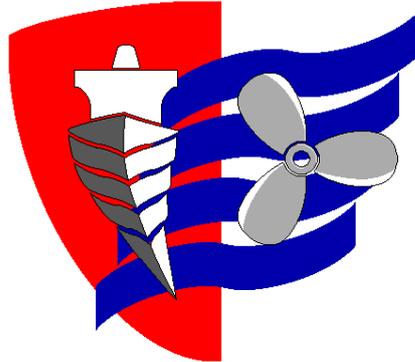


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Proyecto Fin de Carrera

**CÁLCULO Y DISEÑO DE LA VENTILACIÓN DE AIRE
EN LA SALA DE MÁQUINAS DE UN BUQUE TANQUE**

**(Calculation and design of the air
ventilation in the tanker engine room)**

Para acceder al Título de

**INGENIERO TÉCNICO NAVAL.
ESPECIALIDAD EN PROPULSIÓN
Y SERVICIOS DEL BUQUE**

Jon Parra García

Julio-2013

A mis aïtas

AGRADECIMIENTOS

A Belén Río Calonge, que con su inestimable ayuda posibilitó la conclusión de este trabajo.

A mis aitas, por su esfuerzo y paciencia.

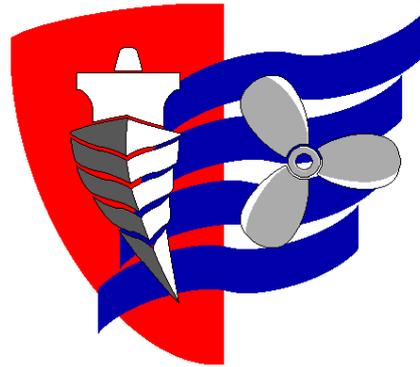
Mila esker.

ÍNDICE

1. Memoria.....	6
1.1. General.....	6
1.1.1. Título	6
1.1.2. Destinatario	6
1.1.3. Objetivo del proyecto.....	6
1.1.4. Sistema de codificación del proyecto	8
1.1.5. Normativa.....	9
1.2. Descripción de los componentes	10
1.3. Balance de aire para la ventilación en sala de máquinas	11
1.3.1. Condición máxima navegando	13
1.3.2. Condición normal navegando.....	17
1.3.3. Viaje con limpieza tanques.....	22
1.3.4. Viaje con calefacción a tanques.....	28
1.3.5. Maniobra con calefacción a tanques	34
1.3.6. Condición de carga y descarga.....	40
1.3.7. Condición en puerto	46
1.3.8. Aire requerido de acuerdo a las condiciones del barco.....	53
1.4. Cálculo de conductos.....	55
1.4.1. Conducto S-1	60
1.4.2. Conducto S-2	62
1.4.3. Conducto S-3	64
1.4.4. Conducto S-4	66
1.4.5. Pérdida de carga de los conductos	67
1.4.6. Cálculo del extractor sala purificadoras.....	68

1.4.7. Conducto extractor sala purificadoras	69
2. Elección de elementos.....	72
2.1. Ventiladores.....	72
2.2. Extractores.....	75
2.3. Grampas contra incendios	77
3. Planos.....	81
3.1. Disposición de las líneas de ventilación.....	81
3.2. Diagramas unifilares	81
4. Pliego de Condiciones	83
4.1. Objetivo.....	83
4.2. Normativa	83
4.3. Condiciones generales	84
5. Presupuesto.....	98
5.1. Presupuesto desglosado en partidas.....	98
5.1.1 Red de conductos	98
5.2. Balance final del presupuesto	113
6. Anexos.....	116
6.1. Anexo I. Normativa	116
7. Bibliografía.....	166
7.1. Libros.....	166
7.2. Páginas Web	166
7.3. Manuales de instrucciones	166
7.4. Normativa	167

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



MEMORIA

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.1
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013
	REV: 01 PAG: 6

1. MEMORIA

1.1. GENERAL

1.1.1. TÍTULO

Cálculo y diseño de la ventilación de aire en la sala de máquinas de un buque tanque.

1.1.2. DESTINATARIO

El destinatario del presente Proyecto es la Escuela Técnica Superior de Náutica de la Universidad de Cantabria, donde se presentará como Proyecto Fin de Carrera al objeto de obtener el título de Ingeniero Técnico Naval especialidad Propulsión y Servicios del Buque.

1.1.3. OBJETIVO DEL PROYECTO

El objetivo de este proyecto trata sobre el diseño de la ventilación de la sala de máquinas de un buque petrolero de 80000 t, que navegará bajo las diferentes condiciones de la mar y el ambiente de cualquier zona alrededor del mundo.

Se diseñará un sistema de ventilación que proporcione unas condiciones de trabajo confortables a la gente de la mar que trabaje en la sala de máquinas, así como suministrar el aire que es necesario para el consumo de la maquinaria residente en dicha sala de máquinas, y evitar el sobrecalentamiento de equipos y aparatos sensibles al calor.

Para el diseño de este sistema de ventilación vamos a recurrir a la legislación aplicable, norma española UNE-EN ISO 8861: "Construcción naval. Ventilación en sala de máquinas de barcos de motor diesel. Requisitos de diseño y bases de cálculo", y que a su vez, adopta íntegramente la Norma Internacional ISO 8861:1998.

El diseño se realizará en el siguiente orden, primero se realizará un balance de aire de la ventilación de la sala de máquinas de acuerdo a las necesidades que requiera el buque en las diferentes condiciones de

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.1
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013
	REV: 01 PAG: 7

navegación: condición de viaje normal de navegación, condición de viaje con lavado de tanques, condición de carga o descarga, etc.

De esta forma se calculará el mayor requerimiento de aire para la peor condición a la que se verá sometida esta instalación.

De esta conclusión se obtendrá el volumen de aire requerido de ventilación por dicha instalación más un porcentaje de seguridad que como diseñador considero del 15%.

Con este caudal se determinará la elección de los ventiladores adecuados para la instalación objeto de estudio. Dicha elección viene condicionada por la puesta de 4 ventiladores, dispuestos, dos a babor y dos a estribor, colocados cada pareja proa – popa uno del otro.

Una vez calculado el caudal y la disposición de los ventiladores, llegará el momento de realizar los cálculos de diseño y distribución del aire a través de los troncos de ventilación, garantizando una distribución de aire satisfactoria para la combustión, y la emisión de calor hacia toda la maquinaria, siendo ésta la finalidad del proyecto.

Además, se tendrá siempre en cuenta el coeficiente de simultaneidad que la instalación requiera, ya que para las diferentes cargas de trabajo de la instalación, no será necesario tener siempre en marcha todos los ventiladores del sistema, puesto que en ese caso, el consumo de los motores auxiliares se vería incrementado considerablemente, encareciendo el funcionamiento de la instalación y disminuyendo el ahorro energético, además de aumentar innecesariamente la contaminación medioambiental.

También se incluyen los planos pertinentes sobre la disposición de la maquinaria en la sala de máquinas, así como una disposición unifilar del desarrollo del sistema de ventilación que se diseñe finalmente, lo cual, nos llevará al presupuesto final de todo el proyecto.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.1
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013
	REV: 01 PAG: 8

1.1.4.SISTEMA DE CODIFICACIÓN DEL PROYECTO

El objetivo de esta sección es definir el sistema de codificación que se utilizará en el presente proyecto para la codificación de documentos. Esto permitirá una mayor facilidad para el control y seguimiento de la documentación emitida.

El código de documentos queda definido por la siguiente estructura:

Tabla 1. Estructura de la codificación del proyecto.

PROYECTISTA	TIPO DE DOCUMENTO	Nº PROCESO	Nº SUBPROCESO	ORIGEN DOCUMENTO
KKK	LL	N	X	Z

Tabla 2. Nomenclatura utilizada para la definición de los documentos.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
KKK	Código del proyectista para clasificación de sus trabajos según tabla 3
LL	Identifica el tipo de documento según tabla 4
N	Identifica el proceso al que pertenece el documento según tabla 5
X	Identifica el subproceso dentro de cada proceso según tabla 5
Z	Indica la procedencia del documento; P: propio; C; común; E: externo

Tabla 3. Identificación de proyectos a realizar por el propio proyectista.

CÓDIGO	PROYECTO INDIVIDUAL
001	Proyecto fin de carrera, modelo para futuros proyectos profesionales

Tabla 4. Tipo de documento.

CÓDIGO	TIPO DE DOCUMENTO
10	Memoria
20	Elección de elementos
30	Planos
40	Pliego de condiciones
50	Presupuesto
60	Anexos
70	Bibliografía

Tabla 5. Listado de procesos y subprocesos.

CÓDIGO	PROCESOS Y SUBPROCESOS
10	Memoria Técnica 1.1. General 1.2. Descripción de los componentes 1.3. Balance de aire para la ventilación en sala de máquinas 1.4. Cálculo de conductos
20	Elección de Elementos 2.1. Ventiladores 2.2. Extractores 2.3. Grampas contra incendios
30	Planos 3.1. Disposición líneas de ventilación 3.2. Diagramas unifilares
40	Pliego de Condiciones 4.1. Objetivo 4.2. Normativa
50	Presupuesto 5.1. Presupuesto desglosado en partidas 5.2. Balance final del presupuesto
60	Anexos 6.1. Anexo I. Normativa
70	Bibliografía 7.1. Libros 7.2. Páginas web 7.3. Manuales de instrucciones 7.4. Normativa

1.1.5. NORMATIVA

Este proyecto se rige por la norma española UNE-EN ISO 8861:1999 “Construcción naval. Ventilación de la sala de máquinas de barcos de motor diesel. Requisitos de diseño y bases de cálculos”. (Ver Ref: 001-60-6.1).

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 10

“Shipbuilding. Engine - room ventilation in diesel - engined ships. Design requirements and basis of calculations. (ISO 8861:1998)

1.2. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES

MOTOR PRINCIPAL

Nº / Modelo	1 unid. / 6RTA58T	
Potencia / Cantidad de aire	16320 CV / 83875 m ³ /h	35°C
Colector de escape (D/L)	1200mmD / 35mL	

MOTOR AUXILIAR

Nº / Modelo	3 unid. / 6L23/30	
Potencia / Cantidad de aire	1060 CV 4970 m ³ /h	35°C
Colector de escape (D/L)	350mmD / 17mL	

CALDERA

Nº / Capacidad	2 unid. / 30000 kg vapor/h
Colector de escape (D/L)	900mmD / 15mL
Aire consumido al 100%	33360 kg aire/h

ECONOMIZADOR

Nº / Capacidad	1 unid. / 1300 kg/h
----------------	---------------------

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 11

VENTILADORES

Vent. suministro máquina	4 unid. / 55000 m ³ /h
Extractor sala purificadoras	1 unid. / 20000 m ³ /h

1.3. BALANCE DE AIRE PARA LA VENTILACIÓN EN SALA DE MÁQUINAS

El aire total requerido se basa en la suma del aire necesario para la combustión de motores diesel, calderas, etc... si bien es el requerido por escape de calor.

El siguiente cálculo se basa en la norma ISO 8861:1988 (Construcción naval, Ventilación de la sala de máquinas de barcos de motor diesel, Requisitos de diseño y bases de cálculo).

Los parámetros generales para la realización de los diferentes cálculos se recogen en la siguiente tabla.

Tabla 6. Parámetros generales de diseño.

Temperatura de aire exterior	35 °C
Temperatura sala de máquinas	45 °C
Necesidades de aire para un incremento medio de T ^a	12.5 °C
Densidad del aire a 35 °C	1.13 kg/m ³
Calor específico del aire	1.01 kJ/kg

Para la realización de los cálculos se establecen siete condiciones del barco que son:

1. Condición máxima navegando
2. Condición normal navegando
3. Viaje con limpieza tanques
4. Viaje con calefacción a tanques

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 12

5. Maniobra con calefacción a tanques
6. Condición de carga y descarga
7. Condición en puerto

En función de esta premisa en la tabla 7 se recogen las cargas operacionales en cada condición.

Tabla 7. Cargas operacionales para cada condición del barco.

CONDICIÓN	1	2	3	4	5	6	7
Motor principal	1x100%	1x90%	1x90%	1x90%	1x60%		
Motores auxiliares	1x79%	1x79%	2x58%	2x58%	2x55	2x61%	1x52%
Calderas			1x80%	2x50%	2x55%	2x75%	1x10%
Economizador	1x100%	1x100%	1x100%	1x100%			

Y en la tabla siguiente se presenta la carga eléctrica en la sala de máquinas para condición del barco.

Tabla 8. Carga eléctrica en la sala de máquinas para cada condición.

CONDICIÓN	1	2	3	4	5	6	7
Cargas en kW	372.9	372.9	469.9	469.9	469.9	633.8	243.5

A continuación con estos datos se calculará el flujo de aire y la emisión de calor para cada condición.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 13

1.3.1.CONDICIÓN MÁXIMA NAVEGANDO

1) AIRE PARA COMBUSTIÓN

$$Q_c = Q_{dp} + Q_{dg} + Q_b$$

Donde:

Q_c aire total para la combustión 87801 m³/h

Q_{dp} motor principal 1 unid. 100 % 83875 m³/h

Q_{dg} motor auxiliar 1 unid. 79 % 3926 m³/h

Q_b caldera 0 unid. 0 % 0 m³/h

2) AIRE PARA LA EVACUACIÓN DE CALOR

$$Q_h = (\Phi_{dp} + \Phi_{dg} + \Phi_b + \Phi_p + \Phi_g + \Phi_{el} + \Phi_{ep} + \Phi_t / \rho \times c \times \Delta T) - 0,4(q_{dp} + q_{dg}) - q_b$$

Donde:

Q_h aire total para la evacuación por emisión de calor 61055 m³/h

Φ_{dp} emisión de calor del motor principal 161.7 kW

Φ_{dg} emisión de calor de los motores auxiliares 35.52 kW

Φ_b emisión de calor de la caldera 0.0 kW

Φ_p emisión de calor de tuberías vapor y condensación 2 kW

Φ_g emisión de calor de generadores eléctricos 36.5 kW

Φ_{el} emisión de calor de instalaciones eléctricas 74.6 kW

Φ_{ep} emisión de calor de tuberías de escape 23.45 kW

Φ_t emisión de calor de los tanques de calefacción 47.36 kW

q_{dp} flujo de aire para combustión del motor principal 83875 m³/h

q_{dg} flujo de aire para combustión de motores auxiliares 3926 m³/h

q_b flujo de aire para combustión de calderas 0 m³/h

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 14

ρ densidad del aire, a + 35°C, 70 RH y 101, 3 Kpa	1, 13 kg/m ³
c capacidad de calor especifico del aire	1,01 kj/(kg·K)
ΔT aumento de la temp. del aire en sala de maquinas	12,5 K

3) AIRE TOTAL REQUERIDO

$$(Q_c + Q_h) \quad 148856 \text{ m}^3/\text{h}$$

4) CANTIDAD DE AIRE SUMINISTRADO

$$3 \text{ unids. de ventiladores en marcha} \quad 142500 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Propuesta} \quad 165000 \text{ m}^3/\text{h}$$

5) ESCAPE AIRE SUMINISTRADO POR LA CHIMENEA ABIERTA

$$34699 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Propuesta} \quad 57199 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$[4) - 1) - 20000(\text{escape aire suministrado por extractor sala purificadoras})]$$

6) CÁLCULOS CONDICIÓN MÁXIMA NAVEGANDO

6.1 Aire para combustión ($Q_c = 87801 \text{ m}^3/\text{h}$)

$$\sim Q_{dp} = 83875 \text{ m}^3/\text{h} \text{ al } 100\%$$

$$\sim Q_{dg} = 4970 \text{ m}^3/\text{h} \text{ al } 100\% \quad 1 \text{ auxiliar al } 79\% = 3926 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\sim Q_b = 0 \text{ m}^3/\text{h}$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 15

6.2 Aire para la evacuación de calor ($Q_h = 61055 \text{ m}^3/\text{h}$)

$$\sim \Phi_{dp} = P_{dp} \times \Delta h_d / 100$$

Δh_d no disponemos del dato, normativa $\Phi_{dp} = 0,141 \cdot P^{0,75}$

$$P = 16320 \text{ CV} \cdot 0.736 \text{ kW/CV} = 12011.52 \text{ kW}$$

$$\Phi_{dp} = 0,141 \cdot 12011.52^{0,75} = 161.7 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_{dg} = P_{dg} \times \Delta h_d / 100$$

Δh_d no disponemos del dato, normativa $\Phi_{dg} = 0,396 \cdot P^{0,70}$

$$P = 1060 \text{ CV} \cdot 0.736 \text{ kW/CV} = 780.16 \text{ kW (al 100\%)}, 79\% = 616.32 \text{ kW}$$

$$\Phi_{dg} = 0,396 \cdot 616.32^{0,70} = 35.52 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_b = 0 \text{ kW} \quad (\text{no tenemos ninguna caldera en marcha})$$

$$\sim \Phi_p = m_{sc} \times \Delta h_p / 100$$

$$m_{sc} \text{ (1 kW} \sim 1.6 \text{ Kg/h de vapor)}$$

$$30000 \text{ Kg/h de vapor} = 18750 \text{ kW}$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 16

$$\sim \Phi_p = 18750 \text{ kW} \times 0.25/100 = 37.5 \text{ kW}$$

Δh_p no disponemos del dato. Los astilleros españoles IZAR-NAVANTIVA, determinan que por experiencia, el calor emitido por las tuberías con fluidos calientes como vapor y agua condensada para alimentación de calderas es un 0.25% de la energía suministrada a las calderas por el combustible.

En este caso no tenemos ninguna caldera en marcha, pero si el economizador que se calcula de la siguiente manera:

$$\sim \Phi_p = m_{sc} \times \Delta h_p / 100$$

$$m_{sc} \text{ (1 kW } \sim \text{ 1.6 Kg/h de vapor)}$$

$$1300 \text{ kg/h} = 81.25 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_p = 81.25 \times 0.25/100 = 2 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_g = P_g (1 - \eta / 100); (\eta = 93.4 \text{ dato manual alternador})$$

$$P_g = 875 \text{ kVA} \times \text{Cos } \Phi (\Phi = 0.80) = 700 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_g = 700 (1 - 93.4/100) = 46.2 \text{ kW al 100\%}$$

$$\text{Nuestra condición al 79\%} = 36.5 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_{el} = 20\% \text{ de la carga eléctrica a este régimen del equipo eléctrico.}$$

Esta condición 372.9 kW, (ver tabla 8 en Ref. 001-10-1.3)

$$\sim \Phi_{el} = 74.6 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_{ep}, \text{ Motor principal (1) Long. Chimenea } 35 \text{ m} \times 1.2 \text{ m de diámetro}$$

Motor auxiliar (1) Long. Chimenea 7m x 0.35 m de diámetro

(ver curva 7.3 en Ref. 001-60-6.1)

$$\varnothing 1.2 \text{ m } \Delta T = 250 \text{ K}; 0.50 \text{ kW/m}$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 17

$$\varnothing 0.35 \text{ m } \Delta T = 320\text{k}; 0.35 \text{ kW/m}$$

$$\text{M.P.}; 35 \text{ m} \times 0.5 \text{ kW/m} = 17.5 \text{ kW}$$

$$\text{M.A.}; 17 \text{ m} \times 0.35 \text{ kW/m} = 5.95 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_{ep} = 17.5 + 5.95 = 23.45 \text{ kW}$$

$\sim \Phi_t$; (ver tabla 1 en Ref. 001-60-6.1), emisión de calor de los tanques de calefacción.

Superficie de los tanques contiguos a la sala de máquinas, aislado y sin aislar. 177 m² aislado y 313 m² sin aislar, de la Tabla 1, para una temperatura de 60°C, sacamos la emisión de calor en kW/m, por lo que:

Aislado 0.02 kW/m², sin aislar 0.14 kW/m².

$$\sim \Phi_t = 3.54 \text{ kW} + 43.82 = 47.36 \text{ kW}$$

6.3 Aire total requerido ($Q_t = Q_c + Q_h$)

$$Q_c = 83875 + 3926 = 87801 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_h = ((161.7+35.52+2+36.5+74.6+23.45+47.36)/1.13 \times 1.01 \times 12.5 - 0.4(83875+3962)) = 61055 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_t = 148756 \text{ m}^3/\text{h}$$

1.3.2. CONDICIÓN NORMAL NAVEGANDO

1) AIRE PARA COMBUSTIÓN

$$Q_c = Q_{dp} + Q_{dg} + Q_b$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 18

Donde:

Q_c aire total para la combustión 79414 m³/h

Q_{dp} motor principal 1 unid. 90 % 75488 m³/h

Q_{dg} motor auxiliar 1 unid. 79 % 3926 m³/h

Q_b caldera 0 unid. 0 % 0 m³/h

2) AIRE PARA LA EVACUACIÓN DE CALOR

$$Q_h = (\Phi_{dp} + \Phi_{dg} + \Phi_b + \Phi_p + \Phi_g + \Phi_{el} + \Phi_{ep} + \Phi_t / \rho \times c \times \Delta T) - 0,4(q_{dp} + q_{dg}) - q_b$$

Donde:

Q_h aire total para la evacuación por emisión de calor 64410 m³/h

Φ_{dp} emisión de calor del motor principal 161.7 kW

Φ_{dg} emisión de calor de los motores auxiliares 35.52 kW

Φ_b emisión de calor de la caldera 0.0 kW

Φ_p emisión de calor de tuberías vapor y condensación 2 kW

Φ_g emisión de calor de generadores eléctricos 36.5 kW

Φ_{el} emisión de calor de instalaciones eléctricas 74.6 kW

Φ_{ep} emisión de calor de tuberías de escape 23.45 kW

Φ_t emisión de calor de los tanques de calefacción 47.36 kW

q_{dp} flujo de aire para combustión del motor principal 75488 m³/h

q_{dg} flujo de aire para combustión de motores auxiliares 3926 m³/h

q_b flujo de aire para combustión de calderas 0 m³/h

ρ densidad del aire, a + 35°C, 70 RH y 101, 3 Kpa 1, 13 kg/m³

c capacidad de calor específico del aire 1,01 kJ/(kg·K)

ΔT aumento de la temp. del aire en sala de maquinas 12,5 K

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 19

3) AIRE TOTAL REQUERIDO

$(Q_c + Q_h)$ 143824 m³/h

4) CANTIDAD DE AIRE SUMINISTRADO

(3 unids. de ventiladores en marcha) 142500 m³/h

4.1) Propuesta 165000 m³/h

5) ESCAPE AIRE SUMINISTRADO POR LA CHIMENEA ABIERTA

43086 m³/h

5.1) Propuesta 65586 m³/h

[4) – 1) -20000(escape aire suministrado por extractor sala purificadoras)]

6) CÁLCULOS CONDICIÓN NORMAL NAVEGANDO

6.1 Aire para combustión ($Q_c = 79414$ m³/h)

~ $Q_{dp} = 83875$ m³/h al 100%; al 90% = 75488 m³/h

~ $Q_{dg} = 4970$ m³/h al 100% 1 auxiliar al 79% = 3926 m³/h

~ $Q_b = 0$ m³/h

6.2 Aire para la evacuación de calor ($Q_h = 64410$ m³/h)

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 20

$$\sim \Phi_{dp} = P_{dp} \times \Delta h_d / 100$$

Δh_d no disponemos del dato, normativa $\Phi_{dp} = 0,141 \cdot P^{0,75}$

$$P = 16320 \text{ CV} \cdot 0.736 \text{ kW/CV} = 12011.52 \text{ kW}$$

$$\Phi_{dp} = 0,141 \cdot 12011.52^{0,75} = 161.7 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_{dg} = P_{dg} \times \Delta h_d / 100$$

Δh_d no disponemos del dato, normativa $\Phi_{dg} = 0,396 \cdot P^{0,70}$

$$P = 1060 \text{ CV} \cdot 0.736 \text{ kW/CV} = 780.16 \text{ kW (al 100%),}$$

$$79\% = 616.32 \text{ kW}$$

$$\Phi_{dg} = 0,396 \cdot 616.32^{0,70} = 35.52 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_b = 0 \text{ kW} \quad (\text{no tenemos ninguna caldera en marcha})$$

$$\sim \Phi_p = m_{sc} \times \Delta h_p / 100$$

$$m_{sc} \text{ (1 kW} \sim \text{1.6 kg/h de vapor)}$$

$$30000 \text{ kg/h de vapor} = 18750 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_p = 18750 \text{ kW} \times 0.25/100 = 37.5 \text{ kW}$$

Δh_p no disponemos del dato. Los astilleros españoles IZAR-NAVANTIVA, determinan que por experiencia, el calor emitido por las tuberías con fluidos

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 21

calientes como vapor y agua condensada para alimentación de calderas es un 0.25% de la energía suministrada a las calderas por el combustible.

En este caso no tenemos ninguna caldera en marcha, pero si el economizador que se calcula de la siguiente manera:

$$\sim \Phi_p = m_{sc} \times \Delta h_p / 100$$

$$m_{sc} \text{ (1 kW } \sim \text{ 1.6 Kg/h de vapor)}$$

$$1300 \text{ kg/h} = 81.25 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_p = 81.25 \times 0.25 / 100 = 2 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_g = P_g (1 - \eta / 100); (\eta = 93.4 \text{ dato manual alternador})$$

$$P_g = 875 \text{ kVA} \times \cos \Phi (\Phi = 0.80) = 700 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_g = 700 (1 - 93.4 / 100) = 46.2 \text{ kW al 100\%}$$

$$\text{Nuestra condición al 79\%} = 36.5 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_{el} = 20\% \text{ de la carga eléctrica a este régimen del equipo eléctrico.}$$

Esta condición 372.9 kW (ver tabla 8 en Ref. 001-10-1.3)

$$\sim \Phi_{el} = 74.6 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_{ep}, \text{ Motor principal (1) Long. Chimenea } 35 \text{ m} \times 1.2 \text{ m de diámetro}$$

Motor auxiliar (1) Long. Chimenea 7m x 0.35 m de diámetro

(ver curva 7.3 en Ref. 001-60-6.1)

$$\varnothing 1.2 \text{ m } \Delta T = 250 \text{ K}; 0.50 \text{ kW/m}$$

$$\varnothing 0.35 \text{ m } \Delta T = 320 \text{ K}; 0.35 \text{ kW/m}$$

$$\text{M.P.}; 35 \text{ m} \times 0.5 \text{ kW/m} = 17.5 \text{ kW}$$

$$\text{M.A.}; 17 \text{ m} \times 0.35 \text{ kW/m} = 5.95 \text{ kW}$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 22

$$\sim \Phi_{ep} = 17.5 + 5.95 = 23.45 \text{ kW}$$

$\sim \Phi_t$; (ver tabla 1 en Ref. 001-60-6.1), emisión de calor de los tanques de calefacción.

Superficie de los tanques contiguos a la sala de máquinas, aislado y sin aislar. 177 m² aislado y 313 m² sin aislar, (tabla 1 en Ref. 001-60-6.1), para una temperatura de 60°C, sacamos la emisión de calor en kW/m, por lo que:

Aislado 0.02 kW/m², sin aislar 0.14 kW/m².

$$\sim \Phi_t = 3.54 \text{ kW} + 43.82 = 47.36 \text{ kW}$$

6.3 Aire total requerido ($Q_t = Q_c + Q_h$)

$$Q_c = 75488 + 3926 = 79414 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_h = ((161.7+35.52+2+36.5+74.6+23.45+47.36)/1.13 \times 1.01 \times 12.5) - 0.4(75488+3962) = 64410 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_t = 143824 \text{ m}^3/\text{h}$$

1.3.3. VIAJE CON LIMPIEZA TANQUES

1) AIRE PARA COMBUSTIÓN

$$Q_c = Q_{dp} + Q_{dg} + Q_b$$

Donde:

$$Q_c \text{ aire total para la combustión} \quad 109477 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{dp} \text{ motor principal} \quad 1 \text{ unid. } 90 \% \quad 75488 \text{ m}^3/\text{h}$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 23

Q_{dg} motor auxiliar	2 unid. 58 %	5765 m ³ /h
Q_b caldera	1 unid. 80 %	28224 m ³ /h

2) AIRE PARA LA EVACUACIÓN DE CALOR

$$Q_h = (\Phi_{dp} + \Phi_{dg} + \Phi_b + \Phi_p + \Phi_g + \Phi_{el} + \Phi_{ep} + \Phi_t / \rho \times c \times \Delta T) - 0,4(q_{dp} + q_{dg}) - q_b$$

Donde:

Q_h aire total para la evacuación por emisión de calor	73269 m ³ /h
Φ_{dp} emisión de calor del motor principal	161.7 kW
Φ_{dg} emisión de calor de los motores auxiliares	46.5 kW
Φ_b emisión de calor de la caldera	48.8 kW
Φ_p emisión de calor de tuberías vapor y condensación	39.5 kW
Φ_g emisión de calor de generadores eléctricos	53.6 kW
Φ_{el} emisión de calor de instalaciones eléctricas	94.0 kW
Φ_{ep} emisión de calor de tuberías de escape	39.4 kW
Φ_t emisión de calor de los tanques de calefacción	47.36 kW
q_{dp} flujo de aire para combustión del motor principal	75488 m ³ /h
q_{dg} flujo de aire para combustión de motores auxiliares	5765 m ³ /h
q_b flujo de aire para combustión de calderas	28224 m ³ /h
ρ densidad del aire, a + 35°C, 70 RH y 101, 3 Kpa	1, 13 kg/m ³
c capacidad de calor específico del aire	1,01 kJ/(kg·K)
ΔT aumento de la temp. del aire en sala de maquinas	12,5 K

3) AIRE TOTAL REQUERIDO

$$(Q_c + Q_h) \quad 182746 \text{ m}^3/\text{h}$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 24

4) CANTIDAD DE AIRE SUMINISTRADO

(4 unids. de ventiladores en marcha) 190000 m³/h

4.1) Propuesta 220000 m³/h

5) ESCAPE AIRE SUMINISTRADO POR LA CHIMENEA ABIERTA

60523 m³/h

5.1) Propuesta 90523 m³/h

[4) – 1) -20000(escape aire suministrado por extractor sala purificadoras)]

6) CÁLCULOS CONDICIÓN VIAJE CON LIMPIEZA TANQUES

6.1 Aire para combustión ($Q_c = 109477 \text{ m}^3/\text{h}$)

$\sim Q_{dp} = 83875 \text{ m}^3/\text{h}$ al 100%; al 90% = 75488 m³/h

$\sim Q_{dg} = 4970 \text{ m}^3/\text{h}$ al 100% 2 auxiliares al 58% = 5765 m³/h

$\sim Q_b = m_s \times m_{fs} \times m_{af} \times 1.1 / \rho$

$m_s = 30000 \text{ kg vapor/h} \times 1\text{h}/3600\text{s} = 8.33 \text{ kg vapor/s}$

$m_{fs} = 2243 \text{ kg comb./h} / 30000 \text{ kg vapor/h} = 0.077 \text{ kg comb./kg vapor}$

$m_{af} = 33360 \text{ kg aire/h} / 2243 \text{ kg comb./h} = 15.7 \text{ kg aire/ kg comb.}$

$Q_b = 8.33 \times 0.077 \times 15.7 \times 1.1 / 1.13 = 9.8 \text{ m}^3/\text{s}$

$9.8 \text{ m}^3/\text{s} \times 3600 \text{ s/h} = 35280 \text{ m}^3/\text{h}$ al 100%

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 25

Al 80% $Q_b = 28224 \text{ m}^3/\text{h}$

6.2 Aire para la evacuación de calor ($Q_h = 64410 \text{ M}^3/\text{H}$)

$$\sim \Phi_{dp} = P_{dp} \times \Delta h_d / 100$$

Δh_d no disponemos del dato, normativa $\Phi_{dp} = 0,141 \cdot P^{0,75}$

$$P = 16320 \text{ CV} \cdot 0.736 \text{ kW/CV} = 12011.52 \text{ kW}$$

$$\Phi_{dp} = 0,141 \cdot 12011.52^{0,75} = 161.7 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_{dg} = P_{dg} \times \Delta h_d / 100$$

Δh_d no disponemos del dato, normativa $\Phi_{dg} = 0,396 \cdot P^{0,70}$

$$P = 1060 \text{ CV} \cdot 0.736 \text{ kW/CV} = 780.16 \text{ kW (al 100\%)}$$

$$2 \times 58\% = 905 \text{ kW}$$

$$\Phi_{dg} = 0,396 \cdot 905^{0,70} = 46.5 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_b = m_s \times m_{fs} \times h \times \Delta h_p / 100 \times \beta_1$$

$$m_s = (30000 \text{ kg vapor/h} / 1 \text{ kW} / 1.6 \text{ kg vapor/h}) = 18750 \text{ kW}$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 26

$$18750\text{kW} / 3600\text{s} = 5.2\text{kW/s}$$

M_{fs} no disponemos del dato; normativa 0.077 kgcomb./kg vapor

$$h = 40200 \text{ kJ/kg}$$

Δh_p normativa (ver tabla 7.2 en Ref. 001-60-6.1) 0.38

$\beta_1 =$ normativa e instalación no se considera

$$\Phi_b = 5.2 \times 0.077 \times 40200 \times 0.38/100 = 61.1\text{kW al } 100\%$$

$$\text{Al } 80\% = 48.8 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_p = m_{sc} \times \Delta h_p / 100$$

m_{sc} (1 kW ~ 1.6 kg/h de vapor) ;

30000 Kg/h de vapor = 18750 kW

$$\sim \Phi_p = 18750 \text{ kW} \times 0.25/100 = 46.9 \text{ kW al } 100\%$$

$$\sim \Phi_p \text{ al } 80\% = 37.5 \text{ kW}$$

Δh_p no disponemos del dato. Los astilleros españoles IZAR-NAVANTIVA, determinan que por experiencia, el calor emitido por las tuberías con fluidos calientes como vapor y agua condensada para alimentación de calderas es un 0.25% de la energía suministrada a las calderas por el combustible.

En este caso tenemos una caldera en marcha, y el economizador que se calcula de la siguiente manera:

$$\sim \Phi_p = m_{sc} \times \Delta h_p / 100$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 27

m_{sc} (1 kW ~ 1.6 kg/h de vapor)

1300 kg/h = 81.25 kW

~ $\Phi_p = 81.25 \times 0.25/100 = 2$ kW

~ $\Phi_g = P_g (1 - \eta / 100)$; ($\eta = 93.4$ dato manual alternador)

$P_g = 875$ kVA $\times \cos \Phi$ ($\Phi = 0.80$) = 700kW

~ $\Phi_g = 700 (1 - 93.4/100) = 46.2$ kW al 100%

Nuestra condición 2 x 58% = 53.6 kW

~ $\Phi_{el} = 20\%$ de la carga eléctrica a este régimen del equipo eléctrico.

Esta condición 469.9 kW, (ver tabla 8 en Ref. 001-10-1.3)

~ $\Phi_{el} = 93.98 = 94$ kW

~ Φ_{ep} , Motor principal (1) Long. Chimenea 35 m x 1.2 m de diámetro

Motor auxiliar (2) Long. Chimenea 7m x 0.35 m de diámetro

Caldera (1) Long. Chimenea 20m x 0.5 m de diámetro

(ver curva 7.3 en Ref. 001-60-6.1)

\varnothing 1.2 m $\Delta T = 250$ k; 0.50 kW/m

\varnothing 0.35 m $\Delta T = 320$ k; 0.35 kW/m

M.P.; 35 m x 0.5 kW/m = 17.5 kW

M.A.; 17 m x 0.35 kW/m x 2 M.A. = 11.9 kW

Caldera; 20m x 0.5 kW/m = 10 kW

~ $\Phi_{ep} = 17.5 + 11.9 + 10 = 39.4$ kW

~ Φ_t ; (ver tabla 1 en Ref. 001-60-6.1), normativa, emisión de calor de los tanques de calefacción.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 28

Superficie de los tanques contiguos a la sala de máquinas, aislado y sin aislar. 177 m² aislado y 313 m² sin aislar, (ver tabla 1 en Ref. 001-60-6.1), para una temperatura de 60°C, sacamos la emisión de calor en kW/m, por lo que:

Aislado 0.02 kW/m², sin aislar 0.14 kW/m².

$$\sim \Phi_t = 3.54 \text{ kW} + 43.82 = 47.36 \text{ kW}$$

6.3 Aire total requerido ($Q_t = Q_c + Q_h$)

$$Q_c = 75488 + 3926 + 28224 = 109477 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_h = ((161.746.5+48.8+39.5+53.6+94+39.4+47.36)/1.13 \times 1.01 \times 12.5) - 0.4(75488+5756) - 28224 = 73269 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_t = 182746 \text{ m}^3/\text{h}$$

1.3.4. VIAJE CON CALEFACCIÓN A TANQUES

1) AIRE PARA COMBUSTIÓN

$$Q_c = Q_{dp} + Q_{dg} + Q_b$$

Donde:

Q_c aire total para la combustión 116533 m³/h

Q_{dp} motor principal 1 unid. 90 % 75488 m³/h

Q_{dg} motor auxiliar 2 unid. 58 % 5765 m³/h

Q_b caldera 2 unid. 50 % 35280 m³/h

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 29

2) AIRE PARA LA EVACUACIÓN DE CALOR

$$Q_h = (\Phi_{dp} + \Phi_{dg} + \Phi_b + \Phi_p + \Phi_g + \Phi_{el} + \Phi_{ep} + \Phi_t) / \rho \times c \times \Delta T - 0,4(q_{dp} + q_{dg}) - q_b$$

Donde:

Q_h aire total para la evacuación por emisión de calor	73420 m ³ /h
Φ_{dp} emisión de calor del motor principal	161.7 kW
Φ_{dg} emisión de calor de los motores auxiliares	46.5 kW
Φ_b emisión de calor de la caldera	61.1 kW
Φ_p emisión de calor de tuberías vapor y condensación	48.9 kW
Φ_g emisión de calor de generadores eléctricos	53.6 kW
Φ_{el} emisión de calor de instalaciones eléctricas	94.0 kW
Φ_{ep} emisión de calor de tuberías de escape	49.4 kW
Φ_t emisión de calor de los tanques de calefacción	47.36 kW
q_{dp} flujo de aire para combustión del motor principal	75488 m ³ /h
q_{dg} flujo de aire para combustión de motores auxiliares	5765 m ³ /h
q_b flujo de aire para combustión de calderas	35280 m ³ /h
ρ densidad del aire, a + 35°C, 70 RH y 101, 3 Kpa	1,13 kg/m ³
c capacidad de calor específico del aire	1,01 kJ/(kg·K)
ΔT aumento de la temp. del aire en sala de maquinas	12,5 K

3) AIRE TOTAL REQUERIDO

$$(Q_C + Q_H) \quad 189953 \text{ m}^3/\text{h}$$

4) CANTIDAD DE AIRE SUMINISTRADO

$$(4 \text{ unids. de ventiladores en marcha}) \quad 190000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$4.1) \text{ Propuesta} \quad 220000 \text{ m}^3/\text{h}$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 30

5) ESCAPE AIRE SUMINISTRADO POR LA CHIMENEA ABIERTA 53467 m³/h

[4) – 1) -20000(escape aire suministrado por extractor sala purificadoras)]

5.1) Propuesta 83467 m³/h

6) CÁLCULOS CONDICIÓN VIAJE CON LIMPIEZA TANQUES

6.1 Aire para combustión ($Q_c = 116533 \text{ m}^3/\text{h}$)

~ $Q_{dp} = 83875 \text{ m}^3/\text{h}$ al 100%; al 90% = $75488 \text{ m}^3/\text{h}$

~ $Q_{dg} = 4970 \text{ m}^3/\text{h}$ al 100% 2 auxiliares al 58% = $5765 \text{ m}^3/\text{h}$

~ $Q_b = m_s \times m_{fs} \times m_{af} \times 1.1 / \rho$

$m_s = 30000 \text{ kg vapor/h} \times 1\text{h}/3600\text{s} = 8.33 \text{ kg vapor/s}$

$m_{fs} = 2243 \text{ kg comb./h} / 30000 \text{ kg vapor/h} = 0.077 \text{ kg comb./kg vapor}$

$m_{af} = 33360 \text{ kg aire/h} / 2243 \text{ kg comb./h} = 15.7 \text{ kg aire/kg comb.}$

$Q_b = 8.33 \times 0.077 \times 15.7 \times 1.1 / 1.13 = 9.8 \text{ m}^3/\text{s}$

$9.8 \text{ m}^3/\text{s} \times 3600 \text{ s/h} = 35280 \text{ m}^3/\text{h}$ al 100%

Esta condición 2 Al 50% $Q_b = 35280 \text{ m}^3/\text{h}$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 31

6.2 Aire para la evacuación de calor ($Q_h = 64410 \text{ m}^3/\text{h}$)

$$\sim \Phi_{dp} = P_{dp} \times \Delta h_d / 100$$

Δh_d no disponemos del dato, normativa $\Phi_{dp} = 0,141 \cdot P^{0,75}$

$$P = 16320 \text{ CV} \cdot 0.736 \text{ kW/CV} = 12011.52 \text{ kW}$$

$$\Phi_{dp} = 0,141 \cdot 12011.52^{0,75} = 161.7 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_{dg} = P_{dg} \times \Delta h_d / 100$$

Δh_d no disponemos del dato, normativa $\Phi_{dg} = 0,396 \cdot P^{0,70}$

$$P = 1060 \text{ CV} \cdot 0.736 \text{ kW/CV} = 780.16 \text{ kW (al 100\%)}$$

$$2 \times 58\% = 905 \text{ kW}$$

$$\Phi_{dg} = 0,396 \cdot 905^{0,70} = 46.5 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_b = m_s \times m_{fs} \times h \times \Delta h_p / 100 \times \beta_1$$

$$m_s = (30000 \text{ kg vapor/h} / 1 \text{ kW} / 1.6 \text{ kg vapor/h}) = 18750 \text{ kW}$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 32

$$18750\text{kW} / 3600\text{s} = 5.2\text{kW/s}$$

M_{fs} no disponemos del dato; normativa 0.077 kgcomb./kg vapor

$$h = 40200 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta h_p \text{ normativa (ver tabla 7.2 Ref. 001-60-6.1)} = 3.8$$

β_1 = normativa e instalación no se considera

$$\Phi_b = 5.2 \times 0.077 \times 40200 \times 0.38/100 = 61.1\text{kW al } 100\%$$

Esta condición 2 Al 50% = 61.1 kW

$$\sim \Phi_p = m_{sc} \times \Delta h_p / 100$$

m_{sc} (1 kW ~ 1.6 Kg/h de vapor) ;

30000 Kg/h de vapor = 18750 kW

$$\sim \Phi_p = 18750 \text{ kW} \times 0.25/100 = 46.9 \text{ kW al } 100\%$$

$$\sim \Phi_p \text{ 2 al } 50\% = 46.9 \text{ kW}$$

Δh_p no disponemos de dato. Los astilleros españoles IZAR-NAVANTIVA, determinan que por experiencia, el calor emitido por las tuberías con fluidos calientes como vapor y agua condensada para alimentación de calderas es un 0.25% de la energía suministrada a las calderas por el combustible.

En este caso tenemos una caldera en marcha, y el economizador que se calcula de la siguiente manera:

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 33

$$\sim \Phi_p = m_{sc} \times \Delta h_p / 100$$

$$m_{sc} \text{ (1 kW } \sim \text{ 1.6 kg/h de vapor)}$$

$$1300 \text{ kg/h} = 81.25 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_p = 81.25 \times 0.25 / 100 = 2 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_g = P_g (1 - \eta / 100); (\eta = 93.4 \text{ dato manual alternador})$$

$$P_g = 875 \text{ kVA} \times \cos \Phi (\Phi = 0.80) = 700 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_g = 700 (1 - 93.4 / 100) = 46.2 \text{ kW al 100\%}$$

$$\text{Esta condición } 2 \times 58\% = 53.6 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_{el} = 20\% \text{ de la carga eléctrica a este régimen del equipo eléctrico.}$$

Esta condición 469.9 kW, (ver tabla 8 Ref. 001-10-1.3)

$$\sim \Phi_{el} = 93.98 = 94 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_{ep}, \text{ Motor principal (1) Long. Chimenea } 35 \text{ m} \times 1.2 \text{ m de diámetro}$$

Motor auxiliar (2) Long. Chimenea 7m x 0.35 m de diámetro

Caldera (2) Long. Chimenea 20m x 0.5 m de diámetro

(ver curva 7.3 Ref. 001-60-6.1)

$$\varnothing 1.2 \text{ m } \Delta T = 250 \text{ k}; 0.50 \text{ kW/m}$$

$$\varnothing 0.35 \text{ m } \Delta T = 320 \text{ k}; 0.35 \text{ kW/m}$$

$$\text{M.P.}; 35 \text{ m} \times 0.5 \text{ kW/m} = 17.5 \text{ kW}$$

$$\text{M.A.}; 17 \text{ m} \times 0.35 \text{ kW/m} \times 2 \text{ M.A.} = 11.9 \text{ kW}$$

$$\text{Caldera}; 20 \text{ m} \times 0.5 \text{ kW/m} \times 2 \text{ Calderas} = 20 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_{ep} = 17.5 + 11.9 + 20 = 49.4 \text{ kW}$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 34

~ Φ_t ; (ver tabla 1 Ref. 001-60-6.1), emisión de calor de los tanques de calefacción.

Superficie de los tanques contiguos a la sala de máquinas, aislado y sin aislar. 177 m² aislado y 313 m² sin aislar, de (ver tabla 1 Ref. 001-60-6.1), para una temperatura de 60°C, sacamos la emisión de calor en kW/m, por lo que:

Aislado 0.02 kW/m², sin aislar 0.14 kW/m².

$$\sim \Phi_t = 3.54 \text{ kW} + 43.82 = 47.36 \text{ kW}$$

6.3 Aire total requerido ($Q_t = Q_c + Q_h$)

$$Q_c = 75488 + 5765 + 35280 = 116533 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_h = ((161.7+46.5+61.1+48.9+53.6+94+49.4+47.36)/1.13 \times 1.01 \times 12.5) - 0.4(75488+5756) - 35280 = 73420 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_t = 189953 \text{ m}^3/\text{h}$$

1.3.5.MANIOBRA CON CALEFACCIÓN A TANQUES

1) AIRE PARA COMBUSTIÓN

$$Q_c = Q_{dp} + Q_{dg} + Q_b$$

Donde

$$Q_c \text{ aire total para la combustión} \quad 94600 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{dp} \text{ motor principal} \quad 1 \text{ unid. } 60 \% \quad 50325 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{dg} \text{ motor auxiliar} \quad 2 \text{ unid. } 55 \% \quad 5467 \text{ m}^3/\text{h}$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 36

4) CANTIDAD DE AIRE SUMINISTRADO

(4 unids. de ventiladores en marcha) 190000 m³/h

4.1) Propuesta 220000 m³/h

5) ESCAPE AIRE SUMINISTRADO POR LA CHIMENEA ABIERTA 75400 m³/h

[4) – 1) -20000(escape aire suministrado por extractor sala purificadoras)]

5.1) Propuesta 105400 m³/h

6) CÁLCULOS CONDICIÓN MANIOBRA CON CALEFACCIÓN A TANQUES

6.1 Aire para combustión ($Q_c = 94600 \text{ m}^3/\text{h}$)

$\sim Q_{dp} = 83875 \text{ m}^3/\text{h}$ al 100%; al 60% = 50325 m³/h

$\sim Q_{dg} = 4970 \text{ m}^3/\text{h}$ al 100% 2 auxiliares al 55% = 5467 m³/h

$\sim Q_b = m_s \times m_{fs} \times m_{af} \times 1.1 / \rho$

$m_s = 30000 \text{ kg vapor/h} \times 1\text{h}/3600\text{s} = 8.33 \text{ kg vapor/s}$

$m_{fs} = 2243 \text{ kg comb./h} / 30000 \text{ kg vapor/h} = 0.077 \text{ kg comb./kg vapor}$

$m_{af} = 33360 \text{ kg aire/h} / 2243 \text{ kg comb./h} = 15.7 \text{ kg aire/ kg comb.}$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 37

$$Q_b = 8.33 \times 0.077 \times 15.7 \times 1.1 / 1.13 = 9.8 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$9.8 \text{ m}^3/\text{s} \times 3600 \text{ s/h} = 35280 \text{ m}^3/\text{h} \text{ al } 100\%$$

$$\text{Esta condición 2 Al } 55\% \text{ } Q_b = 38808 \text{ m}^3/\text{h}$$

6.2 Aire para la evacuación de calor ($Q_h = 81804 \text{ m}^3/\text{h}$)

$$\sim \Phi_{dp} = P_{dp} \times \Delta h_d / 100$$

Δh_d no disponemos del dato, normativa $\Phi_{dp} = 0,141 \cdot P^{0,75}$

$$P = 16320 \text{ CV} \cdot 0.736 \text{ kW/CV} = 12011.52 \text{ kW}$$

$$\Phi_{dp} = 0,141 \cdot 12011.52^{0,75} = 161.7 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_{dg} = P_{dg} \times \Delta h_d / 100$$

Δh_d no disponemos del dato, normativa $\Phi_{dg} = 0,396 \cdot P^{0,70}$

$$P = 1060 \text{ CV} \cdot 0.736 \text{ kW/CV} = 780.16 \text{ kW (al } 100\%)$$

$$2 \times 55\% = 858 \text{ kW}$$

$$\Phi_{dg} = 0,396 \cdot 858^{0,70} = 44.8 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_b = m_s \times m_{fs} \times h \times \Delta h_p / 100 \times \beta_1$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 38

$$m_s = (30000 \text{ kg vapor/h} / 1 \text{ kW} / 1.6 \text{ kg vapor/h}) = 18750 \text{ kW}$$

$$18750 \text{ kW} / 3600 \text{ s} = 5.2 \text{ kW/s}$$

M_{fs} no disponemos del dato; normativa 0.077 kgcomb./kg vapor

$$h = 40200 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta h_p \text{ normativa (ver tabla 7.2 Ref. 001-60-6.1)} = 3.8$$

β_1 = normativa e instalación no se considera

$$\Phi_b = 5.2 \times 0.077 \times 40200 \times 0.38/100 = 61.1 \text{ kW al } 100\%$$

Esta condición 2 Al 55% = 67.2 kW

$$\sim \Phi_p = m_{sc} \times \Delta h_p / 100$$

m_{sc} (1 kW ~ 1.6 Kg/h de vapor);

30000 Kg/h de vapor = 18750 kW

$$\sim \Phi_p = 18750 \text{ kW} \times 0.25/100 = 46.9 \text{ kW al } 100\%$$

$$\sim \Phi_p \text{ 2 al } 55\% = 51.6 \text{ kW}$$

Δh_p no disponemos del dato. Los astilleros españoles IZAR-NAVANTIVA, determinan que por experiencia, el calor emitido por las tuberías con fluidos calientes como vapor y agua condensada para alimentación de calderas es un 0.25% de la energía suministrada a las calderas por el combustible.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 39

En este caso tenemos dos calderas en marcha, el economizador no se tiene en cuenta en esta condición.

$$\sim \Phi_g = P_g (1 - \eta / 100); (\eta = 93.4 \text{ dato manual alternador})$$

$$P_g = 875 \text{ kVA} \times \cos \Phi (\Phi = 0.80) = 700 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_g = 700 (1 - 93.4/100) = 46.2 \text{ kW al } 100\%$$

$$\text{Nuestra condición } 2 \times 55\% = 50.8 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_{el} = 20\% \text{ de la carga eléctrica a este régimen del equipo eléctrico.}$$

Esta condición 469.9 kW (ver tabla 8 Ref. 001-10-1.3)

$$\sim \Phi_{el} = 93.98 = 94 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_{ep}, \text{ Motor principal (1) Long. Chimenea } 35 \text{ m} \times 1.2 \text{ m de diámetro}$$

Motor auxiliar (2) Long. Chimenea 7m x 0.35 m de diámetro

Caldera (2) Long. Chimenea 20m x 0.5 m de diámetro

(ver curva 7.3 Ref. 001-60-6.1)

$$\varnothing 1.2 \text{ m } \Delta T = 250\text{k}; 0.50 \text{ kW/m}$$

$$\varnothing 0.35 \text{ m } \Delta T = 320\text{k}; 0.35 \text{ kW/m}$$

$$\text{M.P.}; 35 \text{ m} \times 0.5 \text{ kW/m} = 17.5 \text{ kW}$$

$$\text{M.A.}; 17 \text{ m} \times 0.35 \text{ kW/m} \times 2 \text{ M.A.} = 11.9 \text{ kW}$$

$$\text{Caldera}; 20\text{m} \times 0.5 \text{ kW/m} \times 2 \text{ Calderas} = 20 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_{ep} = 17.5 + 11.9 + 20 = 49.4 \text{ kW}$$

$\sim \Phi_t$; (ver tabla 1 Ref. 001-60-6.1) emisión de calor de los tanques de calefacción.

Superficie de los tanques contiguos a la sala de maquinas, aislado y sin aislar. 177 m² aislado y 313 m² sin aislar, (ver

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 40

tabla 1 Ref. 001-60-6.1), para una temperatura de 60°C, sacamos la emisión de calor en kW/m, por lo que:

Aislado 0.02 kW/m², sin aislar 0.14 kW/m².

$$\sim \Phi_t = 3.54 \text{ kW} + 43.82 = 47.36 \text{ kW}$$

6.3 Aire total requerido ($Q_t = Q_c + Q_h$)

$$Q_c = 50325 + 5467 + 38808 = 94600 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_h = ((161.7+44.8+67.2+51.6+50.8+94+49.4+47.36)/1.13 \times 1.01 \times 12.5) - 0.4(50325+5467) - 38808 = 81804 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_t = 176403 \text{ m}^3/\text{h}$$

1.3.6. CONDICIÓN DE CARGA Y DESCARGA

1) AIRE PARA COMBUSTIÓN

$$Q_c = Q_{dp} + Q_{dg} + Q_b$$

Donde:

$$Q_c \text{ aire total para la combustión} \quad 58983 \text{ m}^3/\text{h}$$

Q_{dp} motor principal	0 unid.	0 %	0 m ³ /h
Q_{dg} motor auxiliar	2 unid.	61 %	6063 m ³ /h
Q_b caldera	2 unid.	75 %	52920 m ³ /h

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 41

2) AIRE PARA LA EVACUACIÓN DE CALOR

$$Q_h = (\Phi_{dp} + \Phi_{dg} + \Phi_b + \Phi_p + \Phi_g + \Phi_{el} + \Phi_{ep} + \Phi_t / \rho \times c \times \Delta T) - 0,4(q_{dp} + q_{dg}) - q_b$$

Donde:

Q_h aire total para la evacuación por emisión de calor	63701 m ³ /h
Φ_{dp} emisión de calor del motor principal	0.0 kW
Φ_{dg} emisión de calor de los motores auxiliares	48.1 kW
Φ_b emisión de calor de la caldera	91.6 kW
Φ_p emisión de calor de tuberías vapor y condensación	56.2 kW
Φ_g emisión de calor de generadores eléctricos	70.3 kW
Φ_{el} emisión de calor de instalaciones eléctricas	126.8 kW
Φ_{ep} emisión de calor de tuberías de escape	31.9 kW
Φ_t emisión de calor de los tanques de calefacción	47.36 kW
q_{dp} flujo de aire para combustión del motor principal	0 m ³ /h
q_{dg} flujo de aire para combustión de motores auxiliares	6063 m ³ /h
q_b flujo de aire para combustión de calderas	52920 m ³ /h
ρ densidad del aire, a + 35°C, 70 RH y 101, 3 Kpa	1,13 kg/m ³
c capacidad de calor específico del aire	1,01 kJ/(kg·K)
ΔT aumento de la temp. del aire en sala de máquinas	12,5 K

3) AIRE TOTAL REQUERIDO

$$(Q_C + Q_H) \quad 122684 \text{ m}^3/\text{h}$$

4) CANTIDAD DE AIRE SUMINISTRADO

$$(3 \text{ unids. de ventiladores en marcha}) \quad 142000 \text{ m}^3/\text{h}$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 42

4.1) Propuesta 165000 m³/h

5) Escape aire suministrado por la chimenea abierta 63017 m³/h

[4) - 1) -20000(escape aire suministrado por extractor sala purificadoras)]

5.1) Propuesta 86017 m³/h

6) Cálculos condición de carga y descarga

6.1 Aire para combustión ($Q_c = 58983 \text{ m}^3/\text{h}$)

$\sim Q_{dp}$; M.P. parado = 0 m³/h

$\sim Q_{dg} = 4970 \text{ m}^3/\text{h}$ al 100% 2 auxiliares al 61% = 6063 m³/h

$\sim Q_b = m_s \times m_{fs} \times m_{af} \times 1.1 / \rho$

$m_s = 30000 \text{ kg vapor/h} \times 1\text{h}/3600\text{s} = 8.33 \text{ kg vapor/s}$

$m_{fs} = 2243 \text{ kg comb./h} / 30000 \text{ kg vapor/h} = 0.077 \text{ kg comb./kg vapor}$

$m_{af} = 33360 \text{ kg aire/h} / 2243 \text{ kg comb./h} = 15.7 \text{ kg aire/ kg comb.}$

$Q_b = 8.33 \times 0.077 \times 15.7 \times 1.1 / 1.13 = 9.8 \text{ m}^3/\text{s}$

$9.8 \text{ m}^3/\text{s} \times 3600 \text{ s/h} = 35280 \text{ m}^3/\text{h}$ al 100%

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 43

Esta condición 2 Al 75% $Q_b = 52920 \text{ m}^3/\text{h}$

6.2 Aire para la evacuación de calor ($Q_h = 63701 \text{ m}^3/\text{h}$)

$$\sim \Phi_{dp} = P_{dp} \times \Delta h_d / 100 \quad \text{en esta condición} = 0 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_{dg} = P_{dg} \times \Delta h_d / 100$$

Δh_d no disponemos del dato, normativa $\Phi_{dg} = 0,396 \cdot P^{0,70}$

$$P = 1060 \text{ CV} \cdot 0.736 \text{ kW/CV} = 780.16 \text{ kW (al 100\%)}$$

$$2 \times 61\% = 952 \text{ kW}$$

$$\Phi_{dg} = 0,396 \cdot 952^{0,70} = 48.1 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_b = m_s \times m_{fs} \times h \times \Delta h_p / 100 \times \beta_1$$

$$m_s = (30000 \text{ kg vapor/h} / 1 \text{ kW} / 1.6 \text{ kg vapor/h}) = 18750 \text{ kW}$$

$$18750 \text{ kW} / 3600 \text{ s} = 5.2 \text{ kW/s}$$

M_{fs} no disponemos del dato; normativa 0.077 kgcomb./kg vapor

$$h = 40200 \text{ kJ/kg}$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 44

$$\Delta h_p \text{ (ver tabla 7.2 Ref. 001-60-6.1)} = 3.8$$

β_1 = normativa e instalación no se considera

$$\Phi_b = 5.2 \times 0.077 \times 40200 \times 0.38/100 = 61.1 \text{ kW al } 100\%$$

Esta condición 2 Al 75% = 91.6 kW

$$\sim \Phi_p = m_{sc} \times \Delta h_p / 100$$

m_{sc} (1 kW ~ 1.6 Kg/h de vapor) ;

30000 Kg/h de vapor = 18750 kW

$$\sim \Phi_p = 18750 \text{ kW} \times 0.25/100 = 46.9 \text{ kW al } 100\%$$

$$\sim \Phi_p \text{ 2 al } 75\% = 70.3 \text{ kW}$$

Δh_p no disponemos del dato. Los astilleros españoles IZAR-NAVANTIVA, determinan que por experiencia, el calor emitido por las tuberías con fluidos calientes como vapor y agua condensada para alimentación de calderas es un 0.25% de la energía suministrada a las calderas por el combustible.

En este caso tenemos dos calderas en marcha, el economizador esta no se tiene en cuenta en esta condición.

$$\sim \Phi_g = P_g (1 - \eta / 100); (\eta = 93.4 \text{ dato manual alternador})$$

$$P_g = 875 \text{ kVA} \times \cos \Phi (\Phi = 0.80) = 700 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_g = 700 (1 - 93.4/100) = 46.2 \text{ kW al } 100\%$$

$$\text{Nuestra condición 2} \times 61\% = 56.3 \text{ kW}$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 45

~ $\Phi_{el} = 20\%$ de la carga eléctrica a este régimen del equipo eléctrico.

Esta condición 633.8 kW, (ver tabla 8 Ref. 001-10-1.3).

$$\sim \Phi_{el} = 126.8 \text{ kW}$$

~ Φ_{ep} , Motor auxiliar (2) Long. Chimenea 7m x 0.35 m de diámetro

Caldera (2) Long. Chimenea 20m x 0.5 m de diámetro

(ver curva 7.3 Ref. 001-60-6.1)

$$\varnothing 1.2\text{m } \Delta T = 250\text{k}; 0.50 \text{ kW/m}$$

$$\varnothing 0.35 \text{ m } \Delta T = 320\text{k}; 0.35 \text{ kW/m}$$

$$\text{M.A.}; 17 \text{ m} \times 0.35 \text{ kW/m} \times 2 \text{ M.A.} = 11.9 \text{ kW}$$

$$\text{Caldera}; 20\text{m} \times 0.5 \text{ kW/m} \times 2 \text{ Calderas} = 20 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_{ep} = 11.9 + 20 = 31.9 \text{ kW}$$

~ Φ_t ; (ver tabla 1 Ref. 001-60-6.1), normativa, emisión de calor de los tanques de calefacción.

Superficie de los tanques contiguos a la sala de maquinas, aislado y sin aislar. 177 m² aislado y 313 m² sin aislar, (ver tabla 1 Ref. 001-60-6.1), para una temperatura de 60°C, sacamos la emisión de calor en kW/m, por lo que:

Aislado 0.02 kW/m², sin aislar 0.14 kW/m².

$$\sim \Phi_t = 3.54 \text{ kW} + 43.82 = 47.36 \text{ kW}$$

6.3 Aire total requerido ($Q_t = Q_c + Q_h$)

$$Q_c = 6063 + 52920 = 58983 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_h = ((48.1+91.6+56.2+70.3+126.8+31.9+47.36)/1.13 \times 1.01 \times$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 46

$$12.5) - (0.4 \times 5467) - 52920 = 63701 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_t = 122684 \text{ m}^3/\text{h}$$

1.3.7. CONDICIÓN EN PUERTO

1) AIRE PARA COMBUSTIÓN

$$Q_c = Q_{dp} + Q_{dg} + Q_b$$

Donde:

$$Q_c \text{ aire total para la combustión} \quad 6110 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{dp} \text{ motor principal} \quad 0 \text{ unid.} \quad 0 \% \quad 0 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{dg} \text{ motor auxiliar} \quad 1 \text{ unid.} \quad 52 \% \quad 2584 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_b \text{ caldera} \quad 1 \text{ unid.} \quad 10 \% \quad 3528 \text{ m}^3/\text{h}$$

2) AIRE PARA LA EVACUACIÓN DE CALOR

$$Q_h = (\Phi_{dp} + \Phi_{dg} + \Phi_b + \Phi_p + \Phi_g + \Phi_{el} + \Phi_{ep} + \Phi_t / \rho \times c \times \Delta T) - 0,4(q_{dp} + q_{dg}) - q_b$$

Donde:

$$Q_h \text{ aire total para la evacuación por emisión de calor} \quad 39069 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\Phi_{dp} \text{ emisión de calor del motor principal} \quad 0.0 \text{ kW}$$

$$\Phi_{dg} \text{ emisión de calor de los motores auxiliares} \quad 26.5 \text{ kW}$$

$$\Phi_b \text{ emisión de calor de la caldera} \quad 6.1 \text{ kW}$$

$$\Phi_p \text{ emisión de calor de tuberías vapor y condensación} \quad 3.8 \text{ kW}$$

$$\Phi_g \text{ emisión de calor de generadores eléctricos} \quad 24 \text{ kW}$$

$$\Phi_{el} \text{ emisión de calor de instalaciones eléctricas} \quad 48.7 \text{ kW}$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 47

Φ_{ep} emisión de calor de tuberías de escape	16 kW
Φ_t emisión de calor de los tanques de calefacción	47.36 kW
q_{dp} flujo de aire para combustión del motor principal	0 m ³ /h
q_{dg} flujo de aire para combustión de motores auxiliares	2584 m ³ /h
q_b flujo de aire para combustión de calderas	3528 m ³ /h
ρ densidad del aire, a + 35°C, 70 RH y 101, 3 Kpa	1,13 kg/m ³
c capacidad de calor específico del aire	1,01 kJ/(kg·K)
ΔT aumento de la temp. del aire en sala de maquinas	12,5 K

3) AIRE TOTAL REQUERIDO

$(Q_c + Q_H)$	45179 m ³ /h
---------------	-------------------------

4) CANTIDAD DE AIRE SUMINISTRADO

(1 unids. de ventiladores en marcha)	47500 m ³ /h
--------------------------------------	-------------------------

4.1) Propuesta	55000 m ³ /h
----------------	-------------------------

5) Escape aire suministrado por la chimenea abierta	21390 m ³ /h
---	-------------------------

[4) – 1) -20000(escape aire suministrado por extractor sala purificadoras)]

5.1) Propuesta	28890 m ³ /h
----------------	-------------------------

6) CÁLCULOS CONDICIÓN DE PUERTO

6.1 Aire para combustión ($Q_c = 6110 \text{ m}^3/\text{h}$)

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 48

$$\sim Q_{dp}; \text{ M.P. parado} = 0 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\sim Q_{dg} = 4970 \text{ m}^3/\text{h} \text{ al } 100\% \quad 2 \text{ auxiliares al } 52\% = 2584 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\sim Q_b = m_s \times m_{fs} \times m_{af} \times 1.1 / \rho$$

$$m_s = 30000 \text{ kg vapor/h} \times 1\text{h}/3600\text{s} = 8.33 \text{ kg vapor/s}$$

$$m_{fs} = 2243 \text{ kg comb./h} / 30000 \text{ kg vapor/h} = 0.077 \text{ kg comb./kg vapor}$$

$$m_{af} = 33360 \text{ kg aire/h} / 2243 \text{ kg comb./h} = 15.7 \text{ kg aire/ kg comb.}$$

$$Q_b = 8.33 \times 0.077 \times 15.7 \times 1.1 / 1.13 = 9.8 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$9.8 \text{ m}^3/\text{s} \times 3600 \text{ s/h} = 35280 \text{ m}^3/\text{h} \text{ al } 100\%$$

$$\text{Esta condición 1 Al } 10\% \quad Q_b = 3528 \text{ m}^3/\text{h}$$

6.2 Aire para la evacuación de calor ($Q_h = 39069 \text{ m}^3/\text{h}$)

$$\sim \Phi_{dp} = P_{dp} \times \Delta h_d / 100 \quad \text{en esta condición} = 0 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_{dg} = P_{dg} \times \Delta h_d / 100$$

Δh_d no disponemos del dato, normativa $\Phi_{dg} = 0,396 \cdot P^{0,70}$

$$P = 1060 \text{ CV} \cdot 0.736 \text{ kW/CV} = 780.16 \text{ kW (al } 100\%)$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 49

$$1 \times 52\% = 405 \text{ kW}$$

$$\Phi_{dg} = 0,396 \cdot 405^{0,70} = 26.5 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_b = m_s \times m_{fs} \times h \times \Delta h_p / 100 \times \beta_1$$

$$m_s = (30000 \text{ kg vapor/h} / 1 \text{ kW} / 1.6 \text{ kg vapor/h}) = 18750 \text{ kW}$$

$$18750 \text{ kW} / 3600 \text{ s} = 5.2 \text{ kW/s}$$

M_{fs} no disponemos del dato; normativa 0.077 kgcomb./kg vapor

$$h = 40200 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta h_p \text{ (ver tabla 7.2 Ref. 001-60-6.1)} = 3.8$$

β_1 = normativa e instalación no se considera

$$\Phi_b = 5.2 \times 0.077 \times 40200 \times 0.38/100 = 61.1 \text{ kW al } 100\%$$

Esta condición 1 Al 10% = 6.1 kW

$$\sim \Phi_p = m_{sc} \times \Delta h_p / 100$$

m_{sc} (1 kW ~ 1.6 Kg/h de vapor) ;

$$30000 \text{ Kg/h de vapor} = 18750 \text{ kW}$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 50

$$\sim \Phi_p = 18750 \text{ kW} \times 0.25/100 = 46.9 \text{ kW al } 100\%$$

$$\sim \Phi_p \text{ 1 al } 10\% = 4.7 \text{ kW}$$

Δh_p no disponemos del dato. Los astilleros españoles IZAR-NAVANTIVA, determinan que por experiencia, el calor emitido por las tuberías con fluidos calientes como vapor y agua condensada para alimentación de calderas es un 0.25% de la energía suministrada a las calderas por el combustible.

En este caso tenemos dos calderas en marcha, el economizador esta no se tiene en cuenta en esta condición.

$$\sim \Phi_g = P_g (1 - \eta / 100); (\eta = 93.4 \text{ dato manual alternador})$$

$$P_g = 875 \text{ kVA} \times \cos \Phi (\Phi = 0.80) = 700 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_g = 700 (1 - 93.4/100) = 46.2 \text{ kW al } 100\%$$

$$\text{Nuestra condición } 1 \times 52\% = 24 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_{el} = 20\% \text{ de la carga eléctrica a este régimen del equipo eléctrico.}$$

Esta condición 243.5 kW, (ver tabla 8 Ref. 001-60-6.1).

$$\sim \Phi_{el} = 48.7 \text{ kW}$$

$$\sim \Phi_{ep}, \text{ Motor auxiliar (1) Long. Chimenea } 7\text{m} \times 0.35 \text{ m de diámetro}$$

Caldera (1) Long. Chimenea 20m x 0.5 m de diámetro

(ver curva 7.3 Ref. 001-60-6.1)

$$\varnothing 1.2 \text{ m } \Delta T = 250\text{k}; 0.50 \text{ kW/m}$$

$$\varnothing 0.35 \text{ m } \Delta T = 320\text{k}; 0.35 \text{ kW/m}$$

$$\text{M.A.}; 17 \text{ m} \times 0.35 \text{ kW/m} = 5.95 \text{ kW}$$

$$\text{Caldera}; 20\text{m} \times 0.5 \text{ kW/m} = 10 \text{ kW}$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 51

$$\sim \Phi_{ep} = 5.95 + 10 = 15.95 = 16 \text{ kW}$$

$\sim \Phi_t$; (ver tabla 1 Ref. 001-60-6.1), normativa, emisión de calor de los tanques de calefacción.

Superficie de los tanques contiguos a la sala de maquinas, aislado y sin aislar. 177 m² aislado y 313 m² sin aislar, (ver tabla 1 Ref. 001-60-6.1), para una temperatura de 60°C, sacamos la emisión de calor en kW/m, por lo que:

Aislado 0.02 kW/m², sin aislar 0.14 kW/m².

$$\sim \Phi_t = 3.54 \text{ kW} + 43.82 = 47.36 \text{ kW}$$

6.3 Aire total requerido ($Q_t = Q_c + Q_h$)

$$Q_c = 2584 + 3526 = 6110 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_h = ((26.5+6.1+4.7+24+48.7+16+47.36)/1.13 \times 1.01 \times 12.5) - (0.4 \times 2584) - 3526 = 39069 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_t = 45179 \text{ m}^3/\text{h}$$

6 SECCIÓN DEL ÁREA ABIERTA DE LA CHIMENEA PARA EL ESCAPE DEL AIRE

6.1 Cantidad máxima de aire de escape 75400 m³/h

6.1.1 Propuesta 105400 m³/h

6.2 Sección del área para escape abierto 4.2 m²

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 52

(Velocidad del aire de escape: aprox. 5 m/s)

6.2.1 Propuesta

5.9 m²

6.3 Cálculos sección del área abierta de la chimenea para el escape del aire

$$V = Q / S$$

Donde:

V = velocidad

Q = caudal

S = sección

Cantidad Máx. de aire de escape:

$$S = (75400 \text{ m}^3/\text{h} \times 1\text{h}/3600\text{s}) / 5 \text{ m/s} = 4.188 = 4.2 \text{ m/s}$$

Propuesta

$$S = (105400 \text{ m}^3/\text{h} \times 1\text{h}/3600\text{s}) / 5 \text{ m/s} = 5.855 = 5.9 \text{ m/s}$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.3
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013
	REV: 01 PAG: 53

1.3.8. AIRE REQUERIDO DE ACUERDO A LAS CONDICIONES DEL BARCO

CONDICIONES DEL BARCO	AIRE TOTAL REQUERIDO
1. Condición máxima navegando	148856 m ³ /h
2. Condición normal navegando	143824 m ³ /h
3. Viaje con limpieza tanques	182746 m ³ /h
4. Viaje con calefacción a tanques	189953 m ³ /h
5. Maniobra con calefacción a tanques	176403 m ³ /h
6. Condición de carga y descarga	122684 m ³ /h
7. Condición en puerto	45179 m ³ /h

CONCLUSIÓN

Aire máximo requerido 189953 m³/h

Suministro de aire resultante 190000 m³/h

Instalación de ventiladores en sala de maquinas

Ventiladores suministro sala de maquinas 4 unidad(es) 47500 m³/h

Extractor sala de purificadoras 1 unidad(es) 20000 m³/h

PROYECTO FIN DE CARRERA		REF: 001-10-1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL		FECHA: 26/06/2013	
		REV: 01	PAG: 54

TABLA COMPARATIVA

PRODUCTO	CONTENIDO
ISO – 8861	190000 m ³ /h
Propuesta	220000 m ³ /h

VENTILADORES EN MARCHA PARA EL SUMINISTRO DE AIRE EN SALA DE MÁQUINAS

Condición	1	2	3	4	5	6	7
Unidades en marcha	3	3	4	4	4	3	1

TABLA COMPARATIVA DISTRIBUCIÓN DE AIRE

Ventilador	S-1	S-2	S-3	S-4	SUB TOTAL (M ³ /H)	RATIO (%)
	no reversible	reversible	no reversible	reversible		
	Babor proa	Estrib. proa	Babor popa	Estrb. popa		
Cubierta						
Cub. Princi.	3,000		3,000	3,000	9,000	4.1
2ª Cubierta	13,000	16,000	14,500	4,500	48,000	21.8
3ª Cubierta	23,500	39,000	18,500	25,500	106,500	48.4
4ª Cubierta	11,500		2,000	9,000	22,500	10.2
Tecla máq.	4,000		17,000	13,000	34,000	15.5
TOTAL	55,000	55,000	55,000	55,000	220,000	100

1.4. CÁLCULO DE CONDUCTOS

El procedimiento más usual consiste en elegir una velocidad inicial en el conducto principal. Una vez elegida esta velocidad, y partiendo del caudal de aire total a suministrar, se determina la pérdida de carga unitaria que debe mantenerse constante en todos los conductos.

Para el dimensionamiento de los conductos utilizaremos el método de la pérdida de carga constante, descrito en uno de los libros que ha sido utilizado de consulta, Manual de aire acondicionado = Handbook of air conditioning system design. Marcombo

Este método se utiliza en conductos de impulsión, retorno y extracción de aire. Consiste en calcular los conductos de forma que tengan la misma pérdida de carga por unidad de longitud a lo largo de todo el sistema.

Para determinar la pérdida de carga total, que debe ser superada por el ventilador, es preciso calcular la pérdida en el tramo que tenga mayor resistencia. La resistencia debe incluir los codos y bifurcaciones correspondientes a dicho conducto.

Una vez dimensionados los tramos principales, se determinarán los conductos secundarios se actuaría como se ha explicado para los tramos principales.

Tabla 9. Velocidades recomendadas para conductos de aire.

APLICACIÓN	FACTOR DE CONTROL DE RUIDO (conductos principales)	Conductos principales		Conductos derivados	
		Suministro	Retorno	Suministro	Retorno
Residencias	3	5	4	3	3
Apartamentos Dormitorios hotel Dormitorios hospital	5	7,5	6,5	6	5
Oficinas particulares Despachos dirección Bibliotecas	6	10	7,5	8	6
Salas cine/teatro Auditorios	4	6,5	5,5	5	4
Oficinas públicas Restaurantes Comercios Bancos	7,5	10	7,5	8	6
Comercios Cafeterías	9	10	7,5	8	6
Locales industriales	12,5	15	9	11	7,5

Escogemos una velocidad para los conductos principales según la tabla 9 y calculamos la sección del conducto, la pérdida de carga se obtiene del gráfico de la figura 1 partiendo del volumen de aire y del diametro equivalente.

Para nuestro proyecto escogemos una velocidad de 10m/s para los conductos principales

Para abreviar los cálculos de la sección de los conductos se utiliza con frecuencia la tabla 11 que proporciona los mismos resultados que si se utilizase el gráfico de pérdidas de carga, figura 1.

Tabla 10. Porcentaje de área de sección recta en ramas para conservar constante el rozamiento.

% CAUDAL m ³ /h	% ÁREA CONDUCTO						
1	2,0	26	33,5	51	59,0	76	81,0
2	3,5	27	34,5	52	60,0	77	82,0
3	5,5	28	35,5	53	61,0	78	83,0
4	7,0	29	36,5	54	62,0	79	84,0
5	9,0	30	37,5	55	63,0	80	84,5
6	10,5	31	39,0	56	64,0	81	85,5
7	11,5	32	40,0	57	65,0	82	86,0
8	13,0	33	41,0	58	65,5	83	87,0
9	14,5	34	42,0	59	66,5	84	87,5
10	16,5	35	43,0	60	67,5	85	88,5
11	17,5	36	44,0	61	68,0	86	89,5
12	18,5	37	45,0	62	69,0	87	90,0
13	19,5	38	46,0	63	70,0	88	90,5
14	20,5	39	47,0	64	71,0	89	91,5
15	21,5	40	48,0	65	71,5	90	92,0
16	23,0	41	49,0	66	72,5	91	93,0
17	24,0	42	50,0	67	73,5	92	94,0
18	25,0	43	51,0	68	74,5	93	94,5
19	26,0	44	52,0	69	75,5	94	95,0
20	27,0	45	53,0	70	76,5	95	96,0
21	28,0	46	54,0	71	77,0	96	96,5
22	29,5	47	55,0	72	78,0	97	97,5
23	30,5	48	56,0	73	79,0	98	98,0
24	31,5	49	57,0	74	80,0	99	99,0
25	32,5	50	58,0	75	80,5	100	100,0

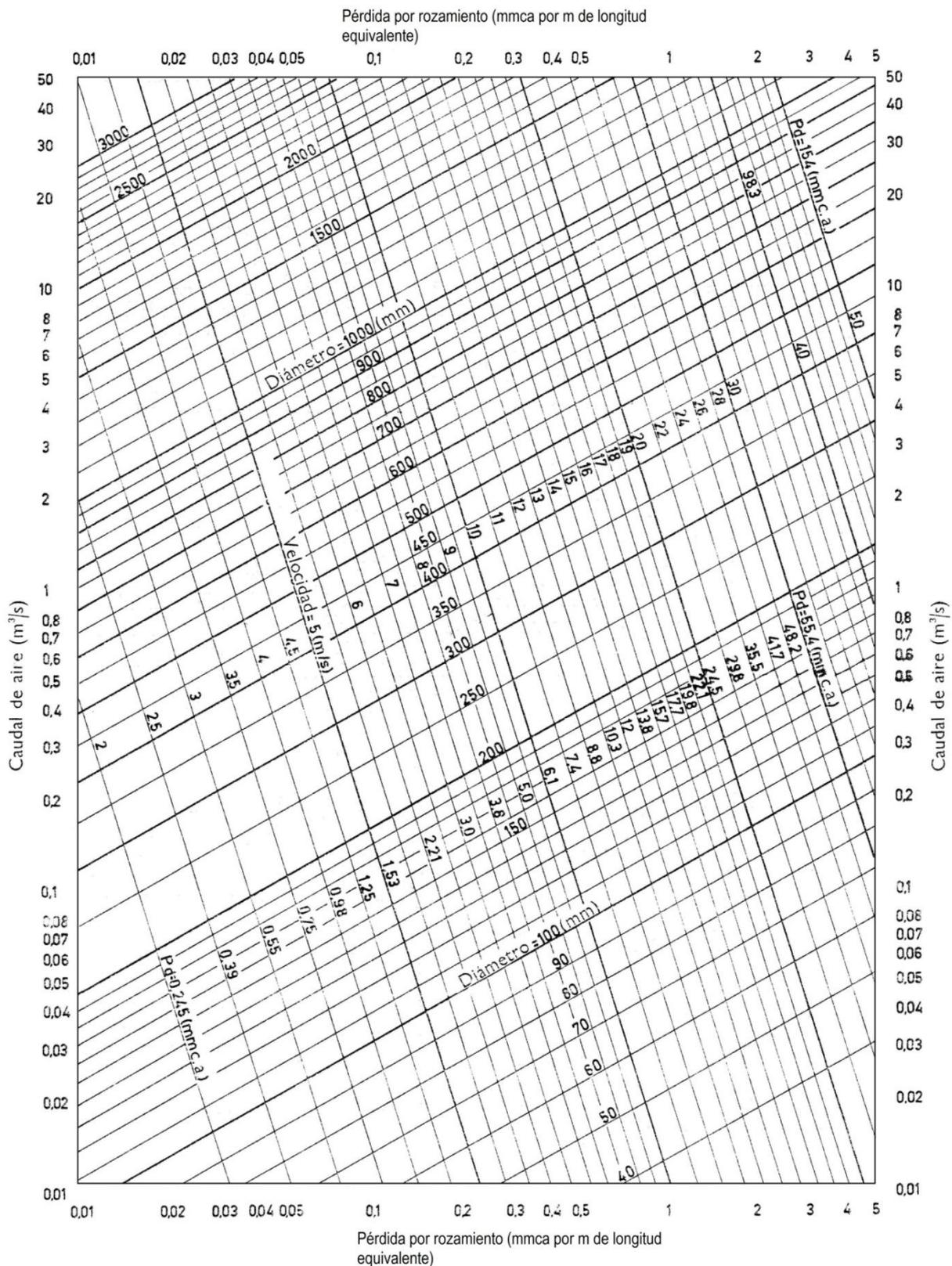


Figura 1. Pérdida de carga.

$$A = \frac{Q}{3600 \cdot v} = \frac{55000m^3}{3600s \cdot \frac{10m}{s}} = 1.527m^2 \rightarrow \phi 1.4m$$

Obtenemos una pérdida de carga por metro de longitud equivalente de: R=0,12 mmca/m.

Las secciones de cada tramo se calculan con la ayuda de la tabla 11 que nos da el porcentaje del área de un conducto en función del porcentaje de caudal que circula por el, para mantener constante la pérdida por rozamiento.



Figura 2. Porcentaje de área de sección recta en ramas para conservar constante el rozamiento.

Tabla 11. Presiones dinámicas.

Velocidad (m/s)	Presión dinámica (mm.c.a.)	Velocidad (m/s)	Presión dinámica (mm.c.a.)
2,0	0,25	9,0	5,06
2,5	0,39	9,5	5,64
3,0	0,56	10,0	6,25
3,5	0,77	10,5	6,89
4,0	1,00	11,0	7,56
4,5	1,27	11,5	8,27
5,0	1,56	12,0	9,00
5,5	1,89	12,5	9,77
6,0	2,25	13,0	10,56
6,5	2,64	13,5	11,39
7,0	3,06	14,0	12,25
7,5	3,52	14,5	13,14
8,0	4,00	15,0	14,06
8,5	4,52	15,5	15,02

Ahora calculamos la pérdida de carga en el tramo de mayor resistencia de todos los ventiladores, de esta manera sabremos cual es la mayor de las

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 59

pérdidas de carga para poder sobredimensionar bien el ventilador más apropiado a nuestras necesidades. Para ello hemos de calcular la longitud equivalente de cada uno de los elementos del conducto, y sumar los tramos rectos para calcular la pérdida de carga total.

La longitud equivalente o la resistencia interna a la entrada y hasta el ventilador, se calculara y será la misma para todos los ventiladores ya que para todos ellos el espacio donde se situaran es el mismo.

Para prevenir la succión de agua por penetración de la velocidad del aire al espacio de los ventiladores, se diseñara para la mejora del promedio de la velocidad del aire disminuya desde los 6 m/s a 4 m/s.

En este buque se instalará una doble persiana de entrada a diferentes alturas, siendo la interna la más elevada para la prevención de la entrada de agua, seguida de un filtro de malla, pre-calentador y el dámper contraincendios.

R_e entrada hasta ventilador (igual para los 4 ventiladores)¹

R_e persiana (2)	2 =	4 <i>mmca</i>
R_e filtro		8.3 <i>mmca</i>
R_e pre-calentador		5 <i>mmca</i>
R_e grampa		2 <i>mmca</i>
R_e entrada	$= K(v/4)^2 = 0.25 (6/4)^2 =$	0.56 <i>mmca</i>

R_e Total = 19.86 *mmca*

Con los datos obtenidos de los cálculos anteriores, calculamos la pérdida de carga en el tramo de mayor resistencia. Para ello hemos de calcular la

¹ Datos experimentales. Obtenidos de los apuntes del Profesor Maestro (ver Ref. 001-70)

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 60

longitud equivalente de cada uno de los elementos del conducto, y sumar los tramos rectos para calcular la pérdida de carga total. De esta manera sobredimensionaremos adecuadamente los ventiladores que mejor se adecuen a nuestra instalación.

1.4.1. CONDUCTO S-1

(ver Ref: 001-30-3.1-P)

Ventilador hasta I

$$\text{Conducto} \rightarrow 1.4 + 2.8 + 2.8 + 1.9 = 8,9m$$

$$\text{Codo} \rightarrow \begin{cases} 1600x820 \rightarrow \phi 1180mm \\ L/D = 10 \\ L_{eq} = 10x1.180 = 11,8m \end{cases}$$

I hasta II

$$\text{Conducto} \rightarrow 1.8 + 1.8 + 1.9 + 10.8 = 16.3m$$

$$\text{Bifurcación} \left\{ \begin{array}{l} 1600x820 \rightarrow \phi 1180mm \rightarrow 1.09m^2 \\ v = \frac{52000m^3/h}{1.09 \cdot 3600} = \frac{13.25m}{s} \\ L_{eq} = n \cdot \frac{hv}{hf} \rightarrow n = 0,10 \\ hv = 10.76mmca \rightarrow L_{eq} = 0,1 \cdot \frac{10.76}{0,12} = 8,9m \end{array} \right.$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 61

$$Codo \rightarrow \begin{cases} 1000x800 \rightarrow \phi 990mm \\ L/D = 10 \\ L_{eq} = 10x0,990 = 9.9m \end{cases}$$

$$Bifurcación \quad L_{eq} = n \cdot \frac{hv}{hf} \rightarrow n = 0,10 \quad \begin{cases} 1000x750 \rightarrow \phi 950mm \rightarrow 0,71m^2 \\ v = \frac{25000m^3/h}{0,71 \cdot 3600} = \frac{9,8m}{s} \\ hv = 5.82mmca \rightarrow L_{eq} = 0,1 \cdot \frac{5.82}{0,12} = 4.8m \end{cases}$$

II hasta III

$$Conducto \rightarrow 2.7 + 1.3 + 2.2 + 3.8 = 10m$$

$$Codo \rightarrow \begin{cases} 800x500 \rightarrow \phi 685mm \\ L/D = 10 \\ L_{eq} = 10x0,685 = 6.85m \end{cases}$$

$$Bifurcación \quad L_{eq} = n \cdot \frac{hv}{hf} \rightarrow n = 0,10 \quad \begin{cases} 800x500 \rightarrow \phi 685mm \rightarrow 0,37m^2 \\ v = \frac{10500m^3/h}{0,37 \cdot 3600} = \frac{7,9m}{s} \\ hv = 3,7mmca \rightarrow L_{eq} = 0,1 \cdot \frac{3,7}{0,12} = 3.01m \end{cases}$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.4
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013
	REV: 01 PAG: 62

Tabla 12. Longitud equivalente tramo impulsión de mayor resistencia S-1.

SECCIÓN DEL CONDUCTO	ELEMENTO	LONGITUD (m)	LONGITUD EQUIVALENTE ADICIONAL
Ventilador hasta I	Conducto	1.4	
	Conducto	2.8	
	Conducto	2.8	
	Conducto	1.9	
	Codo		11.8
I hasta II	Conducto	1.8	
	Bifurcación		8.9
	Conducto	1.8	
	Conducto	1.9	
	Codo		9.9
	Conducto	10.8	
	Bifurcación		4.8
II hasta III	Conducto	2.7	
	Conducto	1.3	
	Codo		6.85
	Conducto	2.2	
	Bifurcación		3.01
	Conducto	3.8	
		35.2	45.25

Perdida de carga

$$P = 80.45 \cdot 0,12 = 9.65mmca$$

Perdida de carga total:

$$P = 9.65 + 19.86 = 29.51mmca$$

1.4.2.CONDUCTO S-2

(ver Ref: 001-30-3.2-P)

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 63

Ventilador hasta I

$$\text{Conducto} \rightarrow 1.4 + 2.8 + 2.8 + 1.5 = 8.5m$$

$$L_{eq} = n \cdot \frac{hv}{hf} \rightarrow n = 0,10 \left\{ \begin{array}{l} 1600x820 \rightarrow \phi 1180mm \rightarrow 1.09m^2 \\ v = \frac{55000m^3/h}{1.09 \cdot 3600} = \frac{13.25m}{s} \\ hv = 10.76mmca \rightarrow L_{eq} = 0,1 \cdot \frac{10.76}{0,12} = 8.9m \end{array} \right.$$

I hasta II

$$\text{Conducto} \rightarrow 4.2 + 2.2 + 11 = 17.4m$$

$$\text{Codo} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 1200x500 \rightarrow \phi 825mm \\ L/D = 10 \\ L_{eq} = 10x0,825 = 8.25m \end{array} \right.$$

Tabla 13. Longitud equivalente tramo impulsión de mayor resistencia S-2.

SECCIÓN DEL CONDUCTO	ELEMENTO	LONGITUD (M)	LONGITUD EQUIVALENTE ADICIONAL
Ventilador hasta I	Conducto	1.4	
	Conducto	2.8	
	Conducto	2.8	
	Conducto	1.5	
	Bifurcación		8.9

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 64

I hasta II	Conducto	4.2	
	Conducto	2.2	
	Conducto	11.0	
	Codo		8.25
		25.9	17.15

Perdida de carga

$$P = 43.05 \cdot 0,12 = 5.17 \text{ mmca}$$

Perdida de carga total:

$$P = 5.17 + 19.86 = 25.03 \text{ mmca}$$

1.4.3. CONDUCTO S-3

(ver Ref: 001-30-3.3-P)

Ventilador hasta I

$$\text{Conducto} \rightarrow 1.4 + 2.8 + 2.8 + 5.7 + 1.5 = 14.2 \text{ m}$$

$$L_{eq} = n \cdot \frac{hv}{hf} \rightarrow n = 0,10 \left\{ \begin{array}{l} 1600 \times 820 \rightarrow \phi 1180 \text{ mm} \rightarrow 1.09 \text{ m}^2 \\ v = \frac{37500 \text{ m}^3/\text{h}}{1.09 \cdot 3600} = \frac{9.55 \text{ m}}{\text{s}} \\ hv = 5.37 \text{ mmca} \rightarrow L_{eq} = 0,1 \cdot \frac{5.37}{0,12} = 4.47 \text{ m} \end{array} \right.$$

I hasta II

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.4
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013
	REV: 01 PAG: 65

$$\text{Conducto} \rightarrow 4.2 + 4 + 0.6 + 0.6 + 2 + 3 = 14.4m$$

$$L_{eq} = n \cdot \frac{hv}{hf} \rightarrow n = 0,10 \quad \left\{ \begin{array}{l} 1200 \times 820 \rightarrow \phi 1050mm \rightarrow 0.86m^2 \\ v = \frac{17000m^3/h}{0.86 \cdot 3600} = \frac{5.49m}{s} \\ hv = 1.71mmca \rightarrow L_{eq} = 0,1 \cdot \frac{1.71}{0,12} = 4.47m \end{array} \right.$$

Tabla 14. Longitud equivalente tramo impulsión de mayor resistencia S-3.

SECCIÓN DEL CONDUCTO	ELEMENTO	LONGITUD (m)	LONGITUD EQUIVALENTE ADICIONAL
Ventilador hasta I	Conducto	1.4	
	Conducto	2.8	
	Conducto	2.8	
	Conducto	5.7	
	Conducto	1.5	
	Bifurcación		4.47
I hasta II	Conducto	4.2	
	Conducto	4.0	
	Conducto	0.6	
	Bifurcación		1.43
	Conducto	0.6	
	Conducto	2.0	
	Conducto	3.0	
		28.6	5.9

Perdida de carga

$$P = 34.5 \cdot 0,12 = 4.14mmca$$

Perdida de carga total:

$$P = 4.14 + 19.86 = 24mmca$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 66

1.4.4. CONDUCTO S-4

(ver Ref: 001-30-3.4-P)

Ventilador hasta I

$$\text{Conducto} \rightarrow 1.4 + 2.8 + 2.8 + 5.7 + 1.5 + 8 = 22.2m$$

$$L_{eq} = n \cdot \frac{hv}{hf} \rightarrow n = 0,10 \left\{ \begin{array}{l} 1600x820 \rightarrow \phi 1180mm \rightarrow 1.09m^2 \\ v = \frac{47500m^3/h}{1.09 \cdot 3600} = \frac{12.1m}{s} \\ hv = 9.075mmca \rightarrow L_{eq} = 0,1 \cdot \frac{9.075}{0,12} = 7.56m \end{array} \right.$$

I hasta II

$$\text{Conducto} \rightarrow 10 + 4 + 4.1 + 4 + 1 = 23.1m$$

$$\text{Codo} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 500x550 \rightarrow \phi 165mm \\ L/D = 10 \\ L_{eq} = 10x0,165 = 1.65m \end{array} \right.$$

Tabla 15. Longitud equivalente tramo impulsión de mayor resistencia S-3.

SECCIÓN DEL CONDUCTO	ELEMENTO	LONGITUD (m)	LONGITUD EQUIVALENTE ADICIONAL
Ventilador hasta I	Conducto	1.4	
	Conducto	2.8	
	Conducto	2.8	
	Conducto	5.7	
	Conducto	1.5	
	Conducto	8.0	
	Bifurcación		

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 67

I hasta II	Conducto	10.0	
	Conducto	4.0	
	Codo		1.65
	Conducto	4.4	
	Conducto	4.0	
	Conducto	1.0	
		45.3	9.3

Perdida de carga

$$P = 54.6 \cdot 0,12 = 6.55mmca$$

Perdida de carga total:

$$P = 6.55 + 19.86 = 26.41mmca$$

1.4.5. PÉRDIDA DE CARGA DE LOS CONDUCTOS

TRAMO A ESTUDIO	PERDIDA DE CARGA
1. Ventilador S-1	29.51mmca
2. Ventilador S-2	25.03mmca
3. Ventilador S-3	24mmca
4. Ventilador S-4	26.41mmca

La mayor pérdida de carga que nos encontramos en estos conductos es la del ventilador S-1, con este dato y con el volumen de aire necesario elegiremos el ventilador más adecuado a nuestra instalación y necesidades.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 68

1.4.6. CÁLCULO DEL EXTRACTOR SALA PURIFICADORAS

Para el cálculo del extractor de la sala de purificadoras, hay que tener en cuenta dos cosas, los metros cuadrados de la sala, y el número de renovaciones/hora según la temperatura que podamos llegar a tener en la misma.

Para una temperatura de 35°C el número de renovaciones serian de 20.

Para una temperatura de 50°C el número de renovaciones serian de 30.

En este caso, y por experiencia, lo calcularemos con una temperatura de 50°C.

Las dimensiones de la sala de purificadoras son:

Largo: 18.4m

Ancho: 6m

Alto: 5.6m

El volumen de la sala de purificadoras seria:

$$18.4 \times 6 \times 5.6 = 618.24 \text{ m}^3$$

El volumen total con las renovaciones:

$$618.24 \text{ m}^3 \times 30 \text{ renovaciones/h} = 18547.2 \text{ m}^3/\text{h}$$

En esta instalación montaremos un extractor de 20000 m³/h

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 69

1.4.7. CONDUCTO EXTRACTOR SALA PURIFICADORAS

Como en los ventiladores, el extractor de la purificadora consta de un filtro, grampa y una entrada, con su respectiva resistencia equivalente¹.

R_e filtro		8.3 <i>mmca</i>
R_e grampa		2 <i>mmca</i>
R_e entrada	$= K(v/4)^2 = 0.25 (6/4)^2 =$	0.56 <i>mmca</i>

$$R_e \text{ Total} = 10.86 \text{ mmca}$$

De la misma manera que los ventiladores calcularemos la pérdida de carga en el tramo correspondiente al extractor de la sala de purificadoras.

Obtenemos una pérdida de carga por metro de longitud equivalente de: $R=0,09 \text{ mmca/m}$.

$$A = \frac{Q}{3600 \cdot v} = \frac{\frac{20000m^3}{h}}{3600s \cdot \frac{10m}{s}} = 0.555m^2 \rightarrow \phi 0.84m$$

$$\text{Conducto} \rightarrow 2 + 1.5 + 0.8 + 3.6 = 7.9 \text{ m}$$

¹ Datos experimentales. Obtenidos de los apuntes del Profesor Maestro (ver Ref. 001-70)

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-10-1.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 70

$$Codo \rightarrow \begin{cases} 800x800 \rightarrow \phi 745mm \\ L/D = 10 \\ L_{eq} = 10x0,745 = 7.45m \end{cases}$$

$$Codo \rightarrow \begin{cases} 800x800 \rightarrow \phi 745mm \\ L/D = 10 \\ L_{eq} = 10x0,745 = 7.45m \end{cases}$$

$$Codo \rightarrow \begin{cases} 800x800 \rightarrow \phi 745mm \\ L/D = 10 \\ L_{eq} = 10x0,745 = 7.45m \end{cases}$$

Tabla 166. Longitud equivalente tramo impulsión extractor sala -3.

SECCIÓN DEL CONDUCTO	ELEMENTO	LONGITUD (m)	LONGITUD EQUIVALENTE ADICIONAL
Ventilador hasta I	Conducto	2.0	
	Codo		7.45
	Conducto	1.5	
	Codo		7.45
	Conducto	0.8	
	Codo		7.45
	Conducto	3.6	
		7.9	22.35

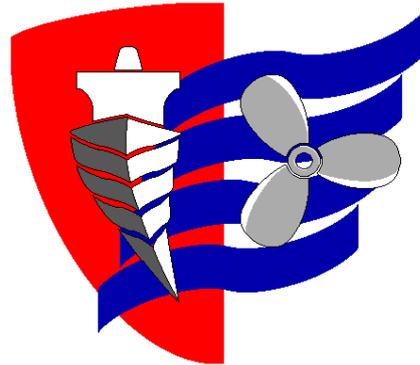
Pérdida de carga

$$P = 30.25 \cdot 0,09 = 2.72mmca$$

Pérdida de carga total:

$$P = 2.72 + 10.86 = 13.58mmca$$

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



ELECCIÓN DE ELEMENTOS

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-20-2.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 72

2. ELECCIÓN DE ELEMENTOS

2.1. VENTILADORES

Las cuatro unidades de ventiladores que se colocarán en esta instalación serán del mismo modelo, el S-1 y S-3 serán no-reversibles y el S-2 y S-4 serán reversibles.

Ventilador de flujo axial tipo AQ-1120/578-10 con 10mm de espesor del cuerpo y puerta de apertura.

El ventilador estará acoplado directamente y estará totalmente unido al un motor eléctrico bajo las especificaciones marinas adecuadas.

Capacidad del ventilador:

Volumen de aire	55000 m ³ /h
Presión total	52.6 mmca
Presión estática	38.0 mmca
Potencia	11.28 kW
Revoluciones	1160 rpm
Ángulo de las palas	45.4 °
Nivel sonoro	90 dB (tolerancia +/- 3 dB)

Especificaciones del motor:

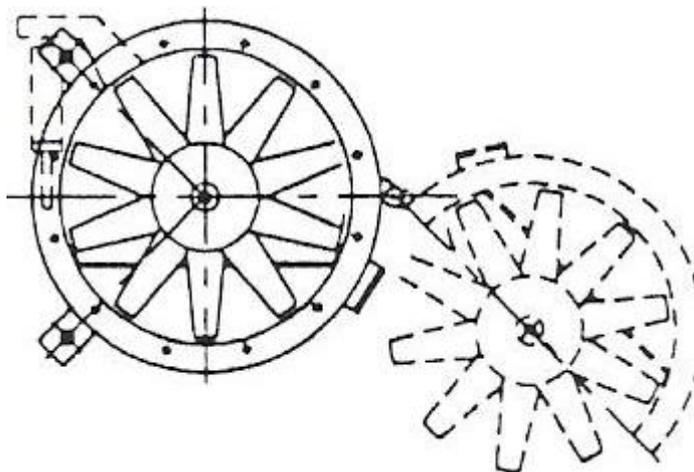
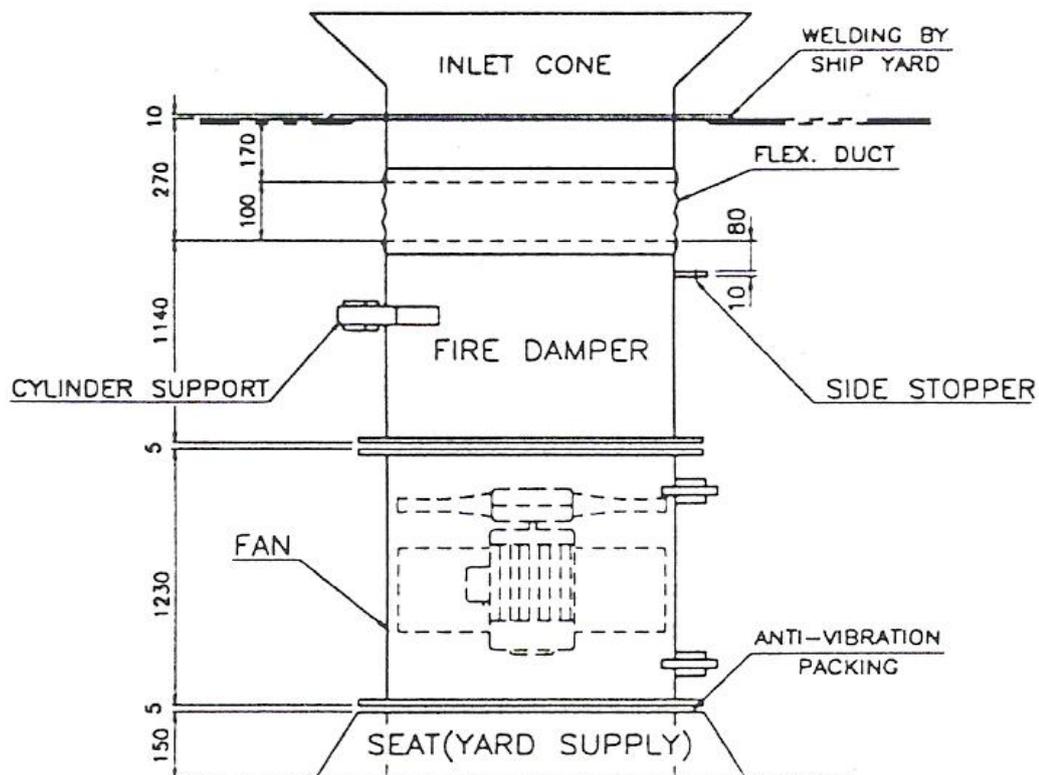
Fabricante	HICO / ABB
------------	------------

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-20-2.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 73

Modelo	180M-6
Tamaño del cuerpo	180
Diseño del montaje	V-6
Clase de protección	IP-54
Clase de aislamiento	F
Potencia salida estimada	15 kW
Revoluciones	1160 rpm
Tensión	3x440 V, 60 Hz
Intensidad de arranque	194.5 A
Intensidad de trabajo	29.1 A
Tipo cable	PG-29
Resistencia de calefacción	220 VA / 20 V

Peso del conjunto 680 kg.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-20-2.1
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013
	REV: 01 PAG: 74



PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-20-2.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 75

2.2. EXTRACTORES

El extractor de la sala de purificadoras que alberga los separadores de F.O., D.O., aceites etc., descargará a la atmósfera tan alejado como sea posible de cualquier toma de aire.

Ventilador de flujo axial tipo AQ-710/280-8 con 8mm de espesor del cuerpo y puerta de apertura.

El ventilador estará acoplado directamente y estará totalmente unido al un motor eléctrico bajo las especificaciones marinas adecuadas.

Capacidad del ventilador:

Volumen de aire	20000 m ³ /h
Presión total	37.0 mmca
Presión estática	25.0 mmca
Potencia	2.88 Kw
Revoluciones	1730 rpm
Angulo de las palas	46.9 °
Nivel sonoro	86 dB (tolerancia +/- 3 dB)

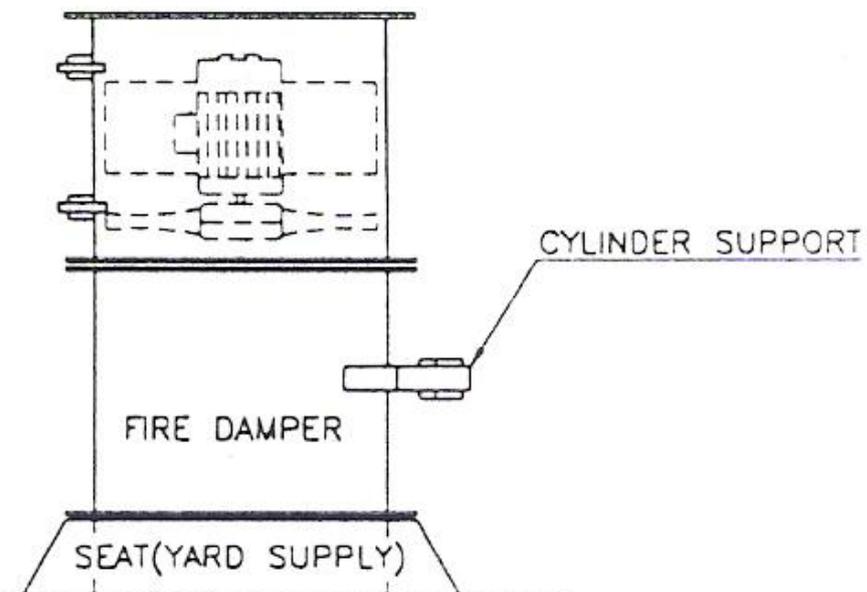
Especificaciones del motor:

Fabricante	HICO / ABB
Modelo	112M-4
Tamaño del cuerpo	112

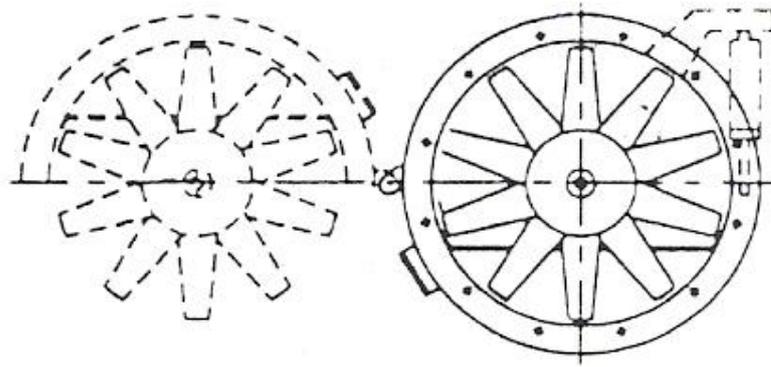
PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-20-2.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 76

Diseño del montaje	B-3
Clase de protección	IP-54
Clase de aislamiento	F
Potencia salida estimada	3.70 kW
Revoluciones	1730 rpm
Tensión	3x440 V, 60 Hz
Intensidad de arranque	42.5 A
Intensidad de trabajo	7.2 A
Tipo cable	PG-16

Peso del conjunto 200 kg



PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-20-2.2
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013
	REV: 01 PAG: 77



2.3. GRAMPAS CONTRA INCENDIOS

Las grampas contra incendios y los dispositivos de cierre hermético deberían instalarse en los conductos de ventilación de acuerdo con el capítulo II-2 del SOLAS y con la Convención Internacional de Líneas de Carga, 1966.

Especificaciones para las grampas neumáticas.

AA Grampas:

Para los ventiladores de suministro de la sala máquinas (4):

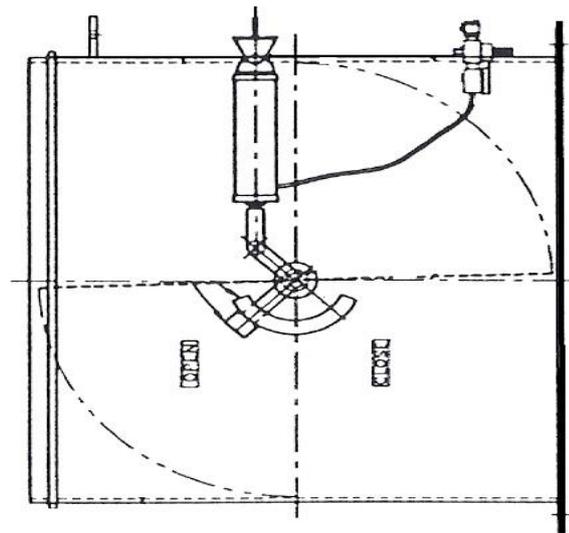
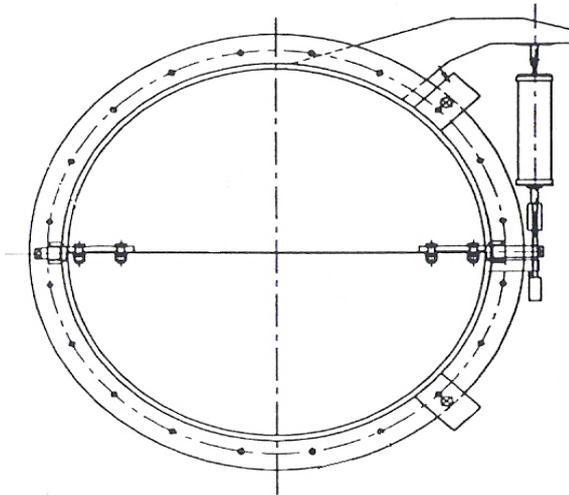
Modelo	RFD-1120
Tamaño	Ø 1120 x 1140L
Controlador de velocidad (tipo manual)	
Válvula de 3 vías (tipo manual)	
Válvula de bola (tipo manual)	
Cilindro actuador individual	Ø 63 x 150 Carrera
Peso del conjunto	400Kg

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-20-2.3
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013
	REV: 01 PAG: 79

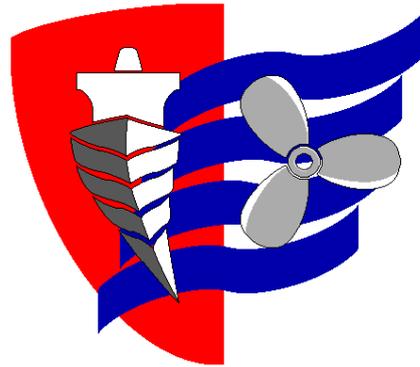
Válvula de bola (tipo manual)

Cilindro actuador individual Ø 40 x 150 Carrera

Peso del conjunto 120 g



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



PLANOS

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-30	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 81

3. PLANOS

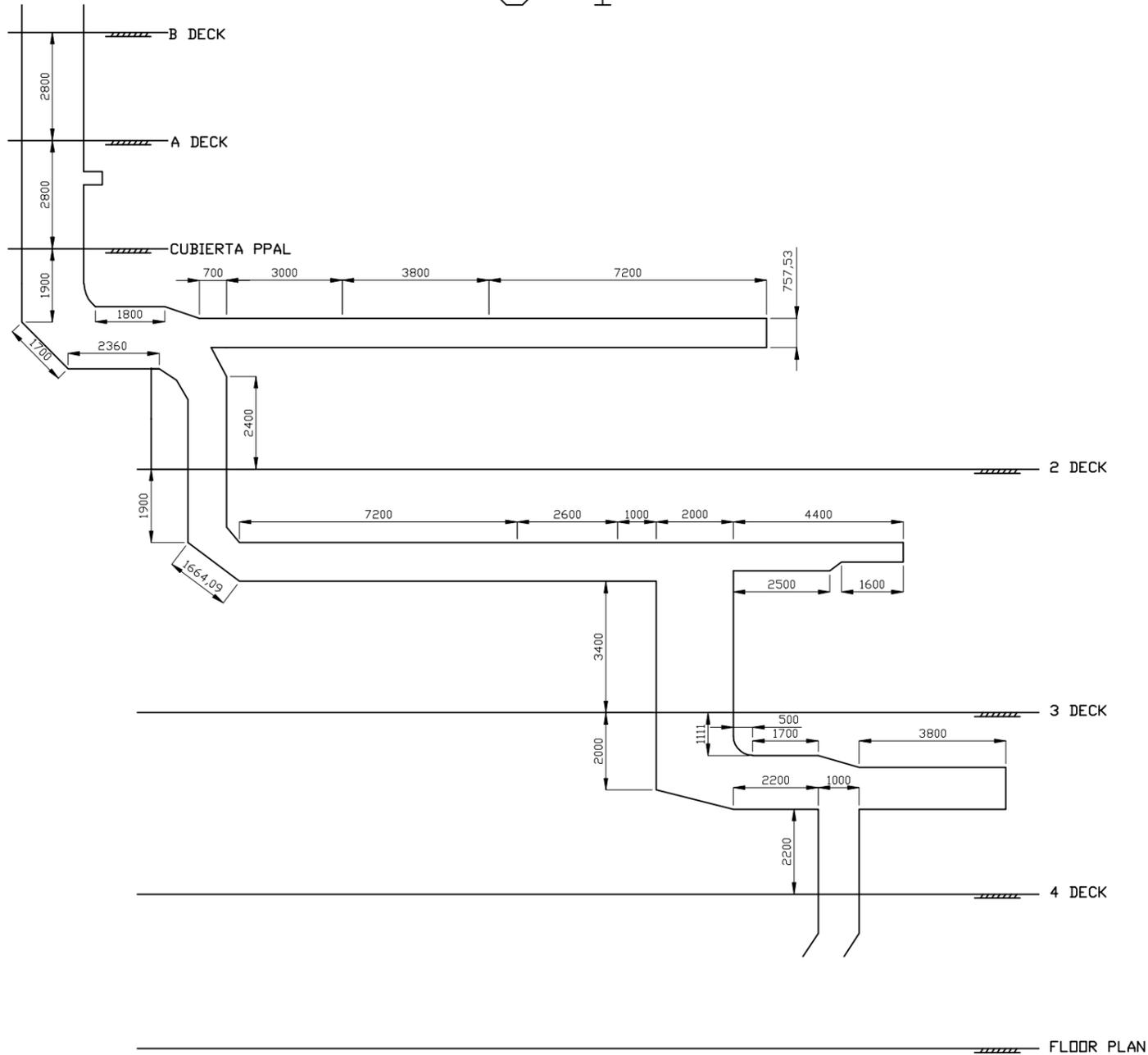
3.1. DISPOSICIÓN DE LAS LÍNEAS DE VENTILACIÓN

- Ref: 001-30-3-1.1-P Disposición líneas de ventilación sección 1
- Ref: 001-30-3-1.2-P Disposición líneas de ventilación sección 2
- Ref: 001-30-3-1.3-P Disposición líneas de ventilación sección 3
- Ref: 001-30-3-1.4-P Disposición líneas de ventilación sección 4
- Ref: 001-30-3-1.5-P Disposición líneas de ventilación extractor purificadoras

3.2. DIAGRAMAS UNIFILARES

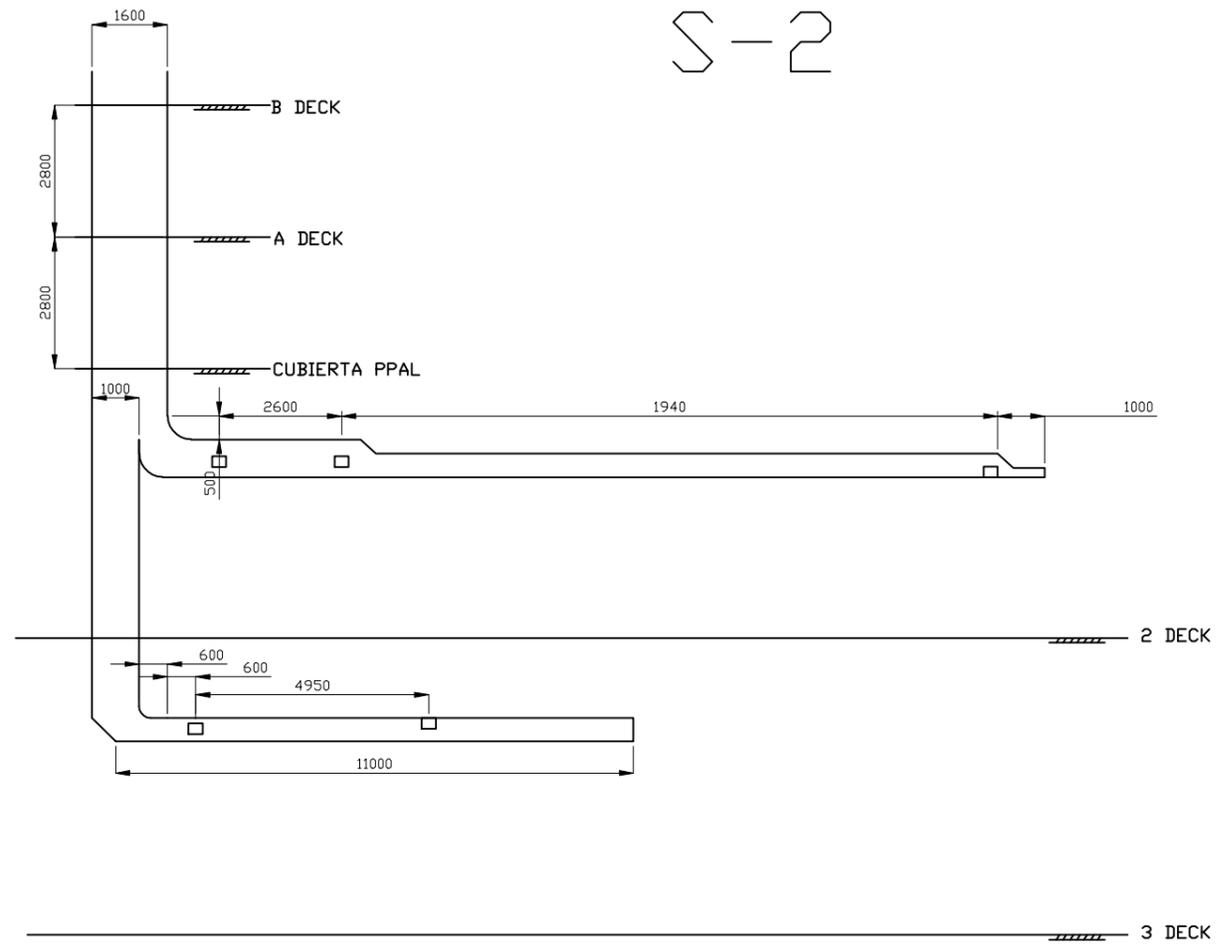
- Ref: 001-30-3-2.1-P Diagrama unifilar sección 1
- Ref: 001-30-3-2.2-P Diagrama unifilar sección 2
- Ref: 001-30-3-2.3-P Diagrama unifilar sección 3
- Ref: 001-30-3-2.4-P Diagrama unifilar sección 4

S-1



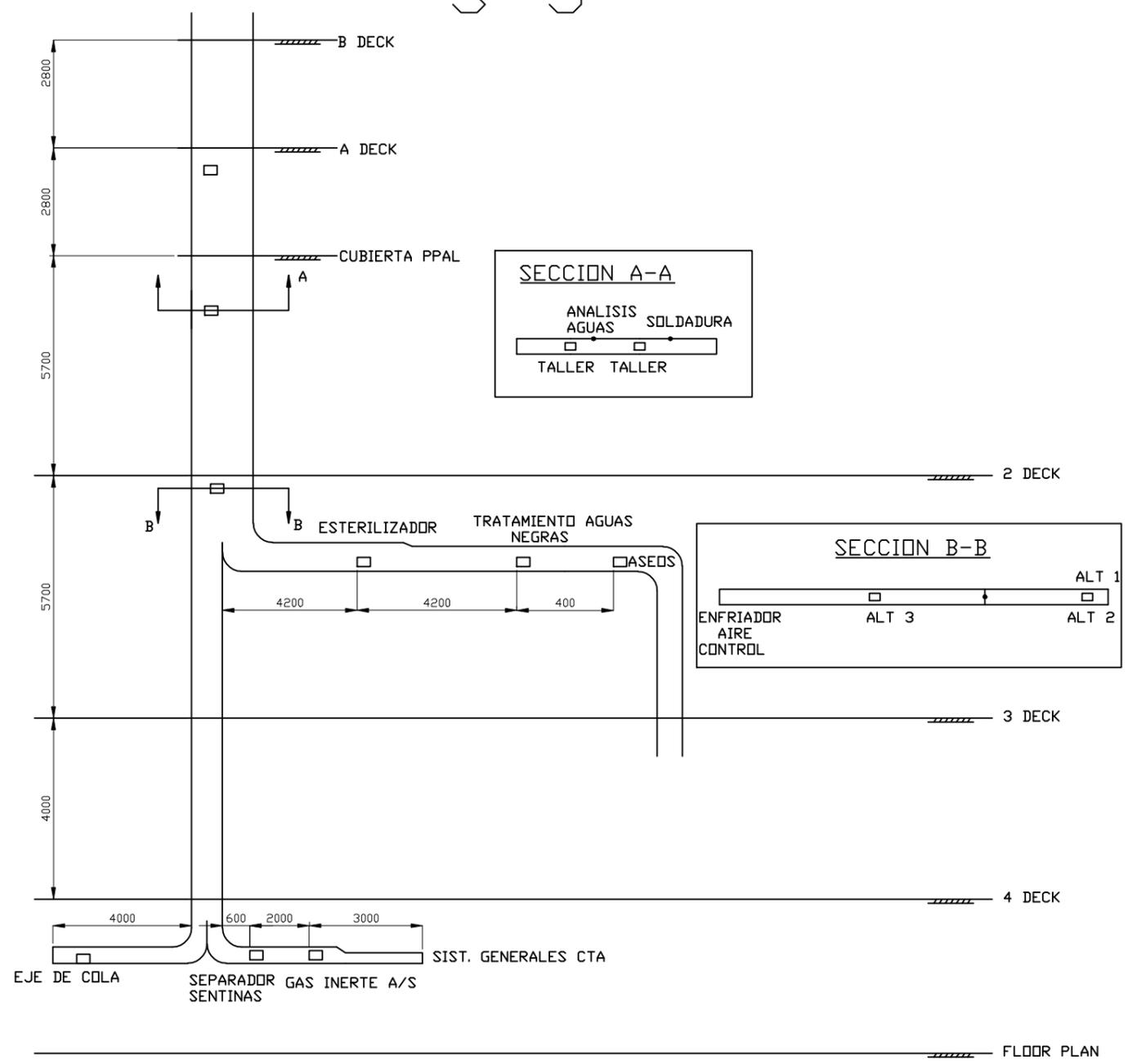
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA			
PROYECTO Cálculo y diseño de la ventilación de aire en la sala de máquinas de un buque tanque			
DENOMINACIÓN		REF. PLANO	
Disposición líneas de ventilación sección 1		40-4.1-001-P	
ESCALA	FECHA	INGENIERÍA	
1/150	ENR-13	JON PARRA GARCÍA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	ENR-13	JON PARRA GARCÍA	
Vº Bº			
El presente documento está generado únicamente con fines académicos. Se presentará como plano en proyecto fin de carrera - Grado en Ingeniería Marítima. Julio 2011.			

S-2



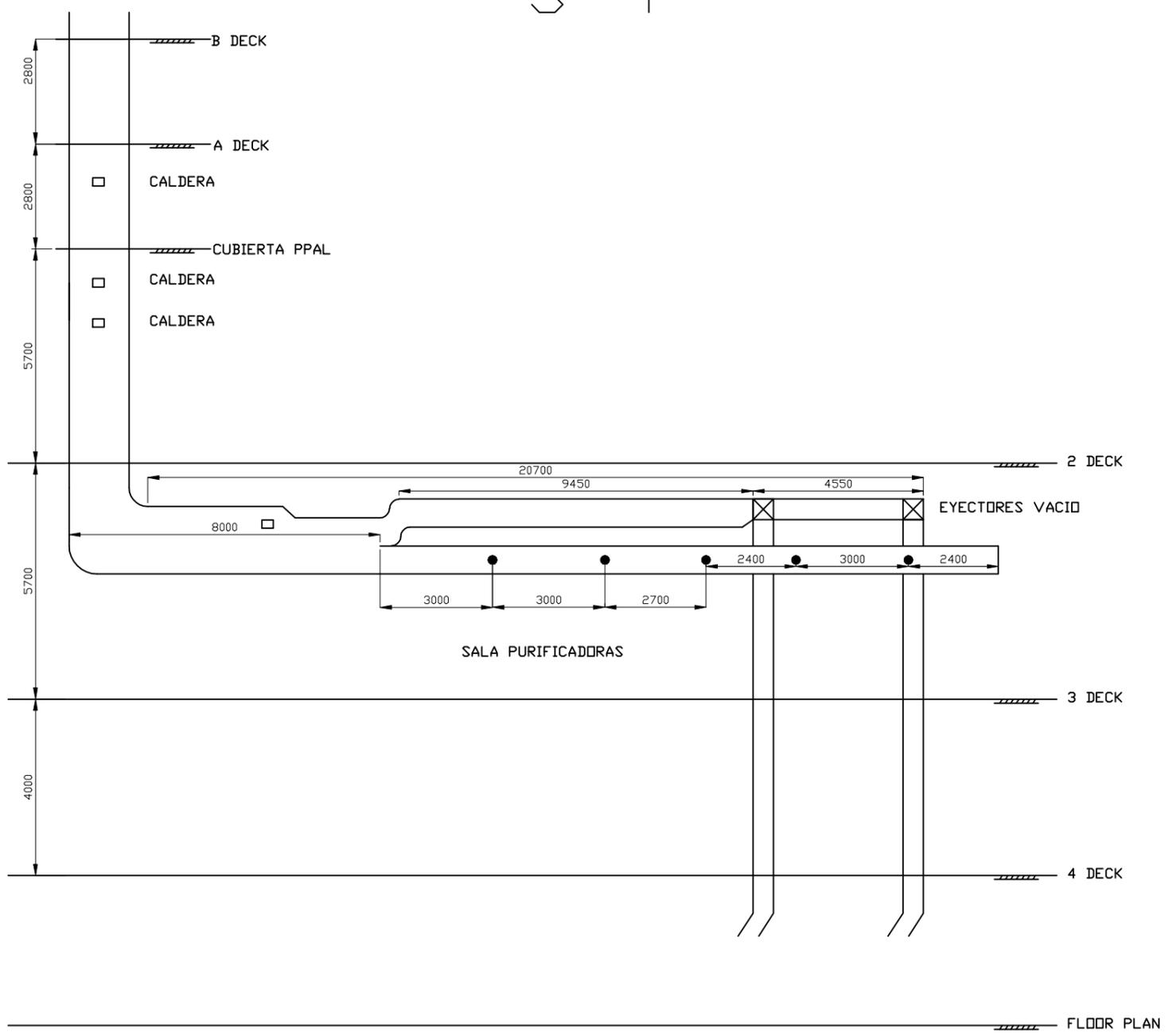
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NAÚTICA			
PROYECTO Cálculo y diseño de la ventilación de aire en la sala de máquinas de un buque tanque			
DENOMINACIÓN		REF. PLANO	
Disposición líneas de ventilación sección 2		40-4,1-002-P	
ESCALA	FECHA	INGENIERÍA	
1/150	ENR-13	JON PARRA GARCÍA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	ENR-13	JON PARRA GARCÍA	
Vº Bº			
<small>El presente documento está generado únicamente con fines académicos. Se presentará como plano en proyecto fin de carrera - Grado en Ingeniería Marítima. Julio 2011.</small>			

S-3



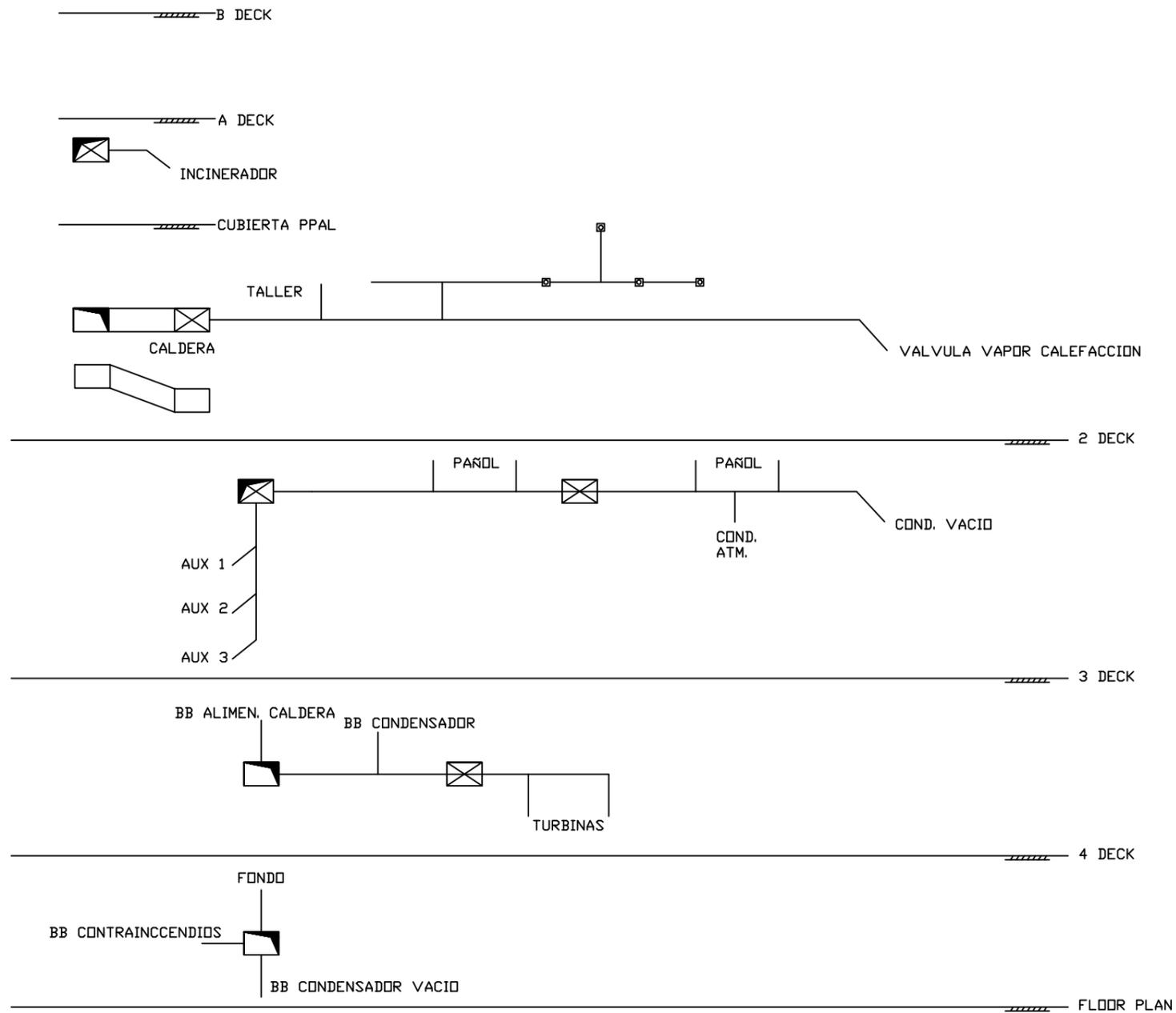
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA			
PROYECTO Cálculo y diseño de la ventilación de aire en la sala de máquinas de un buque tanque			
DENOMINACIÓN		REF. PLANO	
Disposición líneas de ventilación sección 3		40-4.1-003-P	
ESCALA	FECHA	INGENIERÍA	
1/150	ENR-13	JON PARRA GARCÍA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	ENR-13	JON PARRA GARCÍA	
√º Bº			
El presente documento está generado únicamente con fines académicos. Se presentará cómo plano en proyecto fin de carrera - Grado en Ingeniería Marítima, Julio 2011.			

S-4



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA			
PROYECTO Cálculo y diseño de la ventilación de aire en la sala de máquinas de un buque tanque			
DENOMINACIÓN		REF. PLANO	
Disposición líneas de ventilación sección 4		40-4,1-004-P	
ESCALA	FECHA	INGENIERÍA	
1/150	ENR-13	JON PARRA GARCÍA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	ENR-13	JON PARRA GARCÍA	
Vº Bº			
El presente documento está generado únicamente con fines académicos. Se presentará como plano en proyecto fin de carrera - Grado en Ingeniería Marítima. Julio 2011.			

S-1



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

PROYECTO Cálculo y diseño de la ventilación de aire en la sala de máquinas de un buque tanque

DENOMINACIÓN Diagrama unifilar sección 1

REF. PLANO
40-4.2-001-P

ESCALA

FECHA

INGENIERÍA

./.

ENR-13

JON PARRA GARCÍA

DIBUJADO

FECHA

NOMBRE

FIRMA

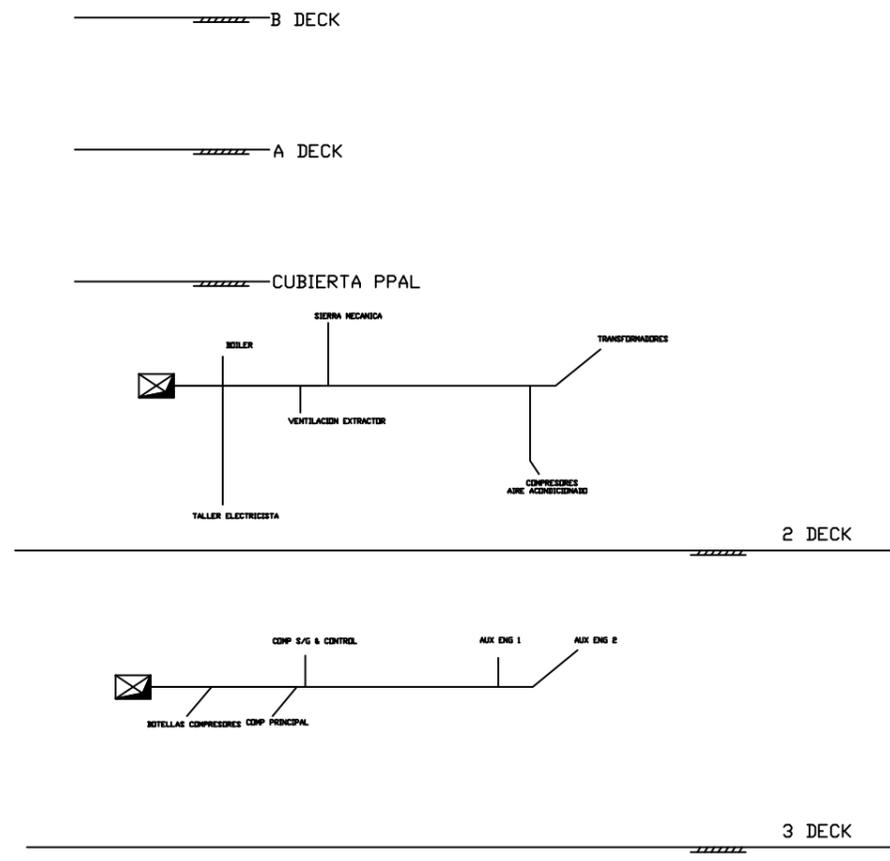
ENR-13

JON PARRA GARCÍA

Vº Bº

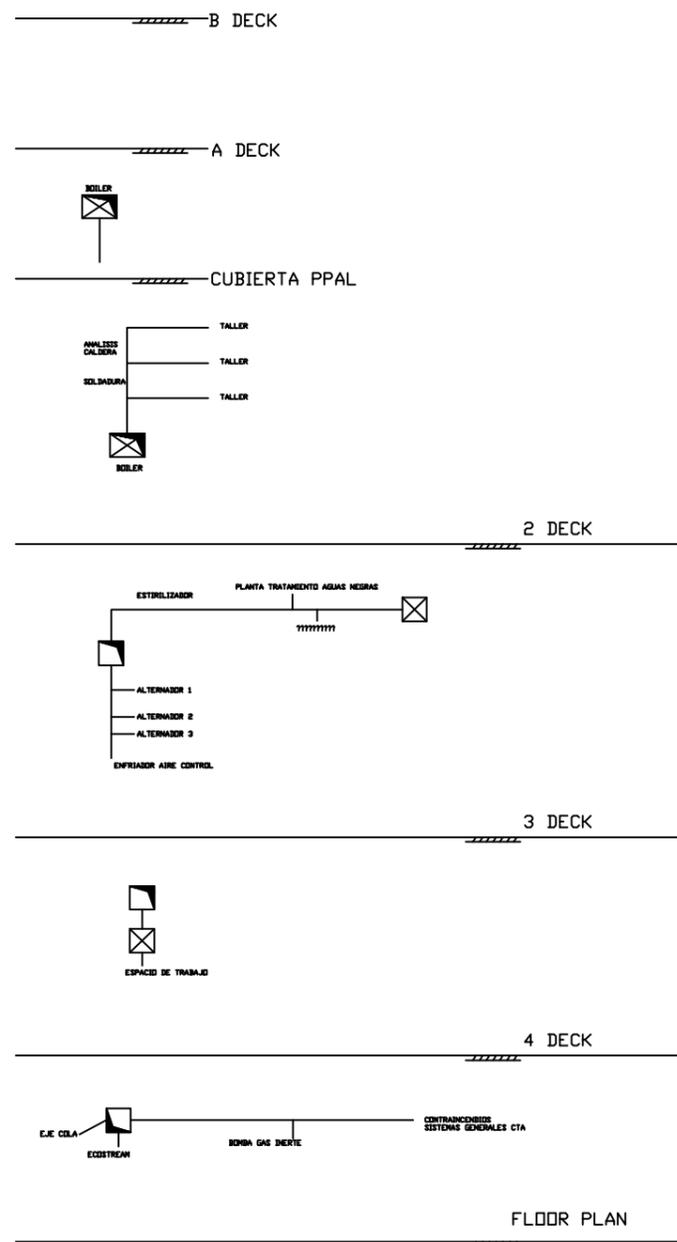
El presente documento está generado únicamente con fines académicos. Se presentará como plano en proyecto fin de carrera - Grado en Ingeniería Marítima. Julio 2011.

S-2

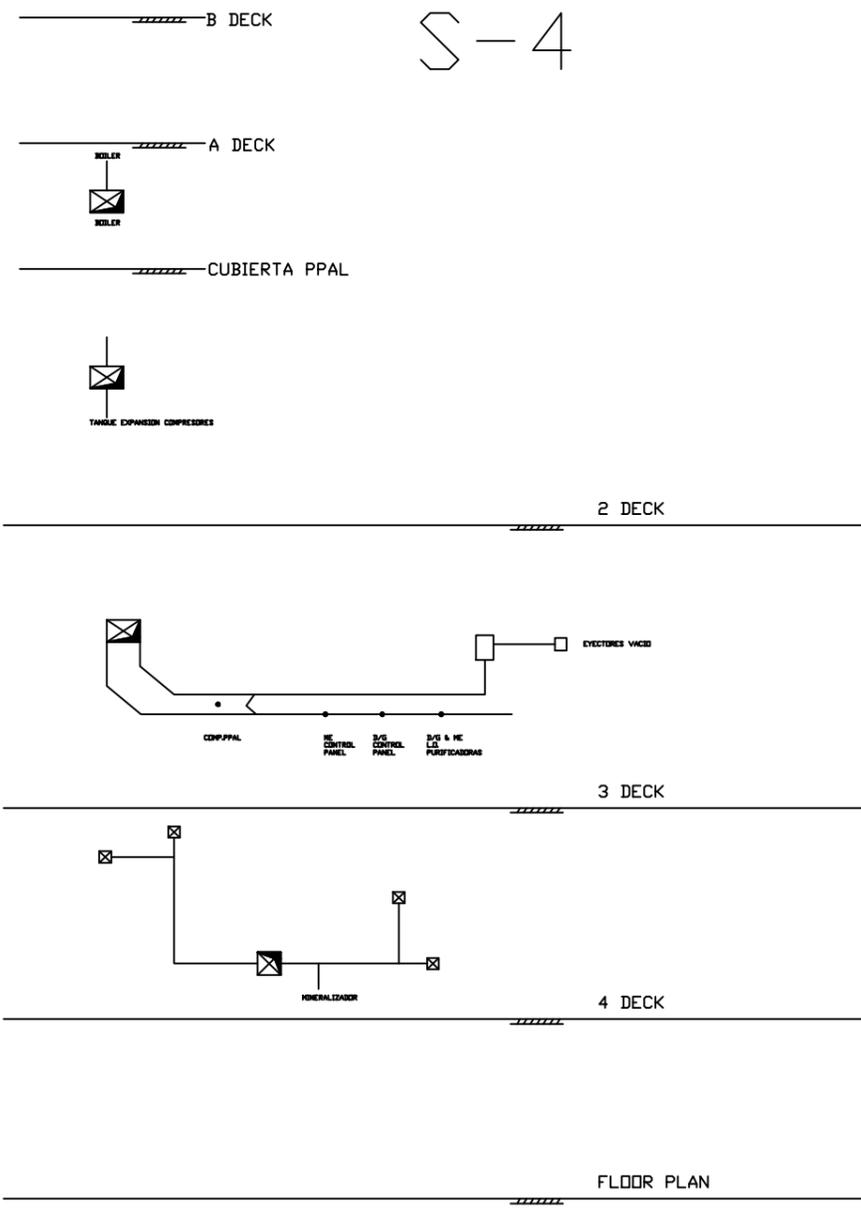


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA			
PROYECTO Cálculo y diseño de la ventilación de aire en la sala de máquinas de un buque tanque			
DENOMINACIÓN Diagrama unifilar sección 2		REF. PLANO 40-4.2-002-P	
ESCALA 1/1	FECHA	INGENIERÍA	
	ENR-13	JON PARRA GARCÍA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	ENR-13	JON PARRA GARCÍA	
Vº Bº			
El presente documento está generado únicamente con fines académicos. Se presentará como plano en proyecto fin de carrera - Grado en Ingeniería Marítima. Julio 2011.			

S-3

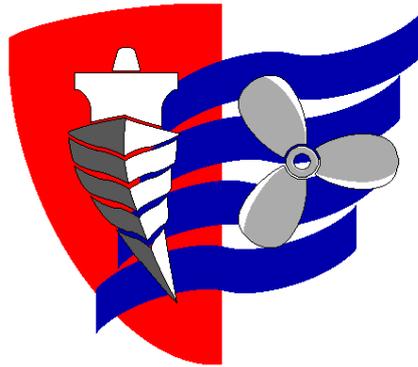


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NAÚTICA			
PROYECTO Cálculo y diseño de la ventilación de aire en la sala de máquinas de un buque tanque			
DENOMINACIÓN Diagrama unifilar sección 3		REF. PLANO 40-4.2-003-P	
ESCALA 1/.	FECHA	INGENIERÍA	
	ENR-13	JON PARRA GARCÍA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	ENR-13	JON PARRA GARCÍA	
Vº Bº			
El presente documento está generado únicamente con fines académicos. Se presentará como plano en proyecto fin de carrera - Grado en Ingeniería Marítima. Julio 2011.			



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA			
PROYECTO Cálculo y diseño de la ventilación de aire en la sala de máquinas de un buque tanque			
DENOMINACIÓN		REF. PLANO	
Diagrama unifilar sección 4		40-4.2-004-P	
ESCALA	FECHA	INGENIERÍA	
./.	ENR-13	JON PARRA GARCÍA	
	FECHA	NOMBRE	FIRMA
DIBUJADO	ENR-13	JON PARRA GARCÍA	
Vº Bº			
El presente documento está generado únicamente con fines académicos. Se presentará como plano en proyecto fin de carrera - Grado en Ingeniería Marítima. Julio 2011.			

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



PLIEGO DE CONDICIONES

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-40-4.1
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013
	REV: 01 PAG: 83

4. PLIEGO DE CONDICIONES

4.1. OBJETIVO

El presente proyecto se redacta con carácter de Proyecto de Fin de Carrera para la obtención por parte de quien lo suscribe, del título de Ingeniero Técnico Naval en Construcción y Servicios del Buque, que versa sobre la redacción del cálculo y diseño del sistema de ventilación para sala de máquinas de un buque petrolero.

La instalación del sistema de ventilación para sala de máquinas de un buque petrolero que he diseñado, ha de satisfacer las necesidades del buque antes mencionado.

En este proyecto se contempla la ventilación para la sala de máquinas en función de las necesidades humanas de la gente de mar que en dicho buque desarrolle su labor profesional y de las máquinas de dicha instalación.

La instalación de este sistema de ventilación de este proyecto estará de acuerdo con la vigente sociedad de clasificación LLOYD'S Register of Shipping, y sus instrucciones complementarias, así como la legislación vigente al respecto.

Todos los equipos y materiales utilizados en esta instalación, estarán debidamente autorizados por la administración de industria correspondiente u organismo competente y debidamente homologado.

4.2. NORMATIVA

Se cumplirán todos los reglamentos, normas y disposiciones, tanto nacionales como comunitarias y locales, actualmente vigentes sobre la materia y las sucesivas que se publiquen durante el transcurso de los trabajos.

Los reglamentos y normas de obligado cumplimiento para realizar el diseño de la instalación serán:

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-40-4.2
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013
	REV: 01 PAG: 84

- SOLAS
- MARPOL
- IP
- AAS o ABS
- UNE 24042

En ocasiones, a falta de normativa española, podrá utilizarse, normas de organismos internacionales o extranjeros como ISO, DIM, UNE, IEC etc.

Se entiende que se considerara la edición más reciente de las normas antes mencionadas, como las últimas modificaciones oficialmente aprobadas.

4.3. CONDICIONES GENERALES

El presente pliego de condiciones tiene por objeto definir al Astillero, el alcance del trabajo y la ejecución cualitativa del mismo. Determina los requisitos a los que se debe de ajustar la ejecución de la instalación de ventilación del barco cuyas características técnicas se especifican en el siguiente proyecto

El Astillero está obligado al cumplimiento de la reglamentación del trabajo correspondiente, la contratación de un seguro obligatorio, seguro de enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten.

En particular deberá cumplir lo dispuesto en la norma UNE 24042 "Contratación de Obras. Condiciones Generales", siempre que no lo modifique el presente pliego.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-40-4.3
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013
	REV: 01 PAG: 85

Mandos y responsabilidades:

Jefe de obra:

El contratista dispondrá a pie de obra de un técnico cualificado, quien ejercerá como Jefe de Obra, controlará y organizará los trabajos objeto del contrato siendo el interlocutor válido frente a la propiedad.

Vigilancias:

El contratista será el único responsable de la vigilancia de los trabajos que tenga contratados hasta su recepción provisional.

Limpieza:

El contratista mantendrá en todo momento el recinto de la obra libre de acumulación de materiales de desecho, desperdicios o escombros debiendo retirarlos a medida que estos se produzcan.

El contratista estará obligado a eliminar adecuadamente y por su cuenta en un vertedero autorizado los desechos que se produzcan durante los trabajos a ejecutar.

Al abandonar el trabajo cada día deberá dejarse el puesto y las zonas de trabajo ordenadas.

Al finalizar la obra, esta se entregara completamente limpia, libre de herramientas andamiajes y materiales sobrantes.

Será por cuenta del contratista el suministro, la distribución y el consumo de todas las energías y fluidos provisionales que sean necesarios para el correcto y normal desarrollo de los trabajos objeto de su oferta.

Reglamentos y normas.

Todas las unidades de obra se ejecutarán cumpliendo las prescripciones indicadas en los reglamentos de seguridad y normas técnicas

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-40-4.3
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013
	REV: 01 PAG: 86

de obligado cumplimiento para este tipo de instalación, tanto de ámbito internacional, como nacional o autonómico, así como todas las otras que se establezcan en la memoria descriptiva del mismo.

Se adaptarán además a las presentes condiciones particulares que complementarán las indicadas por los reglamentos y normas citadas.

Materiales.

Todos los materiales empleados serán de primera calidad. Cumplirán las especificaciones y tendrán las características indicadas en el proyecto y en las normas técnicas generales, así como todas las relativas a la conservación de los mismos atendiendo a las particularidades de un medio hostil como es el marino.

Toda especificación o característica de materiales que figuren en cualquier documento del proyecto, aún sin figurar en los restantes es igualmente obligatoria. En caso de existir contradicción u omisión en los documentos del proyecto, aun sin figurar en los restantes es igualmente obligatoria.

En caso de existir contradicción u omisión en los documentos del proyecto, el Astillero que realizará las obras tendrá la obligación de ponerlo de manifiesto al Técnico Director de Obra, quien decidirá sobre el particular. En ningún caso podrá suplir la falta directamente y por decisión propia sin la autorización expresa.

Recepción del material.

El Director de Obra de acuerdo con el Astillero dará a su debido tiempo su aprobación sobre el material suministrado y confirmará que permite una instalación correcta. La vigilancia y conservación del material suministrado será por cuenta del Astillero.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-40-4.3
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013
	REV: 01 PAG: 87

Control de calidad:

Correrá por cuenta del contratista el control de Calidad de la obra de acuerdo a la legislación vigente. El control de calidad comprenderá los siguientes aspectos:

- Control de materias primas.
- Control de equipos o materiales suministrados a obra.
- Calidad de ejecución de las obras (construcción y montaje).
- Calidad de la obra terminada (inspección y pruebas).

Una vez adjudicada la oferta el contratista enviara a la Dirección facultativa el Programa Garantía de Calidad de la obra.

Todos los materiales deberán ser, como mínimo, de la calidad y características exigidas en los documentos del proyecto.

Si en cualquier momento durante la ejecución de las obras o durante el periodo de garantía, la Dirección del Proyecto detectase que algún material o unidad de obra no cumple con los requisitos de calidad exigidos, podrá exigir al contratista su demolición y posterior reconstrucción. Todos los costes derivados de estas tareas serán por cuenta del Contratista, quien no tendrá derecho a presentar reclamación alguna por este concepto.

Muestras:

El contratista deberá presentar para su aprobación, muestras de los materiales a utilizar con la antelación suficiente para no retrasar el comienzo de la actividad correspondiente, la dirección del proyecto tiene un plazo de tres días para dar su visto bueno o parar exigir el cambio si la pieza presentada no cumpliera todos los requisitos. Si las muestras fueran rechazadas, el contratista deberá presentar nuevas muestras, de tal manera que el plazo de aprobación por parte de la dirección de obra no afecte al

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-40-4.3
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013
	REV: 01 PAG: 88

plazo de ejecución de las obra. Cualquier retraso que se origine por el rechazo de los materiales será considerado como imputable al Contratista.

Organización.

El Astillero actuará de patrono legal, aceptando todas las responsabilidades que le correspondan y quedando obligado al pago de los salarios y cargas que legalmente están establecidas y en general, a todo cuanto legisle en decretos u órdenes sobre el particular ante o durante la ejecución de la obra.

Dentro de lo estipulado en el Pliego de Condiciones, la organización de la obra así como la determinación de la procedencia de los materiales que se empleen, estará a cargo del Astillero a quien le corresponderá la responsabilidad de la seguridad contra accidentes.

El Astillero, sin embargo, deberá informar al Director de Obra de todos los planes de organización técnica de la obra, así como de la procedencia de los materiales y cumplimentar cuantas órdenes de éste en relación con datos extremos.

Para los contratos de trabajo, compra de material o alquiler de elementos auxiliares que el Astillero considere oportuno llevar a cabo y que no estén reflejados en el presente, solicitará la aprobación previa del Director de Obra, corriendo a cuenta propia del Astillero.

Ejecución de las obras.

Comprobación del replanteo.

En el plazo máximo de 15 días hábiles a partir de la adjudicación definitiva al Astillero, se comprobarán en presencia del Director de Obra, de un representante del Astillero y del armador del barco, el replanteo de las obras efectuadas antes de la licitación, extendiéndose el correspondiente

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-40-4.3
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013
	REV: 01 PAG: 89

Acta de Comprobación del Reglamento.

Dicho Acta, reflejará la conformidad del replanteo a los documentos contractuales, refiriéndose a cualquier punto, que en caso de disconformidad, pueda afectar al cumplimiento del contrato. Cuando el Acta refleje alguna variación respecto a los documentos contractuales del proyecto, deberá ser acompañada de un nuevo presupuesto valorado a los precios del contrato.

Programa de trabajo.

En el plazo de 15 días hábiles a partir de la adjudicación definitiva, el Astillero presentará el programa de trabajo de la obra, ajustándose a lo que sobre el particular especifique el Director de Obra, siguiendo el orden de obra que considere oportuno para la correcta realización de la misma, previa notificación por escrito a la dirección de lo mencionado anteriormente.

Cuando del programa de trabajo se deduzca la necesidad de modificar cualquier condición contractual, dicho programa deberá ser redactado contradictoriamente por el Astillero y el Director de Obra, acompañándose la correspondiente modificación para su tramitación.

Comienzo.

El Astillero estará obligado a notificar por escrito o personalmente de forma directa al Director de Obra la fecha de comienzo de los trabajos.

Plazo de ejecución.

La obra se ejecutará en el plazo que se estipule en el contrato suscrito con la propiedad o en su defecto en las condiciones que se especifiquen en este pliego. Como mínimo deberán ser decepcionadas las obras dentro del plazo establecido para ello en la planificación de este pliego.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-40-4.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 90

El contratista presentará un plan de trabajos detallado, ajustado al plazo pactado, que se desglosará en tareas y tiempos de ejecución, que deberá ser aprobado por la

Propiedad, dicho plan se incorporará como anexo al contrato, formando parte integrante del mismo.

Si se observase un retraso en el cumplimiento del plan detallado aprobado por la propiedad, la Dirección facultativa podrá solicitar que se tomen las medidas oportunas para recuperar dicho retraso. El coste de estas medidas de recuperación será soportado por el Contratista.

Si ocurriera un evento que se considere de acuerdo a la normativa española como causa de fuerza mayor, el contratista deberá notificar a la Dirección Facultativa tal circunstancia en el plazo máximo de dos días hábiles desde que este ocurra, indicando la duración prevista del problema y su incidencia en los plazos de ejecución de la obras (no se considerará causas de fuerza mayor los días de lluvia, agua, hielos, nevadas y fenómenos atmosféricos de naturaleza semejante).

Si el contratista cumple con la notificación del párrafo anterior, y toma las medidas oportunas para reducir al máximo la incidencia del evento de fuerza mayor, la Dirección facultativa autorizará la ampliación de los plazos de ejecución en el tiempo que dure la misma causa.

El incumplimiento de los plazos parcial o total de la terminación de las obras dará derecho a la Propiedad a aplicar las penalizaciones establecidas.

Cuando el Astillero, de acuerdo, con alguno de los extremos contenidos en el presente Pliego de Condiciones, o bien en el contrato establecido con la propiedad, solicite una inspección para poder realizar algún trabajo anterior que esté condicionado por la misma vendrá obligado a tener preparada para dicha inspección, una cantidad de obra que corresponda a un ritmo normal de trabajo.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-40-4.3
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013
	REV: 01 PAG: 91

Cuando el ritmo de trabajo establecido por el Astillero, no sea el normal, o bien a petición de una de las partes, se podrá convenir una programación de inspecciones obligatorias de acuerdo con el plan de obra.

Interpretación y desarrollo del proyecto.

La interpretación técnica de los documentos del proyecto corresponde al Técnico Director de Obra. El Astillero está obligado a someter a éste a cualquier duda, aclaración o discrepancia que surja durante la ejecución de la obra por causa del proyecto, o circunstancias ajenas, siempre con la suficiente antelación en función de la importancia del asunto con el fin de darlo solución lo antes posible.

El Astillero se hace responsable de cualquier error motivado por la omisión de esta obligación y consecuentemente deberá rehacer a su costa los trabajos que correspondan a la correcta interpretación del proyecto. El Astillero está obligado a realizar todo cuanto sea necesario para la buena ejecución de la obra aún cuando no se halle explícitamente reflejado en el pliego de condiciones o en los documentos del proyecto. El Astillero notificará por escrito o en persona directamente al Director de Obra y con suficiente antelación las fechas en que quedarán preparadas para la inspección cada una de las partes de la obra para las que se ha indicado necesidad o conveniencia de las mismas o para aquellas que parcial o totalmente deban quedar ocultas.

De las unidades de obra que deban quedar ocultas, se tomarán antes de ello, los datos precisos para su medición, a los efectos de liquidación y que sean suscritos por el Técnico Director de Obra de hallarlos correctos. Si no se diese el caso, la liquidación se realizará en base a los datos o criterios de medición aportados por este.

Variaciones del Proyecto.

No se consideran como mejoras o variaciones del proyecto más que

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-40-4.3
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013
	REV: 01 PAG: 92

aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por el Director de Obra sin variación del importe contratado.

Obras complementarias.

El Astillero tiene la obligación de realizar todas las obras complementarias que sean indispensables para ejecutar cualquiera de las unidades de obra específicas en cualquiera de los documentos del proyecto, aunque en el mismo no figuren explícitamente mencionadas dichas complementarias, todo ello son variación del importe contratado.

Modificaciones.

El Astillero está obligado a realizar las obras que se encarguen resultantes de las posibles modificaciones del proyecto, tanto en aumento como en disminución o simplemente variación, siempre y cuando el importe de las mismas no altere en más o menos de un 25% del valor contratado.

La valoración de los mismos se hará de acuerdo con los valores establecidos en el presupuesto entregado por el Astillero y que ha sido tomado como base del contrato.

El Director de Obra está facultado para introducir las modificaciones que considere oportunas de acuerdo a su criterio, en cualquier unidad de obra, durante la construcción, siempre que cumpla las condiciones técnicas referidas al proyecto y de modo que no varíe el importe total de la obra.

El Astillero no podrá, en ninguna circunstancia, hacer alteración alguna de las partes del proyecto sin autorización expresa del Director de Obra. Tendrá obligación de deshacer toda clase de obra que no se ajuste a las condiciones expresadas en este documento.

Obra defectuosa.

Cuando el Astillero halle cualquier unidad de obra que no se ajuste a

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-40-4.3
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013
	REV: 01 PAG: 93

lo especificado en el Proyecto o en este Pliego de Condiciones, el Director de Obra podrá aceptarlo o rechazarlo; en el primer caso, este fijará el precio que crea justo con arreglo a las diferencias que hubiera, estando el Astillero obligado a aceptar dicha valoración. En el otro caso, se reconstruirá a expensas del Astillero la parte mal ejecutada cuantas veces sean necesarias sin que ello sea motivo de una reclamación económica o de ampliación del plazo de ejecución.

Medios auxiliares.

Serán por cuenta del Astillero todos los medios y maquinarias auxiliares que sean necesarias para la ejecución de la Obra. En el uso de los mismos, estará obligado a cumplir todos los Reglamentos de Seguridad e Higiene en el trabajo vigentes y a utilizar los medios de protección adecuados para sus operarios.

En el caso de rescisión por incumplimiento de contrato por parte del Astillero, podrán ser utilizados libre y gratuitamente por la dirección de obra hasta la finalización de los trabajos.

En cualquier caso, todos los medios auxiliares quedarán en propiedad del Astillero una vez finalizada la obra, pero no tendrá derecho a reclamación alguna por desperfectos a que en su caso haya dado lugar.

Conservación de las obras.

Es obligación del Astillero la conservación en perfecto estado de las unidades de obra realizadas hasta la fecha de la recepción definitiva por la propiedad y corren a su cargo los gastos derivados de ello.

Subcontratación de obras.

Salvo que el contrato disponga lo contrario o que, de su naturaleza y condiciones se deduzca que la obra ha de ser ejecutada directamente por el Astillero, podrá este concretar con terceros la realización de determinadas unidades de obra, previo conocimiento por escrito al Director de Obra. Los

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-40-4.3
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013
	REV: 01 PAG: 94

gastos derivados de la subcontratación correrán a cargo del Astillero.

Recepción de las Obras.

Recepción provisional.

Una vez terminadas las obras, tendrá lugar la recepción provisional y para ello se practicará en ellas un detenido reconocimiento por el Director de Obra y la propiedad en presencia del Astillero, levantando acta y empezando a correr desde ese día el plazo de garantía si se hallan en estado de ser admitidas.

De no ser admitidas, se hará constar en el acta y se darán instrucciones al Astillero para subsanar los defectos observados, fijándose un plazo para ello, expirando el cual se procederá a un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional, sin que esto suponga gasto alguno para la propiedad.

Plazo de garantía.

El plazo de garantía será como mínimo de un año, contando de la fecha de la recepción provisional, o bien el que establezca el contrato también contado desde la misma fecha. Durante este periodo, queda a cargo del Astillero la conservación de las obras y arreglos de desperfectos derivados de una mala construcción o ejecución de la instalación.

Recepción definitiva.

Se realizará después de transcurrido el plazo de garantía o en su defecto a los seis meses de la recepción provisional. A partir de esa fecha cesará la obligación del Astillero de conservar y reparar a su cargo las obras, si bien subsistirán las responsabilidades que pudieran derivarse de defectos ocultos y deficiencias de causa dudosa.

Contratación del Astillero.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-40-4.3
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013
	REV: 01 PAG: 95

El conjunto de las instalaciones que realizará el Astillero que se decida una vez estudiado el proyecto y comprobada su viabilidad.

Contrato.

El contrato se formalizará mediante contrato privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes. Comprenderá la adquisición de todos los materiales, transporte, mano de obra, medios auxiliares para la ejecución de la obra proyectada en el plazo estipulado así como la reconstrucción de las unidades defectuosas, la realización de las obras complementarias y las derivadas de las modificaciones que se introduzcan durante la ejecución, estas últimas en los términos previstos.

La totalidad de los documentos que componen el proyecto técnico de la obra serán incorporados al contrato y tanto el Astillero como el propietario deberán firmarlos en testimonio de que los conocen y aceptan.

Responsabilidades.

El Astillero elegido será el responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas del proyecto y en el contrato. Como consecuencia de ello, vendrá obligado a la desinstalación de las partes mal ejecutadas y a su reinstalación correcta, sin que sirva de excusa que el Director de Obra haya examinado y reconocido las obras.

El Astillero es el único responsable de todas las contravenciones que se cometan (incluyendo su personal) durante la ejecución de las obras u operaciones relacionadas con las mismas. También es responsable de los accidentes o daños que, por errores, inexperiencia o empleo de métodos inadecuados, se produzcan a la propiedad, a los vecinos o terceros en general.

El Astillero es el único responsable del incumplimiento de las

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-40-4.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 96

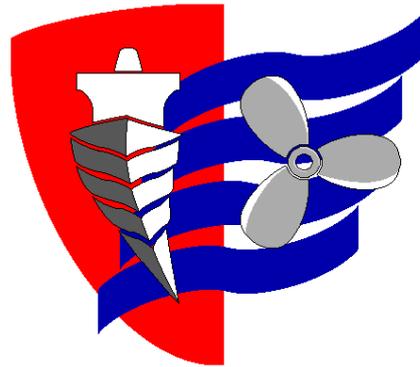
disposiciones vigentes en materia laboral respecto su personal y por lo tanto, de los accidentes que puedan sobrevenir y de los derechos que puedan derivarse de ellos.

Rescisión del contrato.

Se consideran causas suficientes para la rescisión del contrato las siguientes:

- Quiebra del Astillero
- Modificación del Proyecto con una alteración de más de un 25% del mismo.
- Modificación de las unidades de obra sin autorización previa.
- Suspensión de las obras ya iniciadas.
- Incumplimiento de las condiciones del contrato cuando fue de mala fe.
- Terminación del plazo de ejecución de la obra sin haberse llegado a completar esta.
- Actuación de mala fe en la ejecución de los trabajos.
- Destajar o subcontratar la totalidad o parte de la obra a terceros sin autorización del Director de Obra y del Propietario.

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



PRESUPUESTO

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-40-5.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 98

5. PRESUPUESTO

5.1. PRESUPUESTO DESGLOSADO EN PARTIDAS

5.1.1 RED DE CONDUCTOS

5.1.1.1 CONDUCTO RECTANGULAR TRAMOS RECTOS S-1

ELEMENTO	UNIDADES (m ²)	PRECIO UNITARIO (€/m ²)	TOTAL (€)
Conducto rectangular galvanizado 1600x820 1mm	3.7	48,56€	179,68€
Conducto rectangular galvanizado 1600x820 1mm	3.7	48,56€	179,68€
Conducto rectangular galvanizado 1600x820 1mm	6.8	48,56€	330,21€
Conducto rectangular galvanizado 1200x820 1mm	5.5	48,56€	267,1€
Conducto rectangular galvanizado 1000x750 1mm	10.9	48,56€	529,31€
Conducto rectangular galvanizado 800x500 1mm	1	48,56€	48,56€

PROYECTO FIN DE CARRERA		REF: 001-40-5.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL		FECHA: 26/06/2013	
		REV: 01	PAG: 99

Conducto rectangular galvanizado 750x600 1mm	1.8	48,56€	87,41€
Conducto rectangular galvanizado 600x350 1mm	2.7	48,56€	131,12€
Conducto rectangular galvanizado 600x325 1mm	1.3	48,56€	63,13€
Conducto rectangular galvanizado 400x325 1mm	0.7	48,56€	34€
Conducto rectangular galvanizado 400x325 1mm	0.2	48,56€	9,71€
Conducto rectangular galvanizado 320x350 1mm	0.2	48,56€	9,71€
Conducto rectangular galvanizado 275x375 1mm	1.3	48,56€	63,13€
			1932,75€

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-40-5.1
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013
	REV: 01 PAG: 100

5.1.1.2 CONDUCTO RECTANGULAR ACCESORIOS S-1

ELEMENTO	UNIDADES (m ²)	PRECIO UNITARIO (€/m ²)	TOTAL (€)
Codo 1600x820 1mm Conducto rectangular galvanizado	1.6	48,56€	77,7€
Codo 1600x820 1mm Conducto rectangular galvanizado	1.6	48,56€	77,7€
Derivación 600x350-425x250 1mm conducto rectangular galvanizado	1.6	48,56€	77,7€
Derivación 600x350-425x250 1mm conducto rectangular galvanizado	1.6	48,56€	77,7€
Derivación 320x300-320x300 1mm conducto rectangular galvanizado	1.2	48,56€	58,3€
Derivación 800x325-800x325 1mm conducto rectangular galvanizado	3.4	48,56€	165,2€
Derivación 1000x800-1000x800 1mm conducto rectangular galvanizado	3.9	48,56€	189,4€
Derivación 325x300-	1.2	48,56€	58,3€

PROYECTO FIN DE CARRERA		REF: 001-40-5.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL		FECHA: 26/06/2013	
		REV: 01	PAG: 101

325x300 1mm conducto rectangular galvanizado			
Derivación 325x300- 325x300 1mm conducto rectangular galvanizado	1.2	48,56€	58,3€
Derivación 325x300- 325x300 1mm conducto rectangular galvanizado	1.2	48,56€	58,3€
Codo 400x325 1mm Conducto rectangular galvanizado	1.4	48,56€	68€
Codo 400x325 1mm Conducto rectangular galvanizado	1.4	48,56€	68€
Codo 400x325 1mm Conducto rectangular galvanizado	1.4	48,56€	68€
Difusor rectangular 200x200 1mm galvanizado	5	15,30€	76,5€
Grampa regulación de caudal 1mm galvanizado	3	12,6€	37,8€
			1216,9€

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-40-5.1
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013
	REV: 01 PAG: 102

5.1.1.3 CONDUCTO RECTANGULAR TRAMOS RECTOS S-2

ELEMENTO	UNIDADES (m ²)	PRECIO UNITARIO (€/m ²)	TOTAL (€)
Conducto rectangular galvanizado 1600x820 1mm	3.7	48,56€	179,7€
Conducto rectangular galvanizado 1600x820 1mm	3.7	48,56€	179,7€
Conducto rectangular galvanizado 1200x820 1mm	7.5	48,56€	364,2€
Conducto rectangular galvanizado 1200x820 1mm	5.5	48,56€	267,1€
Conducto rectangular galvanizado 1200x820 1mm	13	48,56€	631,3€
Conducto rectangular galvanizado 525x400 1mm	4	48,56€	194,3€
Conducto rectangular galvanizado 400x400 1mm	0.6	48,56€	29,2€
Conducto rectangular galvanizado 300x320 1mm	0.3	48,56€	14,6€

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-40-5.1
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013
	REV: 01 PAG: 103

1860,1€

5.1.1.4 CONDUCTO RECTANGULAR ACCESORIOS S-2

ELEMENTO	UNIDADES (m ²)	PRECIO UNITARIO (€/m ²)	TOTAL (€)
Derivación 650x600- 650x600 1mm conducto rectangular galvanizado	1.6	48,56€	77.7€
Derivación 325x300- 325x300 1mm conducto rectangular galvanizado	1.2	48,56€	58,3€
Derivación 325x300- 325x300 1mm conducto rectangular galvanizado	1.2	48,56€	58,3€
Derivación 325x300- 325x300 1mm conducto rectangular galvanizado	1.2	48,56€	58,3€
Codo 1200x820 1mm Conducto rectangular galvanizado	1.6	48,56€	77.7€
Grampa regulación de caudal 1mm galvanizado	3	12,6€	37,8€
Salida de aire 250x250 1mm Conducto rectangular galvanizado	3	17,31€	52€

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-40-5.1
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013
	REV: 01 PAG: 104

420,1€

5.1.1.5 CONDUCTO RECTANGULAR TRAMOS RECTOS S-3

ELEMENTO	UNIDADES (m ²)	PRECIO UNITARIO (€/m ²)	TOTAL (€)
Conducto rectangular galvanizado 1600x820 1mm	3.7	48,56€	179,7€
Conducto rectangular galvanizado 1600x820 1mm	3.7	48,56€	179,7€
Conducto rectangular galvanizado 1600x820 1mm	7.5	48,56€	364,2€
Conducto rectangular galvanizado 1200x820 1mm	5.5	48,56€	267,1€
Conducto rectangular galvanizado 900x725 1mm	7.9	48,56€	383,7€
Conducto rectangular galvanizado 850x650 1mm	2.2	48,56€	106,9€
Conducto rectangular galvanizado 850x650 1mm	1.4	48,56€	68€

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-40-5.1
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013
	REV: 01 PAG: 105

Conducto rectangular galvanizado 600x350 1mm	1.8	48,56€	87,5€
Conducto rectangular galvanizado 325x300 1mm	0.5	48,56€	24,3€
Conducto rectangular galvanizado 300x425 1mm	0.8	48,56€	38,9€
			1700€

5.1.1.6 CONDUCTO RECTANGULAR ACCESORIOS S-3

ELEMENTO	UNIDADES (m ²)	PRECIO UNITARIO (€/m ²)	TOTAL (€)
Derivación 900x725-900x725 1mm conducto rectangular galvanizado	1.6	48,56€	77,7€
Derivación 400x400-400x400 1mm conducto rectangular galvanizado	1.3	48,56€	63,2€
Derivación 250x200-250x200 1mm conducto rectangular galvanizado	1.2	48,56€	58,3€
Derivación 250x200-250x200 1mm	1.2	48,56€	58,3€

PROYECTO FIN DE CARRERA		REF: 001-40-5.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL		FECHA: 26/06/2013	
		REV: 01	PAG: 106

conducto rectangular galvanizado			
Codo 600x800 1mm conducto rectangular galvanizado	1.4	48,56€	68€
Codo 600x800 1mm conducto rectangular galvanizado	1.4	48,56€	68€
Codo 850x650 1mm conducto rectangular galvanizado	1.4	48,56€	68€
Codo 800x650 1mm conducto rectangular galvanizado	1.4	48,56€	68€
Codo 600x600 1mm conducto rectangular galvanizado	1.3	48,56€	63,2€
Codo 300x425 1mm conducto rectangular galvanizado	1.2	48,56€	58,3€
Grampa regulación de caudal 1mm galvanizado	4	12,6€	50,4€
Salida de aire 250x250 1mm Conducto rectangular galvanizado	5	17,31€	86,6€
			788€

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-40-5.1
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013
	REV: 01 PAG: 107

5.1.1.7 CONDUCTO RECTANGULAR TRAMOS RECTOS S-4

ELEMENTO	UNIDADES (m ²)	PRECIO UNITARIO (€/m ²)	TOTAL (€)
Conducto rectangular galvanizado 1600x820 1mm	3.7	48,56€	179,7€
Conducto rectangular galvanizado 1600x820 1mm	3.7	48,56€	179,7€
Conducto rectangular galvanizado 1600x820 1mm	7.5	48,56€	364,2€
Conducto rectangular galvanizado 1600x820 1mm	10.6	48,56€	514,8€
Conducto rectangular galvanizado 1600x820 1mm	7.4	48,56€	359,4€
Conducto rectangular galvanizado 600x650 1mm	5.9	48,56€	286,5€
Conducto rectangular galvanizado 600x650 1mm	4	48,56€	194,3€
Conducto rectangular galvanizado 500x375 1mm	1.1	48,56€	53,5€

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-40-5.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 108

Conducto rectangular galvanizado 4000x600 1mm	0.7	48,56€	34€
Conducto rectangular galvanizado 300x250 1mm	0.4	48,56€	19,4€
Conducto rectangular galvanizado 300x250 1mm	0.5	48,56€	24,3€
Conducto rectangular galvanizado 325x300 1mm	0.2	48,56€	9,8€
Conducto rectangular galvanizado 225x400 1mm	0.4	48,56€	19,5€
Conducto rectangular galvanizado 225x400 1mm	0.4	48,56€	19,5€
			2258,6€

5.1.1.8 CONDUCTO RECTANGULAR ACCESORIOS S-4

ELEMENTO	UNIDADES (m ²)	PRECIO UNITARIO (€/m ²)	TOTAL (€)
Derivación 300x325-300x325 1mm conducto rectangular galvanizado	1.3	48,56€	63,2€

PROYECTO FIN DE CARRERA		REF: 001-40-5.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL		FECHA: 26/06/2013	
		REV: 01	PAG: 109

Derivación 300x325- 300x325 1mm conducto rectangular galvanizado	1.3	48,56€	63,2€
Codo 1600x820 1mm Conducto rectangular galvanizado	1.6	48,56€	77,7€
Codo 1600x820 1mm Conducto rectangular galvanizado	1.6	48,56€	77,7€
Codo 1000x800 1mm Conducto rectangular galvanizado	1.4	48,56€	68€
Codo 600x600 1mm conducto rectangular galvanizado	1.3	48,56€	63,2€
Codo 600x600 1mm conducto rectangular galvanizado	1.3	48,56€	63,2€
Codo 450x325 1mm Conducto rectangular galvanizado	1.4	48,56€	68€
Codo 450x325 1mm Conducto rectangular galvanizado	1.4	48,56€	68€
Codo 450x325 1mm Conducto rectangular galvanizado	1.4	48,56€	68€

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-40-5.1
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013
	REV: 01 PAG: 110

Codo 400x400 1mm Conducto rectangular galvanizado	1.4	48,56€	68€
Grampa regulación de caudal 1mm galvanizado	1	12,6€	12,6€
Salida de aire 250x250 1mm Conducto rectangular galvanizado	7	17,31€	121,2€
			882€

5.1.1.9 CONDUCTO RECTANGULAR TRAMOS RECTOS PURIFICADORA

ELEMENTO	UNIDADES (m ²)	PRECIO UNITARIO (€/m ²)	TOTAL (€)
Conducto rectangular galvanizado 800x800 1mm	1.3	48,56€	63.3€
Conducto rectangular galvanizado 800x800 1mm	1	48,56€	48,56€
Conducto rectangular galvanizado 800x800 1mm	1	48,56€	48,56€
Conducto rectangular galvanizado 800x800 1mm	2.3	48,56€	111,7€
			272,1€

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-40-5.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 111

5.1.1.10 CONDUCTO RECTANGULAR ACCESORIOS PURIFICADORA

ELEMENTO	UNIDADES (m ²)	PRECIO UNITARIO (€/m ²)	TOTAL (€)
Codo 800x800 1mm conducto rectangular galvanizado	1.4	48,56€	68€
Codo 800x800 1mm conducto rectangular galvanizado	1.4	48,56€	68€
Codo 800x800 1mm conducto rectangular galvanizado	1.4	48,56€	68€
			204€

5.1.1.11 EQUIPOS

ELEMENTO	UNIDADES	PRECIO UNITARIO (€/unidad)	TOTAL (€)
Ventilador sala máquinas de flujo axial tipo AQ-1120/578-10	4	1643.7€	6574.8€
Extractor sala purificadoras de flujo axial tipo AQ-710/280-8	1	980.4€	980.4€
Tomas de aire ventiladores sala máquinas	32	84.14€/m ²	2692.5€

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-40-5.1
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013
	REV: 01 PAG: 112

Grampa Contra incendios sala máquinas modelo RFD-1120	4	493.7€	1974.8€
Grampa Contra incendios extractor purificadoras modelo RFD-710	1	379.4€	379.4€
			12601.9 €

5.1.1.12 MANO DE OBRA

ELEMENTO	UNIDADES	PRECIO UNITARIO (€/hora)	NÚMERO DE HORAS	TOTAL (€)
Jefe de Obra	1	30 €/hora	350	10.500€
Oficiales	6	26 €/hora	350	54.600€
Peones	4	24 €/hora	350	33.600€
				98.700€

5.1.1.13 CONSUMIBLES, MATERIAL DE SEGURIDAD Y DISTINTOS MEDIOS PROVISIONALES

ELEMENTO	UNIDADES	PRECIO UNITARIO (€/unidad)	TOTAL (€)
Materiales consumibles para la ejecución de la obra			1100.0€
Material de seguridad para la ejecución de la obra			420.0€
Colocación e instalación de diferentes medios de anclaje provisional para cumplir con las normas referentes a la seguridad en el trabajo			294.0€

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-40-5.1
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013
	REV: 01 PAG: 113

Colocación e instalación de distintos medios de elevación, pasarelas y andamios de modo provisional para ejecutar los trabajos de forma efectiva y optima			513.0€
UNE-EN ISO 8861:1999			34.41€
UNE-EN ER 8861:1999			0€
UNE-EN 20324			14.69€
			2376.1€

5.2. BALANCE FINAL DEL PRESUPUESTO

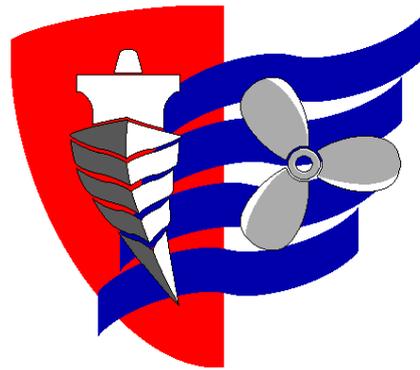
Secciones a presupuestar:	Importe
Ventiladores	7555.2€
Red de conductos	11534.55€
Equipos	5046.7€
Mano de obra	98700€
Consumibles, material de seguridad y distintos medios provisionales	2376.1€
Presupuesto de Ejecución del Material:	125212.55€

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-40-5.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 114

Concepto:	Importe
(10 % PEM) Gastos Generales, licencias y trámites	12521.25€
(5% PEM) Honorarios del proyecto	6260.63€
(21 % PEM) IVA	26294.64€
Presupuesto General para conocimiento del Cliente:	170289.1€

Asciende el Presupuesto General para conocimiento del Cliente a ciento setenta mil doscientos ochenta y nueve con un euros.

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



ANEXOS

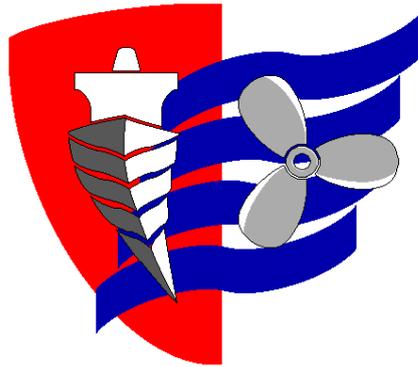
PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-60-6.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 116

6. ANEXOS

6.1. ANEXO I. NORMATIVA

ANEXO I NORMATIVA

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



BIBLIOGRAFÍA

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-70	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 166

7. BIBLIOGRAFÍA

7.1. LIBROS

Carnicer Royo, E. (2001). “Ventilación Industrial”. Ed. Paraninfo.

Maestro, J.L. (2009). “Apuntes de la asignatura Proyectos”. Dpto. Ciencias y Técnicas de la Navegación y de la Construcción Naval. Escuela Técnica Superior de Náutica-Santander.

Marcombo (1987). “Manual de aire acondicionado”. Handbook of air conditioning system design / por Carrier Air Conditioning Company.

7.2. PÁGINAS WEB

AENOR.

<http://www.aenor.es/aenor/normas/buscadornormas/buscadornormas.asp>

[Consultado: noviembre 2012]

7.3. MANUALES DE INSTRUCCIONES

Manual de instrucciones motor principal, marca MAN – B&W, modelo 6RTA58T.

Manual de instrucciones motores auxiliares, marca SSANGYONG - MAN – B&W, modelo 6L23/30.

Manual de los alternadores de los motores auxiliares.

Manual de instrucciones de las calderas vol.1, marca AALBORG INDUSTRIES.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: 001-70	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 26/06/2013	
	REV: 01	PAG: 167

7.4. NORMATIVA

UNE-EN ISO 8861:1999 “Construcción naval. Ventilación de la sala de máquinas de barcos de motor diesel. Requisitos de diseño y bases de cálculos”. (ISO 8861:1998).

UNE-EN ISO 8861:2001 ERRATUM. “Construcción naval. Ventilación de la sala de máquinas de barcos de motor diesel. Requisitos de diseño y bases de cálculos”. (ISO 8861:1998).

UNE 20324. “Grados de protección proporcionados por las envolventes” (código IP)