



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**Trabajo Fin de Grado**

**CURSO 2020/21**

---

*BUQUE PORTACONTENEDORES DE 20000 TEUS  
ADAPTADO A RUTA ASIA - EUROPA*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**ALUMNO**

Miguel Ángel Rodríguez González

**TUTOR**

D. Luis Manuel Carral Couce

**FECHA**

Septiembre 2021



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**CURSO 2020/21**

---

*BUQUE PORTACONTENEDORES DE 20000 TEUS  
ADAPTADO A RUTA ASIA - EUROPA*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**Cuaderno 10**

**“DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y SUS  
AUXILIARES”**

## ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| 1 RPA .....  | 5  |
| 2 Resumen.....   | 6  |
| 2.1 Castellano.....  | 6  |
| 2.2 Gallego .....  | 6  |
| 2.3 Inglés .....   | 6  |
| 3 Introducción .....   | 7  |
| 4 Justificación de la Elección del Equipo Propulsor .....          | 8  |
| 4.1 Justificación de la Potencia del Motor Principal.....          | 8  |
| 5 Sistemas Auxiliares del Motor Principal .....                    | 10 |
| 5.1 Turbocompresor.....  | 10 |
| 5.2 Sistema de Refrigeración .....                                 | 10 |
| 5.2.1 Bombas del sistema de agua salada .....                      | 11 |
| 5.2.2 Enfriador del sistema de lubricación .....                   | 12 |
| 5.2.3 Enfriador de Aire.....                                       | 12 |
| 5.2.4 Válvula termostática de agua de mar .....                    | 13 |
| 5.2.5 Sistema de refrigeración de las camisas .....                | 13 |
| 5.2.6 Enfriador del aire de barrido.....                           | 15 |
| 5.3 Servicio de Combustible .....                                  | 16 |
| 5.3.1 Centrifugadoras .....  | 17 |
| 5.3.2 Bomba de suministro de combustible .....                     | 17 |
| 5.3.3 Bombas de circulación de combustible .....                   | 18 |
| 5.3.4 Calentador de HFO.....                                       | 19 |
| 5.3.5 Filtro de HFO .....  | 20 |
| 5.3.6 Aireamiento del HFO .....                                    | 21 |
| 5.4 Servicio de lubricación .....                                  | 22 |
| 5.4.1 Tubos de drenaje y ventilación del turbocompresor.....       | 23 |
| 5.4.2 Centrifugadoras .....  | 23 |
| 5.4.3 Bombas de aceite.....  | 23 |
| 5.4.4 Enfriador de aceite lubricante .....                         | 24 |
| 5.4.5 Válvula de control de temperatura del aceite lubricante..... | 25 |
| 5.4.6 Filtro de aire lubricante .....                              | 25 |
| 5.5 Servicio de ventilación de la cámara de máquinas .....         | 26 |
| 5.6 Servicio de aire de arranque .....                             | 26 |
| 5.6.1 Compresores de aire de arranque .....                        | 28 |
| 5.6.2 Receptores de aire de arranque .....                         | 28 |
| 6 Justificación de la Autonomía.....                               | 29 |
| 6.1 Fuel Oil. ....   | 29 |
| 6.2 Diésel Oil. ....   | 29 |
| 6.3 Aceite de lubricación.....                                     | 29 |
| 7 Cámara de Máquinas Desatendida .....                             | 30 |
| 8 Calefacción de Tanques.....                                      | 32 |

---

|  |    |
|--|----|
| 8.1 Tanques de Fuel Oil.....                             | 32 |
| 8.1.1 Calentador de combustible del motor principal..... | 36 |
| 8.1.2 Balance de vapor.....                              | 37 |
| 8.1.3 Generación de Vapor.....                           | 37 |
| Anexo I: Capacidades según fabricante del motor MAN..... | 39 |
| Anexo II: Planos.....                                    | 40 |

## 1 RPA



### **GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA** **TRABAJO FIN DE GRADO**

#### **PROYECTO NÚMERO**

**TIPO DE BUQUE:** Portacontenedores con ruta Asia-Norte de Europa.

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

**CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:** 20000 TEUS

**VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:** 20 nudos en condiciones de servicio y 20000 millas de autonomía.

**SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:** Sin medios propios de carga/descarga.

**PROPULSIÓN:** Motor Diésel.

**TRIPULACIÓN Y PASAJE:** 40 tripulantes en camarotes dobles e individuales.

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

Ferrol, 4 Octubre 2020

**ALUMNO/A:** D Miguel Ángel Rodríguez González

## 2 RESUMEN

### 2.1 Castellano

La finalidad del presente Trabajo Fin de Grado es el dimensionamiento y definición de un buque portacontenedores, cumpliendo con la RPA establecida. Una de las principales características es que es un buque de carga normalizada que ha de transportar 20000 TEUS, lo cual afecta a las dimensiones del mismo. Este portacontenedores será diseñado para dar servicio a la ruta Asia – Norte de Europa, por lo que ha de tener una autonomía que le permita realizar un trayecto de unas 20000 millas.

### 2.2 Gallego

A finalidade do presente Traballo de Fin de Grao é o dimensionamento e definición dun buque portacontenedores, cumprindo co establecido na RPA. Unha das principais características é que é un buque de carga normalizada que transporta 20000 TEUS, o cal afecta as dimensións do mesmo. Este portacontenedores deseñarase para dar servizo a ruta Asia – Norte de Europa, polo que terá unha autonomía que permita realizar o traxecto dunhas 20000 millas.

### 2.3 Inglés

The purpose of this Final Degree Project is the dimensioning and definition of a container ship, complying with the established RPA. One of the main characteristics is that it is a standardized cargo ship and that it has to transport 20000 TEUS, which affects its dimensions. This container ship will be designed to serve the Asia - North Europe route, so it must have an autonomy that allows it to cover a journey of about 20000 miles.

### 3 INTRODUCCIÓN

En este cuaderno se realizará la definición de la planta propulsora principal, así como definir los servicios y equipos auxiliares de esta. Todo esto se realizará mediante los datos obtenidos en el cuaderno 6, a partir del programa informático NavCad, y la Project Guide del fabricante del motor propulsor.

Para el desarrollo de este cuaderno se utilizarán los datos obtenidos en el cuaderno 3 "Coeficientes y Plano de Formas", son las siguientes:

|   |            |
|---|------------|
| <b>TEUS TOTALES</b>                         | 20000 TEUS |
| <b>TEUS BODEGA</b>                          | 8518 TEUS  |
| <b>TEUS CUBIERTA</b>                        | 11481 TEUS |
| <b>ESLORA TOTAL (Loa)</b>                   | 399,8 m.   |
| <b>ESLORA PERPENDICULARES (Lpp)</b>         | 382,4 m.   |
| <b>MANGA (B)</b>                            | 58 m.      |
| <b>PUNTAL (D)</b>                           | 32 m.      |
| <b>CALADO (T)</b>                           | 16,5 m.    |
| <b>DESPLAZAMIENTO (<math>\Delta</math>)</b> | 299292 ton |
| <b>VELOCIDAD (V)</b>                        | 20 kn      |

|                                  |        |
|----------------------------------|--------|
| <b>Nº DE FROUD</b>               | 0,1698 |
| <b>COEFICIENTE DE BLOQUE</b>     | 0,797  |
| <b>COEFICIENTE DE LA MAESTRA</b> | 0,994  |
| <b>COEFICIENTE PRISMÁTICO</b>    | 0,887  |

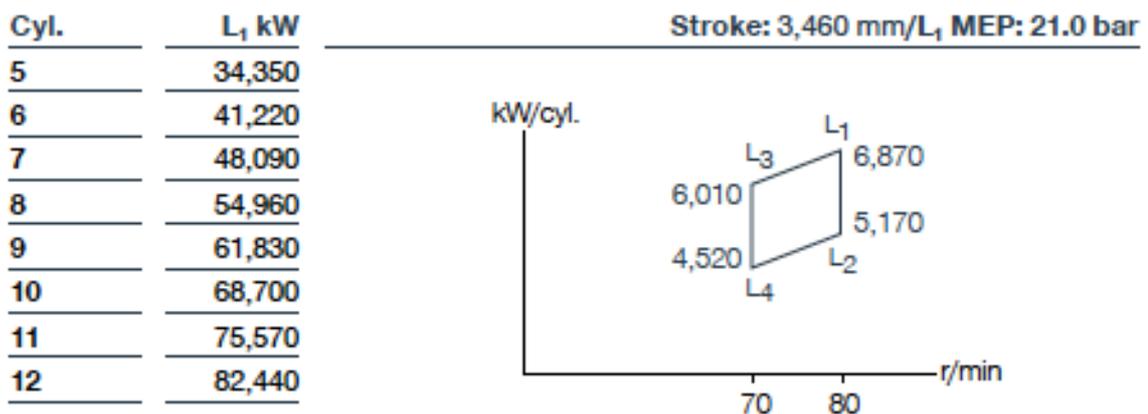
Aunque el diseño de una cámara de máquinas se trata de un proceso iterativo con el fin de alcanzar una disposición de la maquinaria que cumpla con los requerimientos exigidos para el buque, en este cuaderno se hará una aproximación preliminar.

## 4 JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN DEL EQUIPO PROPULSOR

A partir de la predicción de potencia mediante el software NavCad del cuaderno 6 se establece que se necesita una potencia de 67211,77 kW, o lo que es lo mismo, 90132,47 hp para suministrar a una hélice de paso fijo de 5 palas.

Para la elección del motor se tuvo en cuenta, en primer lugar, las RPA fijadas de antemano relacionadas con la propulsión del buque, por lo que, la propulsión será mediante un motor diésel lento directamente acoplado a la hélice de paso fijo, el buque tendrá que poder navegar a 20 nudos en condiciones de servicio a un régimen del 85% de MCR y un margen de mar del 15%. Condiciones en las que tendrá una autonomía de 20000 millas. Todos estos datos fueron utilizados en el Cuaderno N° 6.

Como se ha descrito en el Cuaderno 6, se selecciona un motor MAN B&W G95ME-C10.5 TII Fuel Oil de 11 cilindros, 75570 kW y 80 rpm.



Se establece un motor superior a la potencia que se obtiene como resultado del software para tener cierto margen, aunque dicho motor se ajusta bastante bien a la potencia requerida por la planta propulsora.

### 4.1 Justificación de la Potencia del Motor Principal

En este apartado se desarrolla la comprobación de la potencia dada por el fabricante en la condición de MCR.

La potencia desarrollada en la brida de acoplamiento del motor, la cual se denomina “potencia al freno” o “potencia efectiva del motor propulsor” tiene la siguiente expresión en función de una serie de dimensiones básicas características del motor principal:

$$Nb = \frac{P_e \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \cdot n \cdot i}{0,45 \cdot z}$$

Siendo:

- $P_e = 21 \text{ bar}$  → Presión media efectiva
- $D = 95 \text{ cm} = 0,95 \text{ m}$  → Diámetro del cilindro
- $L = 3,46 \text{ m}$  → Carrera del pistón
- $n = 80 \text{ rpm}$  → Número de revoluciones
- $i = 11$  → Número de cilindros
- $z = 1$  → Número de revoluciones por ciclo

Volviendo a la ecuación anterior, y sustituyendo en ella:

$$Nb = \frac{21 \cdot \frac{\pi \cdot 0,95^2}{4} \cdot 3,46 \cdot 80 \cdot 11}{0,45 \cdot 1} = 100716,97 \text{ BHP} = 75104,63 \text{ kW}$$

Se comprueba por tanto que la potencia se aproxima, con cierto margen, al dato suministrado por el fabricante (75570 kW)

## 5 SISTEMAS AUXILIARES DEL MOTOR PRINCIPAL

A lo largo de este apartado se irán desarrollando los diferentes elementos que posee como auxiliares el motor propulsor principal.

### 5.1 Turbocompresor

En el caso de los turbos, será necesario seguir la Project Guide, la cual nos indica que turbocompresores que se pueden instalar en cada una de las configuraciones del motor escogido.

Según el motor escogido, y los cilindros de éste se escogen los turbocompresores según la siguiente tabla:

| High efficiency turbochargers for the G95ME-C10.5 engines - L <sub>1</sub> output |           |            |             |
|---|-----------|------------|-------------|
| Cyl.  | MAN       | ABB        | MHI         |
| 5   | 2 x TCA77 | 2 x A275-L | 2 x MET71MB |
| 6   | 2 x TCA77 | 2 x A280-L | 2 x MET83MB |
| 7   | 2 x TCA88 | 2 x A280-L | 2 x MET83MB |
| 8   | 2 x TCA88 | 3 x A275-L | 2 x MET90MB |
| 9   | 3 x TCA77 | 3 x A280-L | 2 x MET90MB |
| 10  | 3 x TCA88 | 3 x A280-L | 3 x MET83MB |
| 11  | 3 x TCA88 | 3 x A280-L | 3 x MET83MB |
| 12  | 3 x TCA88 | 4 x A280-L | 3 x MET90MB |

Según la configuración del motor escogido, es decir, de 11 cilindros, se han de colocar 3 turbocompresores MAN TCA88-24.

### 5.2 Sistema de Refrigeración

Al igual que en el caso de los turbocompresores, es necesario el Project Guide del motor seleccionado, el cual establece que la refrigeración del motor puede realizarse de dos modos distintos: un sistema de refrigeración central (Central Cooling) o un sistema de refrigeración por agua de mar (Seawater Cooling).

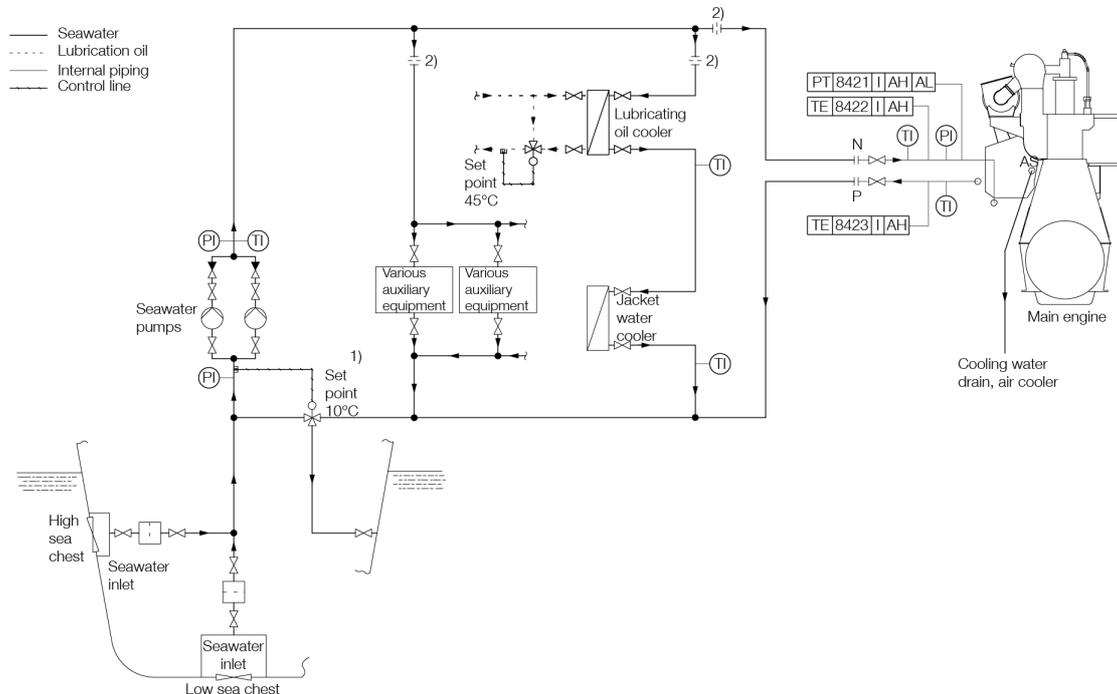
Para este caso se ha decidido escoger un sistema de refrigeración del motor mediante agua salada, el cual presenta las siguientes ventajas:

- Su coste de instalación es menor.
- Sólo necesita dos sets de bombas (de agua de mar y de agua de camisas)
- Su instalación es simple, con poco entramado de tuberías.

A pesar de esta serie de ventajas, se presentan los siguientes inconvenientes:

- Los costes de mantenimiento son mucho mayores.
- Tiene mayores costes de instalación de tubería, debido a la necesidad de contar con tuberías no corrosivas.

La Project Guide del motor MAN escogido indica el siguiente diagrama respecto al sistema de refrigeración por agua salada:



The letters refer to list of 'Counterlanges'  
 The item no. refer to 'Guidance Values Automation'

079 95 04-8.0.2

El ciclo comienza en dos tomas de mar, situadas en el costado y en el fondo, seguidas de unos filtros de agua de mar.

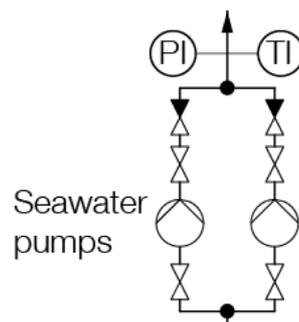
Mediante bombas se manda el agua salada a dos líneas, la que pasa por el enfriador del aceite lubricante y la refrigeración de las camisas y la que se manda al enfriador de aire de admisión.

Una vez finalizada la refrigeración el agua es devuelta al mar.

Se va a diseñar, por tanto, un sistema para el motor escogido que está compuesto por los componentes que se van a desarrollar a continuación.

### 5.2.1 Bombas del sistema de agua salada

Las bombas del sistema de agua salada están representadas en el diagrama como "Seawater pumps", las cuales corresponden al siguiente esquema:



Estas bombas son las encargadas de aspirar y hacer que el agua salada circule por el interior del circuito de refrigeración.

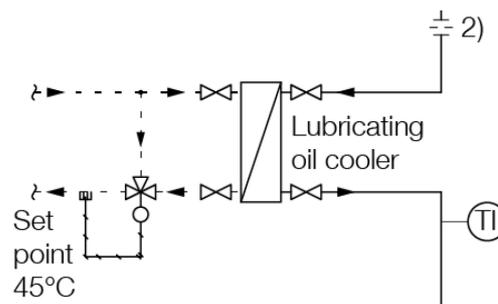
Son bombas de tipo centrífugo y las características de diseño que se establecen para este sistema son:

- Caudal de la bomba:  $2170 \text{ m}^3/\text{h}$
- Presión de la bomba: 2,5 bar.
- Temperatura máxima de funcionamiento: 50°C.

Se instalan dos bombas en paralelo, cada una de ellas con capacidad total calculada, de forma que el motor pueda operar con normalidad aún con una de ellas fuera de servicio, es decir, como bomba de respeto.

### 5.2.2 Enfriador del sistema de lubricación

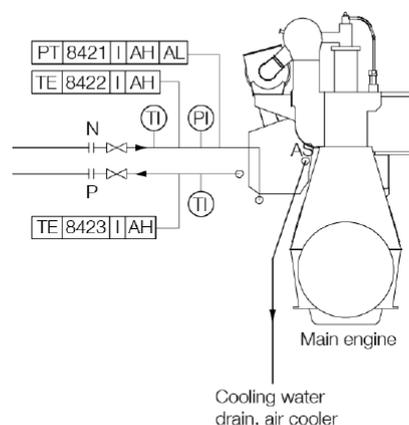
El enfriador del sistema de lubricación se representa en el diagrama como “Lubricating Oil Cooler”, y es el encargado de comunicar el calor del aceite lubricante circulado desde el motor al sistema de refrigeración.



Este sistema se dimensionará en el apartado correspondiente al servicio de lubricación, como se indica en el Project Guide.

### 5.2.3 Enfriador de Aire

El enfriador de aire se indica en el diagrama con el nombre de “Air Cooler”. Es el sistema que se encarga de enfriar el aire de admisión, una vez éste haya pasado por los filtros.



Se han de instalar, de acuerdo con el Project Guide, 3 enfriadores de aire con las siguientes características principales:

- Flujo de agua de mar:  $460 \text{ m}^3/\text{h}$
- Temperatura del agua de mar:  $32^\circ\text{C}$
- Máxima caída de presión del agua de mar: entre 0,3 y 0,8 bar.

Los datos se toman, tal como se indica en la Project Guide, para aguas de  $32^\circ\text{C}$  y para temperatura ambiente del aire de  $45^\circ\text{C}$ , o lo que es lo mismo, condiciones tropicales.

### 5.2.4 Válvula termostática de agua de mar

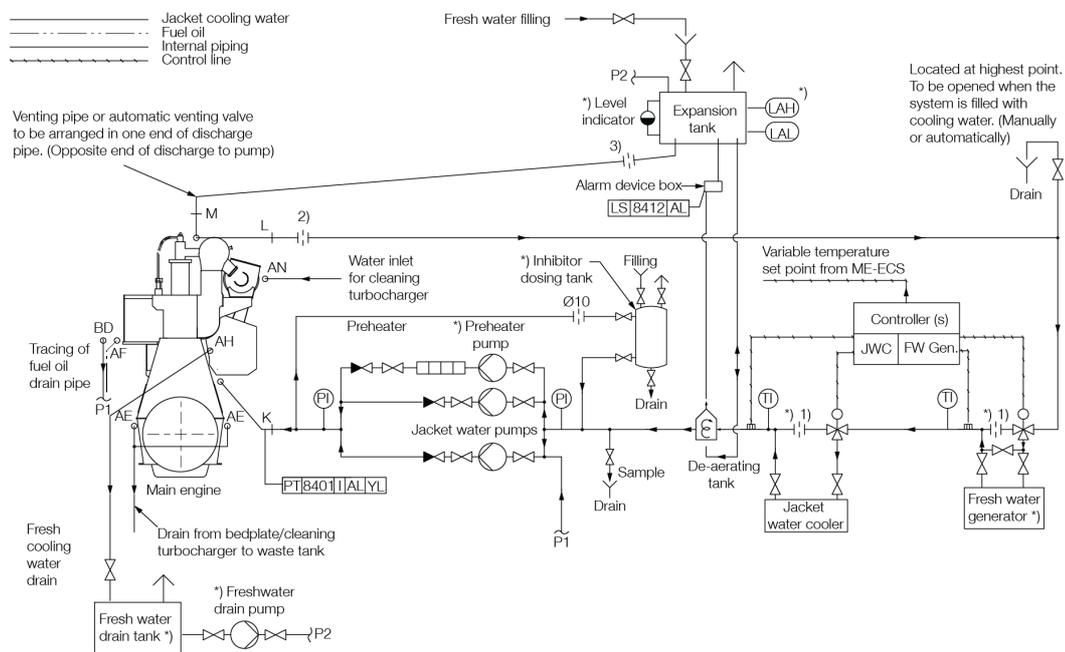
La válvula de control de temperatura es una válvula mezcladora de tres vías. El sensor debe estar ubicado en la entrada de agua de mar.

Las características de esta válvula son las siguientes:

- Flujo de agua de mar:  $460 \text{ m}^3/\text{h}$
- Temperatura punto de ajuste:  $+10^\circ\text{C}$

### 5.2.5 Sistema de refrigeración de las camisas

En cuanto al sistema de refrigeración de las camisas, el Project Guide del motor escogido establece el diagrama siguiente:



570 46 10-6.4.0

El sistema de refrigeración de camisas consta de un circuito de agua dulce, que comienza su ciclo desde el generador de agua dulce.

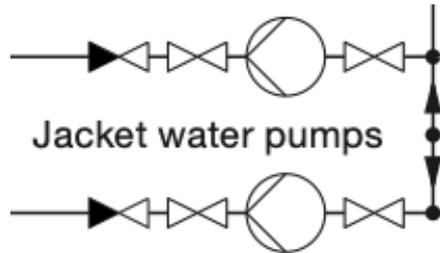
El agua se refrigera mediante el enfriador del agua de las camisas, con el circuito de agua salada.

El agua dulce refrigerada se introduce en las cavidades de refrigeración de las camisas y se recircula de nuevo al principio del ciclo.

Se dispondrá de un circuito alternativo que se usa para la limpieza de los turbos mediante agua dulce.

#### 5.2.5.1 Bomba del agua de las camisas

Son representadas en el diagrama como "Jacket water pumps". Son las bombas que tienen como principal función la de dar presión al sistema de refrigeración del agua de las camisas.



Estas bombas serán de tipo centrifugas, y tal como indica la Project Guide, sus características principales serán:

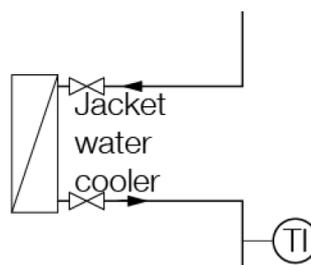
- Caudal de agua:  $470 \text{ m}^3/\text{h}$
- Presión de la bomba: 3 bar
- Presión entregada: depende de la posición del tanque de expansión.
- Temperatura de trabajo:  $85^\circ\text{C}$
- Temperatura máxima:  $100^\circ\text{C}$

Al igual que en el caso de las bombas del sistema de agua salada, se instalan dos bombas en paralelo, cada una de ellas con la capacidad total calculada, de forma que el motor pueda operar con normalidad aún con una de ellas fuera de servicio.

#### 5.2.5.2 Enfriador del agua de las camisas

El enfriador del agua de las camisas se indica en el diagrama como "Jacket water cooler". Es el enfriador encargado de comunicar el calor del agua de las camisas al sistema de refrigeración de agua salada.

Se representa mediante el siguiente esquema:



Lo más normal es que el enfriador del agua de las camisas sea un intercambiador de calor de placas, fabricado con materiales resistentes al agua de mar.

Las características principales del sistema son:

- Disipación de calor: 8830 kW
- Caudal de agua a las camisas:  $470 \text{ m}^3/\text{h}$
- Temperatura de entrada de agua en las camisas: 85°C
- Flujo de agua de mar:  $790 \text{ m}^3/\text{h}$
- Temperatura de entrada del agua de mar: 38°C
- Máxima caída de presión del agua de mar: 0,5 bar.

Tal como se expresa en el Project Guide, los datos se toman para aguas de 32°C y temperatura ambiente del aire de 45°C, es decir, condiciones tropicales.

### 5.2.5.3 Válvula de regulación termostática del agua de las camisas

La salida principal de agua de refrigeración del motor debe mantenerse a una temperatura fija de 85°C, independientemente de la carga del motor. Esto se realiza mediante una válvula reguladora termostática de tres vías. El controlador de la válvula de regulación controlada termostáticamente debe poder recibir un punto de ajuste variable remoto proporcionado por el Sistema de control del motor principal. El punto de ajuste variable corresponde a la temperatura de entrada de agua de la camisa del motor principal requerida para mantener la temperatura de salida del motor principal en dicha temperatura.

Sus características principales son:

- Flujo de agua de mar:  $790 \text{ m}^3/\text{h}$
- Temperatura máxima de trabajo: por encima de los 100°C
- Máxima caída de presión: 0,3 bar.
- Tipo de actuador recomendado: eléctrico o neumático.
- Tasa de fuga: 0,5% del flujo nominal

### 5.2.6 Enfriador del aire de barrido

El enfriador del aire de barrido es una parte integrada del motor principal. Sus principales características son las siguientes:

- Caudal de agua de mar:  $1380 \text{ m}^3/\text{h}$
- Temperatura de entrada del agua de mar: 32°C
- Caída de presión en el enfriador de agua: de 0,3 a 0,8 bar.

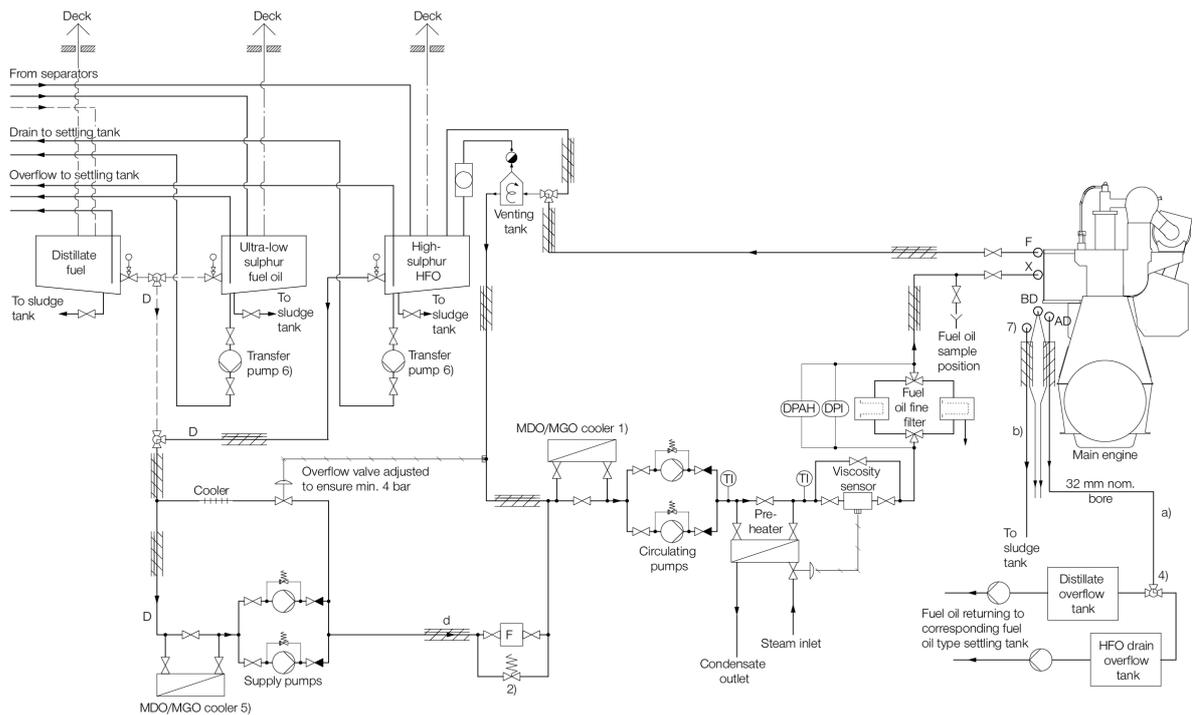
### 5.3 Servicio de Combustible

Cuando se usan combustibles pesados no es posible que fluyan por gravedad debido a su alta viscosidad, siendo necesario disponer de calefacción en tanques para disminuir la viscosidad, sobre todo cuando se navega en aguas frías.

Aunque se dispondrán tanques de sedimentación en el buque proyecto, será necesario la instalación de sistemas de depuración, centrífugo o similar, para extraer el agua y otros residuos. Por lo tanto, a lo largo de este apartado se dimensionará el sistema de combustible adecuado para el motor escogido.

Los motores lentos con características en cuanto dimensiones iguales o parecidas a las del motor escogido para el buque proyecto, pueden quemar Fuel Oil pesado, más baratos que el Diésel Oil, pero también precisan unos sistemas más sofisticados de tratamientos del combustible, eliminación de impurezas, calentado, etc. Así mismo todos los tanques de Fuel Oil contarán con un medio para el calentamiento del mismo, manteniendo su temperatura mínima en unos 50°C. También es recomendable contar con un medio para calentar la tubería de drenajes desde el motor hasta el tanque de lodos.

La Project Guide del motor MAN escogido indica el siguiente diagrama respectivo al sistema de combustible:



079 95 01-2.3.1

El combustible procedente de los tanques de almacenamiento y tras haber pasado por las centrifugadoras, se almacena en los tanques de servicio. Se dispone de un tanque para HFO y otro para MDO.

El circuito que sigue el combustible a partir de los tanques de servicio es el mismo, independiente de que éste sea HFO o MDO.

El entramado de tuberías va provisto de un sistema calentador para mantener el HFO a la temperatura correcta.

El sistema a diseñar está compuesto por diferentes elementos que se explicarán a continuación.

### **5.3.1 Centrifugadoras**

Se distinguen dos tipos, las de HFO y las de MDO.

#### **5.3.1.1 Centrifugadoras de HFO**

Son este tipo de máquinas, las encargadas de separar el HFO del agua y de los residuos que no se han conseguido separar mediante la decantación.

Las centrifugadoras contarán con un sistema de limpiado automático, ya sea con descarga total o parcial, cumpliendo el requerimiento especificado en la Project Guide

El documento especifica que se ha de depurar un caudal mínimo:

$$Q = 0,23 \frac{\text{litros}}{\text{kWh}}$$

Este caudal ya incluye un margen teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Agua contenida en el HFO.
- Impurezas contenidas en el HFO.
- Aumento del consumo de HFO.
- Servicio de autolimpieza

Se instalarán dos centrifugadoras para el sistema de HFO. Cada una de ellas capaz de depurar al caudal especificado anteriormente y definido por la Project Guide, de forma que en caso de avería o de realización de tareas de mantenimiento sobre una de ellas, el buque pueda seguir operando de manera normal.

#### **5.3.1.2 Centrifugadoras de MDO**

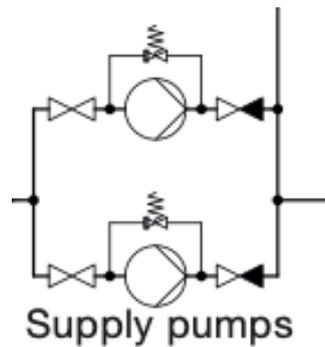
No es necesario la instalación de centrifugadoras de MDO.

Según la recomendación del manual del motor escogido, uno de los purificadores de HFO ha de poder depurar también el MDO.

Por lo tanto, el buque proyecto no contará con purificadoras exclusivas de MDO.

### **5.3.2 Bomba de suministro de combustible**

La bomba de suministro de combustible se refleja en el diagrama como "Supply pump", la cual es la encargada de presurizar e introducir el combustible en el motor. Son bombas de engranajes.



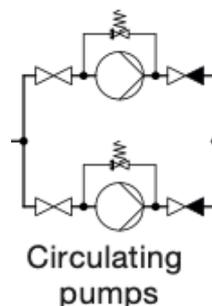
Como en otros casos, atendiendo a la Project Guide, se instalarán bombas de suministro con las siguientes características:

- Caudal de HFO:  $19,5 \text{ m}^3/h$
- Presión de la bomba: 4 bar.
- Presión de salida: 4 bar.
- Temperatura de funcionamiento:  $110^\circ\text{C}$
- Temperatura mínima:  $50^\circ\text{C}$

Se instalarán dos bombas de suministro dispuestas en paralelo, cada una de ellas con las capacidades especificadas, de forma que se pueda operar con normalidad con una de ellas en mantenimiento o estropeada.

### 5.3.3 Bombas de circulación de combustible

Estas bombas se recogen en el diagrama con el nombre de “Circulating pumps”



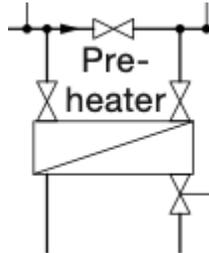
Las características de estas bombas de circulación de combustible de engranajes son las siguientes atendiendo a la Project Guide:

- Caudal de HFO:  $32,6 \text{ m}^3/h$
- Presión de la bomba: 6 bar.
- Presión de salida: 10 bar
- Temperatura de funcionamiento:  $150^\circ\text{C}$

Al igual que en el caso de las bombas anteriores, se instalarán dos bombas en paralelo, cada una con las capacidades específicas, de forma que se pueda operar con normalidad con una de ellas averiadas o en mantenimiento.

### 5.3.4 Calentador de HFO

El calentador de HFO aparece representado como "Fuel Oil Pre-heater" cuyo cometido es calentar el fuel oil para reducir su viscosidad. Cuenta con un termómetro a la entrada y otro a la salida, para tener controladas ambas temperaturas.

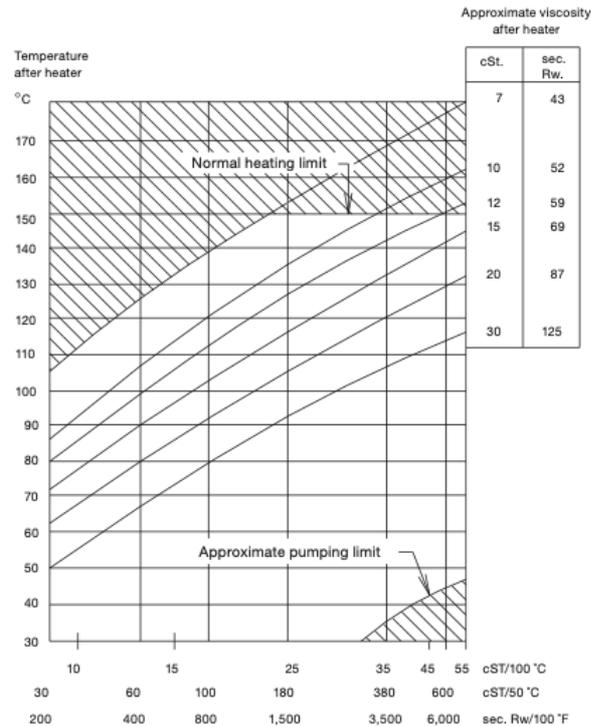


Las características más importantes del calentador son:

- Temperatura de entrada del HFO: 100°C
- Temperatura de salida del HFO: 150°C
- Flujo de calor: 578 kW
- Presión de trabajo: 10 bar.
- Vapor saturado: 7 bar.
- Caída de presión del HFO: 1 bar a 15 cSt.

Para mantener una viscosidad constante en la entrada del motor, el suministro de vapor en el calentador de HFO debe de estar automatizado, dependiendo de las temperaturas indicadas en la entrada y la salida del enfriador.

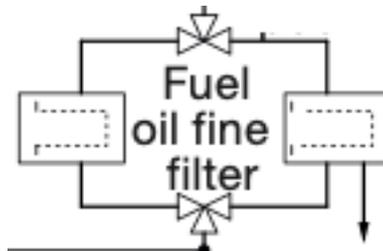
La Project Guide muestra una tabla que relaciona la viscosidad del HFO con su temperatura.



Es recomendable inyectar el HFO con una viscosidad de entre 10 y 15 cSt.

### 5.3.5 Filtro de HFO

En el diagrama se identifica con el nombre "Fuel Oil Filter", y su función consiste en eliminar los restos que antes no se han podido separar antes de inyectarse en el motor evitando así problemas en los inyectores.



Cuenta con indicadores de presión a su entrada y salida, para controlar que la caída de presión en el filtro se encuentre por debajo del máximo aceptable y saber cuando es necesario limpiar el filtro.

Se escoge instalar un doble filtro con un sistema de limpieza manual y con unas características se muestran a continuación:

- Caudal de HFO:  $32,9 \text{ m}^3/\text{h}$
- Presión de trabajo: 10 bar.
- Finura del filtro:  $10 \mu\text{m}$ .
- Temperatura de trabajo:  $150^\circ\text{C}$ .
- Máxima caída de presión con el filtro limpio: 0,3 bar.
- Caída de presión máxima antes de limpiar: 0,5 bar.

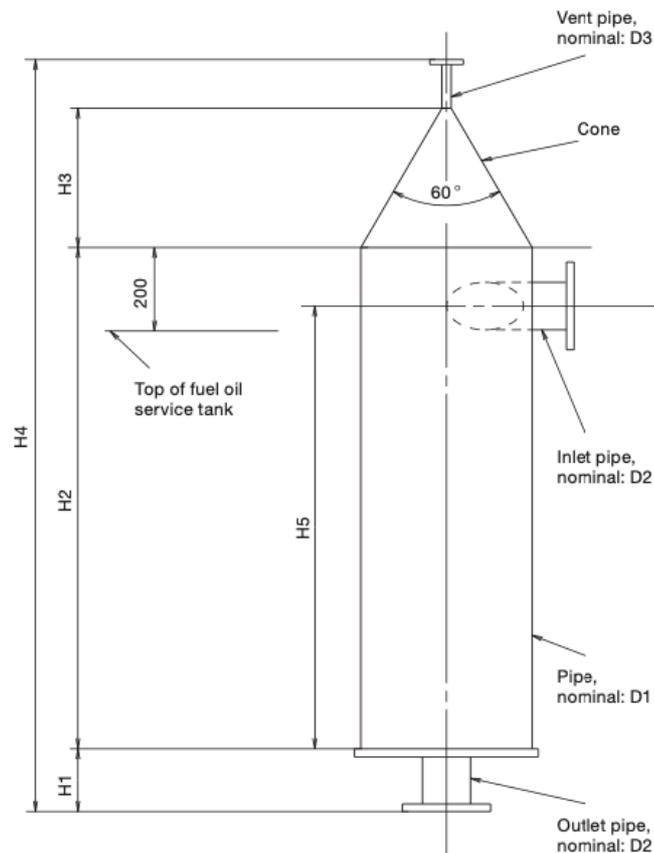
### 5.3.6 Aireamiento del HFO

El tamaño del aireamiento se escogerá atendiendo al caudal máximo de la bomba de circulación, y de acuerdo a la tabla que se muestra a continuación:

| Flow m <sup>3</sup> /h<br>Q (max.)* | Dimensions in mm |     |    |     |       |       |       |       |
|-------------------------------------|------------------|-----|----|-----|-------|-------|-------|-------|
|                                     | D1               | D2  | D3 | H1  | H2    | H3    | H4    | H5    |
| 1.3                                 | 150              | 32  | 15 | 100 | 600   | 171.3 | 1,000 | 550   |
| 2.1                                 | 150              | 40  | 15 | 100 | 600   | 171.3 | 1,000 | 550   |
| 5.0                                 | 200              | 65  | 15 | 100 | 600   | 171.3 | 1,000 | 550   |
| 8.4                                 | 400              | 80  | 15 | 150 | 1,200 | 333.5 | 1,800 | 1,100 |
| 11.5                                | 400              | 90  | 15 | 150 | 1,200 | 333.5 | 1,800 | 1,100 |
| 19.5                                | 400              | 125 | 15 | 150 | 1,200 | 333.5 | 1,800 | 1,100 |
| 29.4                                | 500              | 150 | 15 | 150 | 1,500 | 402.4 | 2,150 | 1,350 |
| 43.0                                | 500              | 200 | 15 | 150 | 1,500 | 402.4 | 2,150 | 1,350 |

\* The maximum flow of the fuel oil circulation pump

Las dimensiones que se muestran en la tabla anterior, se corresponden a las del siguiente diagrama:

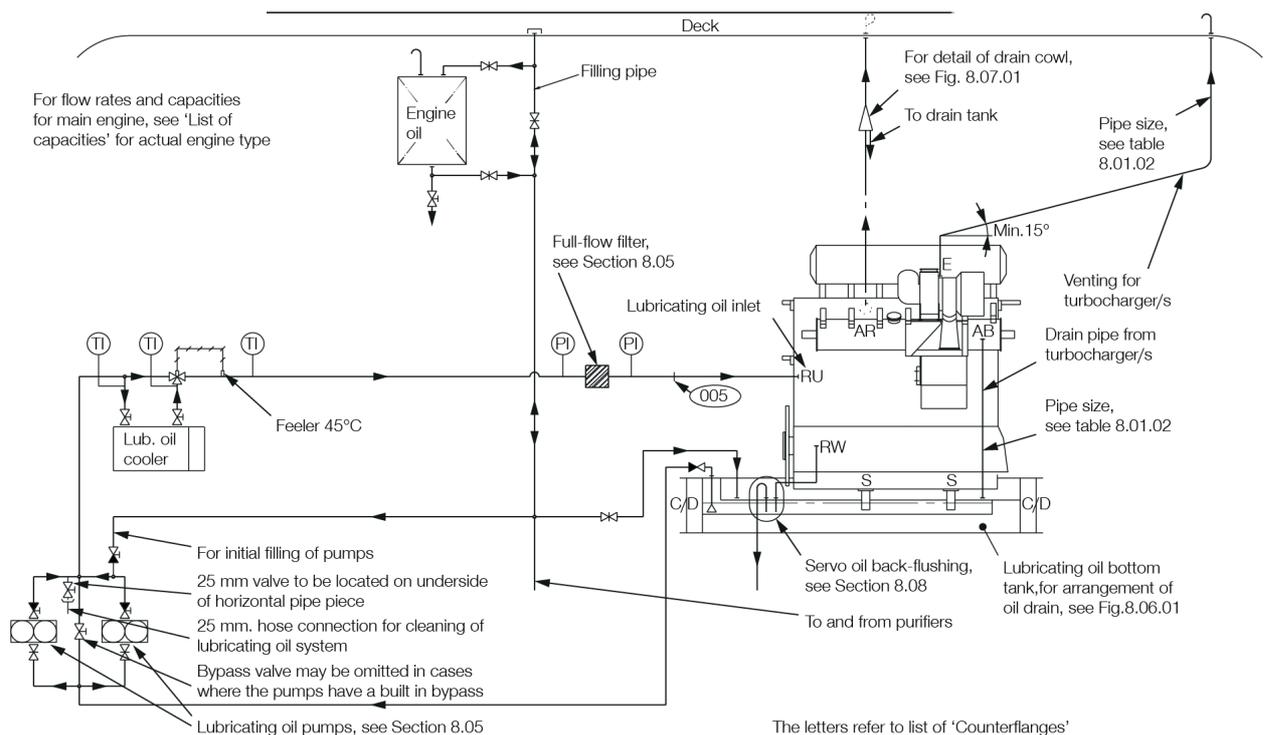


De acuerdo con lo descrito anteriormente, las dimensiones escogidas serán:

- D1: 500 mm
- D2: 200 mm
- D3: 15 mm
- H1: 150 mm
- H2: 1500 mm
- H3: 402,4 mm
- H4: 2150 mm
- H5:1350 mm

## 5.4 Servicio de lubricación

A lo largo de este apartado vamos a dimensionar el sistema de lubricación, de acuerdo con la Project Guide del motor escogido para el buque proyecto. Se presenta en dicho documento el siguiente un diagrama respectivo al sistema de lubricación.



079 27 21-4.8.2

El aceite lubricante se bombea hasta el enfriador. Una vez que éste se enfría hasta la temperatura adecuada, atraviesa un filtro que ayuda a limpiar las impurezas y posteriormente se introduce en el motor.

El aceite que es usado se recoge desde el cárter y se purifica para ser recirculado de nuevo y volver a comenzar el ciclo.

El sistema que se va a diseñar para este motor estará compuesto por los componentes que se desarrollan a continuación.

### 5.4.1 Tubos de drenaje y ventilación del turbocompresor.

Se recuerda que los turbocompresores elegidos anteriormente son de la marca MAN, al igual que el motor principal, concretamente son el modelo que corresponde con los 11 cilindros que tiene dicho motor, es decir, TCA88. Se escoge en la siguiente tabla según el número de turbocompresores instalado, las propiedades de los tubos de drenaje y ventilación, en este caso se instalan 3.

| Type  | No. of TC | Venting pipe |               | Drain           |
|-------|-----------|--------------|---------------|-----------------|
|       |           | Each TC DN   | Collect TC DN | Pipe from TC DN |
| TCR22 | 1         | 50           | 50            | 65              |
| TCA44 | 1         | 65           | 65            | 65              |
|       | 2         | 65           | 100           | 100             |
| TCA55 | 1         | 65           | 65            | 65              |
|       | 2         | 65           | 100           | 100             |
| TCA66 | 1         | 80           | 80            | 80              |
|       | 2         | 80           | 125           | 125             |
| TCA77 | 1         | 100          | 100           | 100             |
|       | 2         | 100          | 125           | 125             |
| TCA88 | 1         | 125          | 125           | 125             |
|       | 2         | 125          | 150           | 150             |
|       | 3         | 125          | 200           | 200             |
|       | 4         | 125          | 250           | 250             |

### 5.4.2 Centrifugadoras

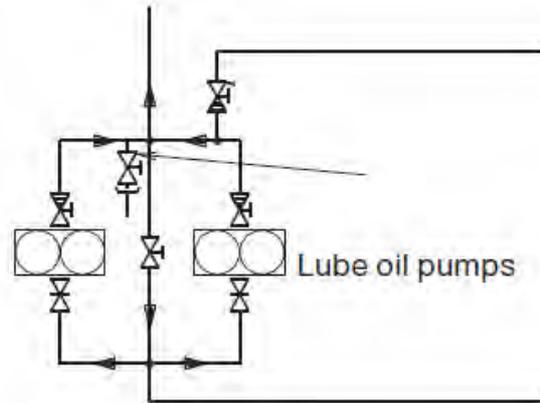
Se han de instalar dos centrifugadoras con sistemas de limpieza manual en la cámara de máquinas.

El caudal de la centrifugadora viene dado por el manual del motor escogido, el cual nos indica que ha de ser:

$$Q = 0,136 \text{ l/kWh}$$

### 5.4.3 Bombas de aceite

La bomba de aceite viene representada en el diagrama como "Lubricating oil pump" y se encargan de bombear el aceite a lo largo del circuito del sistema de lubricación.



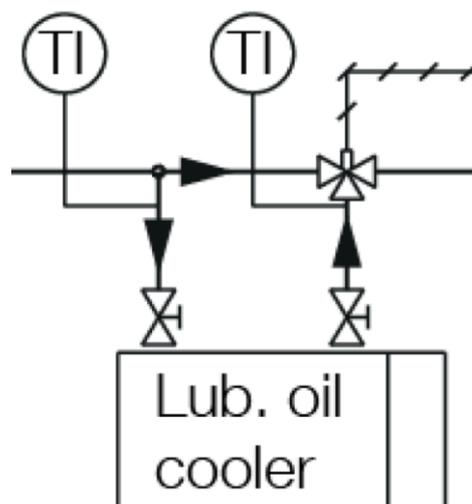
Como en el resto de casos se especificarán a continuación las características más importantes de estas bombas proporcionadas por la Project Guide.

- Caudal de aceite:  $1140 \text{ m}^3/\text{h}$
- Presión de la bomba: 4,8 bar.
- Presión de salida: 4,8 bar.
- Temperatura de funcionamiento:  $70^\circ\text{C}$
- Caída máxima de presión: 1 bar.

Se instalarán dos bombas en paralelo, cada una de ellas con las capacidades especificadas, de formas que se pueda operar con normalidad cuando una de ellas se encuentre en mantenimiento o avería.

#### 5.4.4 Enfriador de aceite lubricante

El enfriador de aceite lubricante, del cual se presenta una imagen a continuación, se nombra en el diagrama como "Lub. Oil cooler"



El enfriador del aceite lubricante será un intercambiador de calor de tipo placas de titanio. Irá conectado con el sistema de refrigeración.

Las características principales de este sistema son:

- Caudal de aceite:  $1140 \text{ m}^3/\text{h}$
- Caudal de agua salada:  $790 \text{ m}^3/\text{h}$
- Flujo de calor disipado: 5930 kW.
- Temperatura de agua: 32°C
- Temperatura de aceite: 45°C
- Presión de trabajo: 4,8 bar.
- Máxima caída de presión del aceite: 0,5 bar.
- Máxima caída de presión del agua: 0,2 bar.

Se recomienda que la temperatura del agua no baje nunca de los 10°C.

#### 5.4.5 Válvula de control de temperatura del aceite lubricante

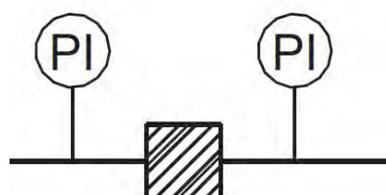
Tal como dice la Project Guide del motor escogido, el sistema de control de temperatura, puede, por medio de una unidad de válvula de tres vías, desviar el enfriador total o parcialmente.

Características principales del sistema:

- Viscosidad del aceite lubricante: 75 cSt a 50°C.
- Caudal de aceite:  $1140 \text{ m}^3/\text{h}$
- Rango de temperaturas de entrada: de 40 a 47°C.

#### 5.4.6 Filtro de aire lubricante

El filtro de aceite es el encargado de limpiar las impurezas del aceite antes de que éste sea introducido en el motor. Se presenta en el diagrama como "Full-flow filter".



Full-flow filter

Se instala un doble filtro con un sistema de limpiado manual antes de la entrada del motor y con las características principales que se muestran a continuación:



Este sistema es el encargado del arranque del motor, el cual se realiza inyectando aire a presión en los cilindros. Gracias a la presión que actúa sobre el pistón, el cigüeñal comienza a moverse y se produce el arranque del motor.

El aire usado para el arranque procede de la compresión del aire aspirado de la atmósfera mediante los compresores y destinándolo a unas botellas a 30 bar. Cuando se va a efectuar el arranque se abre una válvula que permite circular el aire a presión hacia el motor.

En la Project Guide del motor, se pueden obtener los siguientes datos relacionados con el servicio de aire de arranque:

| Starting air system, 30 bar <sup>***</sup> |                         |
|--|-------------------------|
| Receiver volume (12 starts)                | 2 x 19.0 m <sup>3</sup> |
| Compressors (total)                        | 1,140 m <sup>3</sup> /h |

Para el cálculo del caudal de los compresores de aire de arranque se utilizará la siguiente ecuación:

$$FAD \text{ "Free Air Delivery"} = \frac{V \cdot 60}{T} \cdot \frac{(P_F - P_L)}{P_{ATM}}$$

Donde:

- V: volumen de la botella de aire de arranque en m<sup>3</sup>.
- P<sub>F</sub>: presión final, 30 bar, dato del fabricante del motor.
- P<sub>L</sub>: presión mínima de la botella
  - Recomendado por el fabricante: 18 bar
  - Sociedad de Clasificación: 1 bar.
- P<sub>ATM</sub>: Presión atmosférica, 1 bar.
- T: tiempo de llenado de la botella
  - Recomendado por el fabricante: 15-30 min
  - Sociedad de Clasificación: 60 min

Se obtienen, por tanto, dos resultados, el que saldría por recomendación del fabricante y el de la Sociedad de Clasificación:

$$FAD_{fab} = 608 \frac{m^3}{h}$$

$$FAD_{SSCC} = 551 \frac{m^3}{h}$$

Se instalan según lo indicado en el documento que nos proporciona el fabricante del motor, dos botellas de aire comprimido para arranque, las cuales tienen cada una un volumen de 19 m<sup>3</sup>.

### *5.6.1 Compresores de aire de arranque.*

Los compresores de aire de arranque serán de dos etapas, refrigerados por agua, con refrigeración intermedia. Se pueden instalar más de dos compresores para suministrar la capacidad total indicada.

- Caudal total de los compresores:  $1140 \text{ m}^3/\text{h}$
- Presión de salida: 30 bar.

### *5.6.2 Receptores de aire de arranque*

Como ya se dijo anteriormente, al tener 2 botellas de arranque, se establece que cada una de ellas tenga una capacidad de  $19 \text{ m}^3$ .

## 6 JUSTIFICACIÓN DE LA AUTONOMÍA

A lo largo de este apartado, se va a realizar una comprobación de los tanques definidos en el cuaderno 4 son suficientes para poder contener los consumos necesarios para mantener una autonomía de 20000 millas a una velocidad de 20 kn, tal y como se estableció en la RPA. Se justifican los consumos de Fuel Oil, Diésel Oil y aceite de lubricación.

### 6.1 Fuel Oil.

Durante una autonomía de 20000 millas el motor propulsor debe ser alimentado por este combustible, por lo que la cantidad a bordo del mismo ha de ser suficiente. Sabiendo que el consumo del motor principal en condiciones ISO (25°C y 1000 mbar) es de 160 g/(kWh)

Ambient air pressure ..... 1,000 mbar  
Ambient air temperature ..... 25 °C  
Cooling water temperature ..... 25 °C

La situación mas desfavorable se dará, como ya se comentó anteriormente, en condiciones tropicales, donde el consumo aumentará hasta 165 g/(kWh)

| FUEL OIL NECESARIO (ton) | CAPACIDAD FUEL OIL (ton) |
|--------------------------|--------------------------|
| 15235                    | 16750,85                 |

### 6.2 Diésel Oil.

Incluye el consumo Diésel Oil para el arranque, la parada y la maniobra del motor principal y su consumo en la estancia en puerto. Además, se utiliza este combustible para el paso del buque por zonas ECA. En el Cuaderno 4, se estableció la cantidad necesaria de Diésel Oil para 5 días de navegación:

| DIÉSEL OIL NECESARIO (ton) | CAPACIDAD DIÉSEL OIL (ton) |
|----------------------------|----------------------------|
| 1385                       | 1561,88                    |

### 6.3 Aceite de lubricación

El consumo de aceite lubricante fue calculado en el Cuaderno 4, Cálculos de Arquitectura Naval", obteniendo las siguientes cantidades:

| ACEITE NECESARIO (ton) | CAPACIDAD ACEITE (ton) |
|------------------------|------------------------|
| 609,4                  | 796                    |

## 7 CÁMARA DE MÁQUINAS DESATENDIDA

La cámara de máquinas desatendida permite que toda la maquinaria funcione sin la necesidad de estar atendida por ningún tripulante. Se añadirá la notación EC0 a su clasificación.

Corresponde a aquellos buques cuyos espacios de máquinas estarán desatendidos de manera periódica en cada una de las condiciones de navegación, incluida la maniobra de entrada o salida a puerto. La automatización incluirá las operaciones necesarias para una navegación completamente segura en las condiciones de maniobra.

La automatización se hará lo más simple posible, para una mayor facilidad en las operaciones haciendo que sea más sencillo su mantenimiento o reparación.

- **Control.** El control de los equipos de cámara de máquinas podrá ejercerse desde la cámara de control, y parte del mismo también desde el puente de gobierno. No se podrá tener un manejo simultáneo desde ambos paneles. El cambio de puente a cámara o viceversa sólo se podrá realizar si el que ha de ser el receptor del control, lo acepta.
- **Alarmas.** El sistema debe cumplir con una serie de requisitos que se muestran a continuación:
  - Activar una alarma sonora en la cabina de control de la cámara de máquinas.
  - Activar una alarma visual y sonora en el puente de navegación.
  - Estar conectada a los espacios públicos de la tripulación y a las cabinas de los encargados de máquinas.
  - Activar una alarma de seguridad si una situación de alarma anterior no ha sido atendida en un tiempo establecido.

Todos los sistemas de alarmas podrán ser probados para asegurar su funcionamiento. Se distinguirá claramente entre ellos y el resto de las alarmas como pueden ser las de incendios y un fallo en los mismos no podrá impedir el correcto funcionamiento de la planta.

- **Prevención.** Los sistemas de prevención han de funcionar de manera automática impidiendo la avería de maquinaria actuando de alguna de las maneras mostradas a continuación:
  - Activando sistemas stand-by para restablecer funcionamientos normales.
  - Disminuyendo la carga de la maquinaria
  - En caso de condición crítica, parando el equipo que esté dando problemas.

Este sistema será independiente en cada equipo, poseerá su propio sistema de alarmas para avisar de la acción tomada y para avisar en caso de avería del mismo y por último ha de ser activado manualmente.

- **Control de la maquinaria propulsora desde el puente.** Ha de ser suficiente para asegurar un control de la propulsión, tanto en navegación normal como cuando. Debe suministrar la información de revoluciones del motor, tener un dispositivo de parada automática de la propulsión, y al menos dos modos de comunicación independientes con la cámara de control de la maquinaria.
- **Válvulas.** Todas las válvulas automáticas o de control remoto, cumplirán una serie de condiciones:
  - En caso de fallo del actuador quedarán siempre cerradas, de modo que se eviten averías.
  - Se podrá conocer su estado desde la cámara de control.
  - Si el local en el que están se inunda, tendrán la posibilidad de seguir funcionando.
  - Podrán manejarse con control manual.
- **Sistema de detección de incendios.** Se establece según las reglas del SOLAS Reg. II-1/47. El método elegido será el IIC. Se contará con un sistema automático de rociadores, detección de incendios y alarma contraincendios de tipo aprobada que cumpla las prescripciones pertinentes del Código de Sistemas de Seguridad contra Incendios, instalado y dispuesto de manera que proteja a los espacios de alojamiento, las cocinas y otros espacios de servicio, a excepción de aquellos que no presenten un riesgo de incendio, tales como espacios perdidos o sanitarios. Además, habrá un sistema fijo de detección de incendios y de alarma contraincendios instalado y dispuesto de manera que permita detectar la presencia de humo en todos los pasillos, las escaleras y las vías de evacuación situados dentro de los espacios de alojamiento.
- **Inundación de espacios de máquinas, achique de sentinas.** Los pocetes de sentinas en espacios de máquinas desatendidos deben situarse y ser vigilados de tal manera que se pueda detectar la acumulación de líquidos con ángulos de escora y trimado normales, siendo lo suficientemente grandes para almacenar el drenaje normal durante los periodos de no-atención. Se deben instalar alarmas en el puente que alerten de la inundación de espacios de máquinas por debajo de la línea de carga.

## 8 CALEFACCIÓN DE TANQUES

Para este fin, se ha de instalar una caldera, la cual funcionará con los gases de escape del motor principal y que, además, en la situación de puerto ha de tener la capacidad suficiente para seguir realizando su función durante un tiempo determinado a pesar de que dicho motor se encuentra parado.

Se considera un vapor saturado a 7 bar y una temperatura de 165°C. La entalpía de condensación es de 494 kcal/kg.

Los principales consumidores de vapor son:

- Tanques de almacenamiento de Fuel Oil.
- Tanques de sedimentación de Fuel Oil.
- Tanques de servicio diario de Fuel Oil.
- Calentador de combustible del motor principal.

### 8.1 Tanques de Fuel Oil.

Para el cálculo de la cantidad de vapor que será necesario, se utiliza la expresión:

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

Donde cada término será:

- $C_v$ : es la necesidad de vapor en  $kg/h$ .
- $Q_t$ : es la potencia calorífica necesaria en  $kcal/h$ .
- $h$ : es la entalpía cuyo valor es 494  $kcal/kg$  ó 0,5745  $kWh/kg$ .

El calor necesario total será una suma de el calor necesario para elevar la temperatura del fluido en los tanques y la cantidad de calor para mantenerlo a esa temperatura, de manera que responden a las siguientes ecuaciones:

$$Q_1 = \frac{V \cdot \rho \cdot C_e \cdot (T_s - T_e)}{t}$$

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

Donde los términos se corresponden con:

- $V$ : volumen del tanque,  $m^3$ .

- $\rho$ : la densidad del fluido  $kg/m^3$
- $C_e$ : el calor específico del fluido,  $kcal/kg \cdot ^\circ C$
- $T_s$ : temperatura de salida del calentador,  $^\circ C$
- $T_e$ : temperatura de entrada del calentador,  $^\circ C$
- $T$ : el tiempo de calentamiento, h.
- $T_m$ : temperatura media del contenido del tanque,  $^\circ C$
- $T_{ext}$ : la temperatura exterior del tanque,  $^\circ C$
- $A_i$ : el área de transmisión,  $m^2$

Con el fin de facilitar los cálculos, se ha utilizado Excel, con una tabla de cálculo programada, en la cual se han utilizado los siguientes valores para cada término:

| PARTIDA                       | VALOR | UNIDAD                   |
|-------------------------------|-------|--------------------------|
| Volumen Tanques Almacén       | 17023 | $m^3$                    |
| Volumen Tanques Sedimentación | 416,5 | $m^3$                    |
| Volumen Tanques de Uso Diario | 464   | $m^3$                    |
| $\rho$                        | 0,95  | $t/m^3$                  |
| $C_e$                         | 0,5   | $kcal/kg \cdot ^\circ C$ |
| $T_s$                         | 40    | $^\circ C$               |
| $T_e$                         | 5     | $^\circ C$               |
| $t_{alm}$                     | 48    | h                        |
| $t_{sed}$                     | 10    | h                        |
| $t_{ud}$                      | 10    | h                        |
| $T_{s sed}$                   | 70    | $^\circ C$               |
| $T_{e sed}$                   | 40    | $^\circ C$               |
| $T_{s ud}$                    | 95    | $^\circ C$               |
| $T_{e ud}$                    | 70    | $^\circ C$               |

A continuación, se muestran las tablas resultado de los cálculos realizados:

| Situación                | Medio       | K, kcal/m <sup>2</sup> [°C] | A [m <sup>2</sup> ] | Text [°C] | Ts-Text [°C] | Q [kcal/h] |
|--------------------------|-------------|-----------------------------|---------------------|-----------|--------------|------------|
| <b>FUEL OIL 1 ER</b>     |             |                             |                     |           |              |            |
| 1 x Mamparo transversal  | Bodega      | 4                           | 510                 | 5         | 35           | 71400      |
| 1 x Mamparo transversal  | C. Máquinas | 5                           | 510                 | 25        | 15           | 38250      |
| 1 x Techo                | Exterior    | 13                          | 51                  | 5         | 35           | 23205      |
| 1 x Fondo                | Tanque      | 7                           | 51                  | 5         | 35           | 12495      |
| 1 x Mamparo longitudinal | Tanque      | 7                           | 90,1                | 5         | 35           | 22074,5    |
| 1 x Mamparo longitudinal | Tanque      | 7                           | 90,1                | 5         | 35           | 22074,5    |

| Situación                | Medio       | K, kcal/m <sup>2</sup> [°C] | A [m <sup>2</sup> ] | Text [°C] | Ts-Text [°C] | Q [kcal/h] |
|--------------------------|-------------|-----------------------------|---------------------|-----------|--------------|------------|
| <b>FUEL OIL 1 BR</b>     |             |                             |                     |           |              |            |
| 1 x Mamparo transversal  | Bodega      | 4                           | 510                 | 5         | 35           | 71400      |
| 1 x Mamparo transversal  | C. Máquinas | 5                           | 510                 | 25        | 15           | 38250      |
| 1 x Techo                | Exterior    | 13                          | 51                  | 5         | 35           | 23205      |
| 1 x Fondo                | Tanque      | 7                           | 51                  | 5         | 35           | 12495      |
| 1 x Mamparo longitudinal | Tanque      | 7                           | 90                  | 5         | 35           | 22050      |
| 1 x Mamparo longitudinal | Tanque      | 7                           | 90                  | 5         | 35           | 22050      |
| <b>FUEL OIL 2 BR</b>     |             |                             |                     |           |              |            |
| 1 x Mamparo transversal  | Bodega      | 4                           | 795                 | 5         | 35           | 111300     |
| 1 x Mamparo transversal  | Bodega      | 5                           | 795                 | 5         | 35           | 139125     |
| 1 x Techo                | Exterior    | 13                          | 78,8                | 5         | 35           | 35854      |
| 1 x Fondo                | Tanque      | 7                           | 78,8                | 5         | 35           | 19306      |
| 1 x Mamparo longitudinal | Tanque      | 7                           | 90                  | 5         | 35           | 22050      |
| 1 x Mamparo longitudinal | Tanque      | 7                           | 90                  | 5         | 35           | 22050      |
| <b>FUEL OIL 2 ER</b>     |             |                             |                     |           |              |            |
| 1 x Mamparo transversal  | Bodega      | 4                           | 795                 | 5         | 35           | 111300     |
| 1 x Mamparo transversal  | Bodega      | 5                           | 795                 | 5         | 35           | 139125     |
| 1 x Techo                | Exterior    | 13                          | 78,8                | 5         | 35           | 35854      |
| 1 x Fondo                | Tanque      | 7                           | 78,8                | 5         | 35           | 19306      |
| 1 x Mamparo longitudinal | Tanque      | 7                           | 90                  | 5         | 35           | 22050      |
| 1 x Mamparo longitudinal | Tanque      | 7                           | 90                  | 5         | 35           | 22050      |
| <b>FUEL OIL 3 BR</b>     |             |                             |                     |           |              |            |
| 1 x Mamparo transversal  | Bodega      | 4                           | 795                 | 5         | 35           | 111300     |
| 1 x Mamparo transversal  | Bodega      | 5                           | 795                 | 5         | 35           | 139125     |
| 1 x Techo                | Exterior    | 13                          | 78,8                | 5         | 35           | 35854      |
| 1 x Fondo                | Tanque      | 7                           | 78,8                | 5         | 35           | 19306      |
| 1 x Mamparo longitudinal | Tanque      | 7                           | 90                  | 5         | 35           | 22050      |
| 1 x Mamparo longitudinal | Tanque      | 7                           | 90                  | 5         | 35           | 22050      |
| <b>FUEL OIL 3 ER</b>     |             |                             |                     |           |              |            |
| 1 x Mamparo transversal  | Bodega      | 4                           | 795                 | 5         | 35           | 111300     |
| 1 x Mamparo transversal  | Bodega      | 5                           | 795                 | 5         | 35           | 139125     |
| 1 x Techo                | Exterior    | 13                          | 78,8                | 5         | 35           | 35854      |
| 1 x Fondo                | Tanque      | 7                           | 78,8                | 5         | 35           | 19306      |
| 1 x Mamparo longitudinal | Tanque      | 7                           | 90                  | 5         | 35           | 22050      |
| 1 x Mamparo longitudinal | Tanque      | 7                           | 90                  | 5         | 35           | 22050      |

| Situación                 | Medio       | K, kcal/m <sup>2</sup> [°C] | A [m <sup>2</sup> ] | Text [°C] | Ts-Text [°C] | Q [kcal/h] |
|---------------------------|-------------|-----------------------------|---------------------|-----------|--------------|------------|
| <b>FUEL OIL 4 BR</b>      |             |                             |                     |           |              |            |
| 1 x Mamparo transversal   | Bodega      | 4                           | 795                 | 5         | 35           | 111300     |
| 1 x Mamparo transversal   | Bodega      | 5                           | 795                 | 5         | 35           | 139125     |
| 1 x Techo                 | Exterior    | 13                          | 78,8                | 5         | 35           | 35854      |
| 1 x Fondo                 | Tanque      | 7                           | 78,8                | 5         | 35           | 19306      |
| 1 x Mamparo longitudinal  | Tanque      | 7                           | 90                  | 5         | 35           | 22050      |
| 1 x Mamparo longitudinal  | Tanque      | 7                           | 90                  | 5         | 35           | 22050      |
| <b>FUEL OIL 4 ER</b>      |             |                             |                     |           |              |            |
| 1 x Mamparo transversal   | Bodega      | 4                           | 795                 | 5         | 35           | 111300     |
| 1 x Mamparo transversal   | Bodega      | 5                           | 795                 | 5         | 35           | 139125     |
| 1 x Techo                 | Exterior    | 13                          | 78,8                | 5         | 35           | 35854      |
| 1 x Fondo                 | Tanque      | 7                           | 78,8                | 5         | 35           | 19306      |
| 1 x Mamparo longitudinal  | Tanque      | 7                           | 90                  | 5         | 35           | 22050      |
| 1 x Mamparo longitudinal  | Tanque      | 7                           | 90                  | 5         | 35           | 22050      |
| <b>FUEL USO DIARIO</b>    |             |                             |                     |           |              |            |
| 1 x Mamparo transversal   | Tanque      | 7                           | 85                  | 5         | 35           | 20825      |
| 1 x Mamparo transversal   | Tanque      | 7                           | 85                  | 5         | 35           | 20825      |
| 1 x Techo                 | Exterior    | 13                          | 50                  | 5         | 35           | 22750      |
| 1 x Fondo                 | Tanque      | 7                           | 50                  | 5         | 35           | 12250      |
| 1 x Mamparo longitudinal  | Tanque      | 7                           | 42,5                | 5         | 35           | 10412,5    |
| 1 x Mamparo longitudinal  | C. Máquinas | 25                          | 42,5                | 5         | 35           | 37187,5    |
| <b>FUEL SEDIMENTACIÓN</b> |             |                             |                     |           |              |            |
| 1 x Mamparo transversal   | Tanque      | 7                           | 85                  | 5         | 35           | 20825      |
| 1 x Mamparo transversal   | C. Máquinas | 25                          | 85                  | 5         | 35           | 74375      |
| 1 x Techo                 | Exterior    | 13                          | 77,5                | 5         | 35           | 35262,5    |
| 1 x Fondo                 | Tanque      | 7                           | 77,5                | 5         | 35           | 18987,5    |
| 1 x Mamparo longitudinal  | Tanque      | 7                           | 65,7                | 5         | 35           | 16096,5    |
| 1 x Mamparo longitudinal  | C. Máquinas | 25                          | 65,7                | 5         | 35           | 57487,5    |

A continuación, se muestran tanto los totales de cada partida, como el total del conjunto de partidas.

| TOTAL |            |        |
|-------|------------|--------|
| Q1    | 7040499,48 | kcal/h |
| Q2    | 2824343,00 | kcal/h |
| Qt    | 9864842,48 | kcal/h |
| Cv    | 19969,32   | kg/h   |

| ALMACÉN |            |        |
|---------|------------|--------|
| Q1      | 5895986,98 | kcal/h |
| Q2      | 2477059    | kcal/h |
| Qt      | 8373045,98 | kcal/h |
| Cv      | 16949,49   | kg/h   |

| SEDIMENTACIÓN |           |        |
|---------------|-----------|--------|
| Q1            | 593512,50 | kcal/h |
| Q2            | 223034    | kcal/h |
| Qt            | 816546,50 | kcal/h |
| Cv            | 1652,93   | kg/h   |

| USO DIARIO |         |        |
|------------|---------|--------|
| Q1         | 551000  | kcal/h |
| Q2         | 124250  | kcal/h |
| Qt         | 675250  | kcal/h |
| Cv         | 1366,90 | kg/h   |

### 8.1.1 Calentador de combustible del motor principal

En el Project Guide del motor escogido el fabricante indica la potencia necesaria para calentar el fuel oil, es decir, 570 kW. A continuación, se calcula la demanda de vapor de acuerdo con la ecuación:

$$C_v = \frac{Q_t}{h} = \frac{570}{0,5745}$$

$$C_v = 992,2 \text{ kg/h}$$

### 8.1.2 Balance de vapor

Para calcular la necesidad total de vapor se multiplicará cada consumidor por un factor de corrección que representa el grado de utilización y simultaneidad de su demanda.

Además, se consideran dos situaciones distintas, en las cuales el consumo varía de manera notable, las cuales son la situación de navegación y la situación de estancia en puerto. Se añade a los totales un margen de un 15% para cubrir aquellos servicios que necesiten de esta fuente y no se hayan tenido en cuenta en la fase del proyecto.

Los resultados de los cálculos realizados en el software Microsoft Excel se muestran a continuación:

| SERVICIO                 | GASTO (kg/h) | NAVEGACIÓN |                |
|--------------------------|--------------|------------|----------------|
|                          |              | k          | Cv (kg/h)      |
| Tanques Almacén FO       | 16949,49     | 0,3        | 5084,85        |
| Tanques Sedimentación FO | 1652,93      | 0,5        | 826,46         |
| Tanques Uso Diario FO    | 1366,90      | 1          | 1366,90        |
| Calentador FO            | 992,2        | 1          | 992,20         |
| <b>TOTALES</b>           |              |            | <b>8270,41</b> |
| Margen 15%               |              |            | 9510,97        |

| SERVICIO                 | GASTO (kg/h) | PUERTO |                |
|--------------------------|--------------|--------|----------------|
|                          |              | k      | Cv (kg/h)      |
| Tanques Almacén FO       | 16949,49     | 0      | 0              |
| Tanques Sedimentación FO | 1652,93      | 0,5    | 826,46         |
| Tanques Uso Diario FO    | 1366,90      | 0,5    | 683,45         |
| Calentador FO            | 992,2        | 0      | 0              |
| <b>TOTALES</b>           |              |        | <b>1509,92</b> |
| Margen 15%               |              |        | 1736,40        |

### 8.1.3 Generación de Vapor

Una vez que se conoce la demanda de vapor, se calcula la capacidad de generación del mismo mediante la energía de los gases de escape. Es necesario comprobar si la caldera de gases de escape será suficiente o se ha de añadir una caldera auxiliar.

Según el fabricante del motor, dependiendo de las condiciones ambientales en las que se encuentre el buque tendrá una capacidad de producción de vapor u otra. Esto se puede comprobar en las tablas del documento anexo al Project Guide, en el cual se encuentra la lista de capacidades.

A continuación, se muestra la tabla para las condiciones ambientales ISO, pero en el Anexo I se puede encontrar el documento completo.

**ISO ambient conditions (ambient air: 25 °C, scavenge air coolant: 25 °C)**

| Load % SMCR | Power kW | Speed r/min | SFOC g/kWh | Exh. gas kg/s | Exh. gas <sup>(1)</sup> °C | Steam <sup>(2)</sup> kg/h |
|-------------|----------|-------------|------------|---------------|----------------------------|---------------------------|
| 100         | 75,570   | 80.0        | 162.0      | 156.6         | 235                        | 11,490                    |
| 95          | 71,792   | 78.6        | 160.5      | 151.3         | 228                        | 10,070                    |
| 90          | 68,013   | 77.2        | 159.2      | 145.8         | 223                        | 8,920                     |
| 85          | 64,235   | 75.8        | 158.0      | 140.1         | 219                        | 8,020                     |
| 80          | 60,456   | 74.3        | 157.7      | 134.2         | 216                        | 7,370                     |
| 75          | 56,678   | 72.7        | 157.6      | 128.0         | 215                        | 6,940                     |
| 70          | 52,899   | 71.0        | 157.2      | 121.4         | 215                        | 6,690                     |
| 65          | 49,121   | 69.3        | 157.2      | 114.6         | 217                        | 6,620                     |
| 60          | 45,342   | 67.5        | 157.4      | 107.4         | 220                        | 6,680                     |
| 55          | 41,564   | 65.5        | 157.9      | 99.8          | 224                        | 6,850                     |
| 50          | 37,785   | 63.5        | 158.5      | 91.9          | 230                        | 7,080                     |
| 45          | 34,007   | 61.3        | 159.6      | 83.7          | 238                        | 7,420                     |
| 40          | 30,228   | 58.9        | 160.7      | 75.1          | 248                        | 7,720                     |
| 35          | 26,450   | 56.4        | 162.1      | 66.2          | 256                        | 7,710                     |
| 30          | 22,671   | 53.6        | 163.1      | 64.9          | 220                        | 4,460                     |
| 25          | 18,893   | 50.4        | 165.1      | 57.6          | 216                        | 3,700                     |
| 20          | 15,114   | 46.8        | 168.1      | 49.0          | 212                        | 2,890                     |
| 15          | 11,336   | 42.5        | 173.1      | 41.1          | 204                        | 1,870                     |
| 10          | 7,557    | 37.1        | 181.1      | 29.8          | 182                        | 0                         |

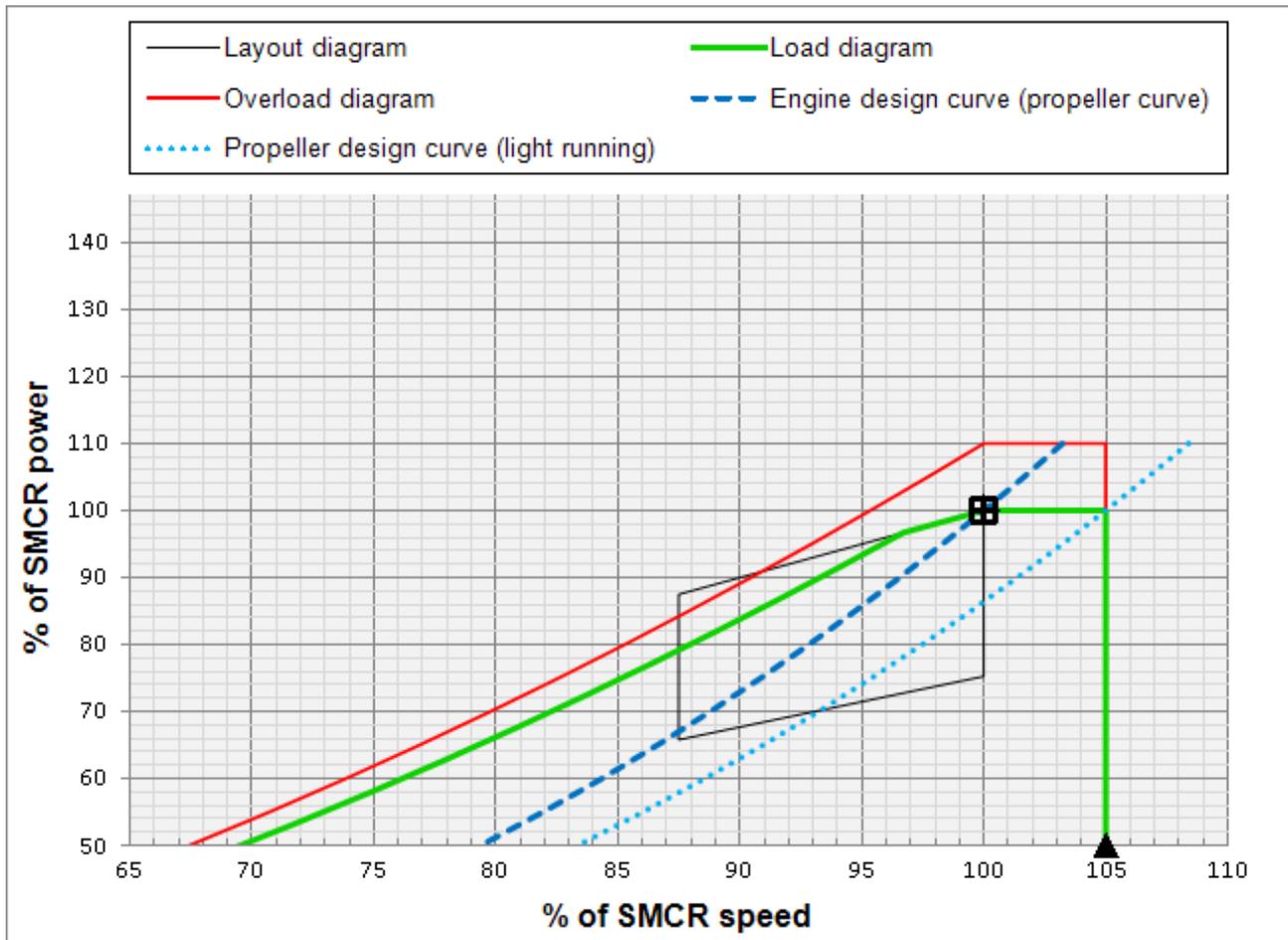
Tal como se puede ver, el motor en navegación normal y con las condiciones que se muestran anteriormente (Condiciones ISO), es capacidad de producir 11490 kg/h de vapor, comparados con los calculados en el balance de vapor, los cuales son 9511 kg/h, resulta que los gases de escape del motor son capaces de producir el vapor necesario para la calefacción de los tanques.

Se opta por la instalación de una caldera modelo Aalborg 3 Pass, concretamente el A3P-12 de Aalborg Industries, con una capacidad de 12000 kg/h.

| Modelo    | Capacidade (kg/h) | Dimensões |        |        |         | Peso (ton) |          |
|-----------|-------------------|-----------|--------|--------|---------|------------|----------|
|           |                   | L (mm)    | W (mm) | H (mm) | Ds (mm) | Vazia      | Operação |
| A3P-2.0   | 2,000             | 5,655     | 2,205  | 2,326  | 340     | 8.1        | 12.4     |
| A3P-2.5   | 2,500             | 5,847     | 2,795  | 2,474  | 340     | 8.6        | 13.7     |
| A3P-3.2   | 3,200             | 6,044     | 2,589  | 2,649  | 340     | 9.3        | 15.2     |
| A3P-4.0   | 4,000             | 6,372     | 2,856  | 2,904  | 500     | 10.9       | 18.0     |
| A3P-5.0   | 5,000             | 6,962     | 2,883  | 2,847  | 500     | 12.5       | 21.0     |
| A3P-6.5   | 6,500             | 7,130     | 3,330  | 3,155  | 500     | 13.2       | 23.1     |
| A3P-8.0   | 8,000             | 7,389     | 3,340  | 3,430  | 600     | 21.0       | 35.3     |
| M3P-10    | 10,000            | 7,594     | 3,510  | 3,645  | 600     | 26.0       | 46.2     |
| A3P-12    | 12,000            | 8,052     | 3,850  | 3,865  | 600     | 31.0       | 52.4     |
| A3P-15    | 15,000            | 8,780     | 4,390  | 4,010  | 750     | 33.6       | 60.3     |
| A3P-17    | 17,000            | 9,350     | 4,370  | 4,290  | 750     | 42.0       | 74.7     |
| A3P-20 1F | 20,000            | 9,500     | 4,600  | 4,500  | 1,160   | 45.8       | 82.2     |
| A3P-20    | 20,000            | 8,090     | 5,580  | 4,610  | 1,160   | 50.0       | 88.1     |
| A3P-24    | 24,000            | 8,400     | 5,780  | 4,820  | 1,160   | 53.0       | 96.4     |
| A3P-30    | 30,000            | 8,900     | 6,020  | 5,140  | 1,500   | 66.0       | 116.7    |
| A3P-34    | 34,000            | 9,400     | 6,260  | 5,380  | 1,500   | 77.0       | 137.8    |

## **ANEXO I: CAPACIDADES SEGÚN FABRICANTE DEL MOTOR MAN**

## CEAS Engine Data report 11G95ME-C10.5 HL Project name: Portacontenedores



The Light Running Margin (LRM) shown is 5%. Recommended value is 4-7%, for special cases up to 10%. The LRM should be evaluated for each ship project depending on for example: In-service increase of vessel resistance, ship manoeuvring requirements, additional engine load due to power take-out (PTO) and possible requirements related to a barred speed range (short passing time).

| Point |  | Power kW | Speed r/min | MEP Bar |
|-------|--|----------|-------------|---------|
| +     | SMCR: Specified Maximum Continuous Rating (100.0% of NMCR) | 75,570   | 80.0        | 21.0    |
| □     | NCR: Normal Continuous Rating (100.00% of SMCR)            | 75,570   | 80.0        | 21.0    |
|       | Maximum over load (110% of SMCR)                           | 83,127   | -           | -       |
| ▲     | Maximum speed limit (105% of SMCR)                         | -        | 84.0        | -       |
| ○     | L1, NMCR: Nominal Maximum Continuous Rating                | 75,570   | 80.0        | 21.0    |

Further reading: [Basic principles of ship propulsion](#)

## Specified main engine and other parameters

| Specified parameters                   |                          |
|--|--------------------------|
| Type of propeller                      | Fixed pitch propeller    |
| Cooling system                         | Sea water cooling system |
| Hydraulic control oil system test      | Common (system oil)      |
| Hydraulic power supply                 | Mechanical               |
| Cylinder oil lubricator type           | Alpha lubricator         |
| Fuel sulphur content for engine design | Low sulphur              |
| Sulphur in fuel (Tier II)              | max 0.5% sulphur         |
| NOx emission compliance                | Tier II                  |

| Turbocharger specifications           |                           |
|---------------------------------------|---------------------------|
| Turbocharger efficiency               | High efficiency           |
| Exhaust gas bypass                    | Without EGB <sup>*)</sup> |
| Number of turbochargers and make/type | 3 x MAN TCA88-24          |
| Turbocharger lubricating              | Common (system oil)       |
| Exhaust gas scrubber for high sulphur | Not installed             |
| Exhaust back pressure (Tier II)       | 30 mbar                   |

This engine can be equipped with Economizer Energy Control (EEC) for increasing exhaust gas temperatures. This requires ordering an EGB valve, because it is not standard on this engine.

## Fuel consumption and gas figures

| SFOC      | Tier II       |              |
|-----------|---------------|--------------|
|           | SMCR<br>g/kWh | NCR<br>g/kWh |
| ISO       | 162.0         | 162.0        |
| Tropical  | 163.3         | 163.3        |
| Specified | 160.1         | 160.1        |

SFOC: Specific Fuel Oil Consumption (LCV: 42,700 kJ/kg)

| Exhaust gas amount | Tier II      |             |
|--------------------|--------------|-------------|
|                    | SMCR<br>kg/s | NCR<br>kg/s |
| ISO                | 156.6        | 156.6       |
| Tropical           | 143.8        | 143.8       |
| Specified          | 162.9        | 162.9       |

| Exhaust gas temperature | Tier II    |           |
|-------------------------|------------|-----------|
|                         | SMCR<br>°C | NCR<br>°C |
| ISO                     | 235        | 235       |
| Tropical                | 268        | 268       |
| Specified               | 210        | 210       |

| Turbocharger air consumption | Tier II      |             |
|------------------------------|--------------|-------------|
|                              | SMCR<br>kg/s | NCR<br>kg/s |
| ISO                          | 153.2        | 153.2       |
| Tropical                     | 140.3        | 140.3       |
| Specified                    | 159.6        | 159.6       |

ISO, tropical and specified conditions are listed in the References and tolerances section.

## Expected lubricating oil consumption

| Fuel sulphur | Cylinder oil consumption | Lubricating oil consumption  |
|--------------|--------------------------|------------------------------|
| 0.1%-0.5%    | minimum 0.6 g/kWh        | from negligible to 0.1 g/kWh |

## Capacities of pumps and coolers

| Pump                 | Flow capacity<br>m <sup>3</sup> /h | Pump head<br>bar |
|----------------------|------------------------------------|------------------|
| Fuel oil circulation | 32.6                               | 6.0              |
| Fuel oil supply      | 19.5                               | 4.0              |
| Jacket cooling water | 470                                | 3.0              |
| Lubricating oil      | 1140                               | 4.8              |
| Sea water            | 2,170                              | 2.5              |

The pump heads stated are for guidance only, and depend on the actual pressure drop across coolers, filters, etc. in the systems. The capacities do not account for any components other than the engine itself.

| Flow capacities of cooler(s) on engine<br><i>ISO condition</i> |                                  | Sea water flow<br>m <sup>3</sup> /h |
|--|----------------------------------|-------------------------------------|
| Scavenge air cooler(s)   | No. of coolers x flow per cooler | 3 x 460                             |
| <b>Total flow capacity to engine</b>                           |                                  | <b>1,380</b>                        |

| Capacities of auxiliary heat exchangers |                   | Sea water flow<br>m <sup>3</sup> /h | Heat dissipation<br>kW |
|---|-------------------|-------------------------------------|------------------------|
| Jacket water cooler                     | Jacket water flow | 470                                 | 790                    |
| Lubricating oil cooler                  | Oil flow          | 1,140                               | 790                    |
|   |                   |                                     | 5,930                  |

All flows are stated as minimum required flows.

The heat capacity of the jacket water cooler and lubricating oil cooler (including 10% safety margin) is based on the highest heat dissipation of each of the engine operational modes (fuel type, emission mode and tropical condition).  
 Pertaining cooling water flow diagram, temperatures, viscosities and pressures for pumps and coolers, see "Engine Project Guide".

## Capacities of auxiliary systems

| <b>Air cooler cleaning unit</b> |                       |
|---------------------------------|-----------------------|
| Air cooler cleaning tank        | 1.50 m <sup>3</sup>   |
| Capacity of pump                | 5.0 m <sup>3</sup> /h |

| <b>Cylinder oil system</b> |                        |
|----------------------------|------------------------|
| Storage tanks              | 2 x 131 m <sup>3</sup> |
| Service tanks              | 10.2 m <sup>3</sup>    |

| <b>Fuel oil system</b>                        |                          |
|---|--------------------------|
| Distillate marine fuel service tank, 12 h     | 171.4 m <sup>3</sup>     |
| Residual marine fuel settling tanks, 2 x 12 h | 2 x 160.7 m <sup>3</sup> |
| Residual marine fuel service tank, 12 h/95 °C | 162 m <sup>3</sup>       |
| Residual marine fuel separator, 98 °C         | 17,380 l/h               |
| Distillate marine fuel oil circulation cooler | 161 kW                   |
| Fuel oil pre-heater                           | 570 kW                   |

| <b>Lubricating oil system</b>           |                         |
|---|-------------------------|
| Storage tanks (2 x 3 months)            | 2 x 11.6 m <sup>3</sup> |
| Separator, 90 °C                        | 10,280 l/h              |
| Recommended lubricating oil bottom tank | 69 m <sup>3</sup>       |

| <b>Miscellaneous</b>                                    |                       |
|---|-----------------------|
| Jacket water expansion tank <sup>*)</sup>               | 10 %                  |
| Recommended engine room ventilation flow <sup>**)</sup> | 271 m <sup>3</sup> /s |
| Motor rating, auxiliary blowers                         | 4 x 118 kW            |

<sup>\*)</sup> Jacket water expansion tank volume given in percent of the total jacket water volume.

<sup>\*\*)</sup> This air flow is given as 200% of the main engine combustion air flow. Besides the combustion air flow (100%), it includes cooling air for main engine radiation heat (50%), an estimate of combustion air for gensets/boilers and cooling air for their radiation heat (25%) and an estimate of radiated heat from other equipment (25%). Please check with ISO 8861:1998(E) for details.

| <b>Starting air system, 30 bar<sup>***)</sup></b> |                         |
|---|-------------------------|
| Receiver volume (12 starts)                       | 2 x 19.0 m <sup>3</sup> |
| Compressors (total)                               | 1,140 m <sup>3</sup> /h |

<sup>\*\*\*)</sup> Starting air system capacities do not include air consumption for ventilation of double wall piping or Tier III air consumers. An assessment is to be performed to determine whether the above needs to be increased.

| <b>Various drain tanks</b> |                     |
|----------------------------|---------------------|
| Stuffing box drain tank    | 0.30 m <sup>3</sup> |
| Scavenge air drain tank    | 1.80 m <sup>3</sup> |

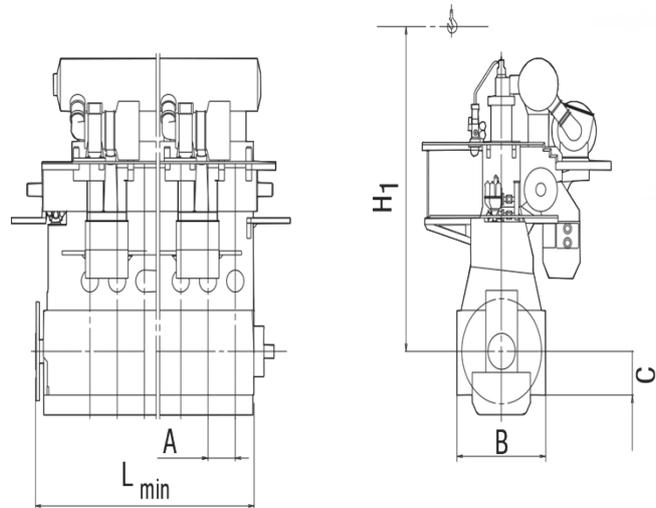
## Engine dimensions, masses and overhaul heights

| Dimensions                          |           |
|-------------------------------------|-----------|
| A: Cylinder distance, cylinder 1-6  | 1,574 mm  |
| A: Cylinder distance, cylinder 7-11 | 1,670 mm  |
| B: Width of bedplate                | 5,380 mm  |
| C: Distance from foot to crankshaft | 2,060 mm  |
| L min: Minimum length of engine     | 21,489 mm |

| Overhaul heights             |           |
|------------------------------|-----------|
| H1: Normal lifting procedure | 16,100 mm |

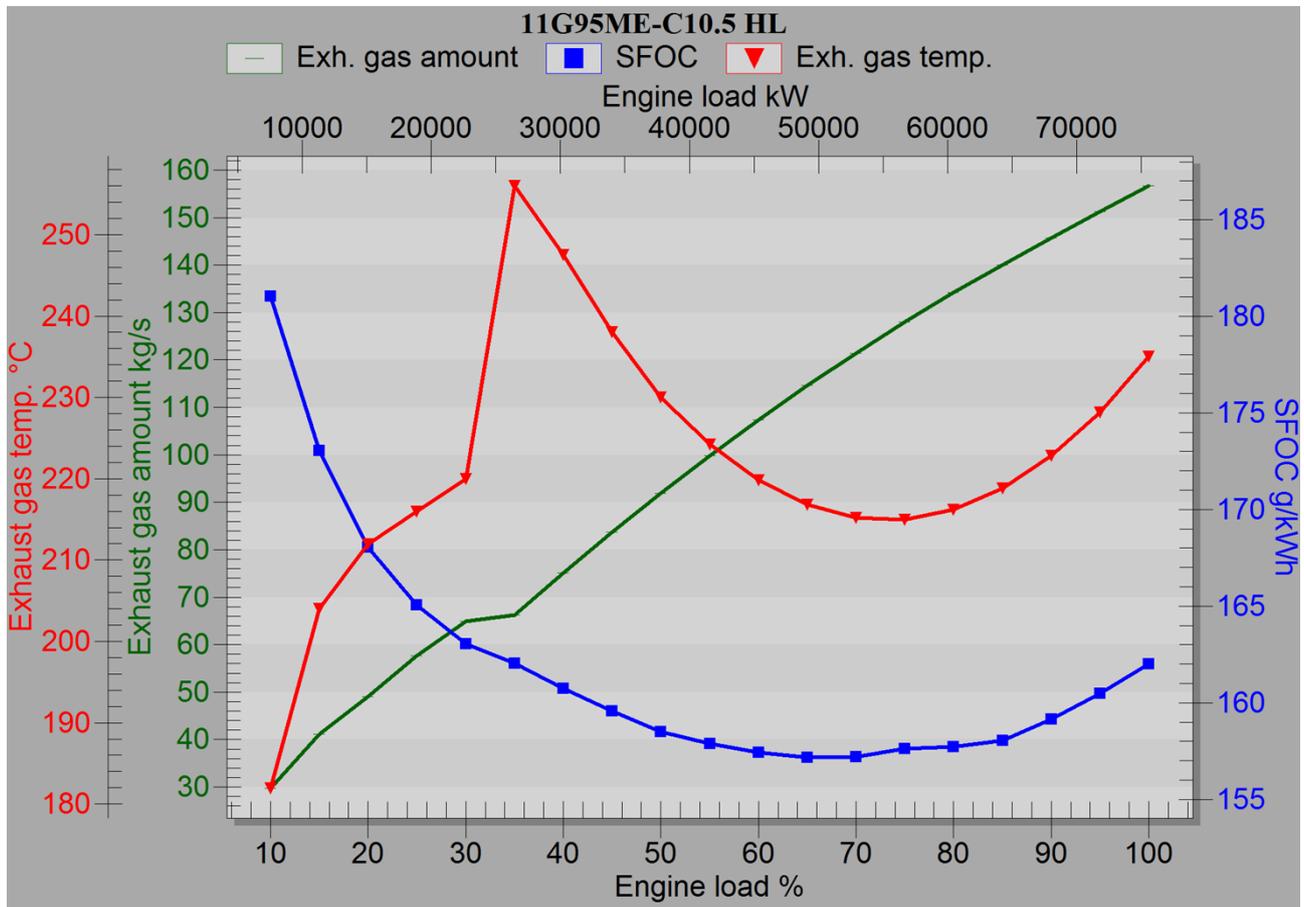
| Crane capacities                 |           |
|----------------------------------|-----------|
| Normal lifting procedure         | 10.0 t    |
| With electrical double jib crane | 2 x 6.3 t |

| Masses                          |         |
|---------------------------------|---------|
| Mass of main engine, dry        | 2,230 t |
| Mass of water and oil in engine | 27.0 t  |



The real engine length at crankshaft centreline level may be larger than the minimum length of the engine, as it depends on the vibration conditions of the main engine and shaft system, i.e. on whether a vibration damper and/or moment compensator needs to be installed. Indicated values are for guidance only and are not binding.

## Fuel consumption and exhaust gas data Fuel Oil, Tier II mode



### ISO ambient conditions (ambient air: 25 °C, scavenge air coolant: 25 °C)

| Load % SMCR | Power kW | Speed r/min | SFOC g/kWh | Exh. gas kg/s | Exh. gas <sup>1)</sup> °C | Steam <sup>2)</sup> kg/h |
|-------------|----------|-------------|------------|---------------|---------------------------|--------------------------|
| 100         | 75,570   | 80.0        | 162.0      | 156.6         | 235                       | 11,490                   |
| 95          | 71,792   | 78.6        | 160.5      | 151.3         | 228                       | 10,070                   |
| 90          | 68,013   | 77.2        | 159.2      | 145.8         | 223                       | 8,920                    |
| 85          | 64,235   | 75.8        | 158.0      | 140.1         | 219                       | 8,020                    |
| 80          | 60,456   | 74.3        | 157.7      | 134.2         | 216                       | 7,370                    |
| 75          | 56,678   | 72.7        | 157.6      | 128.0         | 215                       | 6,940                    |
| 70          | 52,899   | 71.0        | 157.2      | 121.4         | 215                       | 6,690                    |
| 65          | 49,121   | 69.3        | 157.2      | 114.6         | 217                       | 6,620                    |
| 60          | 45,342   | 67.5        | 157.4      | 107.4         | 220                       | 6,680                    |
| 55          | 41,564   | 65.5        | 157.9      | 99.8          | 224                       | 6,850                    |
| 50          | 37,785   | 63.5        | 158.5      | 91.9          | 230                       | 7,080                    |
| 45          | 34,007   | 61.3        | 159.6      | 83.7          | 238                       | 7,420                    |
| 40          | 30,228   | 58.9        | 160.7      | 75.1          | 248                       | 7,720                    |
| 35          | 26,450   | 56.4        | 162.1      | 66.2          | 256                       | 7,710                    |
| 30          | 22,671   | 53.6        | 163.1      | 64.9          | 220                       | 4,460                    |
| 25          | 18,893   | 50.4        | 165.1      | 57.6          | 216                       | 3,700                    |
| 20          | 15,114   | 46.8        | 168.1      | 49.0          | 212                       | 2,890                    |
| 15          | 11,336   | 42.5        | 173.1      | 41.1          | 204                       | 1,870                    |
| 10          | 7,557    | 37.1        | 181.1      | 29.8          | 182                       | 0                        |

## Fuel consumption and exhaust gas data Fuel Oil, Tier II mode

### Tropical ambient conditions (ambient air: 45 °C, scavenge air coolant: 32 °C)

| Load % SMCR | Power kW | Speed r/min | SFOC g/kWh | Exh. gas kg/s | Exh. gas <sup>*)</sup> °C | Steam <sup>**)</sup> kg/h |
|-------------|----------|-------------|------------|---------------|---------------------------|---------------------------|
| 100         | 75,570   | 80.0        | 163.3      | 143.8         | 268                       | 15,790                    |
| 95          | 71,792   | 78.6        | 161.8      | 138.8         | 261                       | 14,390                    |
| 90          | 68,013   | 77.2        | 160.5      | 133.8         | 255                       | 13,200                    |
| 85          | 64,235   | 75.8        | 159.3      | 128.5         | 251                       | 12,210                    |
| 80          | 60,456   | 74.3        | 159.0      | 123.1         | 248                       | 11,430                    |
| 75          | 56,678   | 72.7        | 158.9      | 117.4         | 247                       | 10,860                    |
| 70          | 52,899   | 71.0        | 158.5      | 111.4         | 247                       | 10,460                    |
| 65          | 49,121   | 69.3        | 158.5      | 105.1         | 248                       | 10,220                    |
| 60          | 45,342   | 67.5        | 158.7      | 98.5          | 252                       | 10,100                    |
| 55          | 41,564   | 65.5        | 159.2      | 91.6          | 256                       | 10,070                    |
| 50          | 37,785   | 63.5        | 159.8      | 84.3          | 262                       | 10,090                    |
| 45          | 34,007   | 61.3        | 160.9      | 76.8          | 271                       | 10,210                    |
| 40          | 30,228   | 58.9        | 162.1      | 68.9          | 281                       | 10,270                    |
| 35          | 26,450   | 56.4        | 163.4      | 60.7          | 290                       | 9,990                     |
| 30          | 22,671   | 53.6        | 164.4      | 59.5          | 252                       | 6,720                     |
| 25          | 18,893   | 50.4        | 166.4      | 52.8          | 248                       | 5,760                     |
| 20          | 15,114   | 46.8        | 169.4      | 44.9          | 243                       | 4,730                     |
| 15          | 11,336   | 42.5        | 174.5      | 37.6          | 235                       | 3,530                     |
| 10          | 7,557    | 37.1        | 182.5      | 27.3          | 211                       | 1,260                     |

### Specified ambient conditions (ambient air: 10 °C, scavenge air coolant: 10 °C)

| Load % SMCR | Power kW | Speed r/min | SFOC g/kWh | Exh. gas kg/s | Exh. gas <sup>*)</sup> °C | Steam <sup>**)</sup> kg/h |
|-------------|----------|-------------|------------|---------------|---------------------------|---------------------------|
| 100         | 75,570   | 80.0        | 160.1      | 162.9         | 210                       | 7,340                     |
| 95          | 71,792   | 78.6        | 158.6      | 157.4         | 203                       | 6,050                     |
| 90          | 68,013   | 77.2        | 157.3      | 151.6         | 198                       | 5,030                     |
| 85          | 64,235   | 75.8        | 156.1      | 145.7         | 194                       | 4,260                     |
| 80          | 60,456   | 74.3        | 155.8      | 139.6         | 192                       | 3,720                     |
| 75          | 56,678   | 72.7        | 155.7      | 133.1         | 191                       | 3,400                     |
| 70          | 52,899   | 71.0        | 155.3      | 126.4         | 191                       | 3,290                     |
| 65          | 49,121   | 69.3        | 155.3      | 119.2         | 192                       | 3,360                     |
| 60          | 45,342   | 67.5        | 155.5      | 111.7         | 195                       | 3,580                     |
| 55          | 41,564   | 65.5        | 156.0      | 103.9         | 199                       | 3,910                     |
| 50          | 37,785   | 63.5        | 156.6      | 95.6          | 205                       | 4,320                     |
| 45          | 34,007   | 61.3        | 157.6      | 87.1          | 212                       | 4,850                     |
| 40          | 30,228   | 58.9        | 158.8      | 78.1          | 221                       | 5,350                     |
| 35          | 26,450   | 56.4        | 160.1      | 68.9          | 229                       | 5,550                     |
| 30          | 22,671   | 53.6        | 161.1      | 67.5          | 195                       | 2,300                     |
| 25          | 18,893   | 50.4        | 163.1      | 59.9          | 191                       | 1,670                     |
| 20          | 15,114   | 46.8        | 166.0      | 51.0          | 188                       | 960                       |
| 15          | 11,336   | 42.5        | 171.0      | 42.7          | 180                       | 0                         |
| 10          | 7,557    | 37.1        | 178.9      | 31.0          | 159                       | 0                         |

Comments / details:

SFOC: Specific Fuel Oil Consumption (LCV: 42,700 kJ/kg)  
 Loads below 50% are associated with larger tolerances.

\*) Mixed exhaust gas temperature after turbocharger.

\*\*\*) Guiding steam production capacity at 7.0 bara with variable pinch point temperature, matched to 15°C at 85% load in Tier II and ISO. Contact boiler maker for actual steam production.

## Tables of capacities - Tier II

|                                    |   |  |
|------------------------------------|---|--|
| 1 Engine load (% SMCR)             | 4 Scavenge air receiver temp. (°C)      | 7 Lubricating oil heat diss. (kW) +/-10% |
| 2 T/C air consumption (kg/s) +/-5% | 5 Scavenge air heat diss. (kW)          | 8 Condensed water (t/24h)                |
| 3 Scavenge air pressure (bara)     | 6 Jacket water heat diss. (kW) +10/-15% |  |

Loads below 50% are associated with larger tolerances.

| 1   | 2     | 3    | 4  | 5      | 6     | 7     | 8   |
|---|-------|------|----|--------|-------|-------|-----|
| <b>ISO ambient conditions (ambient air: 25.0 °C, scavenge air coolant: 25.0 °C)</b> |       |      |    |        |       |       |     |
| 100   | 153.2 | 4.45 | 37 | 28,390 | 7,960 | 5,350 | 1.5 |
| 95  | 148.1 | 4.25 | 36 | 26,320 | 7,660 | 5,130 | 0.9 |
| 90  | 142.8 | 4.04 | 35 | 24,290 | 7,370 | 4,910 | 0.2 |
| 85  | 137.3 | 3.84 | 34 | 22,290 | 7,070 | 4,710 | 0.0 |
| 80  | 131.5 | 3.68 | 33 | 20,550 | 6,780 | 4,500 | 0.0 |
| 75  | 125.5 | 3.52 | 32 | 18,840 | 6,480 | 4,300 | 0.0 |
| 70  | 119.1 | 3.30 | 31 | 16,810 | 6,190 | 4,110 | 0.0 |
| 65  | 112.5 | 3.08 | 30 | 14,820 | 5,890 | 3,920 | 0.0 |
| 60  | 105.4 | 2.85 | 30 | 12,860 | 5,600 | 3,730 | 0.0 |
| 55  | 98.0  | 2.63 | 29 | 10,950 | 5,300 | 3,540 | 0.0 |
| 50  | 90.3  | 2.41 | 28 | 9,100  | 5,010 | 3,360 | 0.0 |
| 45  | 82.2  | 2.21 | 27 | 7,440  | 4,710 | 3,170 | 0.0 |
| 40  | 73.7  | 2.02 | 26 | 5,900  | 4,420 | 2,980 | 0.0 |
| 35  | 65.0  | 1.85 | 33 | 4,520  | 4,120 | 2,790 | 0.0 |
| 30  | 63.9  | 1.68 | 32 | 3,750  | 3,830 | 2,590 | 0.0 |
| 25  | 56.7  | 1.53 | 32 | 2,710  | 3,530 | 2,380 | 0.0 |

|  |       |      |    |        |       |       |       |
|--|-------|------|----|--------|-------|-------|-------|
| <b>Tropical ambient conditions (ambient air: 45.0 °C, scavenge air coolant: 32.0 °C)</b> |       |      |    |        |       |       |       |
| 100  | 140.3 | 4.19 | 44 | 28,230 | 8,020 | 5,390 | 305.6 |
| 95   | 135.6 | 4.00 | 43 | 26,210 | 7,730 | 5,170 | 296.8 |
| 90   | 130.7 | 3.81 | 42 | 24,230 | 7,430 | 4,950 | 286.4 |
| 85   | 125.7 | 3.61 | 41 | 22,270 | 7,130 | 4,740 | 274.4 |
| 80   | 120.4 | 3.46 | 40 | 20,560 | 6,830 | 4,540 | 262.6 |
| 75   | 114.9 | 3.31 | 39 | 18,870 | 6,540 | 4,340 | 249.8 |
| 70   | 109.1 | 3.10 | 38 | 16,880 | 6,240 | 4,140 | 233.7 |
| 65   | 103.0 | 2.90 | 37 | 14,930 | 5,940 | 3,950 | 216.8 |
| 60   | 96.5  | 2.69 | 37 | 13,000 | 5,640 | 3,760 | 199.0 |
| 55   | 89.8  | 2.48 | 36 | 11,120 | 5,340 | 3,570 | 180.4 |
| 50   | 82.7  | 2.27 | 35 | 9,290  | 5,050 | 3,380 | 160.8 |
| 45   | 75.2  | 2.08 | 34 | 7,640  | 4,750 | 3,200 | 141.5 |
| 40   | 67.5  | 1.90 | 33 | 6,110  | 4,450 | 3,010 | 121.8 |
| 35   | 59.5  | 1.74 | 40 | 4,720  | 4,150 | 2,820 | 101.8 |
| 30   | 58.5  | 1.58 | 39 | 3,970  | 3,860 | 2,620 | 93.4  |
| 25   | 52.0  | 1.44 | 39 | 2,940  | 3,560 | 2,400 | 75.9  |

|   |       |      |    |        |       |       |      |
|---|-------|------|----|--------|-------|-------|------|
| <b>Specified ambient conditions (ambient air: 10.0 °C, scavenge air coolant: 10.0 °C)</b> |       |      |    |        |       |       |      |
| 100   | 159.6 | 4.53 | 22 | 28,450 | 7,860 | 5,280 | 20.8 |
| 95  | 154.2 | 4.33 | 21 | 26,400 | 7,570 | 5,070 | 20.7 |
| 90  | 148.7 | 4.12 | 20 | 24,380 | 7,280 | 4,860 | 20.2 |
| 85  | 143.0 | 3.91 | 19 | 22,380 | 6,990 | 4,650 | 19.3 |
| 80  | 137.0 | 3.75 | 18 | 20,650 | 6,700 | 4,450 | 18.5 |
| 75  | 130.7 | 3.59 | 17 | 18,930 | 6,400 | 4,250 | 17.6 |
| 70  | 124.1 | 3.36 | 16 | 16,910 | 6,110 | 4,060 | 15.8 |
| 65  | 117.1 | 3.13 | 15 | 14,920 | 5,820 | 3,870 | 14.0 |
| 60  | 109.8 | 2.91 | 15 | 12,970 | 5,530 | 3,680 | 12.0 |
| 55  | 102.1 | 2.68 | 14 | 11,060 | 5,240 | 3,500 | 10.0 |
| 50  | 94.0  | 2.46 | 13 | 9,210  | 4,950 | 3,320 | 7.8  |
| 45  | 85.6  | 2.25 | 12 | 7,550  | 4,650 | 3,130 | 5.9  |
| 40  | 76.8  | 2.06 | 11 | 6,010  | 4,360 | 2,950 | 3.9  |
| 35  | 67.7  | 1.88 | 18 | 4,610  | 4,070 | 2,760 | 2.0  |
| 30  | 66.5  | 1.71 | 17 | 3,850  | 3,780 | 2,560 | 0.3  |
| 25  | 59.1  | 1.56 | 17 | 2,810  | 3,490 | 2,350 | 0.0  |

## Typical noise and vibration levels

### SMCR

| Octave band centre freq. in Hz  | 31.5  | 63    | 125   | 250   | 500   | 1k    | 2k    | 4k    | 8k   | dB(lin) | dB(A) | Max   |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|---------|-------|-------|
| A) Exhaust gas noise            | 138.1 | 132.1 | 124.7 | 121.1 | 119.0 | 113.6 | 102.7 | 92.9  | 85.1 | 139.3   | 119.7 | -     |
| B) Spatial noise, standard NR   | 106.1 | 105.8 | 106.1 | 105.7 | 106.3 | 107.6 | 106.8 | 101.3 | 93.7 | 115.1   | 112.2 | 117.4 |
| C) Spatial noise, additional NR | 101.8 | 100.2 | 99.8  | 99.8  | 100.3 | 101.5 | 100.2 | 92.6  | 85.8 | 109.1   | 105.7 | 110.0 |
| D) Structure borne vibrations   | 80.6  | 78.2  | 75.4  | 74.1  | 70.7  | 65.0  | 58.3  | 50.3  | 44.1 | -       | -     | -     |

### NCR (100.00% of SMCR)

| Octave band centre freq. in Hz  | 31.5  | 63    | 125   | 250   | 500   | 1k    | 2k    | 4k    | 8k   | dB(lin) | dB(A) | Max   |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|---------|-------|-------|
| A) Exhaust gas noise            | 138.1 | 132.1 | 124.7 | 121.1 | 119.0 | 113.6 | 102.7 | 92.9  | 85.1 | 139.3   | 119.7 | -     |
| B) Spatial noise, standard NR   | 106.1 | 105.8 | 106.1 | 105.7 | 106.3 | 107.6 | 106.8 | 101.3 | 93.7 | 115.1   | 112.2 | 117.4 |
| C) Spatial noise, additional NR | 101.8 | 100.2 | 99.8  | 99.8  | 100.3 | 101.5 | 100.2 | 92.6  | 85.8 | 109.1   | 105.7 | 110.0 |
| D) Structure borne vibrations   | 80.6  | 78.2  | 75.4  | 74.1  | 70.7  | 65.0  | 58.3  | 50.3  | 44.1 | -       | -     | -     |

#### A) Sound pressure levels from exhaust gas system ( $2 \times 10^{-5}$ Pa).

The expected sound pressure level at 1 metre from the edge of the exhaust gas pipe opening at an angle of 30 degrees to the direction of the gas flow and valid for a normal exhaust gas system - but without a boiler and silencer.

#### B) Airborne sound pressure levels - with standard noise reduction (NR) countermeasures ( $2 \times 10^{-5}$ Pa).

Expected mean sound pressure octave spectrum levels, i.e. the average spatial noise values at a distance of 1 metre from the engine. Prescribed measuring surface area is 1261.3 m<sup>2</sup>.

#### C) Air-borne sound pressure levels - with additional noise reduction (NR) countermeasures ( $2 \times 10^{-5}$ Pa).

Expected mean sound pressure octave spectrum levels, i.e. the average spatial noise values at a distance of 1 metre from the engine. Prescribed measuring surface area is 1261.3 m<sup>2</sup>.

Additional noise reduction countermeasures, e.g.:

Extra good turbocharger air intake silencer(s)

External sound insulation of scavenge air receiver

External sound insulation of scavenge air cooler(s).

Supplementary reduction of 4.2 dB is needed.

Other additional noise reduction countermeasures are also available. The noise figures given are in accordance with the CIMAC recommendations for measurements of the overall noise for reciprocating engines. The average levels will, depending on the actual engine room configuration, be 1-5 dB higher when the engine is installed in the engine room.

#### D) Structure borne vibration levels ( $5 \times 10^{-8}$ Pa).

Expected mean velocity octave spectrum levels at the engine base plate as installed on board the ship. Based on an average engine foundation of a ship, and may only be used as a rough estimate as the velocity levels will depend on the actual foundation used. If the vibration velocity levels are referred to  $10^{-9}$  m/s instead of  $5 \times 10^{-8}$  m/s, the calculated dB figures will be 34.0 dB higher than above stated.

## Reference data

| Ambient condition  | Scavenge air coolant temp. <sup>*)</sup><br>°C | Ambient air temp.<br>°C | Rel. air humidity<br>% | Barometric pressure<br>mbar |
|--------------------|--|-------------------------|------------------------|-----------------------------|
| ISO <sup>**)</sup> | 25   | 25                      | 30                     | 1,000                       |
| Tropical           | 32   | 45                      | 60                     | 1,000                       |
| Specified          | 10   | 10                      | 60                     | 1,000                       |

\*) With a central cooling system, the sea water will be 4 °C lower than these temperatures.

\*\*\*) Refers to ISO 3046-1 2002(E) and ISO 15550:2002(E).

| Tolerances   |          |
|--|----------|
| Specific Fuel Oil Consumption (SFOC) tolerance at SMCR | +/- 5%   |
| Exhaust gas amount tolerance                           | +/- 5%   |
| Exhaust gas temperature tolerance                      | +/- 15°C |

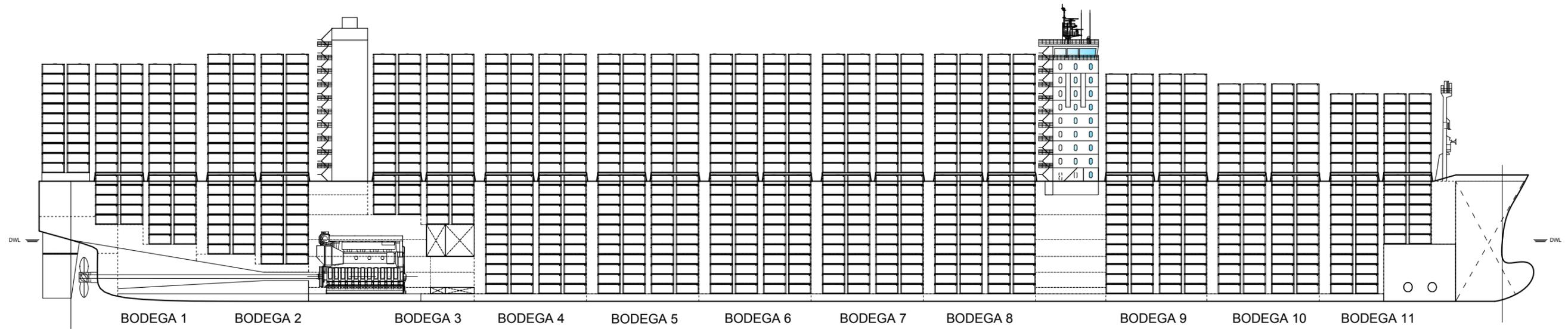
| Guarantee point                |                 |
|--------------------------------|-----------------|
| Guarantee point (same as NCR)  | 100.00% of SMCR |
| Guarantee point SFOC tolerance | 5%              |

| Values for EEDI                            |                    |
|--|--------------------|
| Engine type                                | 11G95ME-C10.5 HL   |
| SMCR power                                 | 75,570 kW          |
| SMCR RPM                                   | 80.0 r/min         |
| Ambient condition                          | ISO                |
| Reference LCV of fuel oil                  | 42,700 kJ/kg       |
| Fuel Oil mode                              |                    |
| SFOC at SMCR                               | 162.0 g/kWh        |
| SFOC at 75% SMCR                           | 157.6 g/kWh        |
| <b>SFOC at 75% SMCR incl. 6% tolerance</b> | <b>167.1 g/kWh</b> |

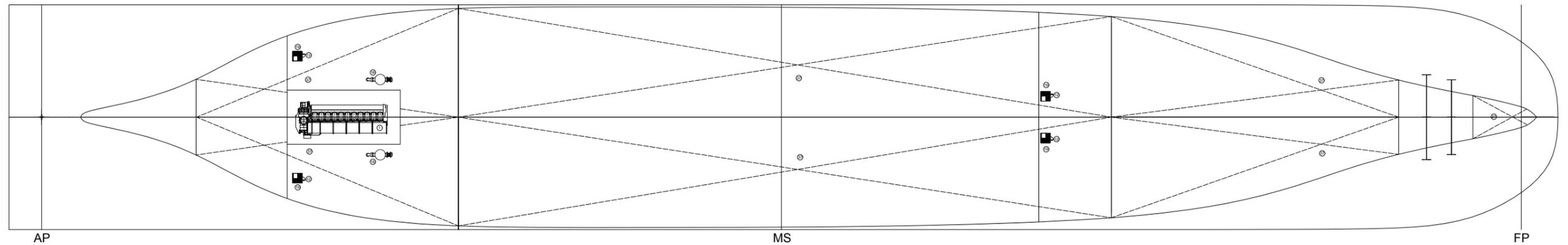
| Report ID for Design Specification Order (DSO) |
|--|
| 4828c9c9-90ac-45d1-9485-f1395747d716           |

This ID must be used by an MAN-ES licensee when creating a DSO.

## **ANEXO II: PLANOS**



CUBIERTA A 2 M SOBRE LB (Doble Fondo)



| ELEMENTOS EN CÁMARA DE MÁQUINAS |                                 |    |                                   |
|---------------------------------|---------------------------------|----|-----------------------------------|
| 1                               | Motor Principal                 | 19 | Salida a escotilla de cubierta    |
| 2                               | Diesel Generadores              | 20 | Bomba circulación Agua Caliente   |
| 3                               | Planta Tratamiento Aguas Sucias | 21 | Bomba agua Potable                |
| 4                               | Separador de Sentinas           | 22 | Bomba de Sentinas                 |
| 5                               | Incinerador                     | 23 | Bomba contra incendios            |
| 6                               | Purificadora de combustible     | 24 | Bomba contra incendios emergencia |
| 7                               | Prificadora de aceite           | 25 | Bomba de Lastre                   |
| 8                               | Intercambiadores                | 26 | Bomba de agua salada              |

|    |                                 |    |                                |
|----|---------------------------------|----|--------------------------------|
| 9  | Intercambiadores auxiliares     | 27 | Bomba de agua dulce            |
| 10 | Cuadros eléctricos              | 28 | Bomba de aceite lubricante     |
| 11 | ECR                             | 29 | Bomba trasiego de combustible  |
| 12 | Puerta Estanca                  | 30 | Bomba alimentación combustible |
| 13 | Botellas de aire de arranque    | 31 | Bomba alimentación Diésel      |
| 14 | Compresores de aire de arranque | 32 | Tanque Diésel uso diario       |
| 15 | Tanque Hidróforo                | 33 | Tanque Fuel uso diario         |
| 16 | Caldera                         | 34 | Tanque Diésel                  |
| 17 | Planta de tratamiento de Lastre | 35 | Tanque Fuel                    |
| 18 | Toma de mar                     | 36 | Tanque Lastre                  |
| 37 | Compactadora                    | 38 | Trituradora                    |



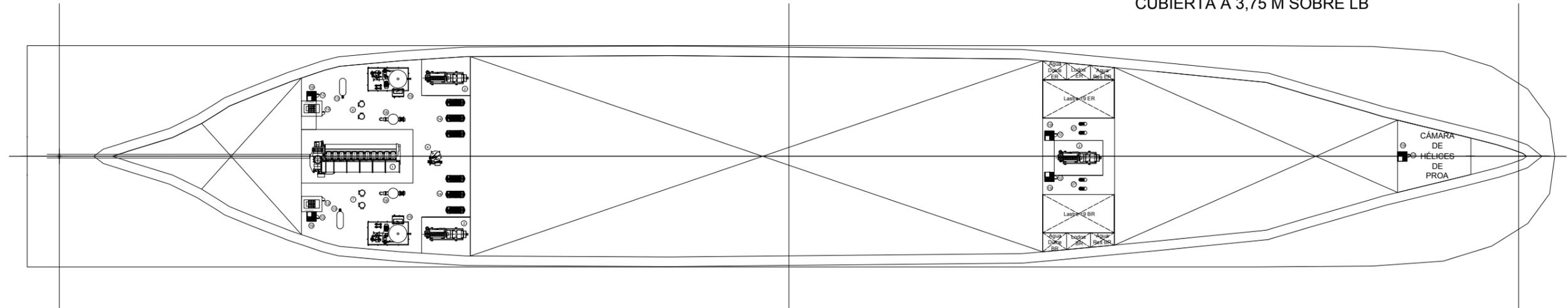
**UNIVERSIDADE DA CORUÑA**  
ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR



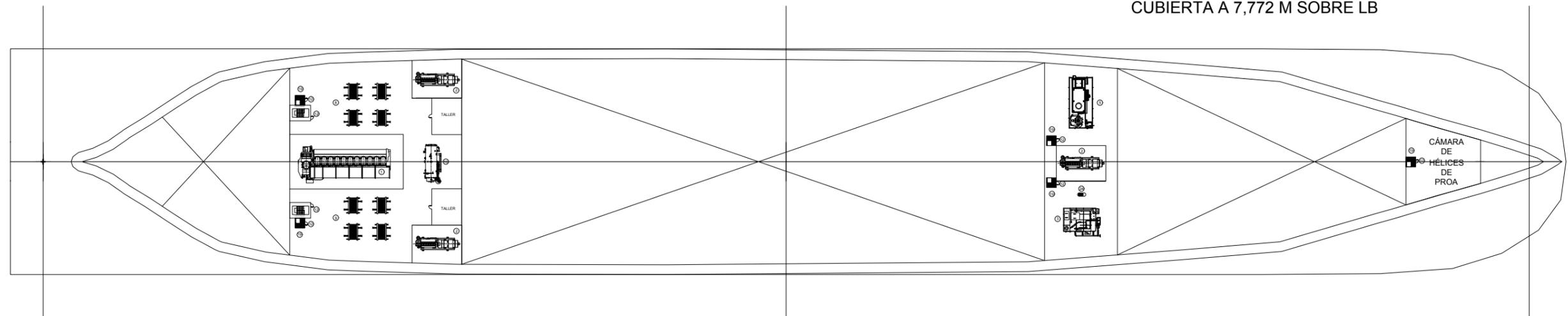
PROYECTO: **BUQUE PROTACONTENEDORES DE 20000 TEUS ADAPTADO A RUTA ASIA - EUROPA**

|   |  |                |                    |
|---|--|----------------|--------------------|
| TÍTULO PLANO: <b>CUBIERTAS CÁMARA DE MÁQUINAS</b> | FIRMA:  | ESCALA: 1:1150 | FORMATO: A3        |
| AUTOR: <b>MIGUEL ÁNGEL RODRÍGUEZ GONZÁLEZ</b>     | FECHA: <b>SEPTIEMBRE 2021</b>  |                | Nº DE PLANO: 01/04 |

CUBIERTA A 3,75 M SOBRE LB



CUBIERTA A 7,772 M SOBRE LB



ELEMENTOS EN CÁMARA DE MÁQUINAS

|   |                                 |    |                                  |
|---|---------------------------------|----|----------------------------------|
| 1 | Motor Principal                 | 19 | Salida a escotilla de cubierta   |
| 2 | Diesel Generadores              | 20 | Bomba circulación Agua Caliente  |
| 3 | Planta Tratamiento Aguas Sucias | 21 | Bomba agua Potable               |
| 4 | Separador de Sentinas           | 22 | Bomba de Sentinas                |
| 5 | Incinerador                     | 23 | Bomba contraincendios            |
| 6 | Purificadora de combustible     | 24 | Bomba contraincendios emergencia |
| 7 | Prificadora de aceite           | 25 | Bomba de Lastre                  |
| 8 | Intercambiadores                | 26 | Bomba de agua salada             |

|    |                                 |    |                                |
|----|---------------------------------|----|--------------------------------|
| 9  | Intercambiadores auxiliares     | 27 | Bomba de agua dulce            |
| 10 | Cuadros eléctricos              | 28 | Bomba de aceite lubricante     |
| 11 | ECR                             | 29 | Bomba trasiego de combustible  |
| 12 | Puerta Estanca                  | 30 | Bomba alimentación combustible |
| 13 | Botellas de aire de arranque    | 31 | Bomba alimentación Diésel      |
| 14 | Compresores de aire de arranque | 32 | Tanque Diésel uso diario       |
| 15 | Tanque Hidróforo                | 33 | Tanque Fuel uso diario         |
| 16 | Caldera                         | 34 | Tanque Diésel                  |
| 17 | Planta de tratamiento de Lastre | 35 | Tanque Fuel                    |
| 18 | Toma de mar                     | 36 | Tanque Lastre                  |
| 37 | Compactadora                    | 38 | Trituradora                    |



UNIVERSIDADE DA CORUÑA  
ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR



PROYECTO: BUQUE PROTACONTENEDORES DE 20000 TEUS ADAPTADO A RUTA ASIA - EUROPA

TÍTULO PLANO: CUBIERTAS CÁMARA DE MÁQUINAS

FIRMA:

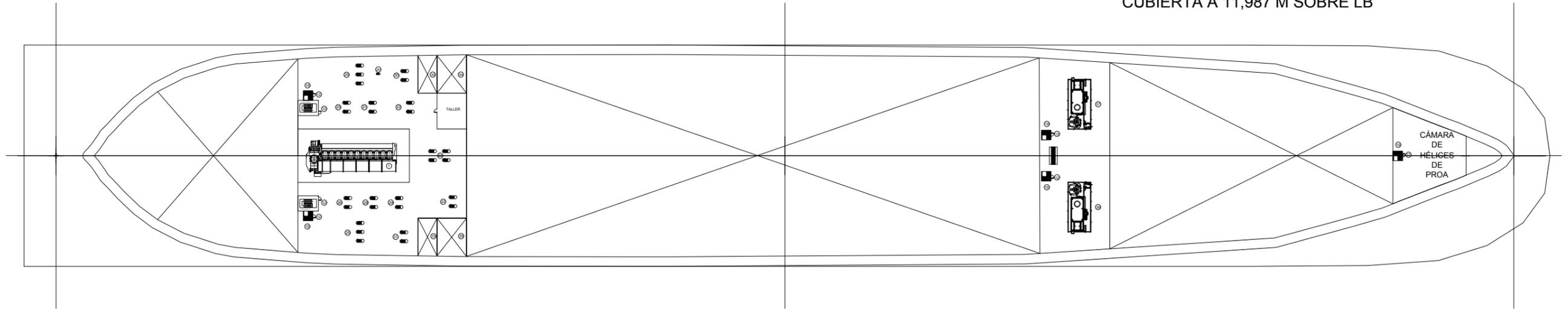
ESCALA: 1:1150      FORMATO: A3

AUTOR: MIGUEL ÁNGEL RODRÍGUEZ GONZÁLEZ

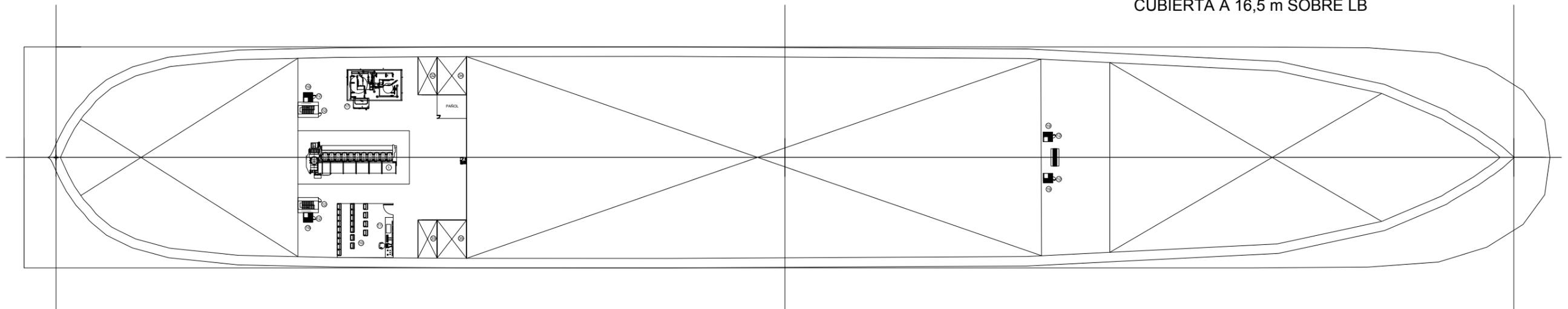
FECHA: SEPTIEMBRE 2021

Nº DE PLANO: 02/04

CUBIERTA A 11,987 M SOBRE LB



CUBIERTA A 16,5 m SOBRE LB



**ELEMENTOS EN CÁMARA DE MÁQUINAS**

|   |                                 |    |                                  |
|---|---------------------------------|----|----------------------------------|
| 1 | Motor Principal                 | 19 | Salida a escotilla de cubierta   |
| 2 | Diesel Generadores              | 20 | Bomba circulación Agua Caliente  |
| 3 | Planta Tratamiento Aguas Sucias | 21 | Bomba agua Potable               |
| 4 | Separador de Sentinas           | 22 | Bomba de Sentinas                |
| 5 | Incinerador                     | 23 | Bomba contraincendios            |
| 6 | Purificadora de combustible     | 24 | Bomba contraincendios emergencia |
| 7 | Prificadora de aceite           | 25 | Bomba de Lastre                  |
| 8 | Intercambiadores                | 26 | Bomba de agua salada             |

|    |                                 |    |                                |
|----|---------------------------------|----|--------------------------------|
| 9  | Intercambiadores auxiliares     | 27 | Bomba de agua dulce            |
| 10 | Cuadros eléctricos              | 28 | Bomba de aceite lubricante     |
| 11 | ECR                             | 29 | Bomba trasiego de combustible  |
| 12 | Puerta Estanca                  | 30 | Bomba alimentación combustible |
| 13 | Botellas de aire de arranque    | 31 | Bomba alimentación Diésel      |
| 14 | Compresores de aire de arranque | 32 | Tanque Diésel uso diario       |
| 15 | Tanque Hidróforo                | 33 | Tanque Fuel uso diario         |
| 16 | Caldera                         | 34 | Tanque Diésel                  |
| 17 | Planta de tratamiento de Lastre | 35 | Tanque Fuel                    |
| 18 | Toma de mar                     | 36 | Tanque Lastre                  |
| 37 | Compactadora                    | 38 | Trituradora                    |



**UNIVERSIDADE DA CORUÑA**  
ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR



PROYECTO: **BUQUE PROTACONTENEDORES DE 20000 TEUS ADAPTADO A RUTA ASIA - EUROPA**

TÍTULO PLANO: **CUBIERTAS CÁMARA DE MÁQUINAS**

FIRMA:

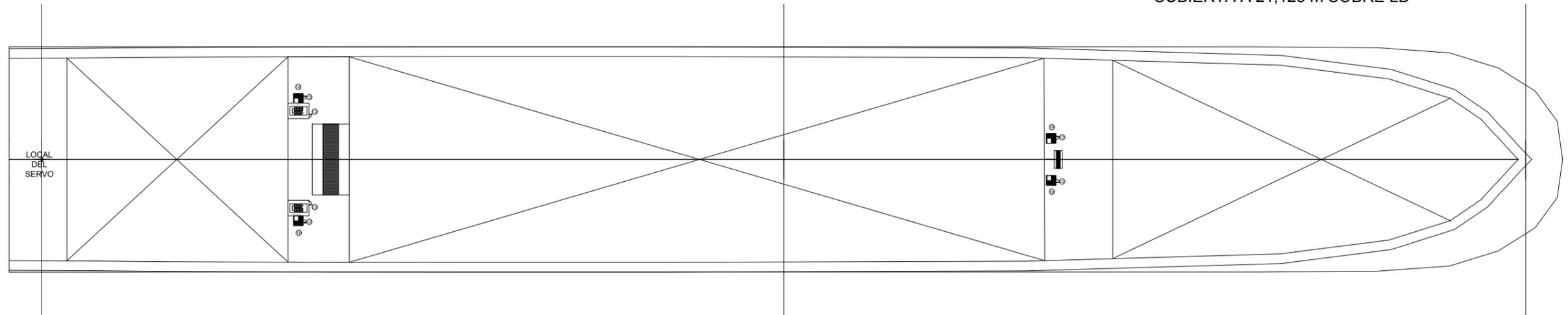
ESCALA: 1:1150      FORMATO: A3

AUTOR: **MIGUEL ÁNGEL RODRÍGUEZ GONZÁLEZ**

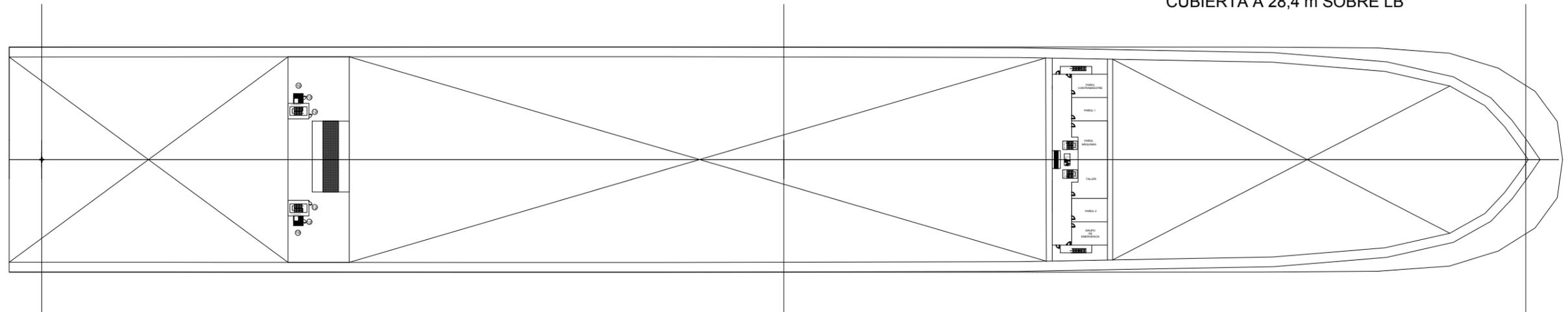
FECHA: **SEPTIEMBRE 2021**

Nº DE PLANO: **03/04**

CUBIERTA A 21,128 m SOBRE LB



CUBIERTA A 28,4 m SOBRE LB



**ELEMENTOS EN CÁMARA DE MÁQUINAS**

|   |                                 |    |                                  |
|---|---------------------------------|----|----------------------------------|
| 1 | Motor Principal                 | 19 | Salida a escotilla de cubierta   |
| 2 | Diesel Generadores              | 20 | Bomba circulación Agua Caliente  |
| 3 | Planta Tratamiento Aguas Sucias | 21 | Bomba agua Potable               |
| 4 | Separador de Sentinas           | 22 | Bomba de Sentinas                |
| 5 | Incinerador                     | 23 | Bomba contraincendios            |
| 6 | Purificadora de combustible     | 24 | Bomba contraincendios emergencia |
| 7 | Prificadora de aceite           | 25 | Bomba de Lastre                  |
| 8 | Intercambiadores                | 26 | Bomba de agua salada             |

|    |                                 |    |                                |
|----|---------------------------------|----|--------------------------------|
| 9  | Intercambiadores auxiliares     | 27 | Bomba de agua dulce            |
| 10 | Cuadros eléctricos              | 28 | Bomba de aceite lubricante     |
| 11 | ECR                             | 29 | Bomba trasiego de combustible  |
| 12 | Puerta Estanca                  | 30 | Bomba alimentación combustible |
| 13 | Botellas de aire de arranque    | 31 | Bomba alimentación Diésel      |
| 14 | Compresores de aire de arranque | 32 | Tanque Diésel uso diario       |
| 15 | Tanque Hidróforo                | 33 | Tanque Fuel uso diario         |
| 16 | Caldera                         | 34 | Tanque Diésel                  |
| 17 | Planta de tratamiento de Lastre | 35 | Tanque Fuel                    |
| 18 | Toma de mar                     | 36 | Tanque Lastre                  |
| 37 | Compactadora                    | 38 | Trituradora                    |



**UNIVERSIDADE DA CORUÑA**  
ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR



PROYECTO: **BUQUE PROTACONTENEDORES DE 20000 TEUS ADAPTADO A RUTA ASIA - EUROPA**

TÍTULO PLANO: **CUBIERTAS CÁMARA DE MÁQUINAS**

FIRMA:

ESCALA: 1:1150      FORMATO: A3

AUTOR: **MIGUEL ÁNGEL RODRÍGUEZ GONZÁLEZ**

FECHA: **SEPTIEMBRE 2021**

Nº DE PLANO: **04/04**