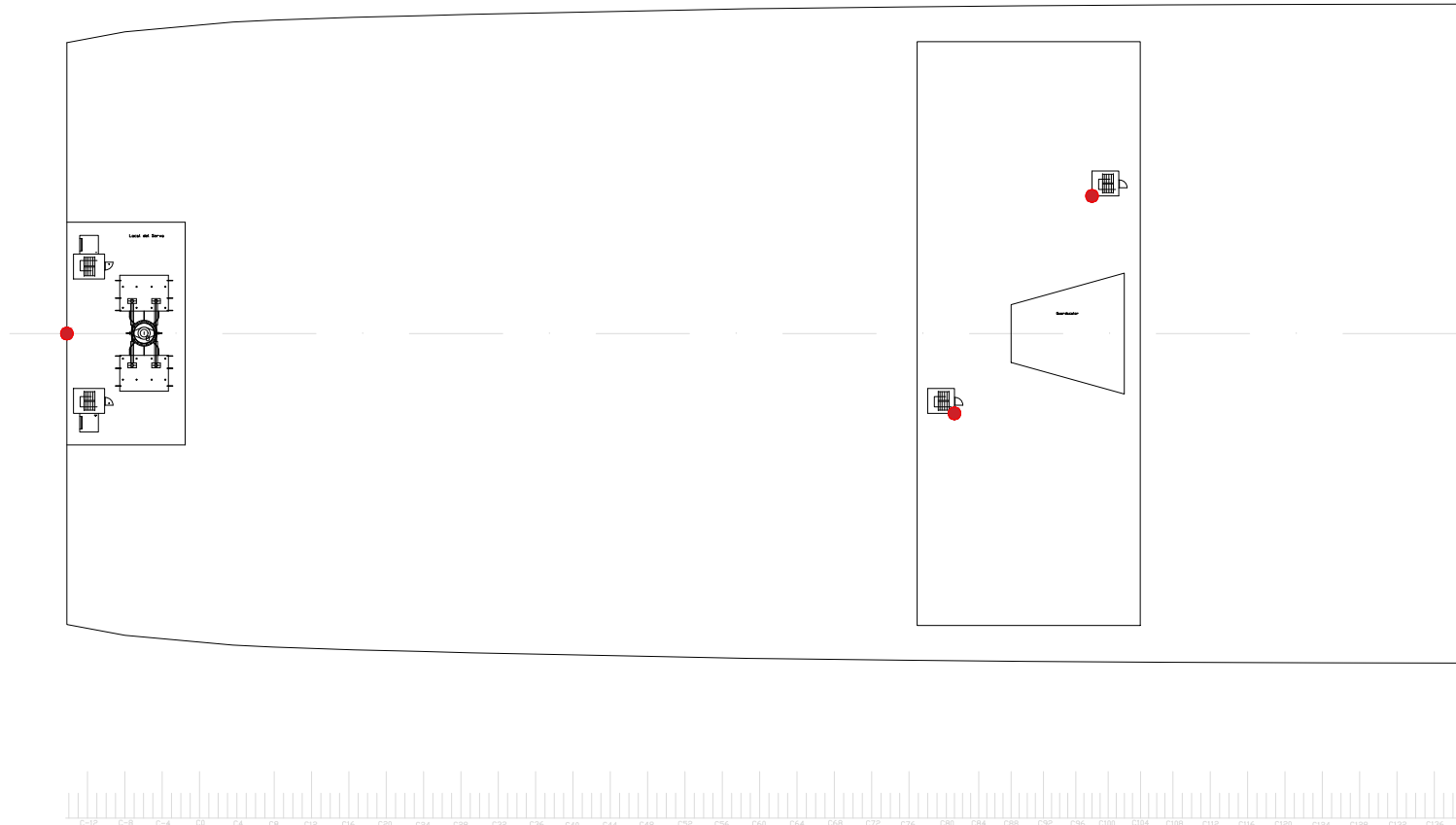
TÍTULO	BUQUE PORTACONTENEDORES 16000 TEU's	PLANO Nº	05
AUTOR	Javier García Ávila	FIRMA	
CUADERNO	Cuaderno 12. Equipos y servicios		
ESCALA	1:1500	PLANO	
FECHA	Abril 2022	Cubierta inferior 2 CM. Posición de los extintores.	

Cubierta Inferior 3 D= 11.5 [m]



TÍTULO		BUQUE PORTACONTENEDORES 16000 TEU's	PLANO Nº	06
AUTOR		Javier García Ávila	FIRMA	
CUADERNO		Cuaderno 12. Equipos y servicios		
ESCALA	PLANO	Cubierta inferior 3 CM. Posición de los extintores.		
1:1500				
FECHA				
Abril 2022				

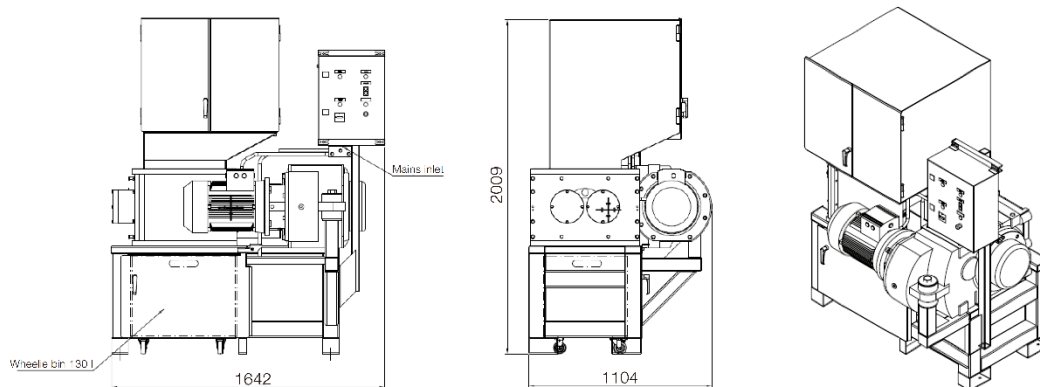
Cubierta Inferior 4 D= 24.25 [m]



TÍTULO		BUQUE PORTACONTENEDORES 16000 TEU's	PLANO Nº
AUTOR		Javier García Ávila	07
CUADERNO		Cuaderno 12. Equipos y servicios	FIRMA
ESCALA	PLANO	Cubierta inferior 4 CM. Posición de los extintores.	
1:1500			
FECHA			
Abril 2022			

ANEXO 5. CATÁLOGO PLANTA DE TRATAMIENTO DE BASURAS

EVAC MIDI SHREDDER



The Evac UMS 5050 is a compact heavy duty shredder designed for shredding various waste materials such as general waste, plastic, paper and cardboard, metal tins and wood. With the slow rotating shredder the noise level is kept to a minimum.

A feeding hopper is placed on top of the unit and the safety switches on the doors ensure safe handling of the machine. The unit reduces the volume of ship-generated garbage by up to 90% depending on the fraction, which in turn reduces the amount of storage space required.

The shredder is suitable for reducing volume and preparing waste prior to any incineration. The shredded material is collected in a stainless steel box for onboard incineration or transport ashore.

The shredder has an electronic overload control. When overloaded the shredder reverses in order to turn the material, then starts again.

The Evac UMS 5050 has been examined and tested by DNV/GL Maritime for the purpose of marine and offshore installations.

Features

Dimensions		Dimensions	
Height	2009 mm	IP Class	54
Width	1642 mm	Noise level	78 dBA*
Depth	1104 mm		60 dbA (Stand by)
Feed opening	667 x 828 mm		[†] Dependent on type of fraction
Feed opening	411 x 663 mm	Collection bin	
Net weight	1600 kg kg	Volume	130 liter
Voltage, Rating, Rated current	3x400-480 V, 50/60 Hz-7.5/9.0 kW	Material	AISI 316
Fuse	32 A (delayed)	Electrical system	IEC 60092 compliant
Cable	4 x 2.5 mm2		DNV-GL Maritime Verification report

RELATED PRODUCTS: • 1. Evac UMS 2530, Mini Shredder • 2. Evac UOS 5050, Offshore Shredder
 • 3. USC 2020, Shredder Compactor • 4. Evac UMCC, Multi Chamber Compactor



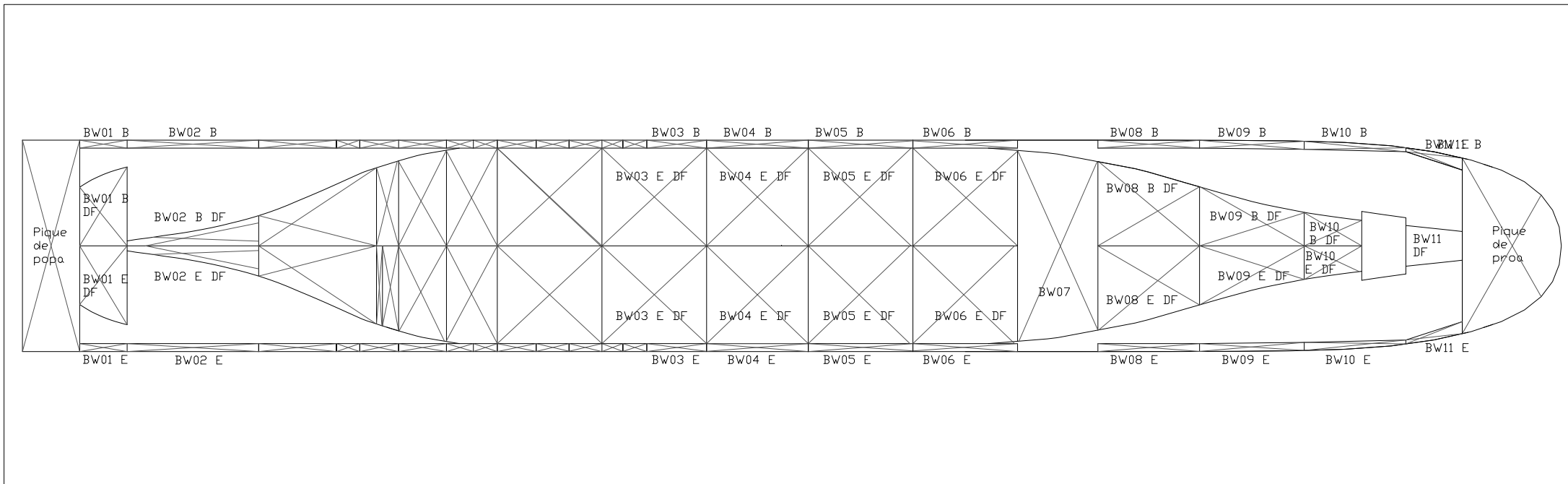
Evac is the world's leading provider of integrated water and waste management systems, as well as corrosion-protection systems, for the marine, offshore, and building industries. Our cutting-edge solutions and services have been helping leading global players in these industries to significantly reduce their environmental footprint for 40 years. With offices in 14 countries across four continents and representatives in more than 70 countries, we pride ourselves on being close to our customers wherever in the world they are located.

* Solutions for building industry customers are sold by Evac

Representative:

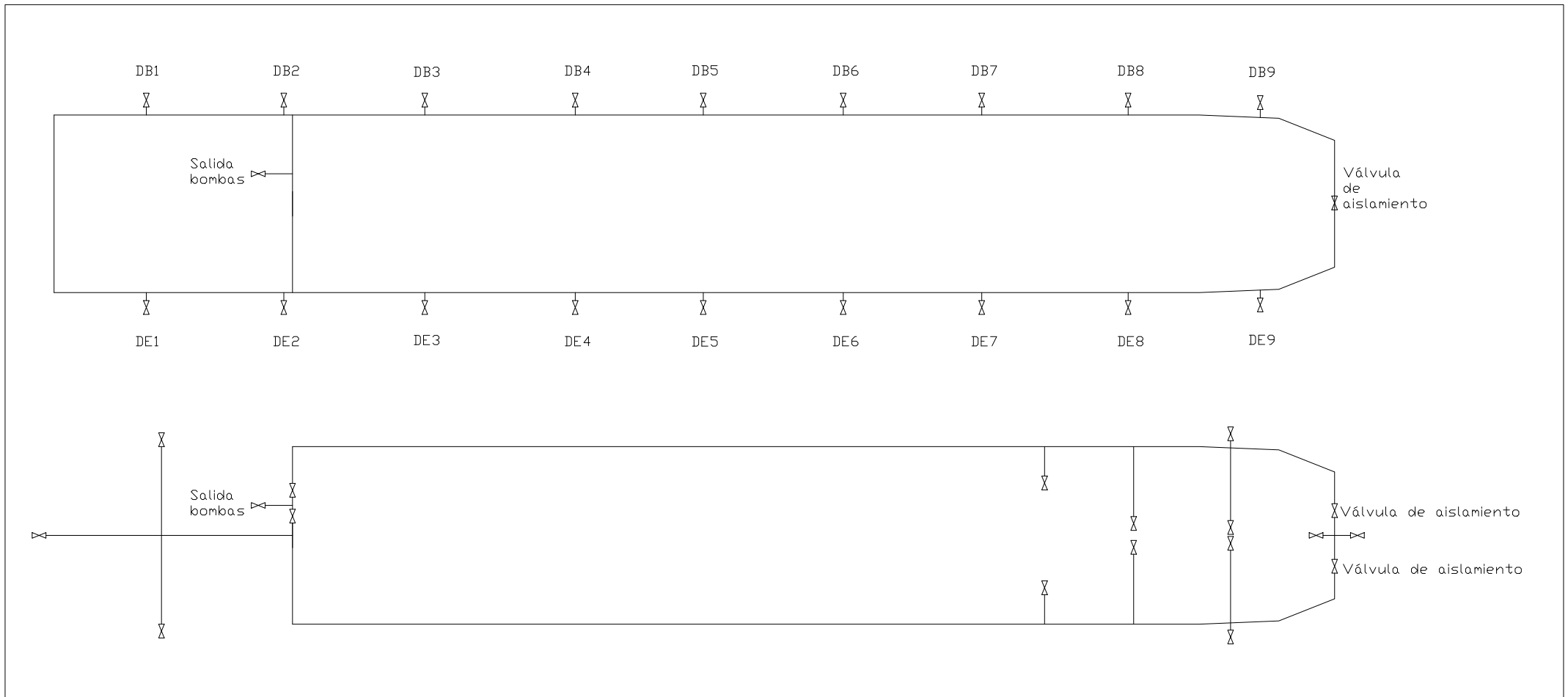
Our contact information at www.evac.com/contacts

ANEXO 6. DISPOSICIÓN DE TANQUES



TÍTULO		BUQUE PORTACONTENEDORES 16000 TEU's	PLANO N°
AUTOR		Javier García Ávila	08
CUADERNO		Cuaderno 12. Equipos y servicios	FIRMA
ESCALA	PLANO	Diagrama de tanques	
1:4000			
FECHA			
Julio 2022			

ANEXO 7. ESQUEMA SISTEMA DE LASTRE



TÍTULO	BUQUE PORTACONTENEDORES 16000 TEU's	PLANO Nº	09
AUTOR	Javier García Ávila	FIRMA	
CUADERNO	Cuaderno 12. Equipos y servicios		
ESCALA	1:4000	PLANO	
FECHA	Julio 2022	Líneas de descarga del sistema de lastre y línea de carga y descarga de los tanques de lastre	