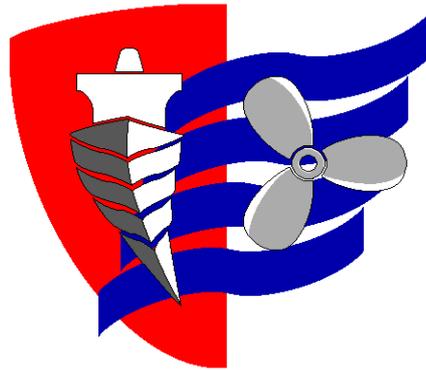


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



*Proyecto Fin de Carrera*

**CÁLCULO Y DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE AIRE  
ACONDICIONADO PARA UN BUQUE LNG**

---

**LNG SHIP'S AIR CONDITIONING DESIGN AND  
CALCULATION**

Para acceder al Título de

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

Autor: David Martínez Román

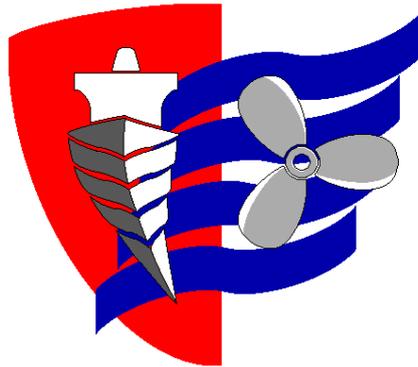
Octubre - 2013

# ÍNDICE GENERAL

1. Memoria .....	6
1.1 General .....	6
1.2 Datos principales del buque .....	10
1.3 Aire Acondicionado .....	11
2. CÁLCULOS .....	17
2.1 Introducción.....	17
2.2 Aislamientos.....	17
2.3 Ganancias y pérdidas de calor.....	25
2.4 Ganancias térmicas totales .....	46
2.5 Pérdidas térmicas totales.....	47
2.6 Cálculo del flujo de aire.....	47
2.7 Estudios Psicométricos .....	51
2.8 Diseño de Conductos.....	62
3 Elección de elementos .....	77
3.2 Módulos de la UTA.....	78
4 Planos.....	86
4.1 Aislamientos.....	86
4.2 Red de conductos .....	86

4.3	Detalles constructivos .....	86
5	Planificación temporal de la obra.....	88
5.1	Diagrama de red.....	89
6	Presupuesto .....	91
6.1	Presupuesto desglosado en partidas .....	91
6.2	Balance final del presupuesto .....	100
7	Pliego de Condiciones.....	103
7.1	Pliego de Condiciones generales.....	103
7.2	Pliego de Condiciones Económicas.....	114
7.3	Pliego de condiciones facultativas.....	119
8	Anexos.....	133
8.1	Anexo I. Documentos UTA.....	133
8.2	Anexo II. Catálogo Conductos .....	133
8.3	Anexo III. Catálogo Aislamiento, Fichas Técnicas .....	133
9	Bibliografía .....	166
9.1	Libros .....	166
9.2	Páginas Web.....	166
9.3	Normativa .....	166

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



**MEMORIA**

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:ME-10-1.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG:6

# 1. Memoria

## 1.1 General

### 1.1.1 Título

Cálculo de la instalación de aire acondicionado para un buque LNG

### 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 Objeto del proyecto o planteamiento del problema

El dimensionamiento y diseño de la instalación de un sistema de acondicionamiento en un buque LNG.

### 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**

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

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:ME-10-1.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG:7

**Tabla 2-Nomenclatura utilizada para la definición de los documentos**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
<b>LL</b>	Identifica el tipo de documento según la tabla 3
<b>NN</b>	Identifica el proceso al que pertenece el documento según la tabla 4
<b>X</b>	Identifica el subproceso dentro de cada proceso según la tabla 4
<b>Z</b>	Indica la procedencia del documento; P:propio; E:externo; M:modificado

El tipo de documento se define en la siguiente tabla:

**Tabla 3-Tipo de documento**

CÓDIGO	TIPO DE DOCUMENTO
ME	MEMORIA
CA	CÁLCULOS
EE	ELECCIÓN DE ELEMENTOS
PT	PLANIFICACIÓN TEMPORAL
PR	PRESUPUESTO
PL	PLANOS
PC	PLIEGO DE CONDICIONES
AN	ANEXOS
BI	BIBLIOGRAFÍA

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:ME-10-1.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG:8

**Tabla 4. Listado de procesos y subprocesos**

CÓDIGO	PROCESOS Y SUBPROCESOS
10	<p>Memoria Técnica</p> <p>1.1. General</p> <p>1.2. Datos principales del Buque</p> <p>1.3. Aire Acondicionado</p>
20	<p>Cálculos</p> <p>2.1. Introducción</p> <p>2.2. Aislamientos</p> <p>2.3. Cargas Térmicas</p> <p>2.4. Caudales</p> <p>2.5. Estudios Psicométricos</p> <p>2.6. Diseño de Conductos</p>
30	<p>Elección de Elementos</p> <p>3.1. Sección de mezcla</p> <p>3.2. Filtro</p> <p>3.3. Batería de calor</p> <p>3.4. Batería de frío</p> <p>3.5. Ventilador</p> <p>3.6. Humidificador</p> <p>3.7. Secciones vacías</p>
40	<p>Planos</p> <p>4.1. Aislamientos</p> <p>4.2. Red de Conductos</p> <p>4.3. Detalles Constructivos</p>

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:ME-10-1.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG:9

50	Planificación temporal 5.1 Diagrama de red
60	Presupuesto 6.1. Presupuesto desglosado en partidas 6.2. Balance final del presupuesto
70	Pliego de Condiciones 7.1. Pliego de Condiciones generales 7.2. Pliego de Condiciones económicas 7.3. Pliego de Condiciones facultativas 7.4. Estudio de seguridad y salud
80	Anexos 8.1. Anexo I. Catalogo Aislamientos, techos y divisiones 8.2. Anexo II. Catálogo de conductos 8.3. Anexo III. . Catálogo UTA
90	Bibliografía 9.1. Libros 9.2. Páginas web 9.3. Normativa

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:ME-10-1.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG:10

### 1.1.5 Normativa

Este proyecto se ciñe a la norma española UNE-EN ISO 7547:2005/AC “Embarcaciones y tecnología marina Aire acondicionado y ventilación de los alojamientos Condiciones de diseño y bases de cálculo” y a la norma española UNE 157001 “Criterios generales para la elaboración de proyectos” estableciendo así las consideraciones generales que permitan precisar las características que deben satisfacer los proyectos.

## 1.2 Datos principales del buque

El Cádiz Knutsen es un buque tipo LNG construido por Izar Construcciones Navales en el astillero de Sestao, con todo su equipo y maquinaria. El armador es Knutsen Oas Shipping. Construido de acuerdo con los reglamentos y bajo la vigilancia especial del LLOYD'S SHIPPING REGISTER.

<i>Tipo de barco</i>	<i>LNG Tanker</i>
<i>Año de construcción</i>	<i>2004</i>
<i>Eslora</i>	<i>271m</i>
<i>Manga</i>	<i>42m</i>
<i>DWT</i>	<i>77228 T</i>
<i>GT</i>	<i>90835 T</i>
<i>Calado</i>	<i>4,4m</i>

<i>Velocidad max.</i>	<i>19,9Knots</i>
<i>Velocidad media</i>	<i>17,6knots</i>
<i>IMO</i>	<i>9246578</i>
<i>MMSI</i>	<i>224263000</i>
<i>Distintivo</i>	<i>ECDQ</i>
<i>Bandera</i>	<i>España</i>

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 11

### **1.3 Aire Acondicionado**

La finalidad de las instalaciones de aire acondicionado es mantener las condiciones ambientales interiores más satisfactorias para la permanencia de las personas en los locales. Para ello un buen sistema de climatización debe ser capaz de controlar las variables que intervienen en el confort:

- Temperatura
- Humedad relativa
- Velocidad de aire
- Pureza del aire
- Ruido

El control de estas variables se realiza mediante los equipos o unidades de tratamiento y distribución de aire de los sistemas de climatización. La pureza del aire depende de las renovaciones del aire nuevo del sistema de ventilación. No es posible lograr una buena climatización sin una buena ventilación.

Al diseñar los sistemas de aire acondicionado se debe ser consciente que resulta imposible lograr la satisfacción de todos los ocupantes de los locales, por lo que dichos sistemas deben realizarse de modo que se tenga el menor porcentaje de quejas posible.

En este proyecto se diseña la instalación de aire acondicionado para la habilitación de un buque, el sistema a instalar es un sistema aire-aire que suministrará aire a las distintas cubiertas.

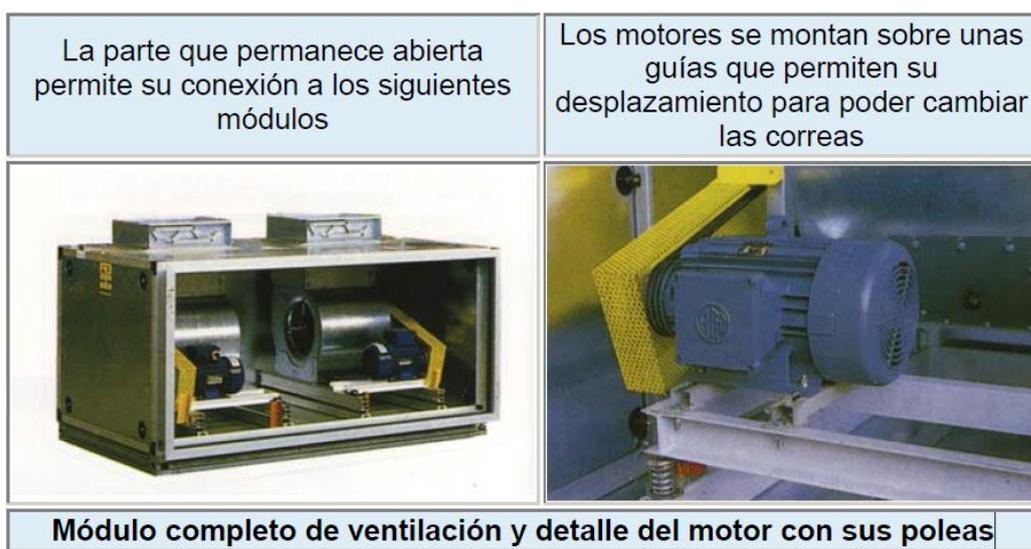
Los fabricantes, para poder adaptarse a todas las demandas de las distintas instalaciones, no construyen los climatizadores como un solo conjunto. Por el contrario, su construcción es totalmente modular. Son módulos que montados en serie forman el climatizador definitivo y que el cliente puede conformar a su medida.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 12

En algunos casos es posible incluso ampliar el equipo con posterioridad. A continuación vemos un ejemplo de un climatizador completamente montado con todos los elementos normales.

Los módulos más comunes y la función de cada uno de ellos son las que se detallan a continuación:

**Módulo de ventiladores:** Es el módulo encargado de mover el aire que hacemos pasar por todo el climatizador. Dependiendo de la potencia y del fabricante podemos encontrarnos diversos tamaños de ventilador o diverso número de ellos, como en este caso. Los ventiladores son siempre centrífugos para que pueden vencer la pérdida de carga que producen las largas longitudes de conductos por las que tiene que circular el aire. La transmisión de la fuerza de los motores a los ventiladores se hace mediante correas. Éstas, deben ir protegidas para evitar accidentes. Cuanto mayor es el tamaño del equipo, mayor cantidad de correas tendremos que tener para asegurarnos la correcta transmisión de las poleas del motor a las poleas del ventilador. Cuando las longitudes de conductos son excesivamente grandes necesitaremos además un módulo de ventiladores de impulsión y otro módulo de ventiladores de retorno para forzar el retorno del aire hacia el climatizador.



**Módulo de tratamiento térmico:** Para modificar la temperatura necesitamos grandes baterías de intercambio que estarán situadas de tal forma que el aire tenga que pasar a través de ellas para cruzar el climatizador. Si el climatizador funciona solamente en una

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 13

temporada del año tendremos una sola batería, pero si está previsto su funcionamiento durante todo el año tendremos en el interior de este módulo dos baterías. Exceptuando las instalaciones en las que el cambio de frío a calor se realiza directamente en el agua, las baterías siempre deben estar perfectamente protegidas por filtros de la entrada de suciedad.



Módulo de filtrado: En este módulo se eliminan en sucesivas fases todos los elementos no deseables para las personas o para el propio equipo. Así, los elementos de filtrado siempre se montan en orden de calidad ascendente. El aire primero tendrá que entrar en contacto con el filtro que solamente filtra partículas de mayor granaje, sucesivamente hasta el de menor granaje, preservándose de la suciedad los filtros más tupidos, que quedarían saturados con gran facilidad. Por tanto, han de ser sustituidos con una periodicidad no superior a 6 meses.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 14



Módulo de recuperación: se utiliza este módulo para producir la recuperación de la energía del aire de retorno de un local utilizándola para climatizar el aire de renovación que queremos introducir.

Compuertas: se utilizan cuando queremos variar la proporción de entrada de aire de renovación al local.

Los sistemas electrónicos de control de compuertas funcionan enviando una señal de voltaje al servomotor para que éste cambie de posición abriendo o cerrando. Los servomotores pueden ser de dos tipos dependiendo del tipo de actuación:

Actuación proporcional: Los proporcionales permiten que, dependiendo de la señal recibida la compuerta quede posicionada en cualquier punto entre el 0 y el 100% de apertura, ajustándose la posición de la compuerta a la señal recibida.

Todo/nada: Los actuadores todo/nada solamente permiten la posición de compuerta totalmente abierta o totalmente cerrada. Sólo se pueden limitar al nivel de apertura máxima y mínima. La forma de funcionar de estos sistemas consiste en que los equipos electrónicos envían la señal de cambio de posición al servomotor dependiendo del valor obtenido en la magnitud medida por sus sondas que son normalmente magnitudes de temperatura, humedad, calidad del aire o varias de ellas simultáneamente como la entalpía.

Cualquier tipo de actuador para compuertas tiene que ser de actuación lenta, pues de lo contrario se produciría el golpe de ariete (golpe producido por cualquier fluido contra

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 15

las paredes del elemento que lo conduce cuando se interrumpe bruscamente su circulación).

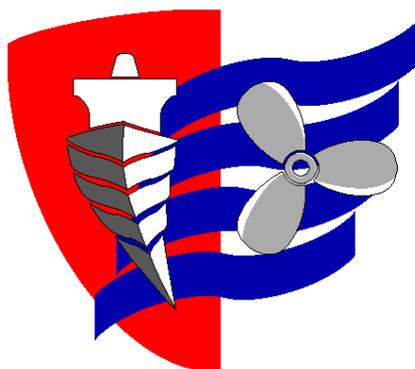
Compuerta de regulación	Servomotor de actuación
	
<p>Su montaje más común es en los climatizadores.</p>	<p>Estos servomotores son apropiados para el movimiento de compuertas, aunque pueden tener otras aplicaciones.</p>

Una de las características más importantes de los climatizadores es que nos permiten, mediante sistemas de compuertas, realizar cambios en la procedencia del aire que haremos pasar por los módulos de tratamiento. Éstos pueden coger aire del exterior, o aire recirculado procedente del interior del local o diferentes proporciones de mezcla de ambos. El movimiento de las compuertas es conveniente que sea automático y gobernado por controladores electrónicos. El sistema más efectivo es el controlador entálpico, que es el único capaz de establecer con certeza el nivel energético de cada una de las masas de aire y en consecuencia actuar sobre las compuertas en la justa proporción para obtener el mejor aprovechamiento térmico.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 16

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



**CÁLCULOS**

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 17

## 2. CÁLCULOS

### 2.1 Introducción

En este apartado del proyecto tras haber elegido los aislamientos, techos y divisiones atendiendo a una serie de exigencias calculamos el coeficiente de transmisión de calor, las cargas térmicas y los estudios psicométricos además de la red de conductos de la instalación.

Después de determinar el tipo de aislamiento con el que contará la habilitación del buque, calculamos, según el procedimiento que nos da la norma, el coeficiente de transmisión de los mamparos y cubiertas, para a continuación calcular todas la cargas térmicas que afectan a los espacios así como las necesidades de ventilación, se desarrollan los estudios psicométricos para invierno y verano para determinar las potencias necesarias para las baterías de la UTA y su dimensionamiento, se diseña y dimensiona la red de conductos determinando la pérdida de carga para la posterior elección de los equipos.

### 2.2 Aislamientos

Se han seleccionado los materiales de aislamiento de acuerdo con la normativa del SOLAS en el capítulo 2 “Construcción – Prevención, detección y extinción de incendios” parte C “Contención de incendios” donde indica la resistencia al fuego y temperatura exigida a los materiales

La norma nos da un procedimiento de cálculo para los coeficientes de transmisión. Teniendo en cuenta el diseño de las cubiertas, se ha escogido el ancho del espacio en techos y mamparos y se han seleccionado los materiales aislantes y sus espesores.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 18

## 2.2.1 Coeficiente de transmisión de calor

Cálculo del coeficiente de transmisión de calor:

$$\frac{1}{k} = \sum \frac{1}{\alpha} + \frac{\sum \frac{d}{\lambda} + M_L + M_b}{\mu}$$

donde

$k$  = es el coeficiente de transmisión total de calor, en vatios por grado Kelvin por metro cuadrado [ $W/(m^2 \cdot K)$ ];

$\alpha$  = es el coeficiente de transmisión de calor del aire exterior, en vatios por grado Kelvin por metro cuadrado [ $W/(m^2 \cdot K)$ ], como sigue:

$\alpha = 80 W/(m^2 \cdot K)$  para las superficies exteriores expuestas al viento (20m/s).

$\alpha = 8 W/(m^2 \cdot K)$  para las superficies interiores no expuestas al viento (0,5m/s).

$d$  = es el espesor del material, en metros;

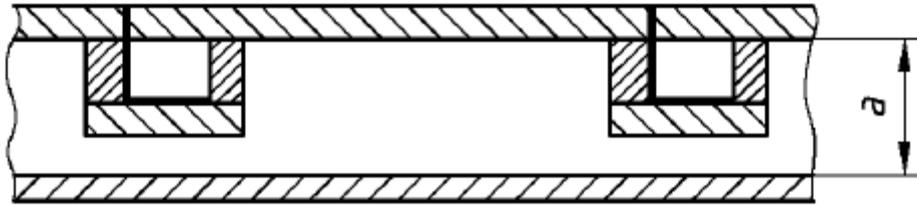
$\lambda$  = es la conductividad térmica, en vatios por grado Kelvin por metro [ $W/(m \cdot K)$ ].

$M_L$  = aislamiento térmico de un espacio de aire, en grados Kelvin por metro cuadrado por vatio [ $(m^2 \cdot K)/W$ ];

$M_B$  = aislamiento térmico entre las diferentes capas del material, en grados Kelvin por metro cuadrado por vatio [ $(m^2 \cdot K)/W$ ];

$\mu$  = es un factor de corrección para las estructuras de acero. En nuestro caso es para un aislamiento corrugado de espesor uniforme como se muestra en la siguiente figura:

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 19



$$\mu = 1,45$$

Aislamiento en techos:

Acero 7mm  $\rightarrow \lambda = 50 \text{ W/mK}$

$$R = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,007 \text{ m}}{50 \text{ W/mK}} = 1,40 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

A-60. 75mm  $\rightarrow \lambda = 0,039 \text{ W/mK}$

$$R = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,075 \text{ m}}{0,039 \text{ W/mK}} = 1,92 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

A-60. 40mm  $\rightarrow \lambda = 0,039 \text{ W/mK}$

$$R = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,040 \text{ m}}{0,039 \text{ W/mK}} = 1,02 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

Thermal isolation. 80mm  $\rightarrow \lambda = 0,039 \text{ W/mK}$

$$R = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,080 \text{ m}}{0,039 \text{ W/mK}} = 2,05 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

Thermal isolation. 50mm  $\rightarrow \lambda = 0,039 \text{ W/mK}$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 20

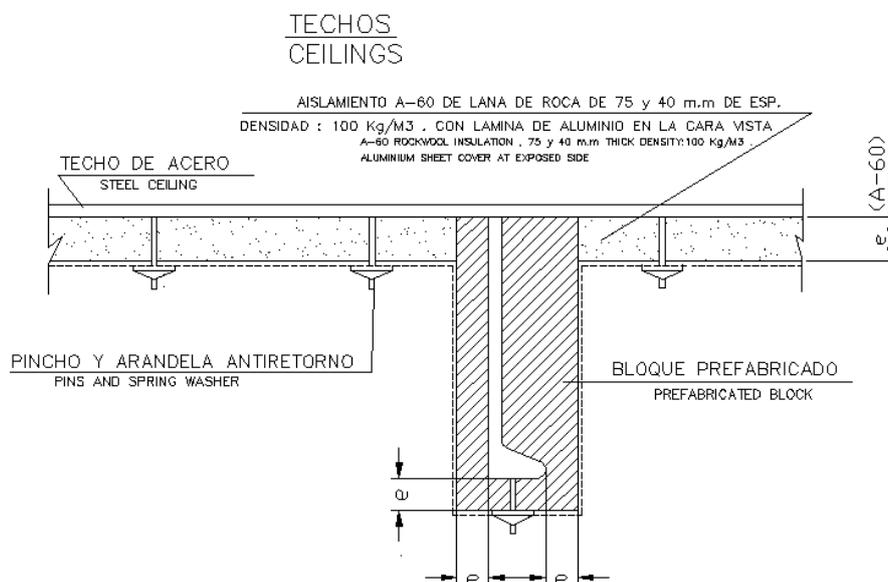
$$R = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,050\text{m}}{0,039\text{W/mK}} = 1,28\text{m}^2\text{K/W}$$

B-30 80mm →  $\lambda=1 \text{ Kcal/m h}^\circ\text{C}=1,16 \text{ W/mK}$

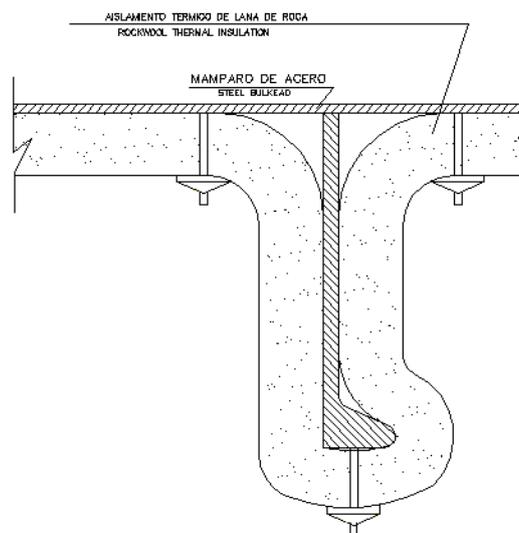
$$R = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,080\text{m}}{1,16\text{W/mK}} = 0,069\text{m}^2\text{K/W}$$

Cámara de aire 300mm →  $R=0,16\text{m}^2\text{K/W}$  [Según la Tabla 3 de la norma (Aislamiento térmico de los espacios de aire no ventilados)].

Teniendo en cuenta si el techo está en contacto con el interior o el exterior:



PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 21



K para interior(espesor del aislamiento=40mm):

$$\frac{1}{k} = \left(\frac{1}{8} + \frac{1}{8}\right) + \frac{(1,4 \cdot 10^{-4} + 1,02 + 0,069 + 0,16)}{1,45}$$

$$k_{Tint} = 0,897W/m^2K$$

K para interior(espesor del aislamiento=50mm):

$$\frac{1}{k} = \left(\frac{1}{8} + \frac{1}{8}\right) + \frac{(1,4 \cdot 10^{-4} + 1,28 + 0,069 + 0,16)}{1,45}$$

$$k_{Tint} = 0,774W/m^2K$$

K para exterior(espesor del aislamiento=75mm):

$$\frac{1}{k} = \left(\frac{1}{80} + \frac{1}{8}\right) + \frac{(1,4 \cdot 10^{-4} + 1,92 + 0,069 + 0,16)}{1,45}$$

$$k_{Tint} = 0,617W/m^2K$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 22

K para exterior(espesor del aislamiento=40mm):

$$\frac{1}{k} = \left( \frac{1}{80} + \frac{1}{8} \right) + \frac{(1,4 \cdot 10^{-4} + 1,02 + 0,069 + 0,16)}{1,45}$$

$$k_{Tint} = 0,997W/m^2K$$

K para exterior(espesor del aislamiento=80mm):

$$\frac{1}{k} = \left( \frac{1}{80} + \frac{1}{8} \right) + \frac{(1,4 \cdot 10^{-4} + 2,05 + 0,069 + 0,16)}{1,45}$$

$$k_{Tint} = 0,585W/m^2K$$

K para exterior(espesor del aislamiento=50mm):

$$\frac{1}{k} = \left( \frac{1}{80} + \frac{1}{8} \right) + \frac{(1,4 \cdot 10^{-4} + 1,28 + 0,069 + 0,16)}{1,45}$$

$$k_{Tint} = 0,848W/m^2K$$

Aislamiento en mamparos:

Acero 7mm →  $\lambda=50W/mK$  [Según Anexo B de la norma (Conductividad térmica de los materiales utilizados comúnmente en la construcción)]

$$R = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,007m}{50W/mK} = 1,4 \cdot 10^{-4}m^2K/W$$

A-60. 75mm →  $\lambda=1,16W/mK$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 23

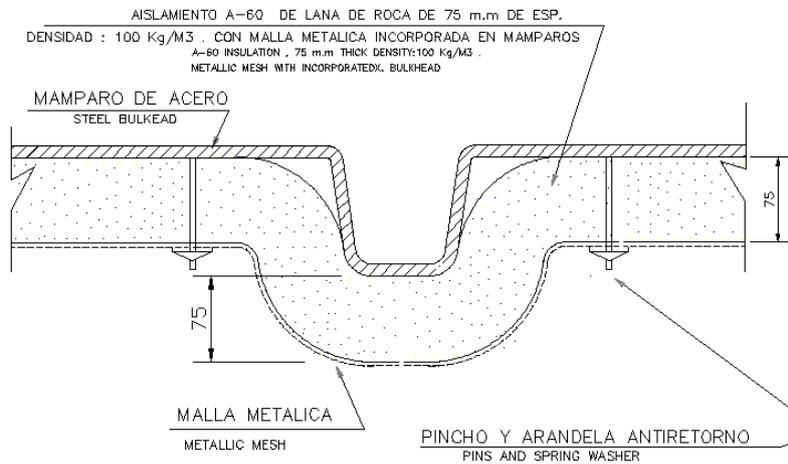
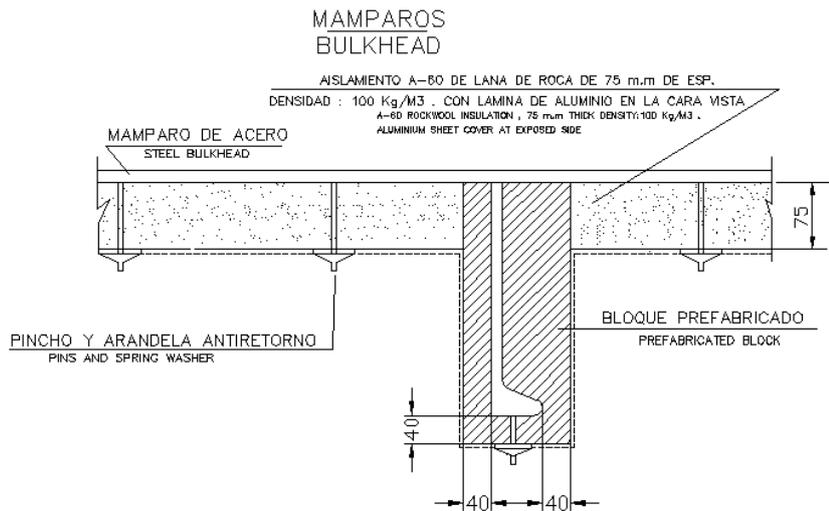
$$R = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,075m}{0,039W/mK} = 1,92m^2K/W$$

B-15 25mm →  $\lambda=1 \text{ Kcal/m h}^\circ\text{C}=1,16 \text{ W/mK}$

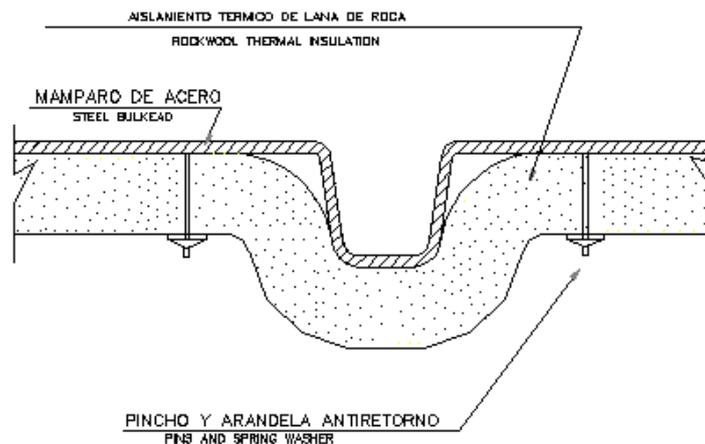
$$R = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,025m}{1,16W/mK} = 0,022m^2K/W$$

Cámara de aire 107mm →  $R=0,15m^2K/W$

Teniendo en cuenta si el mamparo está en contacto con el interior o el exterior:



PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 24



K para interior:

$$\frac{1}{k} = \left( \frac{1}{8} + \frac{1}{8} \right) + \frac{(1,4 \cdot 10^{-4} + 1,92 + 0,022 + 0,15)}{1,45}$$

$$k_{\text{Mamp.int}} = 0,590 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

K para exterior:

$$\frac{1}{k} = \left( \frac{1}{80} + \frac{1}{8} \right) + \frac{(1,4 \cdot 10^{-4} + 1,92 + 0,022 + 0,15)}{1,45}$$

$$k_{\text{Mamp.ext}} = 0,632 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Para las divisiones interiores en la habitacion se utiliza el producto Panelfa, con una conductividad térmica de:

$$k = 1 \text{ Kcal/m h}^\circ\text{C} = 1,16 \text{ W/mK}$$

Las ventanas utilizadas son de doble cristal con un coeficiente de transmisión de calor:

$$k = 3,5 \text{ W/m}^2 \text{ K.}$$

PROYECTO FIN DE CARRERA		REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL		FECHA:23/09/2013	
		REV:01	PAG: 25

***Coefficientes de Transmisión de calor  $W/m^2K$***

<i>Techos interiores</i>		<i>Techos exteriores</i>				<i>Mamparo interior</i>	<i>Mamparo exterior</i>	<i>Ventanas</i>	<i>Divisiones</i>
A-60	Th.iso	A-60		Th.iso		A-60	A-60		
e=40mm	e=50mm	e=75mm	e=40mm	e=80mm	e=50mm	e=75mm	e=75mm		
0,897	0,774	0,617	0,997	0,585	0,848	0,590	0,632	3,5	1,16

## 2.3 Ganancias y pérdidas de calor

Las ganancias térmicas son los aportes de calor transmitidos a un espacio cerrado desde el exterior además de los creados en el interior debidos a las personas, iluminación u otros aparatos eléctricos.

Para el cálculo de las condiciones de verano, se deben aplicar los apartados 5.2 al 5.5 de la norma.

Para el cálculo de las condiciones de invierno, se debe aplicar solamente el apartado 5.2.

### 2.3.1 Transmisión de calor

Para el cálculo de las pérdidas o ganancias en la transmisión, en vatios, se debe utilizar, para cada superficie por separado, la fórmula siguiente:

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 26

$$\phi = \Delta T[(k_v A_v) + (k_g A_g)]$$

donde

$\Delta T$  = es la diferencia de temperatura del aire, en grados kelvin, entre espacios interiores contiguos con aire acondicionado y sin aire acondicionado ( véase apartado 5.2.2, Tabla1) ;

$K_v$  = es el coeficiente de transmisión total de calor, en vatios por grado Kelvin por metro cuadrado, para la superficie  $A_v$  (véase apartado 5.2.3);

$A_v$  = superficie, en metros cuadrados, excluyendo los portillos laterales y las ventanas rectangulares (espesor del vidrio +200mm);

$K_g$  = coeficiente de transmisión total de calor, en vatios por grado Kelvin por metro cuadrado, para la superficie  $A_g$  (véase el apartado 5.2.3);

$A_g$  = es el área, en metros cuadrados, de los portillos laterales y ventanas rectangulares (espesor del vidrio +200mm);

**Ejemplo de aplicación de esta fórmula para el salón del jefe de máquinas que se encuentra en la cubierta “E”:**

Se calculan las dimensiones en metros cuadrados de los mamparos y techos teniendo en cuenta si son contiguos a otros espacios acondicionados o sin acondicionar, al exterior o al pasillo.

Puntal = 3,17m

$A_v$  (Mamparo exterior) = 3,17 x (6,88 x 7,20) = 44,70m<sup>2</sup>

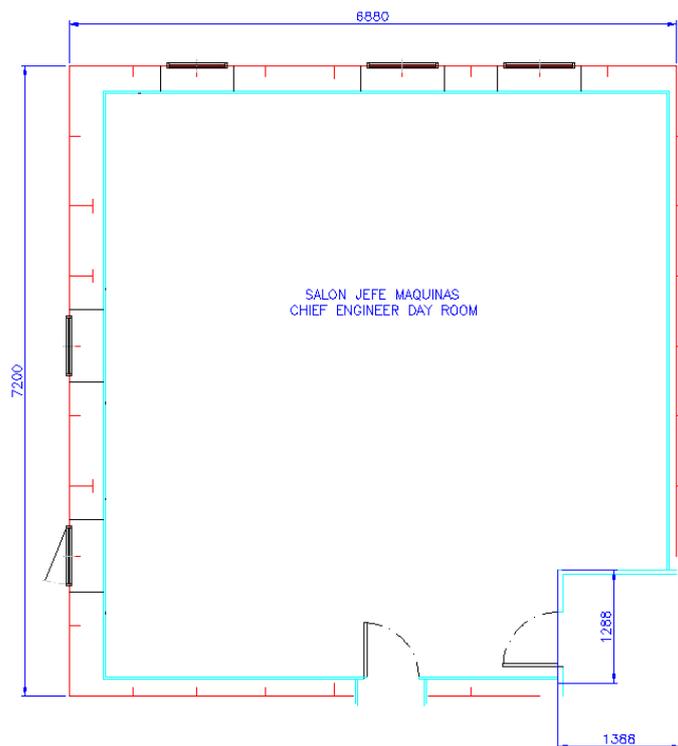
PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 27

$A_v$  (Techo exterior con aislamiento del Tipo A-60) = 15,21m<sup>2</sup>

$A_v$  (Techo exterior con aislamiento del Tipo Thermal isolation) = 12,61m<sup>2</sup>

División al pasillo = 3,17 x (1,28 + 1,38) = 8,49m<sup>2</sup>

$A_g$  (Ventanas) = 2 x (0,75 x 1,50) + 3 x (0,63 x 0,90) = 3,73m<sup>2</sup>



$$\phi_{\text{verano}} = (35 - 27)[(44,70 - 3,95) \times 0,632] + (35 - 27)[(15,21 \times 0,997) + (12,61 \times 0,848)] + (2 \times 8,49 \times 0,69) + (8 \times 3,73 \times 3,5) = 531,21 \text{ W}$$

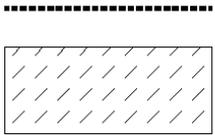
$$\phi_{\text{invierno}} = |(-22 - 20)| [(44,70 - 3,95) \times 0,632] + |(-22 - 20)| [(15,21 \times 0,997) + (12,61 \times 0,848)] + (5 \times 8,49 \times 0,69) + |(-22 - 20)| (3,73 \times 3,5) = 2777,63 \text{ W}$$

Las siguientes tablas recogen las transmisiones de calor por espacio para las distintas cubiertas en vatios:

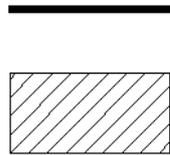
PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 28



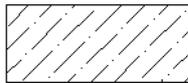
AISLAMIENTO "A-60" DE LANA DE ROCA, DENSIDAD: 100 Kg/M3  
 EN MAMPAROS, TECHOS Y REFUERZOS



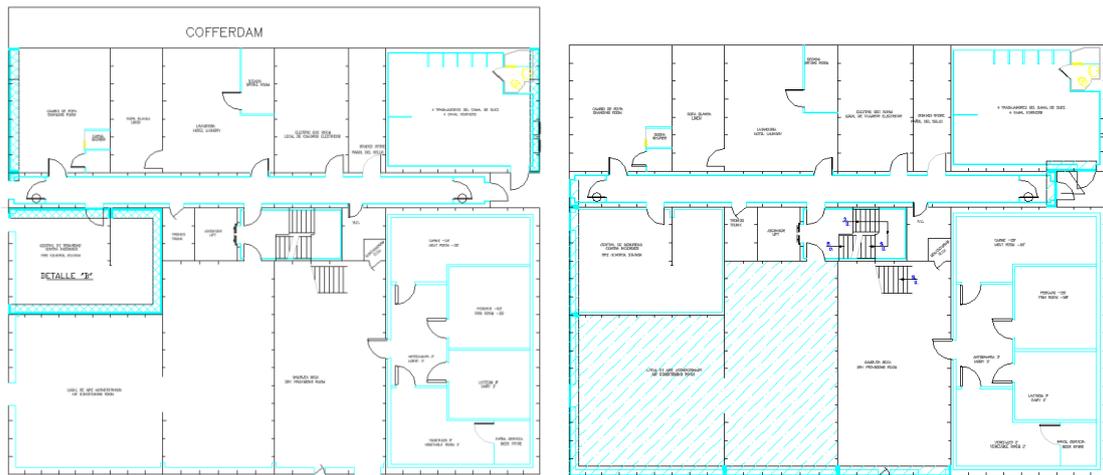
AISLAMIENTO DE LANA DE ROCA DE 50 mm. DENSIDAD 100 Kg/M3  
 PARA PANTALLAS CORTATIROS CADA 14 METROS



AISLAMIENTO TERMICO DE LANA DE ROCA . TIPO NO COMBUSTIBLE  
 EN MAMPAROS, TECHOS, REFUERZOS Y CORRUGACIONES

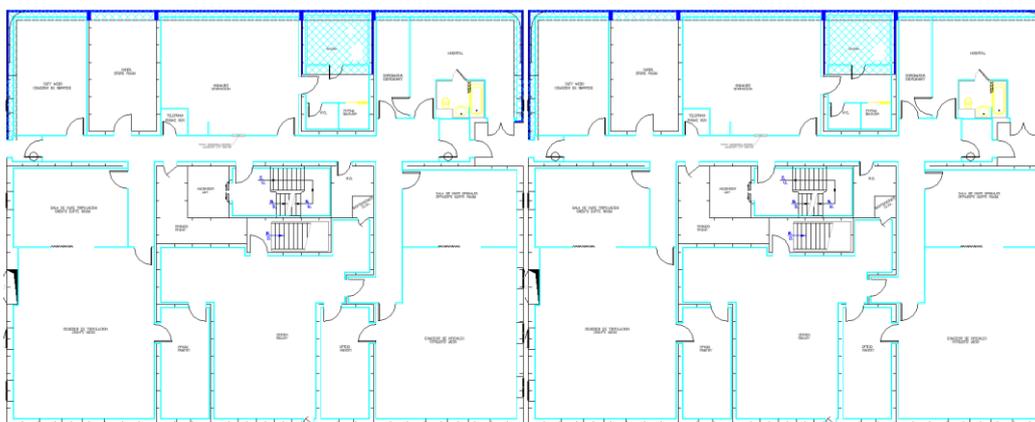


AISLAMIENTO ACUSTICO DE LANA DE ROCA . TIPO NO COMBUSTIBLE DE 50 mm DE ESPESOR  
 DENSIDAD : 70 Kg/M3 . EN TECHOS



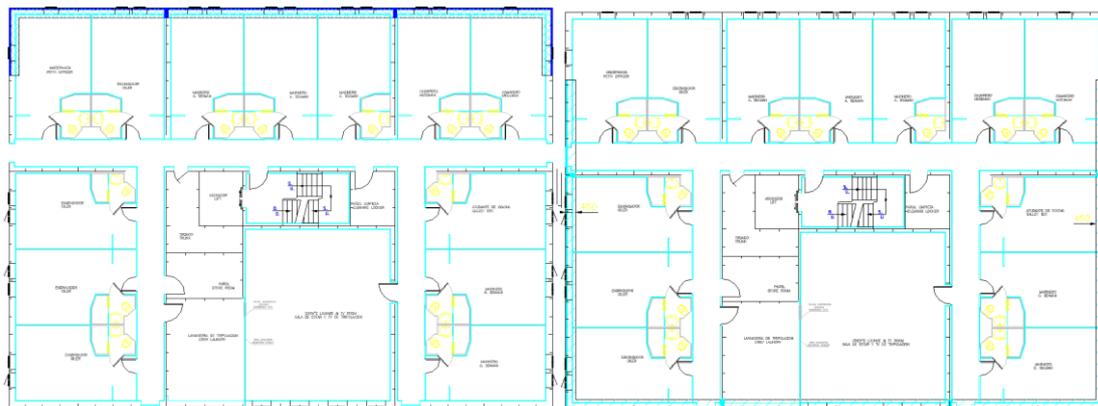
PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 29

<b>Cubierta Principal</b>	<b>Verano</b>	<b>Invierno</b>
<i>Cambio de ropa</i>	567,18	2 846,96
<i>Ropa blanca</i>	370	1 432,42
<i>Lavandería</i>	795,75	1 175,54
<i>Cuadro eléctrico</i>	1 266,35	1 872,09
<i>Panól</i>	265,78	1 120,3
<i>Trabajadores del Canal de Suez</i>	307,05	1 247,08
<i>Gambuza seca</i>	86,6	394,99
<i>Local de aire acondicionado</i>	97,21	443,39
<b>Total</b>	3 755,92W	10 532,77W



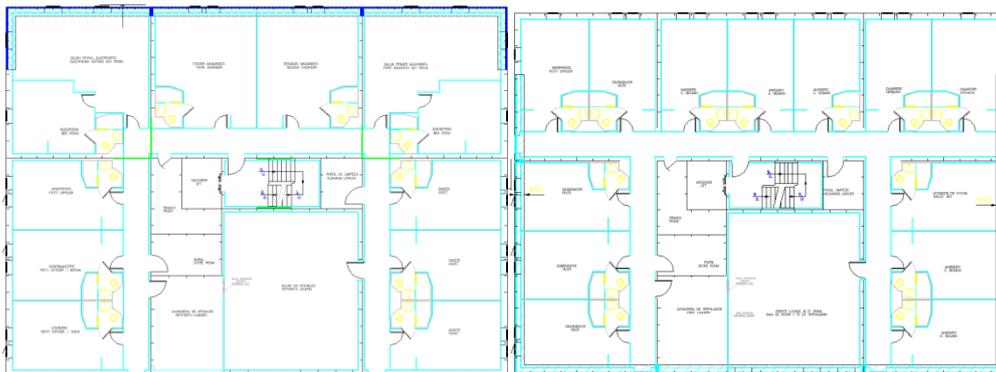
<b>Cubierta A</b>	<b>Verano</b>	<b>Invierno</b>
<i>Comedor de servicio</i>	251,74	1 044,74
<i>Panól</i>	106,69	332,83
<i>Gimnasio</i>	229,05	714,5
<i>Hospital y Enfermería</i>	410,41	1 683,42
<i>Sala de café y Comedor de oficiales</i>	624,56	2 990,16
<i>Oficio</i>	60,24	300,86
<i>Cocina</i>	164,8	746,48
<i>Oficio</i>	54,64	286,84
<i>Comedor y sala de café de tripulación</i>	567,18	2 846,96
<b>Total</b>	2 469,31W	10 946,79W

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 30



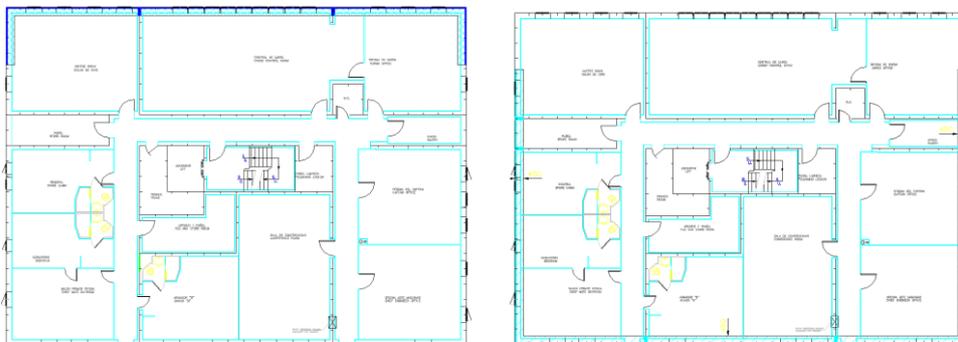
<b>Cubierta B</b>	<b>Verano</b>	<b>Invierno</b>
<i>Maestranza</i>	164,49	824,09
<i>Engrasador</i>	75,61	357,47
<i>Marinero 1</i>	75,61	357,47
<i>Marinero 2</i>	75,61	357,47
<i>Marinero 3</i>	75,61	357,47
<i>Camarero 1</i>	75,61	357,47
<i>Camarero 2</i>	164,49	824,09
<i>Ayudante de cocina</i>	99,11	421,19
<i>Marinero 4</i>	76,73	359,85
<i>Marinero 5</i>	161,16	808,52
<i>Sala de estar y TV</i>	325,3	1 136,12
<i>Panol</i>	94,18	169,73
<i>Lavandería de tripulación</i>	72,99	333,76
<i>Panol</i>	23,3	68,74
<i>Engrasador 1</i>	161,16	808,52
<i>Engrasador 2</i>	76,73	358,43
<i>Engrasador 3</i>	99,11	421,19
<i>Total</i>	14 18,81W	5 971,65W

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 31



<i>Cubierta C</i>	<i>Verano</i>	<i>Invierno</i>
<i>Dormitorio y salón del electricista</i>	283,27	1 449,57
<i>Tercer maquinista</i>	115,18	544,45
<i>Segundo maquinista</i>	115,18	544,45
<i>Dormitorio y salón del primer maquinista</i>	283,27	1 449,57
<i>Cadete 1</i>	83,09	394,93
<i>Cadete 2</i>	83,09	394,93
<i>Cadete 3</i>	175,27	878,83
<i>Salón de oficiales</i>	325,3	1 136,12
<i>Panol de limpieza</i>	94,18	169,73
<i>Lavandería de oficiales</i>	72,99	333,76
<i>Panol de limpieza</i>	27,49	68,74
<i>Cocinero</i>	175,27	878,83
<i>Contramaestre</i>	83,09	394,93
<i>Maestranza</i>	83,09	394,93
<i>Total</i>	1 999,76W	9 033,77W

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 32



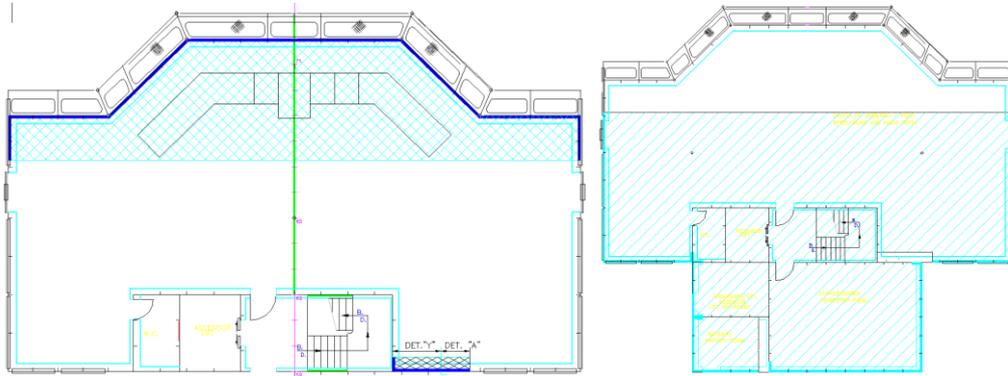
<i>Cubierta D</i>	<i>Verano</i>	<i>Invierno</i>
<i>Salón de control de carga</i>	264,42	1 343,52
<i>Control de carga</i>	321,24	1 592,38
<i>Oficio</i>	28,9	136,77
<i>Oficina de carga</i>	213,79	1 114,85
<i>Oficio</i>	28,9	136,77
<i>Oficina del capitán</i>	134,87	651,12
<i>Oficina del Jefe de maquinas</i>	218,35	1 089,37
<i>Sala de conferencias</i>	148,01	673,35
<i>Panol</i>	23,13	57,82
<i>Armador</i>	117,78	573,17
<i>Archivo y Panol</i>	21,22	53,041
<i>Salón del primer oficial</i>	195,16	980,1
<i>Dormitorio de oficiales</i>	59,89	283,39
<i>Reserva</i>	66,39	317,48
<i>Panol</i>	28,93	136,85
<i>Total</i>	1 870,98W	9 139,981W

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 33



<b>Cubierta E</b>	<b>Verano</b>	<b>Invierno</b>
<i>Salón de Jefe de maquinas</i>	535,21	2 777,63
<i>Segundo oficial</i>	118,05	559,53
<i>Primer oficial</i>	118,05	559,53
<i>Salón del Capitán</i>	535,21	2 777,63
<i>Dormitorio del Capitán</i>	164,59	822,78
<i>Oficial de radio</i>	208,01	1 051,81
<i>Piloto</i>	312,28	1 599,52
<i>Salón del armador</i>	233,16	1 174,68
<i>Salón del maquinista de carga</i>	233,16	1 174,68
<i>Dormitorio del armador</i>	20,31	50,77
<i>Dormitorio del maquinista de carga</i>	20,8	52,01
<i>Reserva 1</i>	312,28	1 599,52
<i>Reserva 2</i>	312,28	1 599,52
<i>Dormitorio del Jefe de maquinas</i>	164,59	822,78
<i>Panol</i>	16,33	40,83
<b>Total</b>	<b>3 304,31W</b>	<b>16 663,22 W</b>

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 34



<i>Puente</i>	<i>Verano</i>	<i>Invierno</i>
<i>Total</i>	4 917,47W	9 255,62 W

	<i>Verano</i>	<i>Invierno</i>
<i>Transmisión de calor total</i>	19 736,56 W	71 543,8 W

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 35

### 2.3.2 Aporte de calor debido al sol

La ganancia de calor debida al sol  $\phi_s$ , se calcula en vatios, como sigue:

$$\phi_s = \sum A_v k \Delta T_r + \sum A_g G_s$$

donde

$A_v$  = es la superficie expuesta a la radiación solar en metros cuadrados (no se incluyen los portillos laterales ni las ventanas rectangulares);

$k$  = es el coeficiente de transmisión total de calor de acuerdo con los apartados 5.2.3 ó 5.2.4 de la norma para una estructura determinada del buque (cubierta, mamparo exterior, etc.) dentro de la superficie  $A_v$ ;

$\Delta T_r$  = es el aumento de temperatura (por encima de una temperatura exterior de +35°C) causado sobre las superficies por la radiación solar, en nuestro caso: 16K para las superficies verticales de color claro

$\Delta T_r = 12K$  para las superficies verticales de color claro

$\Delta T_r = 16K$  para las superficies horizontales de color claro

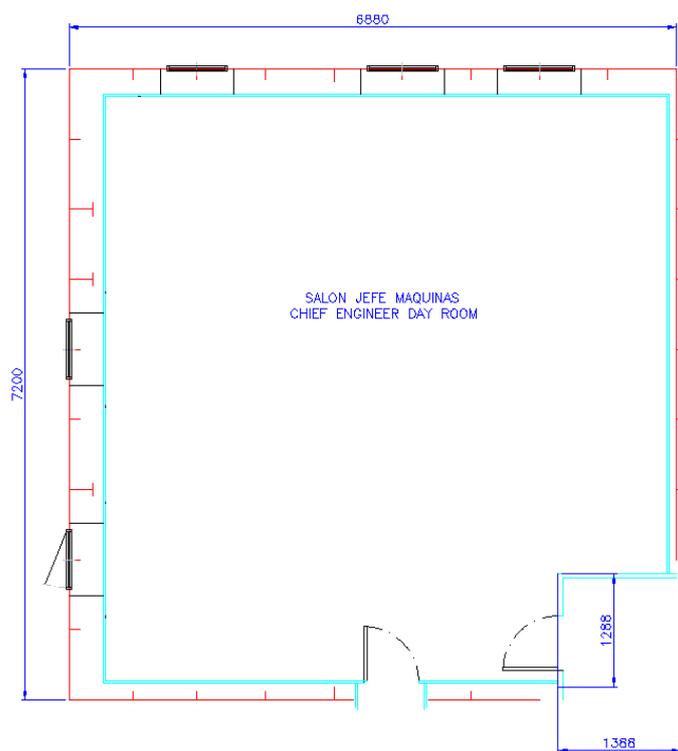
$A_g$  = área de las superficies de cristal (apertura libre) expuestas a la radiación solar, en metros cuadrados;

$G_s$  = es el aumento de calor por metro cuadrado debido a las superficies de cristal, en nuestro caso:

$G_s = 350W/m^2$  para las superficies de cristal claro.

Ejemplo de aplicación de esta fórmula para el salón del jefe de máquinas que se encuentra en la cubierta "E":

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 36



$$A_v \text{ (Mamparo exterior)} = 3,17 \times (6,88 + 7,20) = 44,70\text{m}^2$$

$$A_v \text{ (Techo exterior con aislamiento del Tipo A-60)} = 15,21\text{m}^2$$

$$A_v \text{ (Techo exterior con aislamiento del Tipo Thermal isolation)} = 12,61\text{m}^2$$

$$A_g \text{ (Ventanas)} = 2 \times (0,75 \times 1,50) + 3 \times (0,63 \times 0,90) = 3,73\text{m}^2$$

$\Delta T_r = 12\text{K}$  para las superficies verticales de color claro

$\Delta T_r = 16\text{K}$  para las superficies horizontales de color claro

$$G_s = 350\text{W}/\text{m}^2$$

$$\phi_s = 12[(44,70 - 3,73) \times 0,632] + (3,73 \times 350) + 16[(15,21 \times 0,997) + 16[(12,61 \times 0,848)]] = 106,05\text{W} \quad 2$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 37

Las siguientes tablas recogen los aportes de calor debido al sol por espacio para las distintas cubiertas en Watios:

<b>Cubierta A</b>	<b>Calor debido al sol</b>
<i>Comedor de servicio</i>	200,69
<i>Hospital</i>	177,03
<i>Sala de café y Comedor de oficiales</i>	2 242,05
<i>Oficio</i>	169,25
<i>Cocina</i>	531,71
<i>Oficio</i>	169,25
<i>Comedor y sala de café de tripulación</i>	1 940,69
<i>Total</i>	5 430,67W

<b>Cubierta B</b>	<b>Calor debido al sol</b>
<i>Maestranza</i>	399,83
<i>Engrasador</i>	266,51
<i>Marinero 1</i>	268,85
<i>Marinero 2</i>	264,76
<i>Marinero 3</i>	268,85
<i>Camarero 1</i>	266,51
<i>Camarero 2</i>	399,83
<i>Ayudante de cocina</i>	269,23
<i>Marinero 4</i>	267,61
<i>Marinero 5</i>	395,88
<i>Sala de estar y TV</i>	921,16
<i>Lavandería de tripulación</i>	75,39
<i>Engrasador 1</i>	395,88
<i>Engrasador 2</i>	267,61
<i>Engrasador 3</i>	269,23
<i>Total</i>	4 333,64W

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 38

<b><i>Cubierta C</i></b>	<b><i>Calor debido al sol</i></b>
<i>Dormitorio y salón del electricista</i>	185,41
<i>Tercer maquinista</i>	314,55
<i>Segundo maquinista</i>	314,55
<i>Dormitorio y salón del primer maquinista</i>	1 017,15
<i>Cadete 1</i>	276,74
<i>Cadete 2</i>	274,61
<i>Cadete 3</i>	414,99
<i>Salón de oficiales</i>	934,88
<i>Lavandería de oficiales</i>	82,54
<i>Cocinero</i>	414,99
<i>Contramaestre</i>	274,61
<i>Maestranza</i>	276,74
<i>Total</i>	4 781,76W

<b><i>Cubierta D</i></b>	<b><i>Calor debido al sol</i></b>
<i>Salón de control de carga</i>	1 245,21
<i>Control de carga</i>	2 002,25
<i>Oficio</i>	35,19
<i>Oficina de carga</i>	1 015,12
<i>Oficina del capitán</i>	695,15
<i>Oficina del Jefe de maquinas</i>	820,35
<i>Sala de conferencias</i>	689,38
<i>Armador</i>	501,3
<i>Salón del primer oficial</i>	792,38
<i>Dormitorio de oficiales</i>	160,37
<i>Reserva</i>	271,81
<i>Panol</i>	35,19
<i>Total</i>	8 263,7W

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 39

<i><b>Cubierta E</b></i>	<i><b>Calor debido al sol</b></i>
<i>Salón de Jefe de maquinas</i>	2 106,05
<i>Segundo oficial</i>	314,55
<i>Primer oficial</i>	314,55
<i>Salón del Capitán</i>	2 106,05
<i>Dormitorio del Capitán</i>	355,41
<i>Oficial de radio</i>	528,07
<i>Piloto</i>	690,02
<i>Salón del armador</i>	726,06
<i>Salón del maquinista de carga</i>	726,06
<i>Reserva 1</i>	690,02
<i>Reserva 2</i>	528,07
<i>Dormitorio del Jefe de maquinas</i>	355,41
<i>Total</i>	9 440,32

<i><b>Puente</b></i>	<i><b>Calor debido al sol</b></i>
<i>Total</i>	33 252,44W

<i><b>Aporte de calor total debido al sol</b></i>	65 502,53W
---	------------

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 40

### 2.3.3 Calor aportado por las personas

Valores de los calores sensibles y latentes emitidos por una persona a una temperatura en el interior a 27°C:

<i>Actividad</i>	<i>Tipo de calor</i>	<i>Emisión (W)</i>	
<i>Sentado en reposo</i>	<i>Calor sensible</i>	70	120
	<i>Calor latente</i>	50	
<i>Trabajo mediano/duro</i>	<i>Calor sensible</i>	85	235
	<i>Calor latente</i>	150	

Teniendo en cuenta el número de ocupantes que puede haber por espacio acondicionado según la norma, se han obtenido los siguientes calores latentes y sensibles:

<i>Cubierta Principal</i>	<i>Calor latente</i>	<i>Calor sensible</i>
<i>Trabajadores del Canal de Suez</i>	100 W	140 W

<i>Cubierta A</i>	<i>Calor latente</i>	<i>Calor sensible</i>
<i>Comedor de servicio</i>	600	840
<i>Gimnasio</i>	600	340
<i>Hospital y Enfermería</i>	200	280
<i>Sala de café y Comedor de oficiales</i>	150	210
<i>Cocina</i>	100	140
<i>Comedor y sala de café de tripulación</i>	450	630
<i>Total</i>	2 100 W	2 440 W

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 41

<b>Cubierta B</b>	<b>Calor latente</b>	<b>Calor sensible</b>
<i>Maestranza</i>	50	70
<i>Engrasador</i>	50	70
<i>Marinero 1</i>	50	70
<i>Marinero 2</i>	50	70
<i>Marinero 3</i>	50	70
<i>Camarero 1</i>	50	70
<i>Camarero 2</i>	50	70
<i>Ayudante de cocina</i>	50	70
<i>Marinero 4</i>	50	70
<i>Marinero 5</i>	50	70
<i>Sala de estar y TV</i>	450	630
<i>Engrasador 1</i>	50	70
<i>Engrasador 2</i>	50	70
<i>Engrasador 3</i>	50	70
<b>Total</b>	<b>1 100 W</b>	<b>1 540 W</b>

<b>Cubierta C</b>	<b>Calor latente</b>	<b>Calor sensible</b>
<i>Dormitorio y salón del electricista</i>	50	70
<i>Tercer maquinista</i>	150	210
<i>Segundo maquinista</i>	50	70
<i>Dormitorio y salón del primer maquinista</i>	200	280
<i>Cadete 1</i>	50	70
<i>Cadete 2</i>	50	70
<i>Cadete 3</i>	50	70
<i>Salón de oficiales</i>	150	210
<i>Cocinero</i>	50	70
<i>Contramaestre</i>	50	70
<i>Maestranza</i>	50	70
<b>Total</b>	<b>900 W</b>	<b>1 260 W</b>

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 42

<b>Cubierta D</b>	<b>Calor latente</b>	<b>Calor sensible</b>
<i>Salón de control de carga</i>	300	420
<i>Control de carga</i>	150	210
<i>Oficina de carga</i>	150	210
<i>Oficina del capitán</i>	150	210
<i>Oficina del Jefe de maquinas</i>	150	210
<i>Sala de conferencias</i>	850	1 190
<i>Armador</i>	50	70
<i>Salón del primer oficial</i>	150	210
<i>Dormitorio de oficiales</i>	50	70
<i>Reserva</i>	50	70
<b>Total</b>	<b>2 050 W</b>	<b>2 870 W</b>

<b>Cubierta E</b>	<b>Calor latente</b>	<b>Calor sensible</b>
<i>Salón de Jefe de maquinas</i>	150	210
<i>Segundo oficial</i>	50	70
<i>Primer oficial</i>	50	70
<i>Salón del Capitán</i>	150	210
<i>Dormitorio del Capitán</i>	50	70
<i>Oficial de radio</i>	50	70
<i>Piloto</i>	50	70
<i>Salón del armador</i>	150	210
<i>Salón del maquinista de carga</i>	150	210
<i>Dormitorio del armador</i>	50	70
<i>Dormitorio del maquinista de carga</i>	50	70
<i>Reserva 1</i>	50	70
<i>Reserva 2</i>	50	70
<i>Dormitorio del Jefe de maquinas</i>	50	70
<b>Total</b>	<b>1 100 W</b>	<b>1 540 W</b>

<b>Puente</b>	<b>Calor latente</b>	<b>Calor sensible</b>
<b>Total</b>	<b>200 W</b>	<b>280 W</b>

	<b>Latente</b>	<b>Sensible</b>
<b>Calor total aportado por los ocupantes</b>	<b>7 550 W</b>	<b>10 070 W</b>

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 43

### 2.3.4 Calor aportado por la iluminación y otras fuentes

El calor adicional aportado por la iluminación ha sido calculado a partir de la potencia en vatios nominal de la instalación, tal y como la ha recomendado el cliente.

El calor aportado por los frigoríficos se ha tomado como 0,3W/l de su capacidad de almacenamiento tal y como específica la norma. El calor aportado por el equipo de radio se ha tomado como 2,5kW.

<i>Cubierta Principal</i>	<i>Aporte de calor por iluminación</i>
<i>Cambio de ropa</i>	240
<i>Ropa blanca</i>	80
<i>Lavandería</i>	320
<i>Equipos eléctricos</i>	240
<i>Panol</i>	80
<i>Trabajadores del Canal de Suez</i>	320
<i>Gambuza seca</i>	480
<i>Local de aire acondicionado</i>	320
<i>Central de seguridad contra incendios</i>	240
<i>Total</i>	2 320W

<i>Cubierta A</i>	<i>Aporte de calor por iluminación</i>	<i>Aparatos eléctricos</i>
<i>Comedor de servicio</i>	320	
<i>Panol</i>	80	
<i>Gimnasio</i>	480	
<i>Hospital y Enfermería</i>	280	
<i>Sala de café y Comedor de oficiales</i>	880	
<i>Oficio</i>	240	
<i>Cocina</i>	840	60
<i>Oficio</i>	240	
<i>Comedor y sala de café de tripulación</i>	920	
<i>Total</i>	4 280	60
		4 340W

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 44

<b>Cubierta B</b>	<b>Aporte de calor por iluminación</b>	<b>Aparatos eléctricos</b>
<i>Maestranza</i>	160	18
<i>Engrasador</i>	160	
<i>Marinero 1</i>	160	
<i>Marinero 2</i>	160	
<i>Marinero 3</i>	160	
<i>Camarero 1</i>	160	
<i>Camarero 2</i>	160	
<i>Ayudante de cocina</i>	160	
<i>Marinero 4</i>	160	
<i>Marinero 5</i>	160	
<i>Sala de estar y TV</i>	480	
<i>Panol</i>	40	
<i>Lavandería de tripulación</i>	80	
<i>Panol</i>	80	
<i>Engrasador 1</i>	160	
<i>Engrasador 2</i>	160	
<i>Engrasador 3</i>	160	
<i>Total</i>	2 760	18
		2 778W

<b>Cubierta C</b>	<b>Aporte de calor por iluminación</b>	<b>Aparatos eléctricos</b>
<i>Dormitorio y salón del electricista</i>	400	60
<i>Tercer maquinista</i>	240	18
<i>Segundo maquinista</i>	240	18
<i>Dormitorio y salón del primer maquinista</i>	400	60
<i>Cadete 1</i>	160	18
<i>Cadete 2</i>	160	18
<i>Cadete 3</i>	160	18
<i>Salón de oficiales</i>	480	
<i>Panol de limpieza</i>	40	
<i>Lavandería de oficiales</i>	160	
<i>Panol de limpieza</i>	40	
<i>Cocinero</i>	160	18
<i>Contramaestre</i>	160	18
<i>Maestranza</i>	160	18
<i>Total</i>	2 960	264
		3 224W

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 45

<b>Cubierta D</b>	<b>Aporte de calor por iluminación</b>	<b>Aparatos eléctricos</b>
Salón de control de carga	400	60
Control de carga	720	
Oficio	320	
Oficina de carga	320	
Oficio	80	
Oficina del capitán	320	
Oficina del Jefe de maquinas	320	
Sala de conferencias	480	42
Panol	40	
Armador	240	18
Archivo y Panol	80	
Salón del primer oficial	320	60
Dormitorio de oficiales	160	
Reserva	160	18
Panol	80	
Total	4 040	198
		4 238W

<b>Cubierta E</b>	<b>Aporte de calor por iluminación</b>	<b>Aparatos eléctricos</b>
Salón de Jefe de maquinas	480	60
Segundo oficial	240	18
Primer oficial	240	18
Salón del Capitán	480	60
Dormitorio del Capitán	120	
Oficial de radio	160	18
Piloto	160	18
Salón del armador	320	60
Salón del maquinista de carga	320	60
Dormitorio del armador	200	
Dormitorio del maquinista de carga	160	
Reserva 1	160	18
Reserva 2	160	18
Dormitorio del Jefe de maquinas	120	
Panol	80	
Total	3 400	348
		3 748W

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 46

	<i>Aporte de calor por iluminación</i>	<i>Aparatos eléctricos</i>
<i>Puente</i>	6 000	2 527,59
<i>Total</i>	8 527,59W	

<i>Aporte de calor total debido a la iluminación y equipos eléctricos</i>	29 175,59W
---	------------

## 2.4 Ganancias térmicas totales

<i>Transmisión de calor</i>	19 736,56W	
<i>Aporte de calor debido al sol</i>	65 502,53W	
<i>Calor aportado por las personas</i>	<i>Sensible</i>	10 070W
	<i>Latente</i>	7 550W
<i>Calor aportado por la iluminación y otras fuentes</i>	29 175,59W	
<i>Carga total sensible (+8%)</i>	135 439,33W	
<i>Carga total latente (+8%)</i>	8 154W	
<i>Carga Total</i>	143 593,33W	

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 47

## 2.5 Pérdidas térmicas totales

<i>Pérdidas de transmisión de calor</i>	71 543,80W
<i>Pérdidas de transmisión de calor totales (+8%)</i>	77 267,30W

## 2.6 Cálculo del flujo de aire

### 2.6.1 Caudales de impulsión y de extracción

Según la norma el aire suministrado para cada espacio a acondicionar se debe calcular utilizando aquél de los siguientes criterios que dé el valor más alto:

- flujo de aire para mantener las condiciones de aire interior en verano.
- Flujo de aire para mantener las condiciones de aire interior en invierno.
- Suministro de aire del exterior no inferior a  $0,008 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $28,8 \text{ m}^3/\text{h}$ ) por persona para espacio para el que ha sido diseñado.

El suministro de aire a las cabinas con instalaciones sanitarias privadas (baño, ducha o retrete) se ha incrementado un 10% con respecto a la cantidad de aire extraída de las instalaciones sanitarias.

El flujo de aire de extracción en salones, comedores de tripulación y pasaje y espacios comunes de día, debe ser el mismo que el flujo de aire a suministrar.

El flujo de aire de extracción en los hospitales y gambuzas debe ser como mínimo un 20% superior al flujo del aire a suministrar.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 48

El flujo del aire de extracción en los espacios sanitarios privados (baños, duchas o retretes) es el correspondiente a 10 renovaciones de aire por hora.

El flujo de aire de extracción en los espacios sanitarios comunes (baños, duchas o retretes), lavanderías y salas de secado y planchado es el correspondiente a 15 renovaciones de aire por hora, y el de vestuarios y cuartos de artículos de limpieza el correspondiente a 10 renovaciones de aire por hora.

Cálculo de los caudales de extracción y de impulsión de los diferentes espacios

Conocidas las ganancias térmicas por espacio acondicionado podemos obtener el caudal de aire necesario que sería necesario para cumplir con las condiciones establecidas en el apartado 4.2 de la norma UNE ISO 7547 utilizando la siguiente formula:

$$\text{Caudal (m}^3\text{/h)} = \frac{\text{Ganancia termica (W)} \times 3600\text{s}}{1\text{h} \times \frac{(35 - 27)^{\circ}\text{C} \times 0,29\text{Kcal}}{\text{m}^3 \cdot ^{\circ}\text{C}} \times \frac{4187\text{J}}{\text{kcal}}}$$

<i>Cubierta Principal</i>	<i>Caudal impulsado</i>	<i>Caudal extraído</i>
<i>Cambio de ropa</i>	265,88	634,50
<i>Ropa blanca</i>	148,23	585,90
<i>Lavandería</i>	367,52	1052,55
<i>Equipos eléctricos</i>	496,19	
<i>Panól</i>	113,89	280,50
<i>Trabajadores del Canal de Suez</i>	252,66	72
<i>Gambuza seca</i>	186,63	223,96
<i>Local de aire acondicionado</i>	137,42	

<i>Cubierta A</i>	<i>Caudal impulsado</i>	<i>Caudal extraído</i>
<i>Comedor de servicio</i>	531,13	531,13
<i>Panól</i>	61,49	660,06
<i>Gimnasio</i>	345,55	345,55
<i>Hospital y Enfermería</i>	377,96	453,56
<i>Sala de café y Comedor de oficiales</i>	1 303,30	1 303,30
<i>Oficio</i>	154,65	440,04
<i>Cocina</i>	572	

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 49

<i>Oficio</i>	152,80	440,04
<i>Comedor y sala de café de tripulación</i>	1 336,66	1 336,66

<b>Cubierta B</b>	<b>Caudal impulsado</b>	<b>Caudal extraído</b>
<i>Maestranza</i>	267,57	72
<i>Engrasador</i>	188,45	72
<i>Marinero 1</i>	189,22	72
<i>Marinero 2</i>	187,87	72
<i>Marinero 3</i>	189,22	72
<i>Camarero 1</i>	188,45	72
<i>Camarero 2</i>	261,64	72
<i>Ayudante de cocina</i>	197,09	72
<i>Marinero 4</i>	189,18	72
<i>Marinero 5</i>	259,25	72
<i>Sala de estar y TV</i>	776,21	776,21
<i>Panol</i>	44,19	136,3
<i>Lavandería de tripulación</i>	75,22	666,42
<i>Panol</i>	34,02	193,72
<i>Engrasador 1</i>	259,25	72
<i>Engrasador 2</i>	189,18	72
<i>Engrasador 3</i>	197,09	72

<b>Cubierta C</b>	<b>Caudal impulsado</b>	<b>Caudal extraído</b>
<i>Dormitorio y salón del electricista</i>	328,96	72
<i>Tercer maquinista</i>	295,71	72
<i>Segundo maquinista</i>	249,59	72
<i>Dormitorio y salón del primer maquinista</i>	672,11	72
<i>Cadete 1</i>	200,21	72
<i>Cadete 2</i>	199,51	72
<i>Cadete 3</i>	276,12	72
<i>Salón de oficiales</i>	642,38	642,38
<i>Panol de limpieza</i>	44,19	149,22
<i>Lavandería de oficiales</i>	103,93	730,09
<i>Panol de limpieza</i>	22,23	212,09
<i>Cocinero</i>	276,12	72
<i>Contraestre</i>	199,51	72
<i>Maestranza</i>	200,21	72

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 50

<b>Cubierta D</b>	<b>Caudal impulsado</b>	<b>Caudal extraído</b>
Salón de control de carga	787,14	787,14
Control de carga	1071,69	
Oficio	126,51	147,09
Oficina de carga	579,38	
Oficio	35,87	136,30
Oficina del capitán	447,99	
Oficina del Jefe de maquinas	516,72	
Sala de conferencias	839,76	839,76
Panol	20,79	216,34
Armador	311,96	72
Archivo y Panol	33,34	288,55
Salón del primer oficial	519,64	519,64
Dormitorio de oficiales	148,31	72
Reserva	193,09	72
Panol	47,47	244,76

<b>Cubierta E</b>	<b>Caudal impulsado</b>	<b>Caudal extraído</b>
Salón de Jefe de maquinas	1 117,08	1 117,08
Segundo oficial	250,54	72
Primer oficial	250,54	72
Salón del Capitán	1 117,08	1 117,08
Dormitorio del Capitán	233,87	101,92
Oficial de radio	324,15	72
Piloto	411,84	72
Salón del armador	510,31	510,31
Salón del maquinista de carga	510,31	510,31
Dormitorio del armador	95,62	72
Dormitorio del maquinista de carga	82,61	72
Reserva 1	411,84	72
Reserva 2	358,50	72
Dormitorio del Jefe de maquinas	233,87	72
Panol	31,73	149,23

<b>Puente</b>	<b>Caudal impulsado</b>
	15 474,38

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 51

Caudales totales:

<i>Caudal de impulsión total</i>	41 302,20m <sup>3</sup> /h
<i>Caudal de extracción total</i>	21 071,76m <sup>3</sup> /h
<i>Aire de renovación (43% del total)</i>	<b>17 759,94m<sup>3</sup>/h</b>

## 2.7 Estudios Psicométricos

### 2.7.1 Refrigeración

Las temperaturas y humedad en verano son las siguientes:

- a) Aire exterior: +35°C y 70% de humedad
- b) Aire interior: +27°C y 50% de humedad

Las ganancias totales sensible (RSH) y latente (RLH) se obtienen del sumatorio de todos los aportes y transmisiones de calor de los diferentes espacios acondicionados.

Ganancias sensibles del local (RSH) = 135 439,33 W

Ganancias latentes del local (RLH) = 8 154 W

Caudal de impulsión total (m<sup>3</sup>/hsa ) = 41 302,20 m<sup>3</sup>/h

Aire de renovación (m<sup>3</sup>/hoa) = 17 759,95 m<sup>3</sup>/h

El aire de renovación es el 43% del aire total de impulsión.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.5	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 52

Ganancias sensibles por el aire exterior (OASH)

$$0,29 = 0,245/0,845 \text{ Kcal}/\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C}$$

Siendo

0,245 = Calor específico del aire húmedo a 21°C tdb y 50% HR-Kcal/°C x kg de aire seco

0,845 = Volumen específico del aire húmedo a 21°C tdb y 50% hr- m<sup>3</sup>/kg de aire seco

trm = Temperatura seca del aire del local =27°C

toa = Temperatura seca del aire exterior = 35°C

$$OASH = \frac{0,29 \text{Kcal}}{\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C}} \times \frac{4187 \text{J}}{\text{kcal}} \times \frac{17759,95 \text{ m}^3}{1 \text{h}} \times \frac{1 \text{h}}{3600 \text{s}} \times (35 - 27)^\circ\text{C}$$

$$OASH = 47\,921,46 \text{ W}$$

Ganancias latentes por el aire exterior (OALH)

$$0,71 = 0,6/0,845 \text{ Kcal}/\text{m}^3 \cdot \text{g}$$

Siendo

0,6 = Valor medio de la cantidad de calor cedida por la condensación de un gramo de vapor de agua

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.5	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 53

$0,845 = \text{Volumen específico del aire húmedo a } 21^{\circ}\text{C tdb y } 50\% \text{ hr- m}^3/\text{kg de aire seco}$

$W_{oa} = \text{Humedad específica del aire exterior} = 25,2 \text{ gramos de agua por Kg de aire seco}$

$W_{rm} = \text{Humedad específica del aire del local} = 11,2 \text{ gramos de agua por Kg de aire seco}$

$$OALH = \frac{0,71\text{Kcal}}{\text{m}^3 \cdot ^{\circ}\text{C}} \times \frac{4187\text{J}}{1\text{kcal}} \times \frac{17759,95 \text{ m}^3}{1\text{h}} \times \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} \times \frac{(25,2 - 11,2)\text{g}}{1\text{kg}}$$

$$OALH = 20\,318,69 \text{ W}$$

Ganancias totales por el aire exterior (OATH)

$$OATH = OASH + OALH = 47\,921,46 \text{ W} + 205\,318,69 \text{ W} = 253\,240,16 \text{ W}$$

Ganancias sensibles totales (TSH)

$$TSH = RSH + OASH = 135\,439,33 \text{ W} + 47\,921,46 \text{ W} = 183\,360,79 \text{ W}$$

Ganancias latentes totales (TLH)

$$TLH = RLH + OALH = 8\,154 \text{ W} + 205\,318,69 \text{ W} = 213\,472,69 \text{ W}$$

Ganancias totales de calor (GTH)

$$GTH = TSH + TLH = 183\,360,79 \text{ W} + 213\,472,69 \text{ W} = 396\,833,48 \text{ W}$$

Factor de calor sensible efectivo (ESHF)

Factor de bypass BF=0,15

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.5	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 54

$$\begin{aligned}
 ESHF &= \frac{RSH + (BF \cdot OASH)}{RSH + (BF \cdot OASH) + RLH + (BF \cdot OALH)} \\
 &= \frac{135439,33 + (0,15 \cdot 47921,47)}{135439,33 + (0,15 \cdot 47921,47) + 8154 + (0,15 \cdot 205318,69)} \\
 &= 0,7855
 \end{aligned}$$

El factor de bypass depende de las características de la batería y de sus condiciones de funcionamiento. Se considera que representa el porcentaje de aire que pasa a través de la batería sin sufrir ningún cambio. El factor de bypass empleado ha sido considerado según el tipo de aplicación.

Ahora determinamos el ADP necesario según las condiciones interiores del local y el ESHF, deduciéndolo del diagrama psicrométrico, que es la temperatura de la superficie exterior de una batería consecuencia del intercambio de calor del aire a través de la batería con el fluido que circula por su interior. Este punto de referencia común a los dos fluidos es la temperatura equivalente de superficie, conocida como ADP.

El ADP obtenido determinará la potencia frigorífica puesta en juego y la temperatura de evaporación.

Temperatura ADP = 13,26°C

Capacidad de aire tratado (m<sup>3</sup>/hda)

$$\frac{m^3}{hda} = \frac{RSH + (BF \times OASH) \times 3600s}{\frac{0,29 \text{ Kcal}}{m^3 \cdot ^\circ C} \times (trm - tADP)^\circ C \times (1 - BF) \times \frac{4187J}{1kcal}} =$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.5	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 55

$$\frac{135439,33 + (0,15 \times 47921,47) \times 3600s}{\frac{0,29 \text{ Kcal}}{\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C}} \times (27 - 13,26)^\circ\text{C} \times (1 - 0,15) \times \frac{4187\text{J}}{1\text{kcal}}} = 36\,207,56 \text{ m}^3/\text{h}$$

*La diferencia entre la temperatura seca del aire del local y la temperatura del aire impulsado debe ser inferior a 10°C, por ello se considera una temperatura del aire de impulsión adecuada (18°C) y se determina el caudal necesario.*

### Volumen de impulsión

$$V_{\text{IMP}} = \frac{\text{RSH}}{c_{\text{esp}} \cdot (\Delta t)} = \frac{135439,33 \times 3600s}{\frac{0,29 \text{ Kcal}}{\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C}} \times \frac{4187\text{J}}{\text{kcal}} \cdot (27 - 18)^\circ\text{C}} = \frac{44\,617,35 \text{ m}^3}{\text{h}}$$

hra = Capacidad del aire realimentado = Capacidad del aire impulsado – Capacidad del aire de renovación = 36 207,56 – 17 759,94 = 18 447,61 m<sup>3</sup>/hra

$$t_{\text{edb}} = \frac{(\text{m}^3/\text{hoa} \times t_{\text{oa}}) + (\text{m}^3/\text{hra} \cdot t_{\text{rm}})}{\text{m}^3/\text{hsa}}$$

$$t_{\text{edb}} = \frac{(17759,95 \cdot 35) + (18447,61 \cdot 27)}{36207,56} = 30,92^\circ\text{C}$$

El punto representativo del estado del aire a la entrada está situado en la intersección de la recta de mezclas y de la vertical de abcisa  $t = 30,92^\circ\text{C}$

$$t_{\text{ldb}} = t_{\text{ADP}} + \text{BF} \cdot (t_{\text{edb}} - t_{\text{ADP}}) = 13,26 + 0,15 \cdot (30,92 - 13,26) = 15,91^\circ\text{C}$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.5	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 56

La potencia frigorífica necesaria se calcula a partir de las entalpías (J) del aire en los puntos tedb y tADP.

Entalpía (J) del punto tedb = 17,75 Kcal/Kg = 74,32 KJ/Kg

Entalpía (J) del punto tADP = 8,94 Kcal/Kg = 37,43 KJ/Kg

Volumen (V) en el punto tldb = 0,83 m<sup>3</sup>/Kg

Potencia frigorífica (KW) =

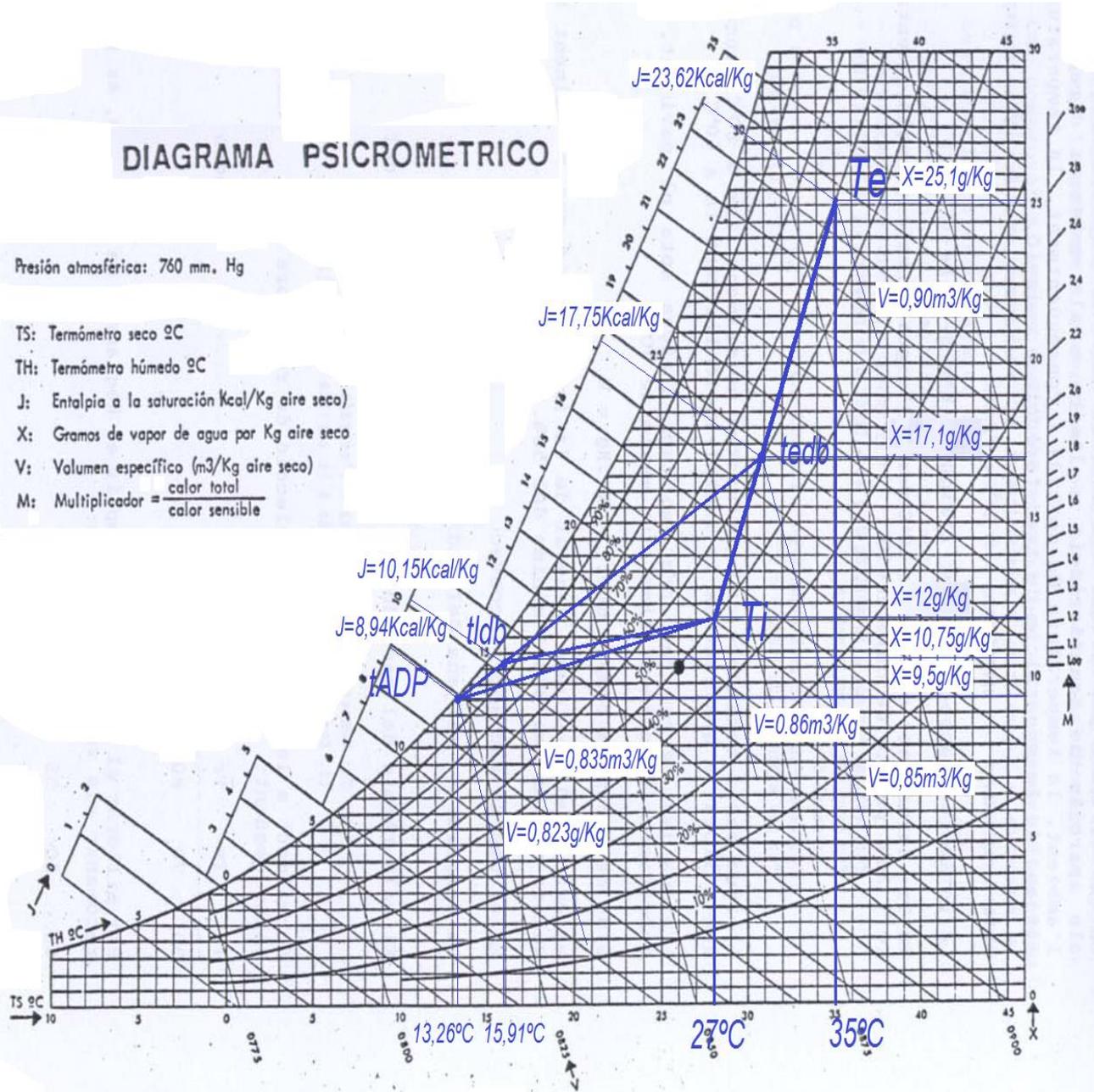
$$\left[ \frac{\text{m}^3}{\text{hda}} \times \frac{1}{\text{Vol. en tldb}} \times (\text{Entalpía en } t_{edb} - \text{Entalpía en } t_{ADP}) \right] \div 3600 =$$

$$\left[ 36207,56 \times \frac{1}{0,83} \times (74,32 - 37,43) \right] \div 3600 = 444,02 \text{ KW}$$

# DIAGRAMA PSICROMETRICO

Presión atmosférica: 760 mm. Hg

- TS: Termómetro seco °C
- TH: Termómetro húmedo °C
- J: Entalpia a la saturación Kcal/Kg aire seco)
- X: Gramos de vapor de agua por Kg aire seco
- V: Volumen específico (m<sup>3</sup>/Kg aire seco)
- M: Multiplicador =  $\frac{\text{calor total}}{\text{calor sensible}}$



PROYECTO FIN DE CARRERA		REF:CA-20-2.5	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL		FECHA:23/09/2013	
		REV:01	PAG: 58

	<i>TS(°C)</i>	<i>TH(°C)</i>	<i>HR(%)</i>	<i>J(Kcal/Kg)</i>	<i>X(g/Kg)</i>	<i>V(m3/Kg)</i>
<i>E</i>	35	29,7	70	23,62	25,1	0,90
<i>edb</i>	30,92	23,21	60,78	17,75	17,10	0,85
<i>I</i>	27	19,15	50	14	12	0,86
<i>ldb</i>	15,91	14,48	93,24	10,15	10,75	0,83
<i>ADP</i>	13,26	12,87	100	8,94	9,50	0,82

## 2.7.2 Calefacción

Las temperaturas y humedad en invierno son las siguientes:

- a) Aire exterior: -20°C y 80% de humedad
- b) Aire interior: +22°C y 35% de humedad

Pérdidas de transmisión de calor condiciones de invierno = 77 267,31 W

Caudal de impulsión = 44 617,35 m<sup>3</sup>/h

Aire de renovación(43% del total) = 17 759,95 m<sup>3</sup>/hoa

Rendimiento del lavador = 93%

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.5	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 59

Temperatura del aire de impulsión:

$$t_{sa} = \frac{\text{Pérdidas del local}}{c_{esp} \times m^3 / h_{sa}} + t_{local} = \frac{77267,31W \times 3600s}{\frac{0,29Kcal}{m^3 \cdot ^\circ C} \times \frac{4187J}{1Kcal} \times \frac{83424,12m^3}{h}} + 22^\circ C$$

$$= 24,75^\circ C$$

Características del aire a la entrada y salida del aparato:

$$t_{edb} = \frac{(m^3/hoa \times toa) + (m^3/hra \cdot trm)}{m^3/hsa} =$$

$$t_{edb} = \frac{(17759,94 \times (-20)) + (18447,61 \times 22)}{36207,56} = 1,40^\circ C$$

El punto que representa el estado del aire en la impulsión, se encuentra en la intersección de la recta RSHF=1, con la vertical t<sub>sa</sub>=24,75°C de donde se deduce la temperatura húmeda correspondiente=14,3°C.

El aire que sale del lavador deberá tener la misma humedad absoluta que el aire ambiente.

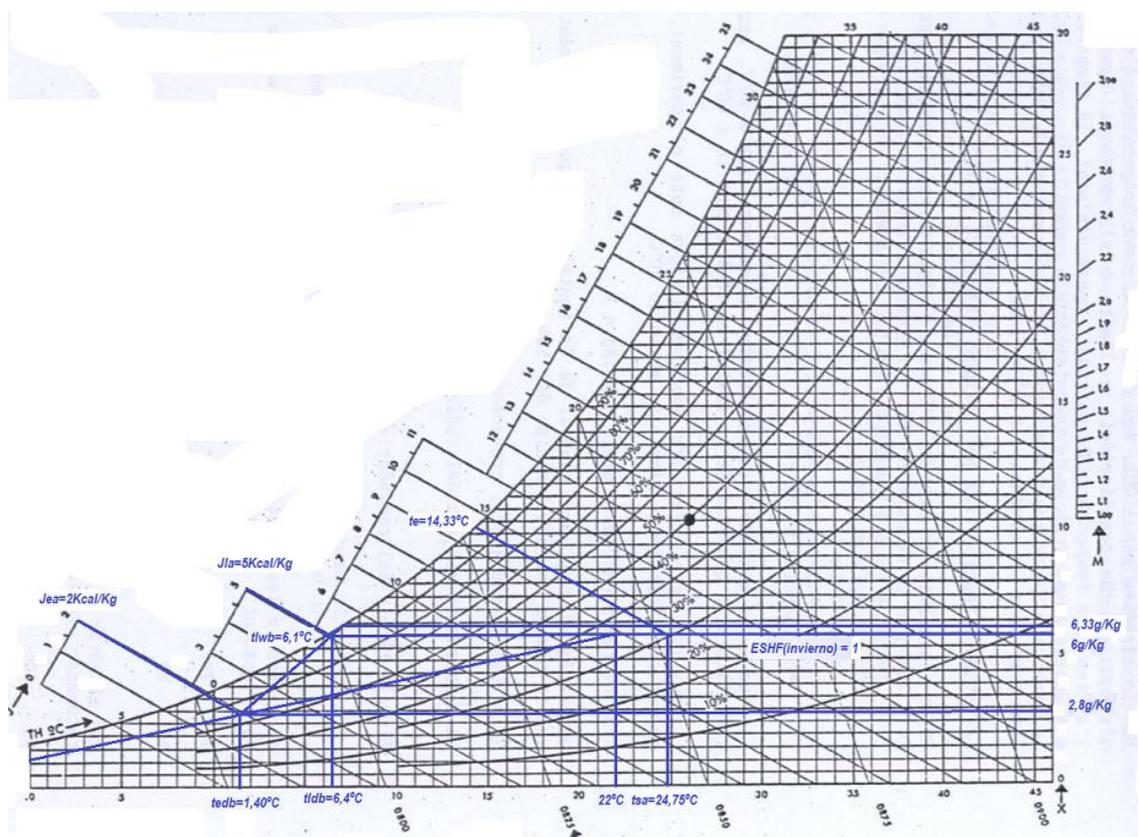
$$W_{rm} = W_{la} = 6 \text{ g/kg}$$

Como el rendimiento del lavador es del 93%, la humedad absoluta de saturación es tal que:

$$W_{sat} = \frac{W_{la} - W_{ea}}{\text{Rend. Sat.}} + W_{ea} = \frac{6 - 1,4}{0,93} + 1,4 = 6,35 \text{ g/kg}$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.5	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 60

La recta de evolución del aire en el lavador se traza uniendo el punto que representa su estado a la entrada con el punto de la curva de saturación que corresponda a la humedad absoluta de 5,44g/kg. El estado de aire a la salida está representado por la intersección de esta recta de evolución con la recta de RSHF.



La temperatura del agua después de la pulverización es sensiblemente igual a la temperatura húmeda del aire a la salida del lavador  $t_{lwb}=6,1^{\circ}\text{C}$ .

$t_{ldb}=6,4^{\circ}\text{C}$

La temperatura del agua pulverizada depende de su caudal y de la cantidad de calor que se le suministra, o que se resta del aire. En este tipo de aplicaciones, el caudal de agua suele establecerse de acuerdo con el balance térmico en verano. Supongamos que este caudal es de 25m<sup>3</sup>/h.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.5	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 61

La cantidad de calor que se debe suministrar al aire a su paso por el lavador es de:

$h_{la}$  = Entalpía a la salida = 5Kcal/Kg = 20,94KJ/Kg

$h_{ea}$  = Entalpía del aire a la entrada = 2Kcal/Kg = 8,4KJ/Kg

$$\frac{m^3}{h_{sa}} \times 1,22 \frac{kg}{m^3} \times (h_{la} - h_{ea}) \frac{KJ}{Kg} \times \frac{1h}{3600s}$$

$$\frac{83424,12m^3}{h_{sa}} \times 1,22 \frac{kg}{m^3} \times (20,94 - 8,4) \frac{KJ}{Kg} \times \frac{1h}{3600s} = 354,52KJ/s$$

$$m^3/h_{sa} = 354,52KJ/s = 304\ 817,77\ Kcal/h$$

La temperatura del agua a la entrada se determina según la relación:

$$t_{ew} = t_{lw} + \frac{\text{Calor latente a sumistrado al aire}}{\text{litros/hora}} = 6,13 + \frac{304817,77}{25000} = 18,32^\circ C$$

El calor suministrado al agua de pulverización es igual al calor suministrado al aire más el calor proporcionado al agua que se añade. El caudal de esta agua es igual a la cantidad de la misma absorbida por el aire, y se calcula:

Agua que se añade =  $m^3/h$  x peso específico del aire a la entrada x ( $W_{la} - W_{ea}$ ).

$W_{ea}$ ,  $W_{la}$  = Humedad específica del aire a la entrada y salida del lavador en g/kg de aire seco.

$$\text{Caudal de agua que se añade} = 83424,12 \times 1,27 \times \frac{(5 - 2)}{1000} = 317,85\ l/h$$

$$\text{Calor suministrado a esta agua} = \frac{l}{h} \times (t_{ew} - \text{temp. del agua añadida})$$

$$= 317,85 \times (18,32 - 18) = 101,71Kcal/h$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF:CA-20-2.5	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 62

La temperatura del aire que sale del lavador no es suficiente para cumplir las condiciones interiores del espacio acondicionado por lo que habrá que prever una batería de calefacción para elevar la temperatura del mismo.

Potencia de la batería de calefacción (KW) =

$$\left[ \frac{\text{m}^3}{\text{hda}} \times \frac{1}{\text{Vol. en tldb}} \times (\text{Entalpía en } t_{edb} - \text{Entalpía en } t_{ADP}) \right] \div 3600 =$$

$$\left[ 36207,56 \times \frac{1}{0,835} \times (74,32 - 37,43) \right] \div 3600 = 444,34 \text{ KW}$$

## 2.8 Diseño de Conductos

### 2.8.1 Red de conductos de impulsión

En todos los conductos por los que circula aire, existe una continua pérdida de presión. Esta pérdida de presión se llama también pérdida de carga por rozamiento y depende de:

1. La velocidad del aire
2. Tamaño de los conductos
3. Rugosidad de la superficie interior
4. Longitud de los conductos

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: EE-30-3.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 63

Cualquier variación en uno de estos factores modifica la pérdida de carga en el conducto. La relación que existe entre ellos viene dada por la ecuación:

$$\Delta P = 0,4f \left( \frac{L}{d^{1,22}} \right) V^{1,82}$$

Donde

$\Delta P$  = pérdida de carga en mmc.a.

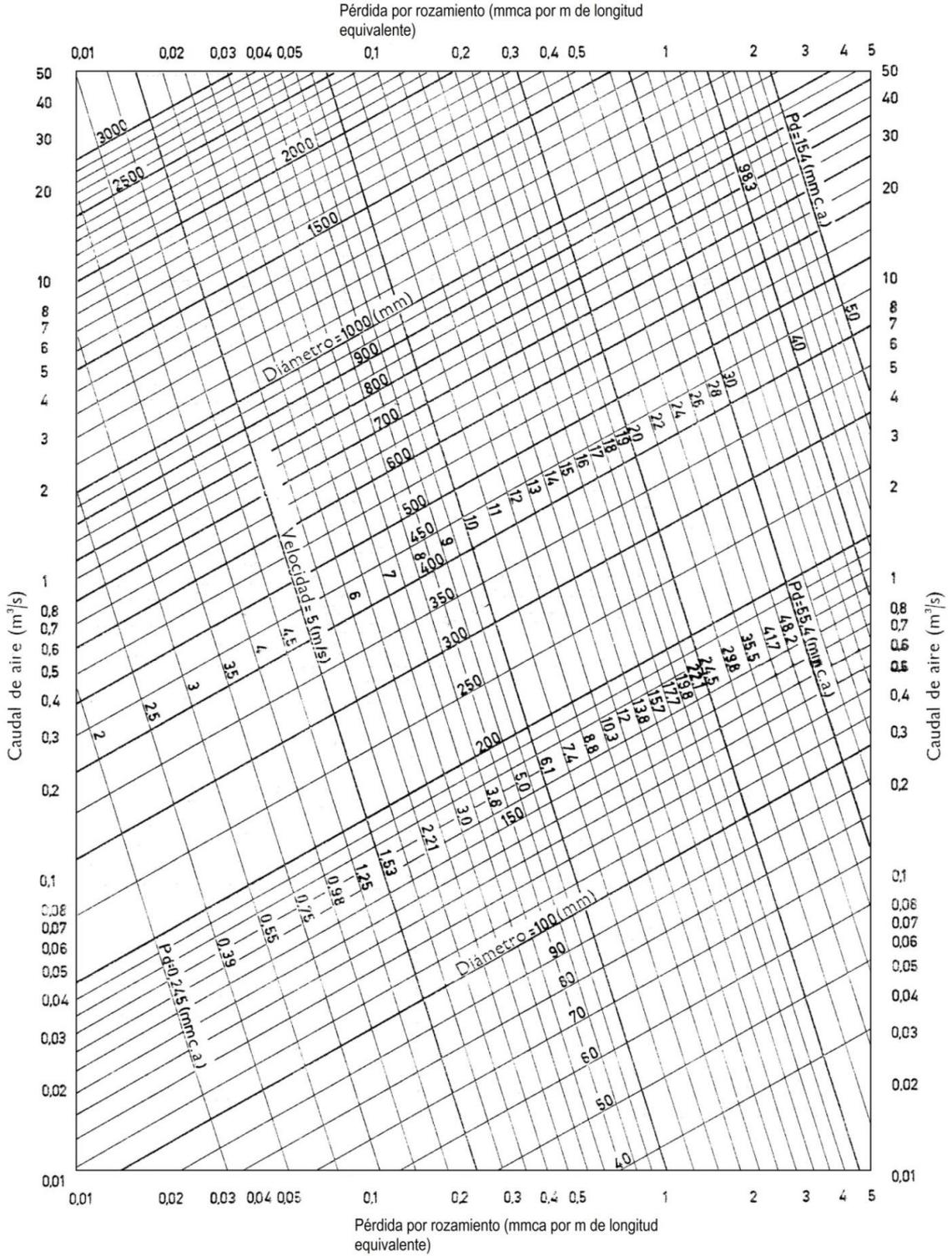
f=rugosidad de la superficie interior (0,9 para conductos galvanizados)

L = Longitud del conducto en m

d = diámetro del conducto circular (cm) equivalente a otro rectangular

V = velocidad del aire en m/s

Esta ecuación es la que se utiliza para construir el siguiente gráfico:



PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: EE-30-3.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 65

### Velocidad del aire

Para establecer la velocidad del sistema de distribución de aire, hay que atender a las limitaciones respecto al ruido, precio de compra y gastos de explotación.

### Métodos de cálculo

El método empleado en este proyecto es el de pérdida de carga constante que tiene la ventaja de disminuir el nivel de ruido aunque presenta el inconveniente de aumento del tamaño de los conductos. Este método se utiliza en los conductos de impulsión, retorno y extracción de aire, y consiste en calcular los conductos de forma que tengan la misma pérdida de carga por unidad de longitud, a lo largo del sistema.

Con la siguiente tabla conseguimos abreviar los cálculos de la sección de los conductos que proporcionan los mismos resultados que si utilizásemos el gráfico de pérdidas de carga.

% CAUDAL m <sup>3</sup> /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

Para nuestro proyecto escogemos una velocidad inicial de 9m/s. Un factor restrictivo en la elección de esta velocidad es el ruido.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: EE-30-3.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 66

Tanto la utilización de un acondicionamiento de baja velocidad como la utilización de una red de conductos rectangular resultará en una instalación más económica.

$$A = \frac{Q}{3600 \cdot v} = \frac{41302,2 \text{ m}^3}{3600 \text{ s} \cdot \frac{9\text{m}}{\text{s}}} = 1,26 \text{ m}^2$$

Para una sección de 1,26 m<sup>2</sup> el diámetro equivalente es de 1 275 mm. Con el caudal y el diámetro equivalente obtenido podemos calcular la pérdida de carga por metro.

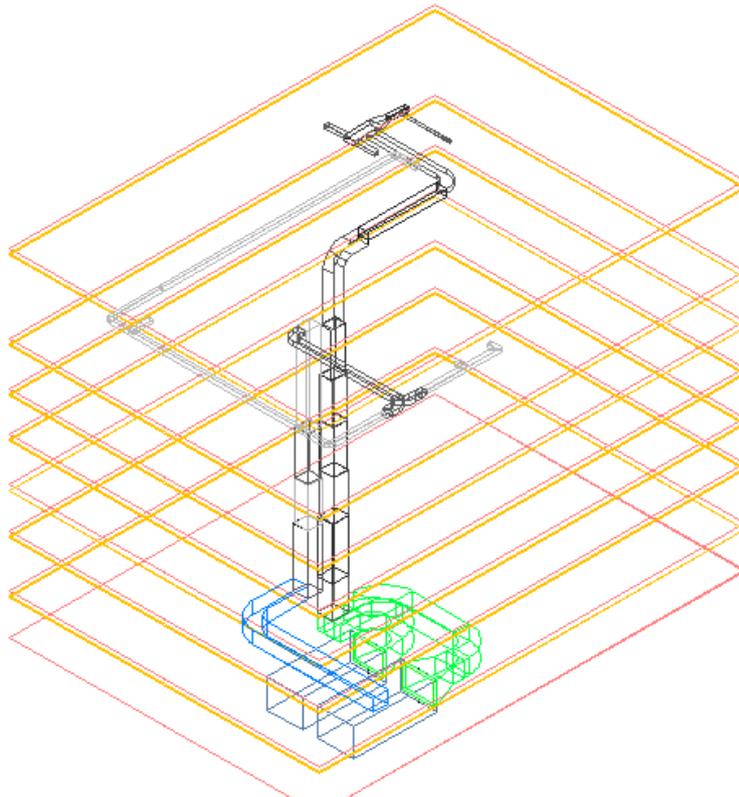
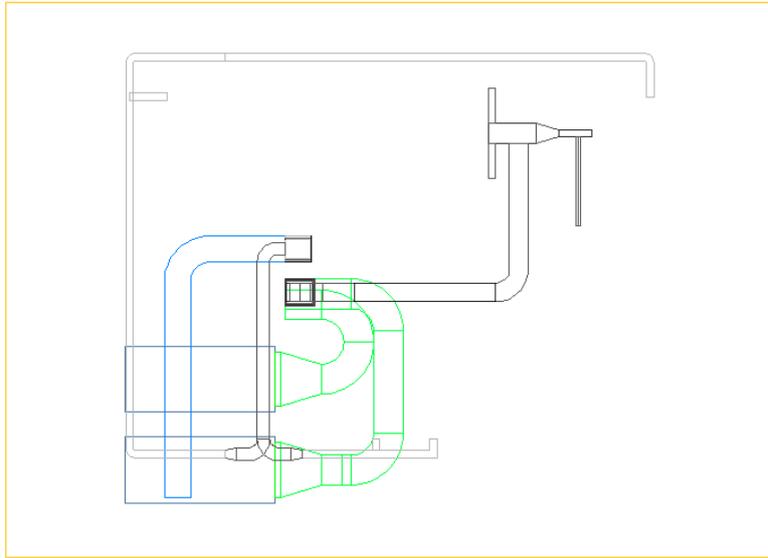
Obtenemos una pérdida de carga por metro de longitud equivalente de: R=0,09 mm.c.a. por metro. Para determinar la pérdida de una sección del conducto, se multiplica su longitud equivalente por la pérdida de carga deducida del gráfico. La longitud total equivalente del conducto incluye los codos y acoplamientos que pueda haber en dicha sección. Los acoplamientos se miden como parte de la sección del conducto de mayores dimensiones.



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

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: EE-30-3.6
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 23/09/2013
	REV: 01      PAG: 67

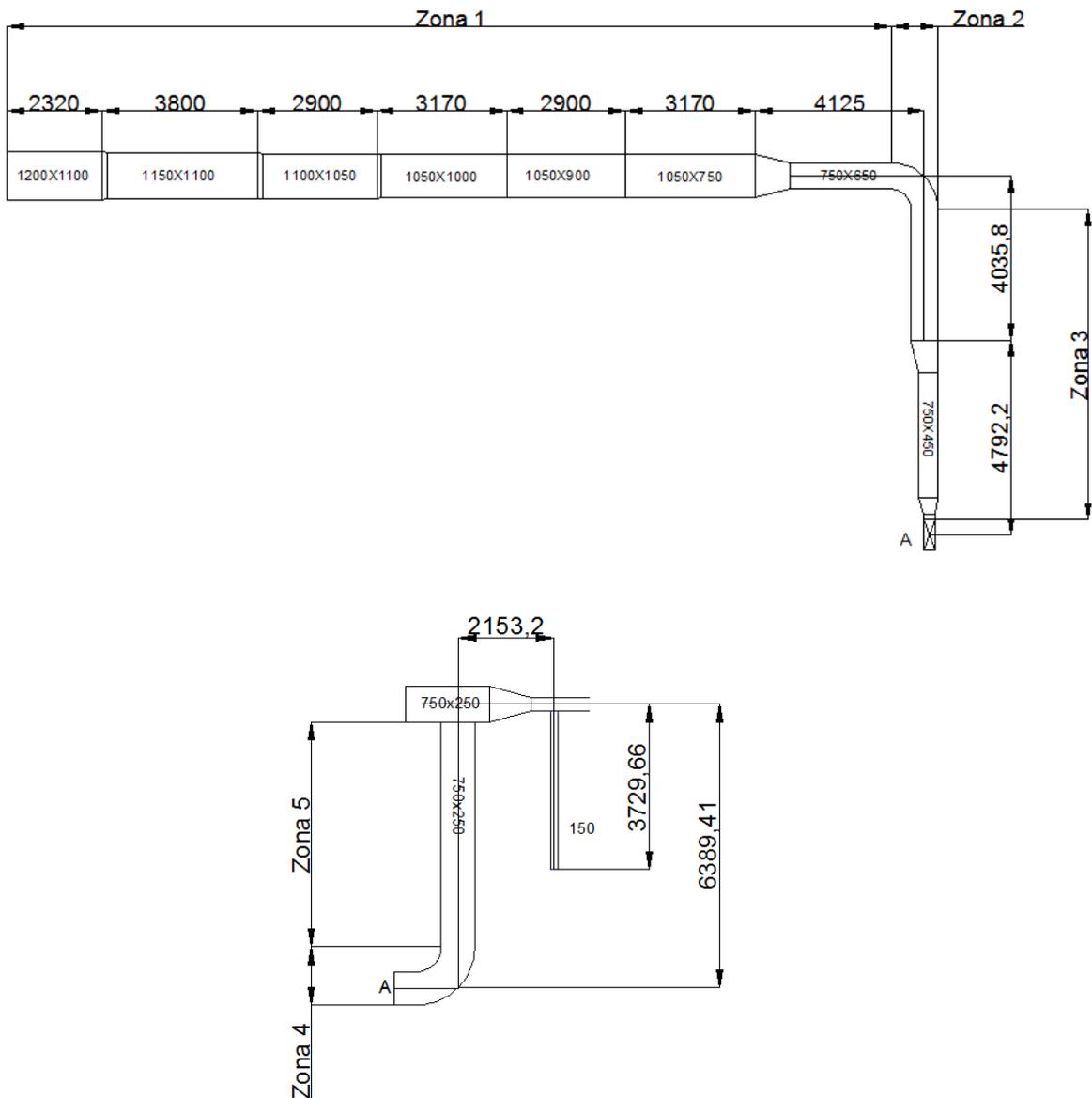
*Conductos de impulsión y extracción con mayor pérdida de carga:*



PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: EE-30-3.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 23/09/2013	
	REV: 01	PAG: 68

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 incluye los codos y acoplamientos correspondientes a dicho conducto

Conducto de impulsión de mayor resistencia



PROYECTO FIN DE CARRERA		REF: EE-30-3.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL		FECHA:23/09/2013	
		REV:01	PAG: 69

<i>Zona</i>	<i>Elemento</i>	<i>Dimensiones (mm)</i>	<i>Longitud (m)</i>	<i>Longitud equivalente adicional (m)</i>
1	<i>hasta A (conducto)</i>	<i>1200x1100</i>	<i>2,32</i>	<i>-</i>
	<i>A-B (conducto)</i>	<i>1150x1100</i>	<i>3,80</i>	<i>-</i>
	<i>B-C (conducto)</i>	<i>1100x1050</i>	<i>2,90</i>	<i>-</i>
	<i>C-D (conducto)</i>	<i>1050x1000</i>	<i>3,17</i>	<i>-</i>
	<i>D-E (conducto)</i>	<i>1050x900</i>	<i>2,90</i>	<i>-</i>
	<i>E-F (conducto)</i>	<i>1050x750</i>	<i>3,17</i>	<i>-</i>
	<i>F-G (conducto)</i>	<i>750x650</i>	<i>4,43</i>	<i>-</i>
2	<i>Codo</i>	<i>750x650</i>	<i>-</i>	<i>4,76</i>
3	<i>G-H (conducto)</i>	<i>750x650</i>	<i>4,03</i>	<i>-</i>
	<i>H-I (conducto)</i>	<i>750x450</i>	<i>4,79</i>	<i>-</i>
4	<i>I-J (codo)</i>	<i>750x250</i>	<i>-</i>	<i>2,33</i>
5	<i>J-K (conducto)</i>	<i>750x250</i>	<i>6,39</i>	<i>-</i>
6	<i>bifurcación</i>	<i>750x250</i>	<i>-</i>	<i>5,45</i>
7	<i>K-L (conducto)</i>	<i>-</i>	<i>2,15</i>	<i>-</i>
8	<i>bifurcación</i>	<i>300x200</i>		<i>4,34</i>
9	<i>L-M (conducto)</i>	<i>150</i>	<i>3,72</i>	<i>-</i>

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: EE-30-3.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 70

Pérdida de carga total:

$$P = 60,64 \cdot 0,09 = 5,46 \text{ mmca}$$

La presión estática total que necesita el ventilador es la suma de la presión en las bocas, más la pérdida de carga en el conducto. De aquí debe descontarse la recuperación debida a la diferencia de velocidad entre la primera y la última parte del conducto.

Recuperación:

$$0,75 \left[ \left( \frac{V_f}{242,4} \right)^2 - \left( \frac{V_d}{242,4} \right)^2 \right]$$

$V_f$ : velocidad en la primera sección en m/min

$V_d$ : velocidad de la última sección en m/min

$$V_f = 9 \text{ m/s} = 540 \text{ m/min}$$

$$V_d = \frac{Q}{A \cdot 3600} = \frac{500}{(\pi \times 0,08^2) \cdot 3600} = 6,9 \text{ m/s} = 414 \text{ m/min}$$

$$0,75 \left[ \left( \frac{540}{242,4} \right)^2 - \left( \frac{414}{242,4} \right)^2 \right] = 1,53 \text{ mmca}$$

Por tanto, la presión estática total en la descarga del ventilador será igual a:

$$\begin{aligned} \text{pérdida de carga} + \text{presión en las bocas} - \text{recuperación} &= 5,46 + 3,8 - 1,53 \\ &= 7,73 \text{ mmca.} \end{aligned}$$

Para el dimensionamiento del ventilador tendremos también en cuenta la pérdida de carga en la aspiración que nos vendrá dada a la hora de seleccionar las distintas secciones de la UTA.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: EE-30-3.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 23/09/2013	
	REV: 01	PAG: 71

## 2.8.2 Red conductos de extracción y recirculación

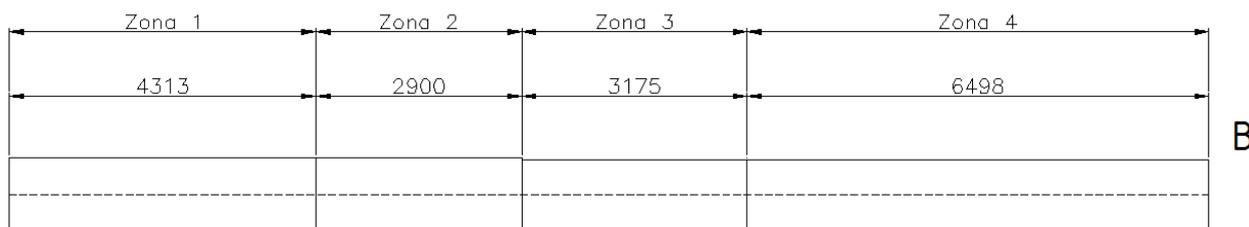
El cálculo de la pérdida de carga de la red de extracción se sigue el procedimiento empleado en el apartado anterior para la red de impulsión. Teniendo en cuenta el apartado 6.4.1 y 6.4.2 de la norma que indican que el flujo de aire de la extracción en gambuzas y hospitales debe ser un 20% superior del flujo de aire a suministrar y que los sistemas de extracción de aseos y hospitales deben estar separados además de descargar al aire libre y no ser utilizados para recirculación. Estos espacios en los que el aire no es recirculable tendrán que incorporar un extractor capaz de descargar al exterior el caudal correspondiente.

Calculamos la pérdida de carga de uno de los tramos de mayor resistencia para el dimensionamiento de los extractores a instalar.

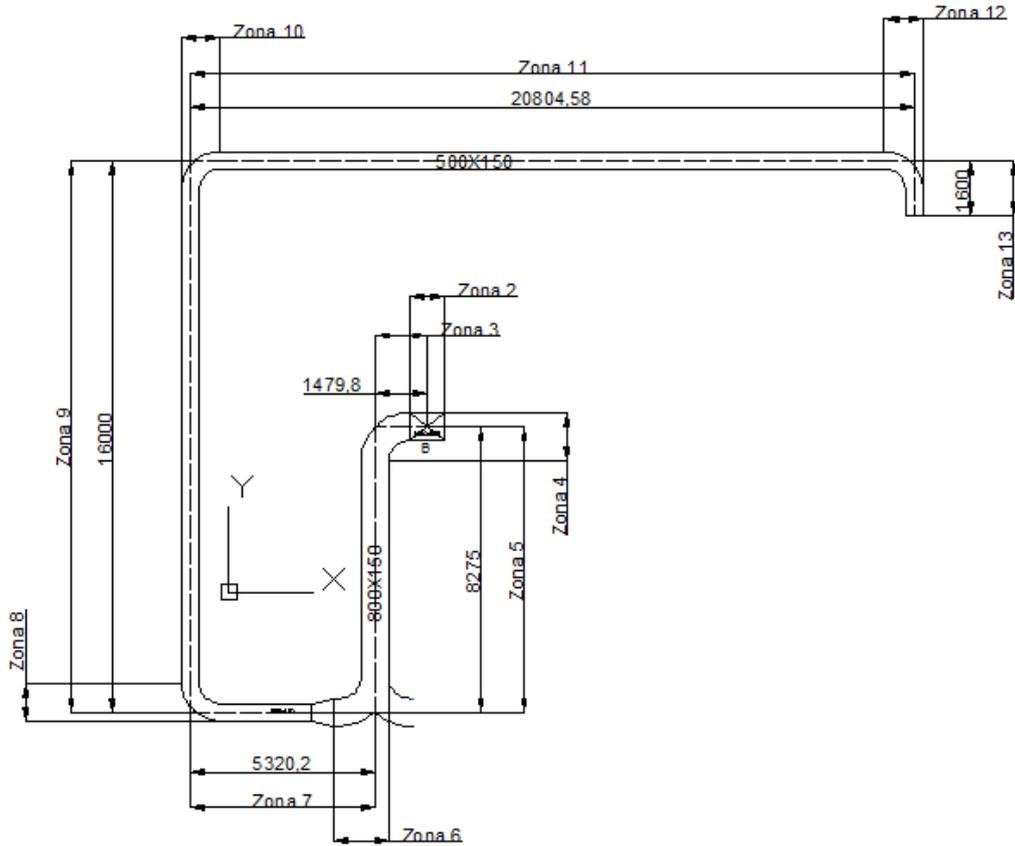
Para nuestro proyecto escogemos una velocidad de 7,5m/s para los conductos de extracción.

$$A = \frac{Q}{3600 \cdot v} = \frac{29380 \text{ m}^3}{3600 \text{ s} \cdot \frac{7,5 \text{ m}}{\text{s}}} = 1,08 \text{ m}^2$$

Para una sección de 1,08 m<sup>2</sup> el diámetro equivalente es de 1165 mm. Con el caudal y el diámetro equivalente obtenido podemos calcular la pérdida de carga por metro.



PROYECTO FIN DE CARRERA		REF: EE-30-3.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL		FECHA:23/09/2013	
		REV:01	PAG: 72



Zona	Elemento	Dimensiones (mm)	Longitud (m)	Longitud equivalente adicional (m)
1	hasta A	1050x1050	4,31	-
	(conducto)	1000x1000	2,90	-
	A-B (conducto)	1000x900	3,17	-
	B-C (conducto)	1000x800	6,49	-

PROYECTO FIN DE CARRERA		REF: EE-30-3.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL		FECHA:23/09/2013	
		REV:01	PAG: 73

<i>Zona</i>	<i>Elemento</i>	<i>Dimensiones (mm)</i>	<i>Longitud (m)</i>	<i>Longitud equivalente adicional (m)</i>
	<i>C-D (conducto)</i>			
2	<i>codo cuadrado</i>	<i>800x150</i>	-	2,05
3	<i>G-H (conducto)</i>	<i>800x150</i>	1,47	-
4	<i>codo</i>	<i>800x150</i>	-	2,05
5	<i>K-L (conducto)</i>	<i>500x150</i>	8,27	-
6	<i>codo</i>	<i>500x150</i>	-	2,05
7	<i>L-M (conducto)</i>	<i>500x150</i>	5,32	-
8	<i>codo</i>	<i>500x150</i>	-	1,76
9	<i>M-N (conducto)</i>	<i>500x150</i>	16	-
10	<i>codo</i>	<i>500x150</i>	-	1,76
11	<i>N-Ñ (conducto)</i>	<i>500x150</i>	20,80	-
12	<i>codo</i>	<i>500x150</i>	-	1,76

PROYECTO FIN DE CARRERA		REF: EE-30-3.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL		FECHA:23/09/2013	
		REV:01	PAG: 74

<i>Zona</i>	<i>Elemento</i>	<i>Dimensiones (mm)</i>	<i>Longitud (m)</i>	<i>Longitud equivalente adicional (m)</i>
13	Ñ-O (conducto)	500x150	1,60	-

Con la velocidad en el conducto y su diámetro obtenemos en el gráfico una pérdida de carga por metro de longitud equivalente de:  $R=0,055$  mmca/m.

Perdida de carga total:

$$P = 81,76 \cdot 0,055 = 4,49 \text{ mmca}$$

La presión estática total que necesita el ventilador es la suma de la presión en las bocas, más la pérdida de carga en el conducto. De aquí debe descontarse la recuperación debida a la diferencia de velocidad entre la primera y la última parte del conducto.

Recuperación:

$$0,75 \left[ \left( \frac{V_f}{242,4} \right)^2 - \left( \frac{V_d}{242,4} \right)^2 \right]$$

$V_f$ : velocidad en la primera sección en m/min

$V_d$ : velocidad de la última sección en m/min

$$V_f = 7,5 \text{ m/s} = 450 \text{ m/min}$$

$$V_d = 5,54 \text{ m/s} = 332,4 \text{ m/min}$$

$$0,75 \left[ \left( \frac{450}{242,4} \right)^2 - \left( \frac{332,4}{242,4} \right)^2 \right] = 1,17 \text{ mmca}$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: EE-30-3.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 75

Presión en las bocas: 3,8mmca

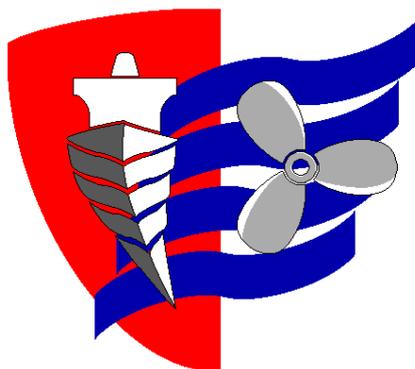
Presión estática total en la descarga del ventilador:

$$\begin{aligned} \text{perdida de carga} + \text{presión en las bocas} - \text{recuperación} &= 4,49 + 3,8 - 1,17 \\ &= 7,12 \text{ mmca} \end{aligned}$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: EE-30-3.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 76

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



**ELECCIÓN DE ELEMENTOS**

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: EE-30-3.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 77

### 3 Elección de elementos

Con los caudales y las secciones de los conductos obtenidos procedemos a la elección de los elementos de la unidad de tratamiento de aire

- Dampers
- Filtros
- Sección de mezcla
- Batería de calor
- Batería de frio
- Humidificador
- Ventilador centrifugo

Para la selección del tamaño de la unidad de tratamiento de aire entramos en la siguiente tabla con el caudal que necesitamos impulsar para mantener las condiciones establecidas anteriormente de los espacios acondicionados. Siendo el caudal impulsado de 41 302m<sup>3</sup>/h, elegimos el tamaño 62 para una velocidad de 2,5m/s.

#### 3.1 Tamaño de la UTA

##### Quick selection table

Unit Size	Air flow rate m <sup>3</sup> /s (m <sup>3</sup> /h)					Filter modules			Unit Cross section	
	Maximum	Cooling coil (EUHN) face velocity, m/s			EUHN	Filter cassettes	Cassette arrangement	Filter face area, m <sup>2</sup>	Unit width, mm Normal Rotor	Unit height, mm
		2,0 m/s	2,5 m/s	3,0 m/s	2,5 m/s					
<b>60</b>	13 47952	6.66 23976	8.33 29970	9.99 35964	-	09		3.24	2050 3400	2050
<b>62</b>	18 63504	8.82 31752	11.03 39690	13.23 47628	-	12		4.32	2650 3660	2050
<b>64</b>	22 79056	10.98 39528	13.73 49410	16.47 59292	-	15		5.4	3250 4000	2050

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: EE-30-3.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 23/09/2013	
	REV: 01	PAG: 78

## 3.2 Módulos de la UTA

### 3.2.1 Dampers

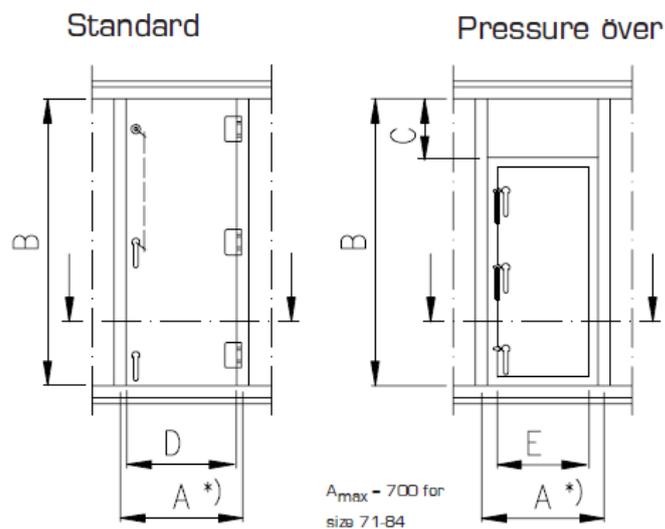
Máxima presión diferencial: 1000Pa con el damper cerrado

Material: Acero galvanizado/ Acero galvanizado

Estanqueidad: CEN 3, CEN 4(T4/T5)



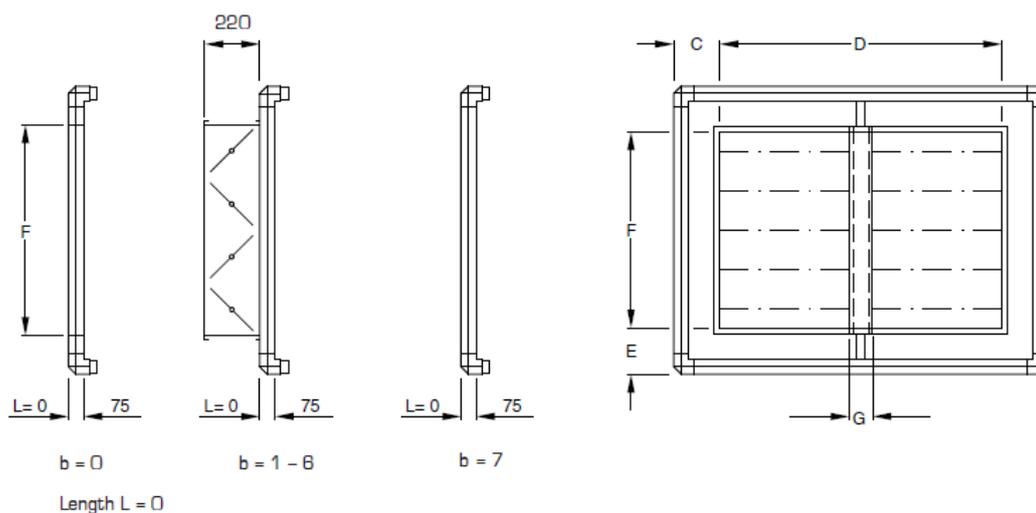
### 3.2.2 Puerta de inspección



PROYECTO FIN DE CARRERA		REF: EE-30-3.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL		FECHA:23/09/2013	
		REV:01	PAG: 79

Size	B	C	Length A	250	350	450	550	650	750	900	1000
60-64	1900	-	Door D	200	300	400	500	600	700	600	600
71-73	2200	300	Door E	-	-	-	400	500	600	500	500
82-84	2500	600									

### 3.2.3 Conexión de salida de aire (EUVA)

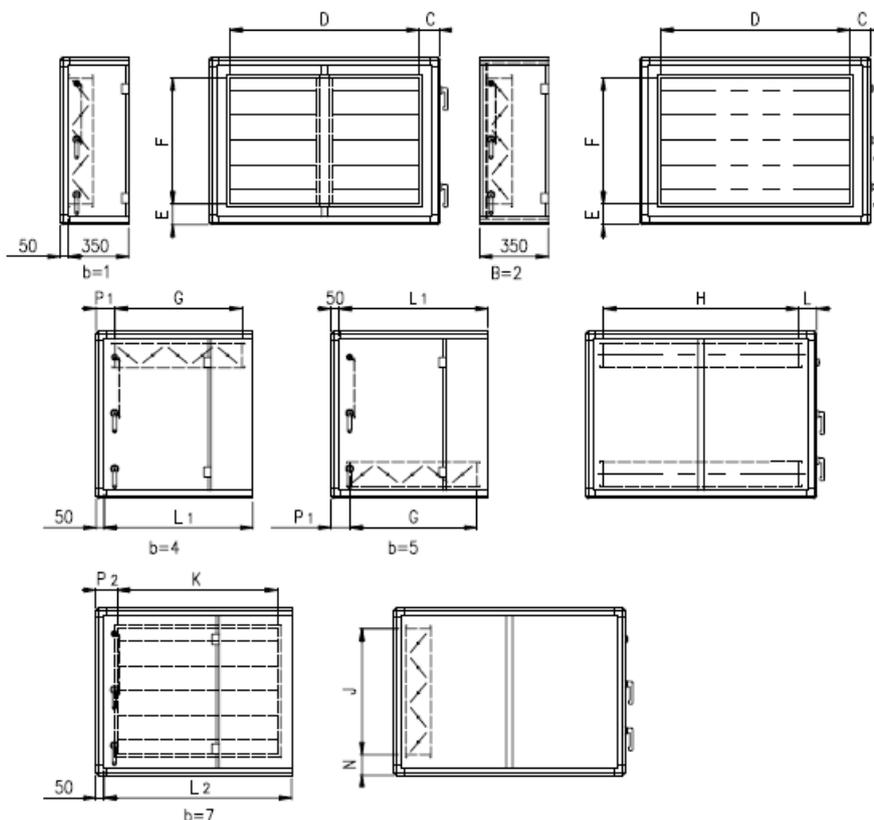


Size	C	D	E	F	G	Damper	Weight, kg		
							b = 0	b = 1-6	b = 7
60	225	1600	225	1600	-	1600 x 1600	25	80	75
62	225	2200	225	1600	200	2 x 1000 x 1600	40	115	105
64	225	2800	225	1600	200	2 x 1300 x 1600	40	135	120
71	225	2200	275	1800	200	2 x 1000 x 1800	60	145	130
73	225	2800	275	1800	200	2 x 1300 x 1800	75	180	170
80	225	2200	325	2000	200	2 x 1000 x 2000	80	175	160
82	225	2800	325	2000	200	2 x 1300 x 2000	85	205	185
84	300	3400	325	2000	200	2 x 1600 x 2000	105	255	230

Note: Sizes 62-84 have two dampers mounted side by side.

PROYECTO FIN DE CARRERA		REF: EE-30-3.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL		FECHA:23/09/2013	
REV:01		PAG: 80	

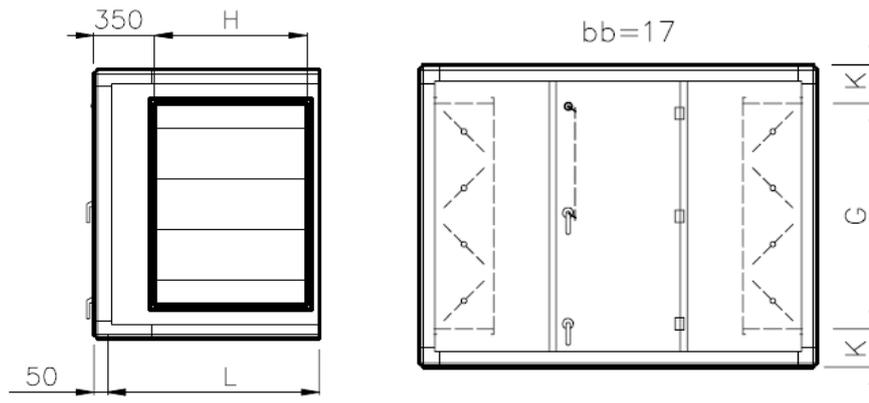
### 3.2.4 Conexión de entrada de aire (EUVB)



Size	C	D	E	F	G	H	L	J	K	N	L1	L2	P1	P2	Wgt. b=1	Wgt. b=2	Wgt. b=4,5	Wgt. b=7
60	225	1600	225	1600	700	1600	225	1200	1000	425	1000	1400	200	250	195	150	320	400
62	225	2200	225	1600	700	2000	325	1200	1200	425	1000	1600	200	250	245	185	390	520
64	225	2800	225	1600	700	2800	225	1200	1400	425	1000	1800	200	250	280	215	430	630
71	225	2200	275	1800	800	2000	325	1600	1200	375	1000	1600	150	250	285	205	435	590
73	225	2800	275	1800	800	2800	225	1600	1400	375	1000	1800	150	250	335	240	495	720
80	225	2200	325	2000	1000	2000	325	1800	1200	425	1200	1600	150	250	320	220	530	640
82	225	2800	325	2000	1000	2800	225	1800	1400	425	1200	1800	150	250	365	265	595	770
84	300	3400	325	2000	1000	3400	300	1800	1600	425	1200	2050	150	275	435	310	685	945

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: EE-30-3.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 23/09/2013	
	REV: 01	PAG: 81

### 3.2.5 Sección de mezcla (EUVC)



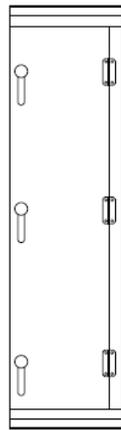
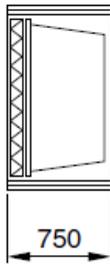
STORL SIZE	G	H	PG J	FL. J	K	L	Wgt KG
60	1200	1000	-	-	425	1400	415
62	1200	1200	-	-	425	1600	535
64	1200	1400	-	-	425	1800	640
71	1600	1200	-	-	375	1600	600
73	1600	1400	-	-	375	1800	725
80	1800	1200	-	-	425	1600	655
82	1800	1400	-	-	425	1800	790
84	1800	1600	-	-	425	2050	890

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: EE-30-3.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 23/09/2013	
	REV: 01	PAG: 82

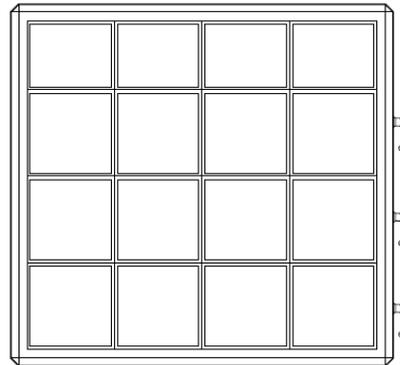
### 3.2.6 Sección de filtrado (EUPC)



EUPC  
 $d = 1 \quad f = 1$   
 With prefilter

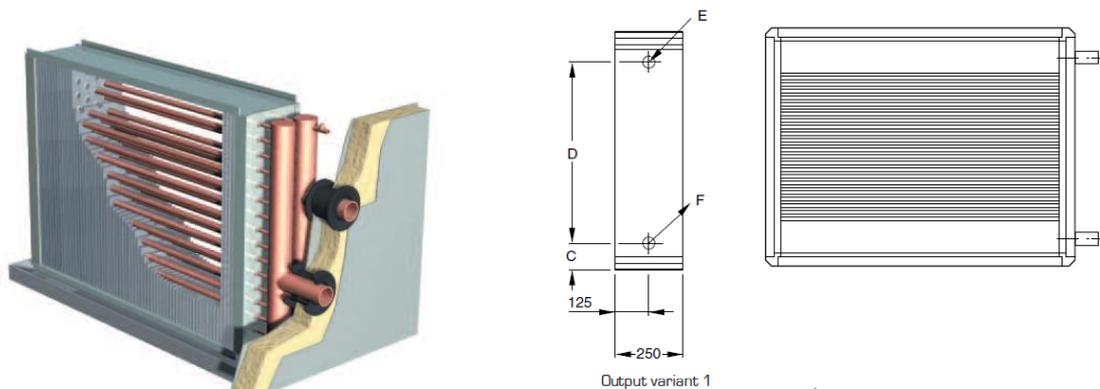


EUPC  
 $f = 1$



PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: EE-30-3.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 23/09/2013	
	REV: 01	PAG: 83

### 3.2.7 Calentador de aire para vapor (EUES)



Size	C		D		Nom. pipe size 1)		Weight, kg with Fe/A	
	Output variant 1	Output variant 2	Output variant 1	Output variant 2	E	F	Output variant 1	Output variant 2
60	180	180	1675	1675	80	50	200	385
62	180	180	1675	1675	80	50	245	475
64	180	180	1675	1675	80	50	290	565
71	197	197	1940	1940	80	50	270	520
73	197	197	1940	1940	80	50	315	615
80	180	180	2275	2275	80	50	295	580
82	195	195	2245	2245	100	80	350	695
84	195	195	2245	2245	100	80	410	820

Intercambiador de calor por medio de vapor

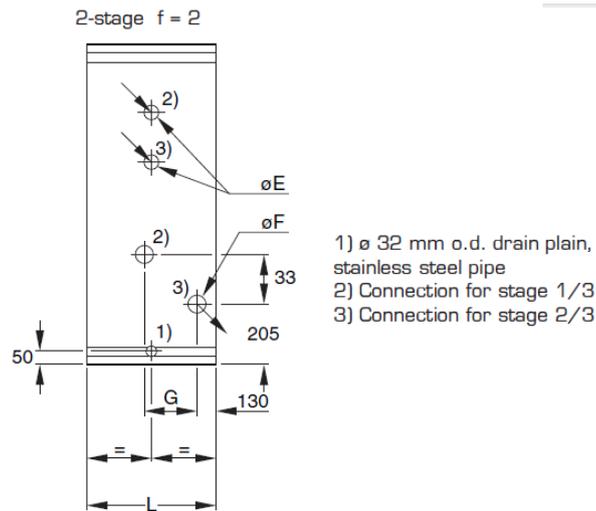
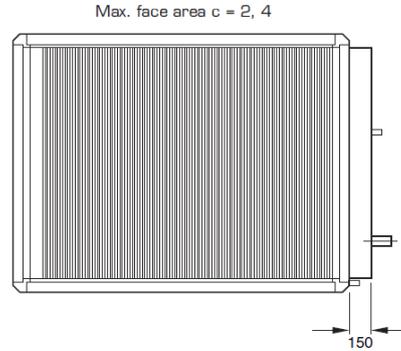
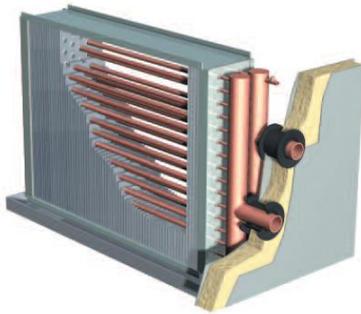
Material: Aletas y tubos de cobre, carcasa de acero inoxidable o acero galvanizado

Presión máxima de trabajo: 10bar

Temperatura máxima de trabajo: 185 °C

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: EE-30-3.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA: 23/09/2013	
	REV: 01	PAG: 84

### 3.2.8 Calentador de aire para refrigerante (EUNP)

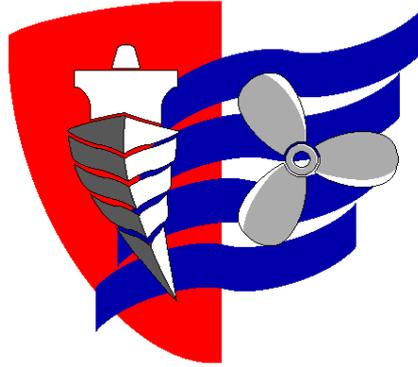


#### Output variant 2

Size	f =		Output variant 2					Weight, kg	
	1	2	øC	øD	øE	øF	G	Cu/Al	Cu/Cu
60	I	●	28,6	54	22	41.3	43	330	455
62	I	●	28,6	54	22	41.3	43	410	575
64	-	●	-	-	28,6	54	58	490	690
71	-	●	-	-	22	41.3	43	470	665
80	-	●	-	-	22	54	58	520	740

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



**PLANOS**

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PL-40	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 86

## **4 Planos**

### **4.1 Aislamientos**

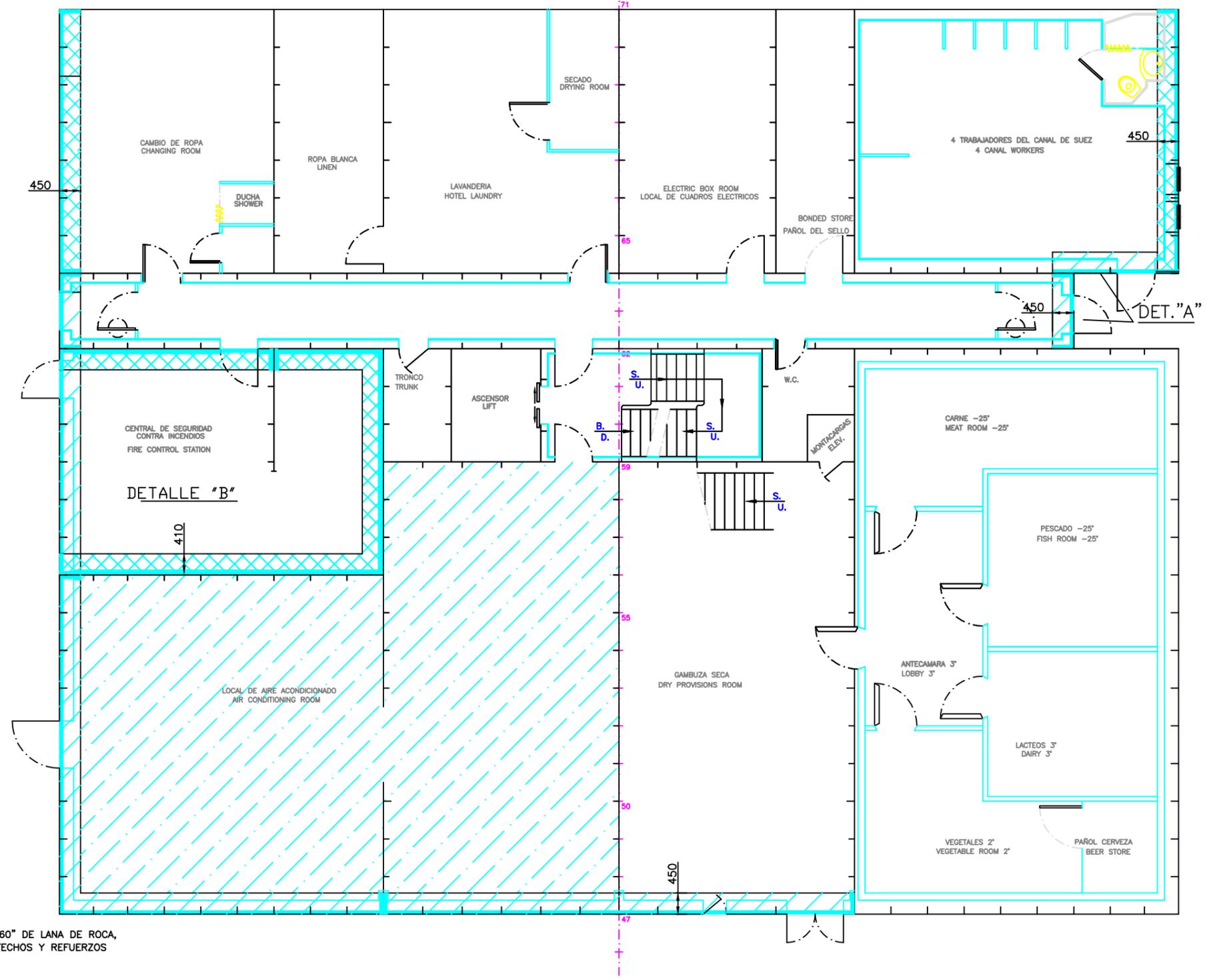
- PL-1 Cubierta Principal
- PL-2 Cubierta A
- PL-3 Cubierta B
- PL-4 Cubierta C
- PL-5 Cubierta D
- PL-6 Cubierta E
- PL-7 Puente

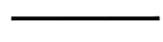
### **4.2 Red de conductos**

- PL-8 Cubierta Principal
- PL-9 Cubierta A
- PL-10 Cubierta B
- PL-11Cubierta C
- PL-12Cubierta D
- PL-13 Cubierta E
- PL-14 Puente

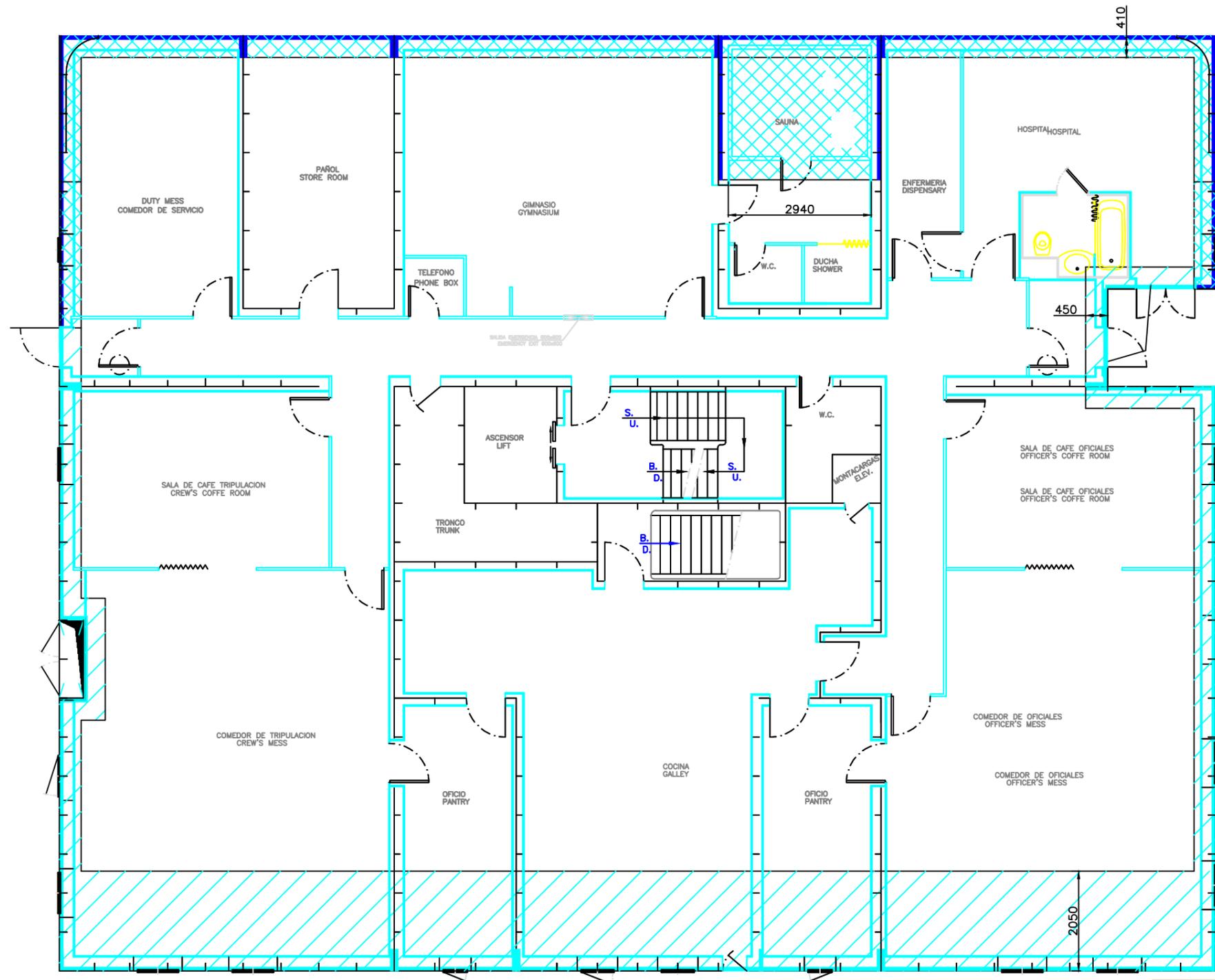
### **4.3 Detalles constructivos**

- PL-15 Aislamientos
- PL-16 Conductos
- PL- Vista 3D



- 
 AISLAMIENTO "A-60" DE LANA DE ROCA, EN MAMPAROS, TECHOS Y REFUERZOS  
 "A-60" ROCK WOOL INSULATION IN BULKHEADS, CEILINGS AND STIFFENERS
- 
 AISLAMIENTO TERMICO DE LANA DE ROCA . TIPO NO COMBUSTIBLE EN MAMPAROS, TECHOS, REFUERZOS Y CORRUGACIONES  
 ROCKWOOL THERMAL INSULATION FLAME PROOF TYPE IN BULKHEADS, CEILINGS, STIFFENERS AND CORRUGATIONS

E.T.S. de Náutica <small>INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL EN PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE</small> 	Referencia técnica	Tipo de documento		Estado del documento	
	—	—		—	
	Creado por	Título, Título suplementario		Buque LNG Knutsen Cádiz Escala    Fecha de edición    Formato    Hoja No. 1:100    Octubre 2013    A3    1/17	
	David Martínez	Cubierta Principal			
	Aprobado por				
	Luis Vega				



— AISLAMIENTO "A-60" DE LANA DE ROCA, EN MAMPAROS, TECHOS Y REFUERZOS



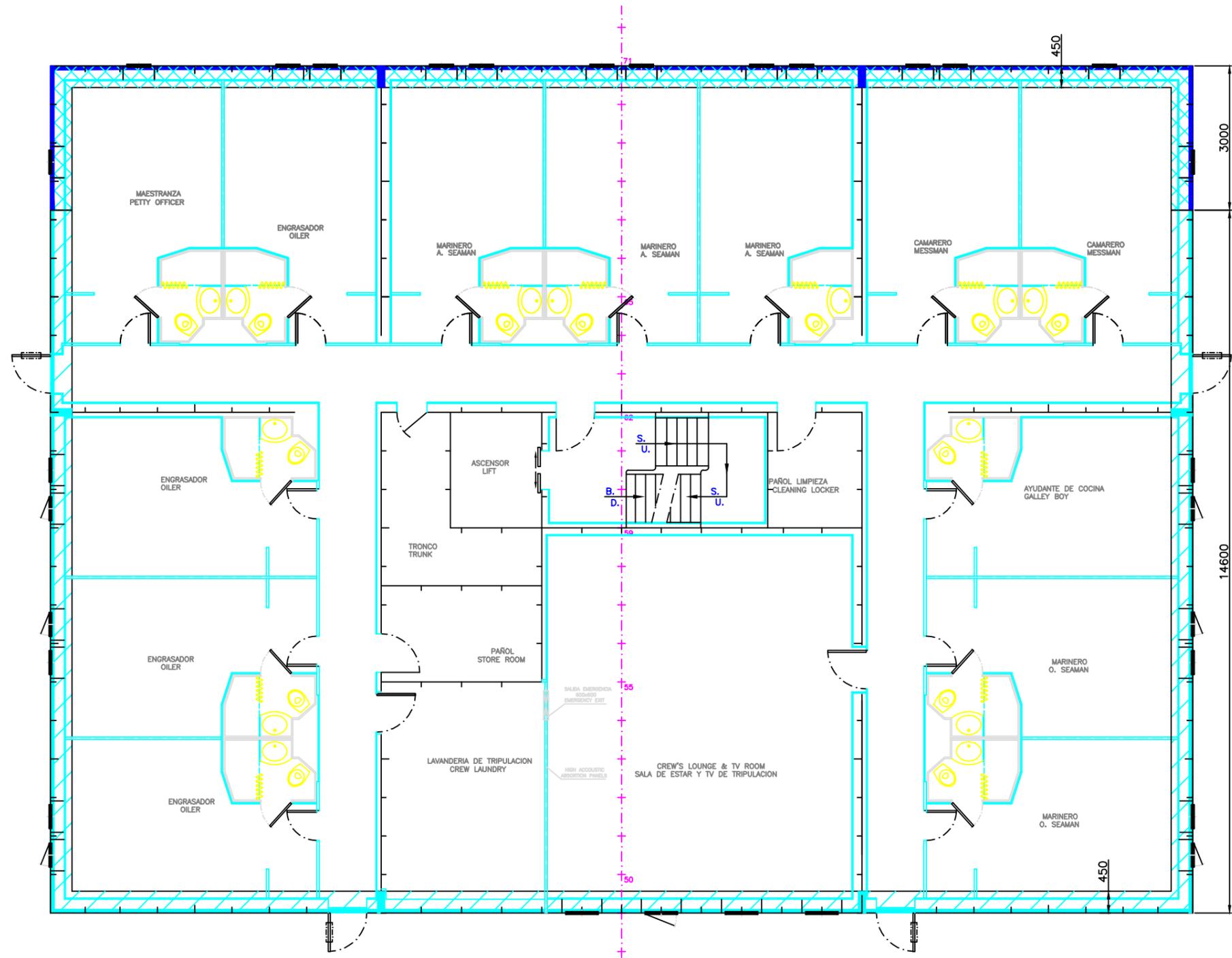
"A-60" ROCK WOOL INSULATION IN BULKHEADS, CEILINGS AND STIFFENERS

— AISLAMIENTO TERMICO DE LANA DE ROCA . TIPO NO COMBUSTIBLE EN MAMPAROS, TECHOS, REFUERZOS Y CORRUGACIONES

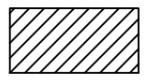


ROCKWOOL THERMAL INSULATION FLAME PROOF TYPE IN BULKHEADS, CEILINGS, STIFFENERS AND CORRUGATIONS

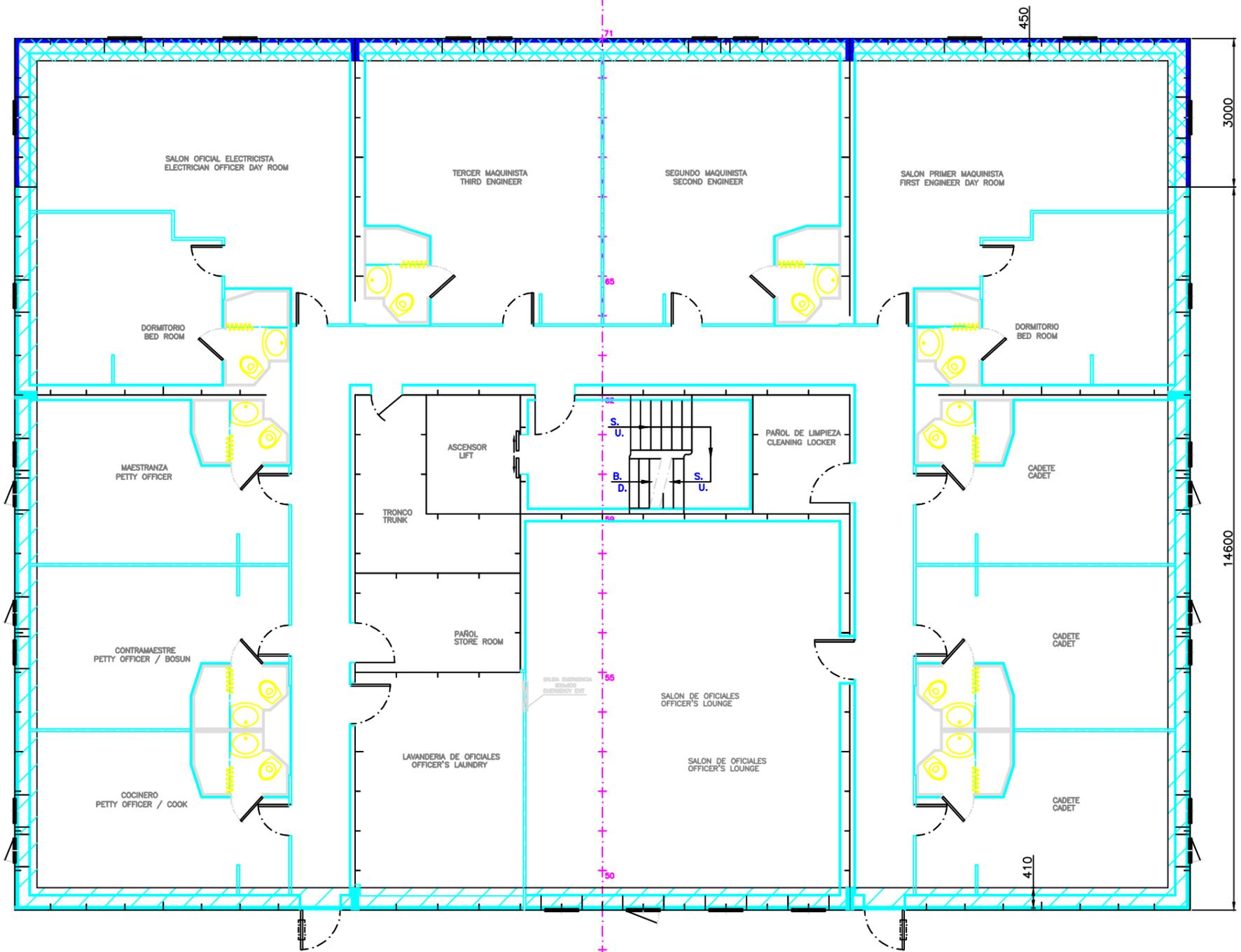
E.T.S. de Náutica <small>INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL EN PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE</small> 	Referencia técnica	Tipo de documento	Estado del documento				
	—	—	—				
	Creado por	Título, Título suplementario		Buque LNG Knutsen Cádiz			
	David Martínez	Cubierta A		Escala	Fecha de edición	Formato	Hoja No.
	Aprobado por			1:100	Octubre 2013	A3	2/17
	Luis Vega						




 AISLAMIENTO "A-60" DE LANA DE ROCA, EN MAMPAROS, TECHOS Y REFUERZOS  
 "A-60" ROCK WOOL INSULATION IN BULKHEADS, CEILINGS AND STIFFENERS


 AISLAMIENTO TERMICO DE LANA DE ROCA . TIPO NO COMBUSTIBLE EN MAMPAROS, TECHOS, REFUERZOS Y CORRUGACIONES  
 ROCKWOOL THERMAL INSULATION FLAME PROOF TYPE IN BULKHEADS, CEILINGS, STIFFENERS AND CORRUGATIONS

E.T.S. de Náutica <small>INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL EN PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE</small> 	Referencia técnica	Tipo de documento	Estado del documento				
	—	—	—				
	Creado por	Título, Título suplementario		Buque LNG Knutsen Cádiz			
	David Martínez	Cubierta B		Escala	Fecha de edición	Formato	Hoja No.
	Aprobado por			1:100	Octubre 2013	A3	3/17
	Luis Vega						



— AISLAMIENTO "A-60" DE LANA DE ROCA, EN MAMPAROS, TECHOS Y REFUERZOS



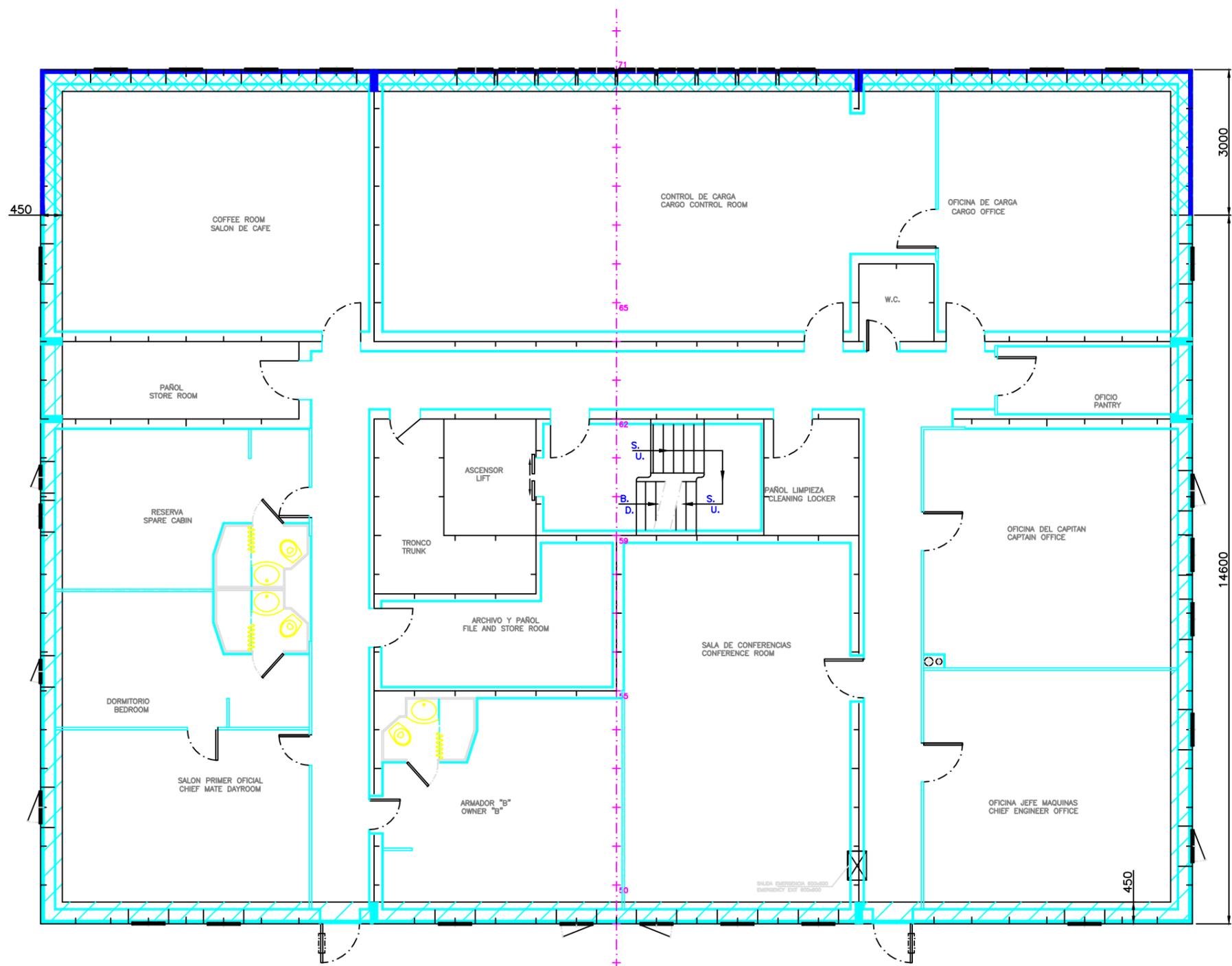
"A-60" ROCK WOOL INSULATION IN BULKHEADS, CEILINGS AND STIFFENERS

— AISLAMIENTO TERMICO DE LANA DE ROCA . TIPO NO COMBUSTIBLE EN MAMPAROS, TECHOS, REFUERZOS Y CORRUGACIONES

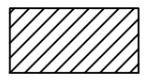


ROCKWOOL THERMAL INSULATION FLAME PROOF TYPE IN BULKHEADS, CEILINGS, STIFFENERS AND CORRUGATIONS

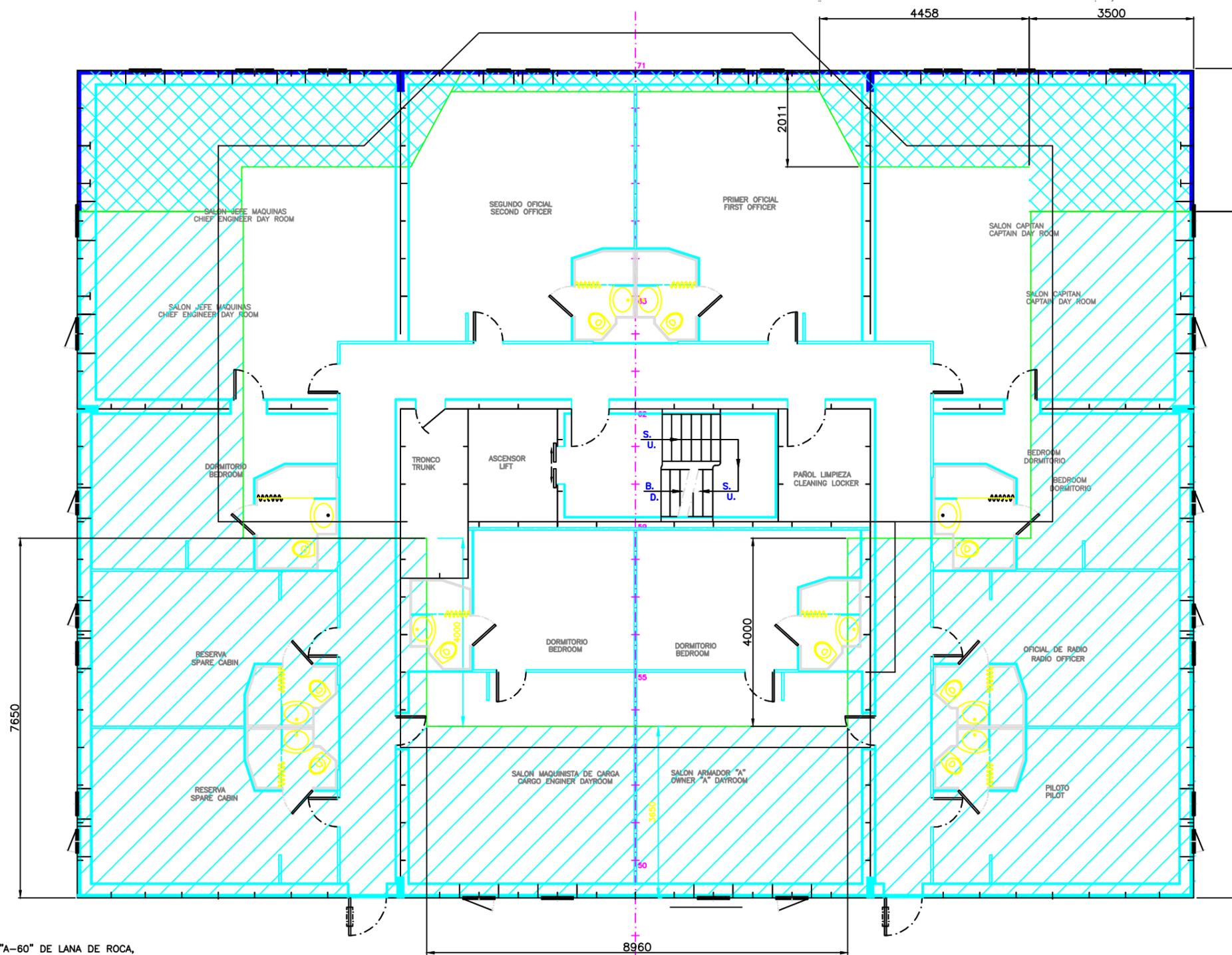
E.T.S. de Náutica <small>INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL EN PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE</small>	Referencia técnica	Tipo de documento	Estado del documento				
	—	—	—				
	Creado por	Título, Título suplementario		Buque LNG Knutsen Cádiz			
	David Martínez	Cubierta C		Escala	Fecha de edición	Formato	Hoja No.
	Aprobado por			1:100	Octubre 2013	A3	4/17
	Luis Vega						




 AISLAMIENTO "A-60" DE LANA DE ROCA, EN MAMPAROS, TECHOS Y REFUERZOS  
 "A-60" ROCK WOOL INSULATION IN BULKHEADS, CEILINGS AND STIFFENERS


 AISLAMIENTO TERMICO DE LANA DE ROCA . TIPO NO COMBUSTIBLE EN MAMPAROS, TECHOS, REFUERZOS Y CORRUGACIONES  
 ROCKWOOL THERMAL INSULATION FLAME PROOF TYPE IN BULKHEADS, CEILINGS, STIFFENERS AND CORRUGATIONS

E.T.S. de Náutica <small>INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL EN PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE</small> 	Referencia técnica	Tipo de documento	Estado del documento				
	—	—	—				
	Creado por	Título, Título suplementario		Buque LNG Knutsen Cádiz			
	David Martínez	Cubierta D		Escala	Fecha de edición	Formato	Hoja No.
	Aprobado por			1:100	Octubre 2013	A3	5/17
	Luis Vega						



— AISLAMIENTO "A-60" DE LANA DE ROCA, EN MAMPAROS, TECHOS Y REFUERZOS



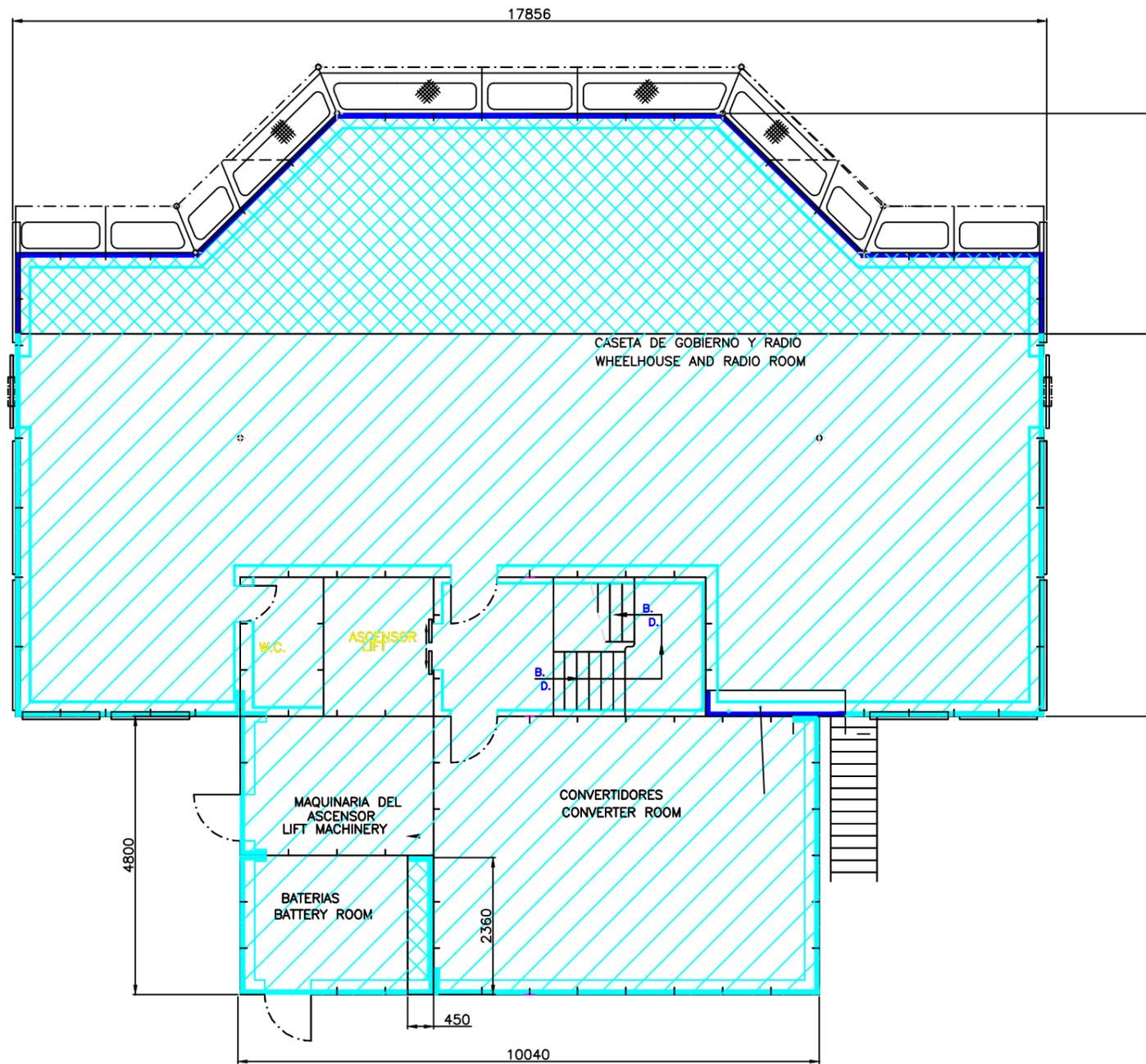
"A-60" ROCK WOOL INSULATION IN BULKHEADS, CEILINGS AND STIFFENERS

— AISLAMIENTO TERMICO DE LANA DE ROCA . TIPO NO COMBUSTIBLE EN MAMPAROS, TECHOS, REFUERZOS Y CORRUGACIONES



ROCKWOOL THERMAL INSULATION FLAME PROOF TYPE IN BULKHEADS, CEILINGS, STIFFENERS AND CORRUGATIONS

E.T.S. de Náutica <small>INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL EN PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE</small> 	Referencia técnica	Tipo de documento		Estado del documento	
	—	—		—	
Creado por <b>David Martínez</b> Aprobado por <b>Luis Vega</b>	Título, Título suplementario		Buque LNG Knutsen Cádiz		
	Cubierta E		Escala	Fecha de edición	Formato
		1:100	Octubre 2013	A3	6/17



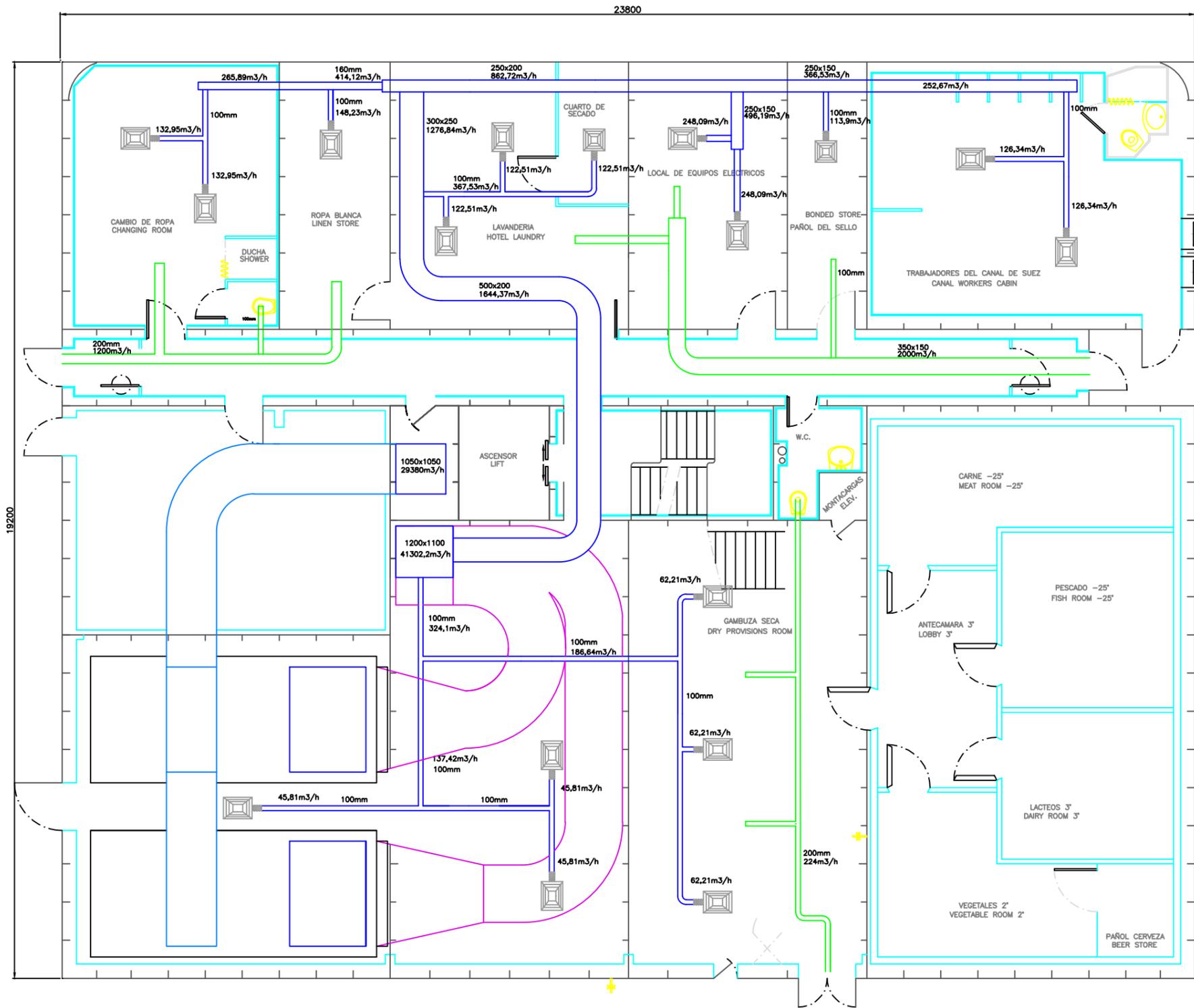
— AISLAMIENTO "A-60" DE LANA DE ROCA, EN MAMPAROS, TECHOS Y REFUERZOS

▨ "A-60" ROCK WOOL INSULATION IN BULKHEADS, CEILINGS AND STIFFENERS

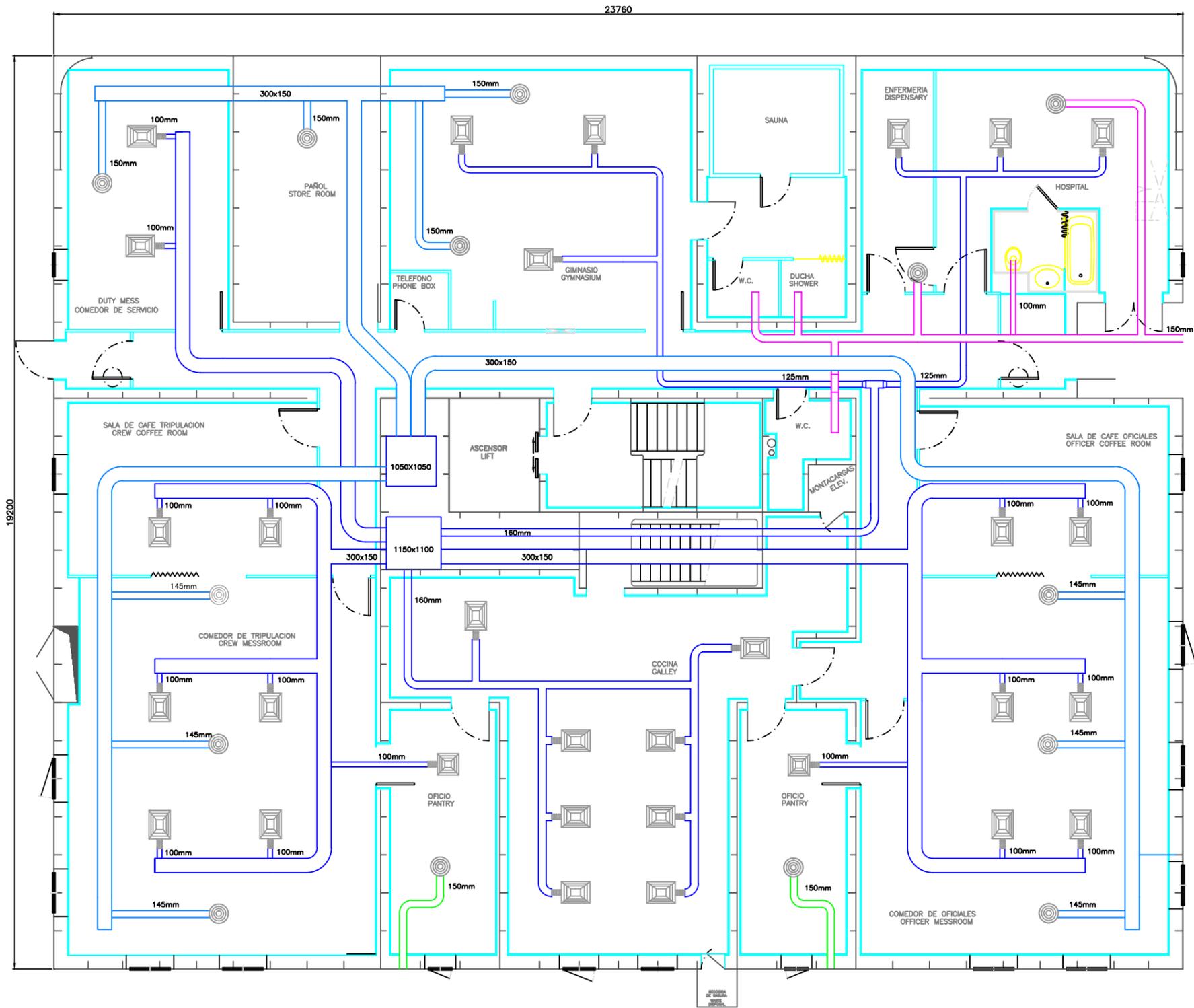
— AISLAMIENTO TERMICO DE LANA DE ROCA . TIPO NO COMBUSTIBLE EN MAMPAROS, TECHOS, REFUERZOS Y CORRUGACIONES

▨ ROCKWOOL THERMAL INSULATION FLAME PROOF TYPE IN BULKHEADS, CEILINGS, STIFFENERS AND CORRUGATIONS

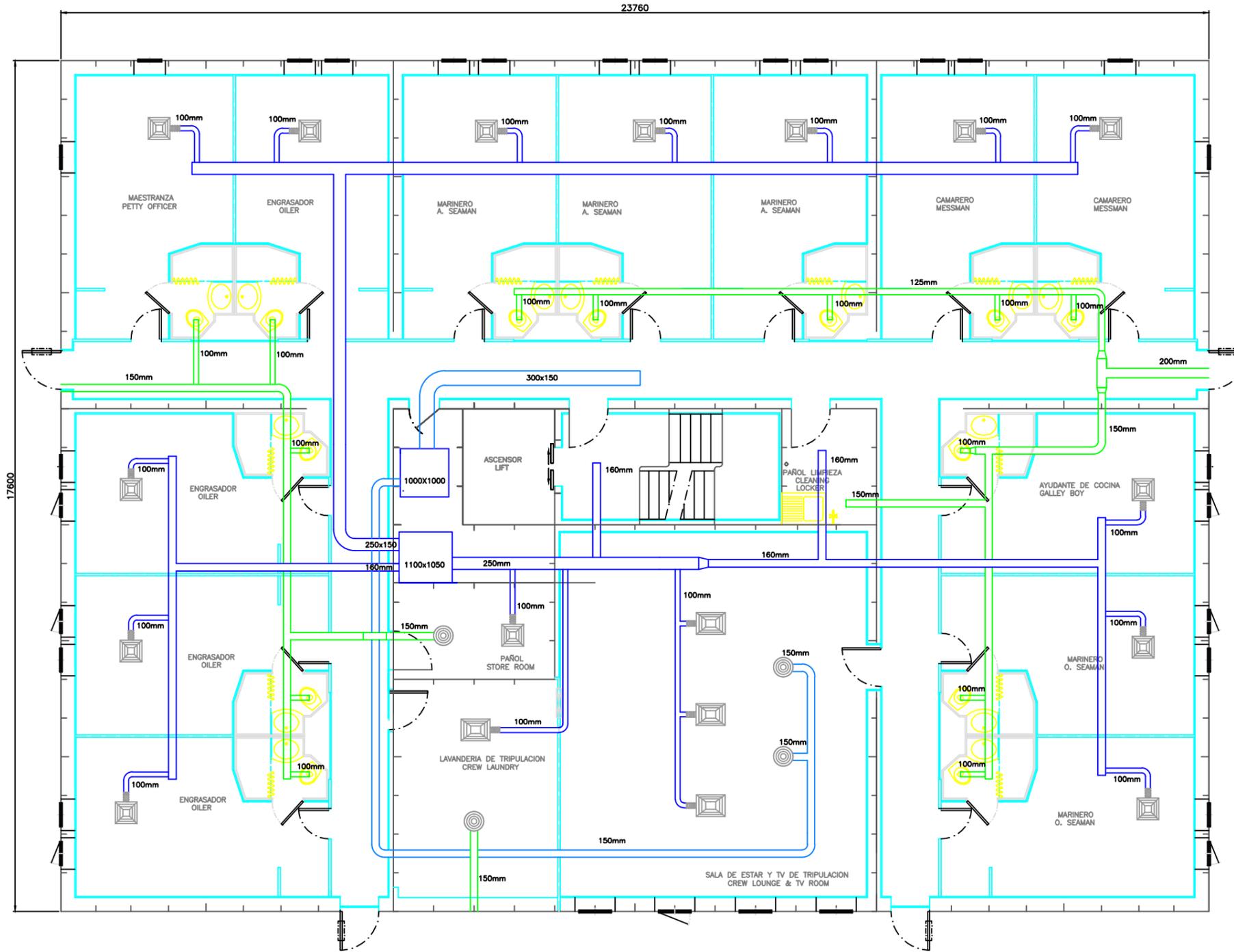
E.T.S. de Náutica <small>INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL EN PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE</small> 	Referencia técnica	Tipo de documento	Estado del documento				
	—	—	—				
	Creado por	Título, Título suplementario		Buque LNG Knutsen Cádiz			
	David Martínez	Puente		Escala	Fecha de edición	Formato	Hoja No.
	Aprobado por			1:100	Octubre 2013	A3	7/17
	Luis Vega						



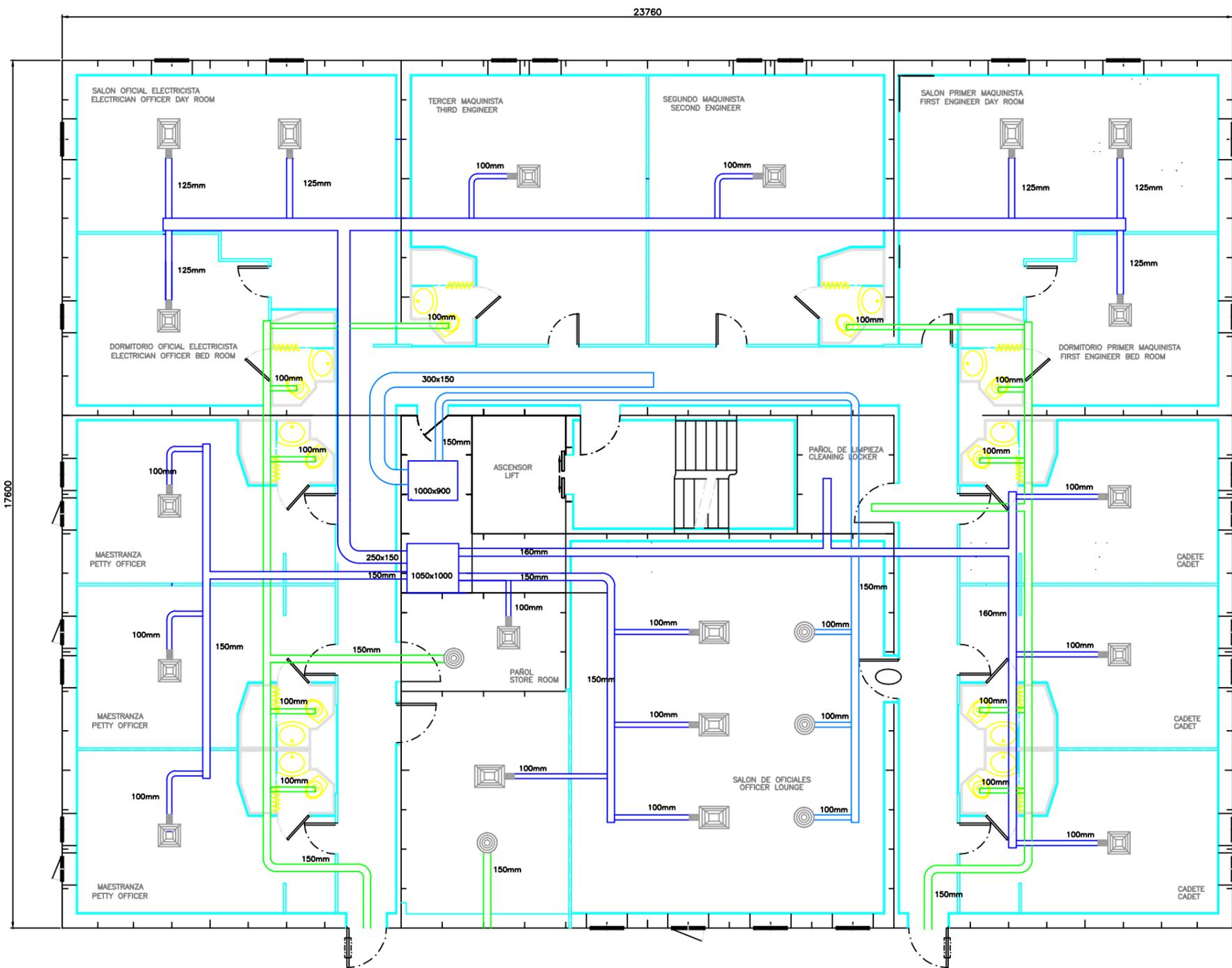
<b>E.T.S. de Náutica</b> <small>INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL EN PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE</small>	Referencia técnica	Tipo de documento		Estado del documento	
		Creado por <b>David Martínez</b> Aprobado por <b>Luis Vega</b>	Título, Título suplementario <b>Cubierta Principal</b>		<b>Buque LNG Knutsen Cádiz</b>
		Escala	Fecha de edición	Formato	Hoja No.
		1:100	Octubre 2013	A3	8/17



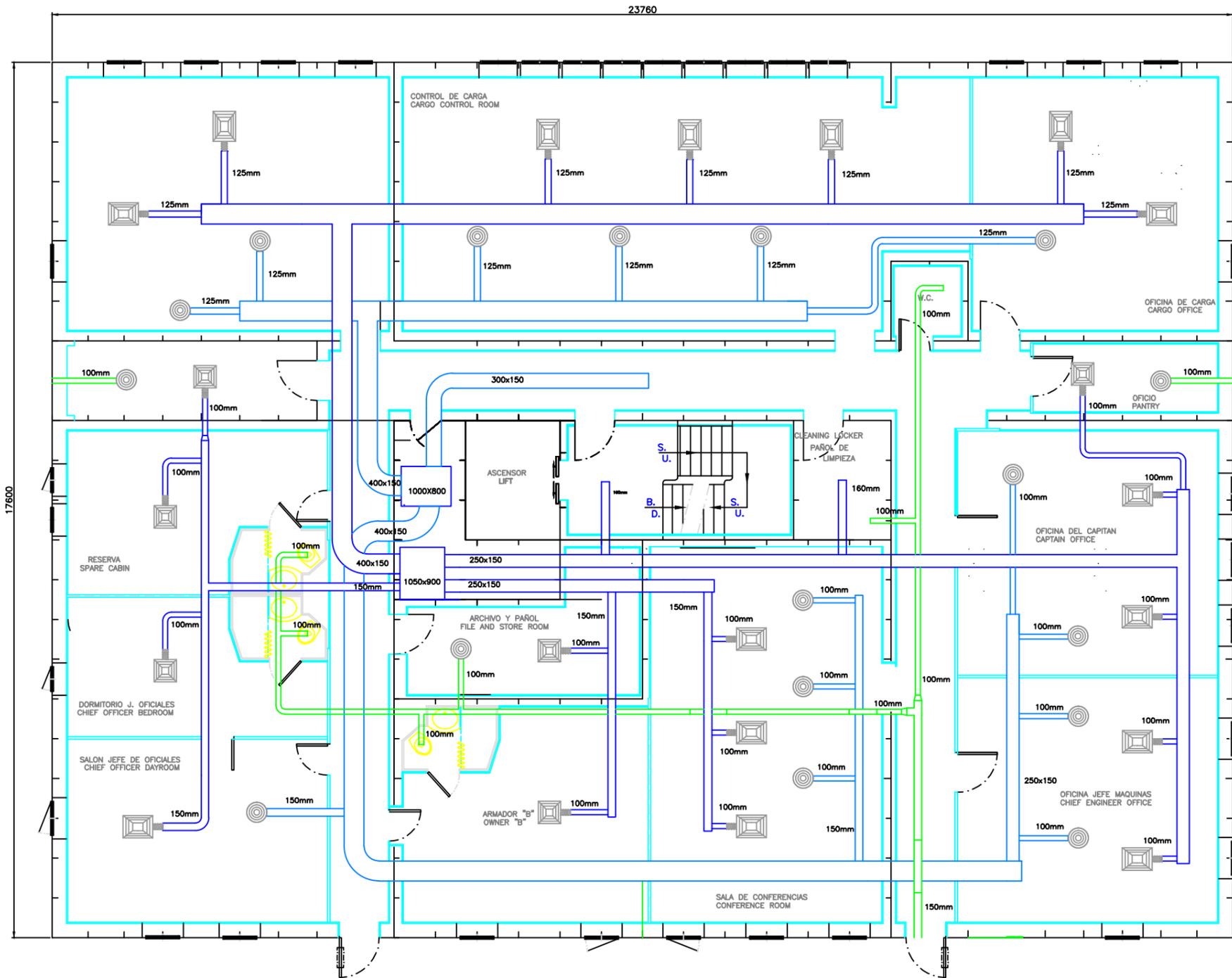
<p>E.T.S. de Náutica</p> <p>INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL EN PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE</p> 	Referencia técnica	Tipo de documento	Estado del documento										
	<p>Creado por</p> <p>David Martínez</p> <p>Aprobado por</p> <p>Luis Vega</p>	Título, Título suplementario	<p>Buque LNG Knutsen Cádiz</p> <table border="1"> <tr> <td>Escala</td> <td>Fecha de edición</td> <td>Formato</td> <td>Hoja No.</td> </tr> <tr> <td>1:100</td> <td>Octubre 2013</td> <td>A3</td> <td>9/17</td> </tr> </table>				Escala	Fecha de edición	Formato	Hoja No.	1:100	Octubre 2013	A3
Escala	Fecha de edición	Formato	Hoja No.										
1:100	Octubre 2013	A3	9/17										



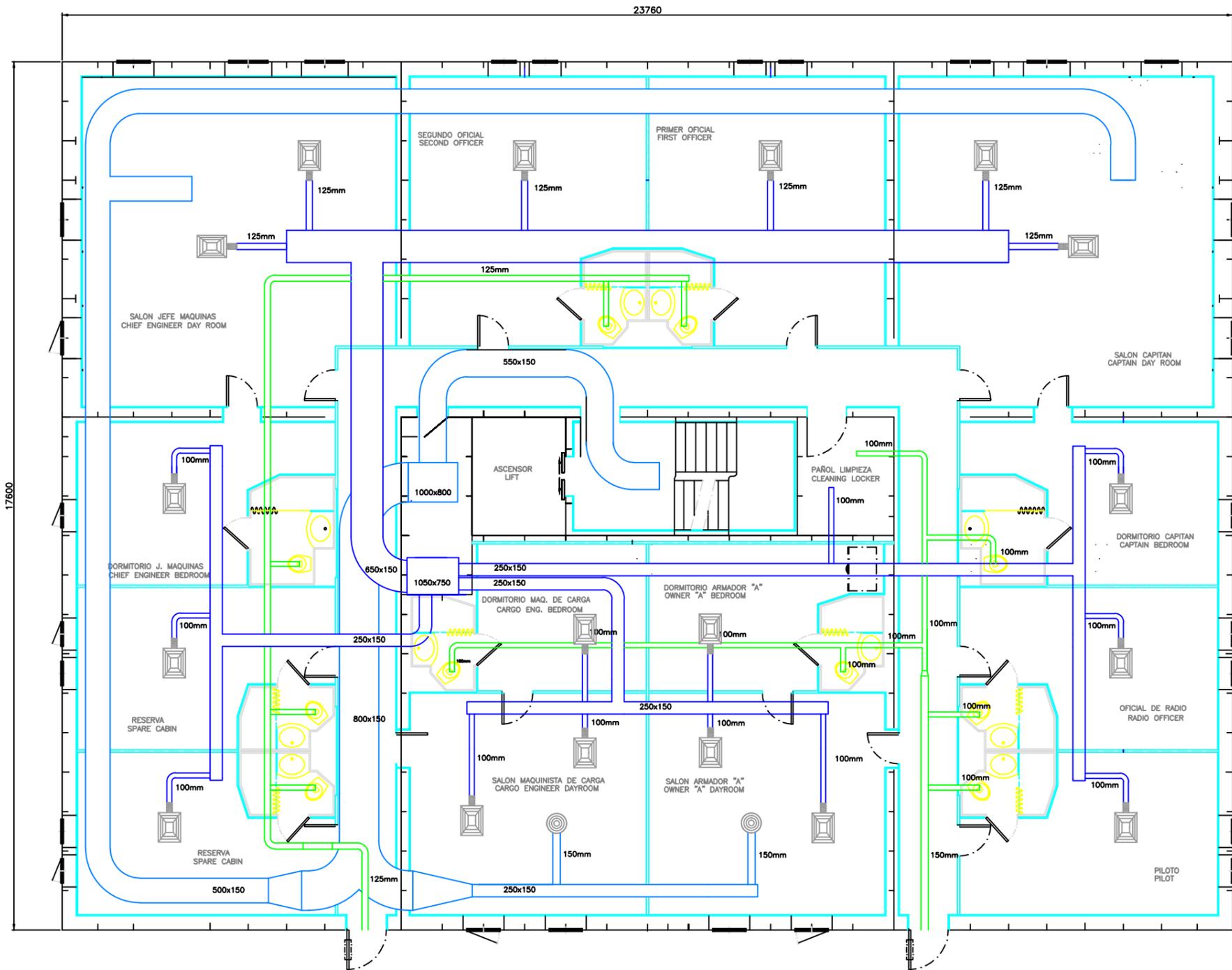
<b>E.T.S. de Náutica</b> <small>INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL EN PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE</small>	Referencia técnica	Tipo de documento	Estado del documento			
		Creado por <b>David Martínez</b> Aprobado por <b>Luis Vega</b>	Título, Título suplementario  <b>Cubierta B</b>	<b>Buque LNG Knutsen Cádiz</b>		
			Escala 1:100	Fecha de edición Octubre 2013	Formato A3	Hoja No. 10/17



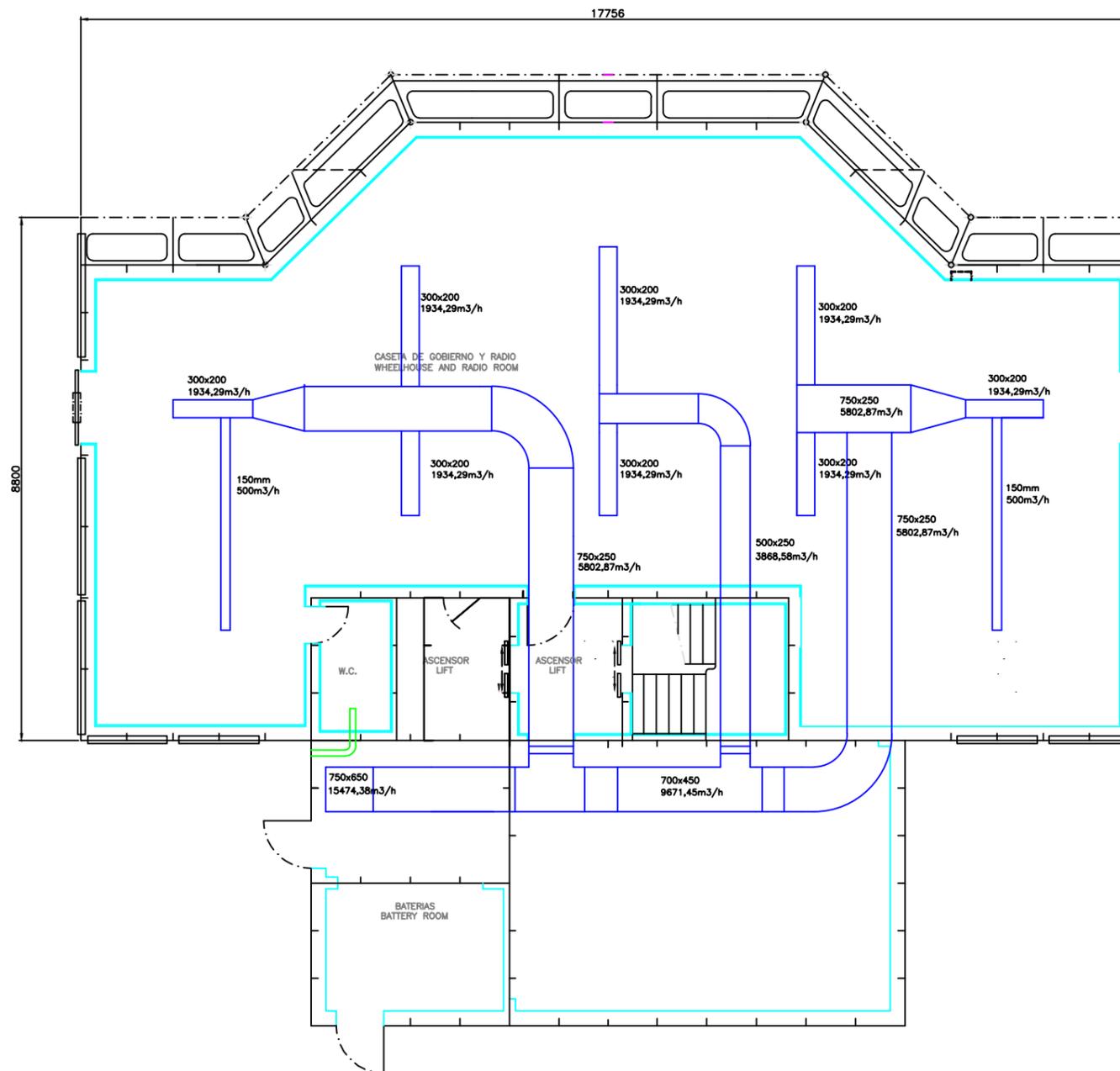
E.T.S. de Náutica <small>INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL EN PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE</small>	Referencia técnica	Tipo de documento	Estado del documento		
		Creado por David Martínez Aprobado por Luis Vega	Título, Título suplementario  Cubierta C	Buque LNG Knutsen Cádiz	
			Escala 1:100	Fecha de edición Octubre 2013	Formato A3
					Hoja No. 11/17



<b>E.T.S. de Náutica</b> <small>INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL EN PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE</small>	Referencia técnica	Tipo de documento	Estado del documento			
		Creado por <b>David Martínez</b> Aprobado por <b>Luis Vega</b>	Título, Título suplementario  <b>Cubierta D</b>	<b>Buque LNG Knutsen Cádiz</b>		
			Escala <b>1:100</b>	Fecha de edición <b>Octubre 2013</b>	Formato <b>A3</b>	Hoja No. <b>12/17</b>

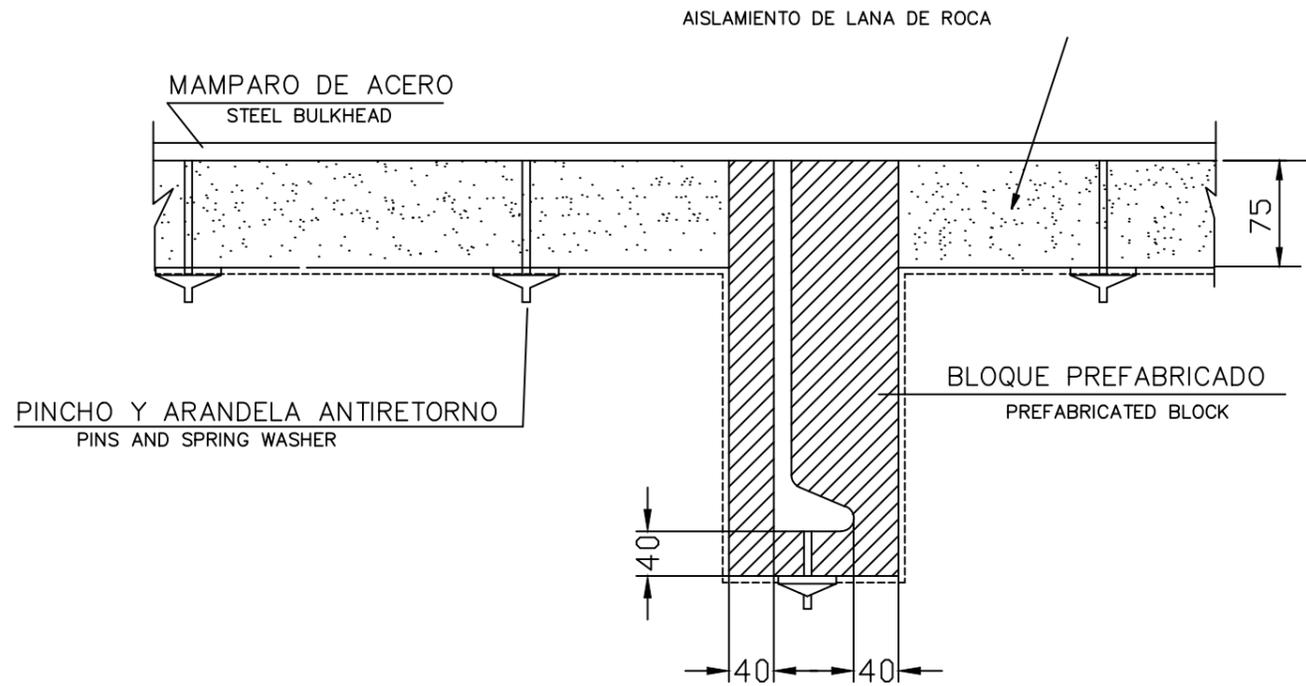


E.T.S. de Náutica <small>INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL EN PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE</small>	Referencia técnica	Tipo de documento	Estado del documento			
	—	—	—			
	Creado por	Título, Título suplementario		Buque LNG Knutsen Cádiz		
	David Martínez	Cubierta E				
	Aprobado por	Escala	Fecha de edición	Formato	Hoja No.	
	Luis Vega	1:100	Octubre 2013	A3	13/17	

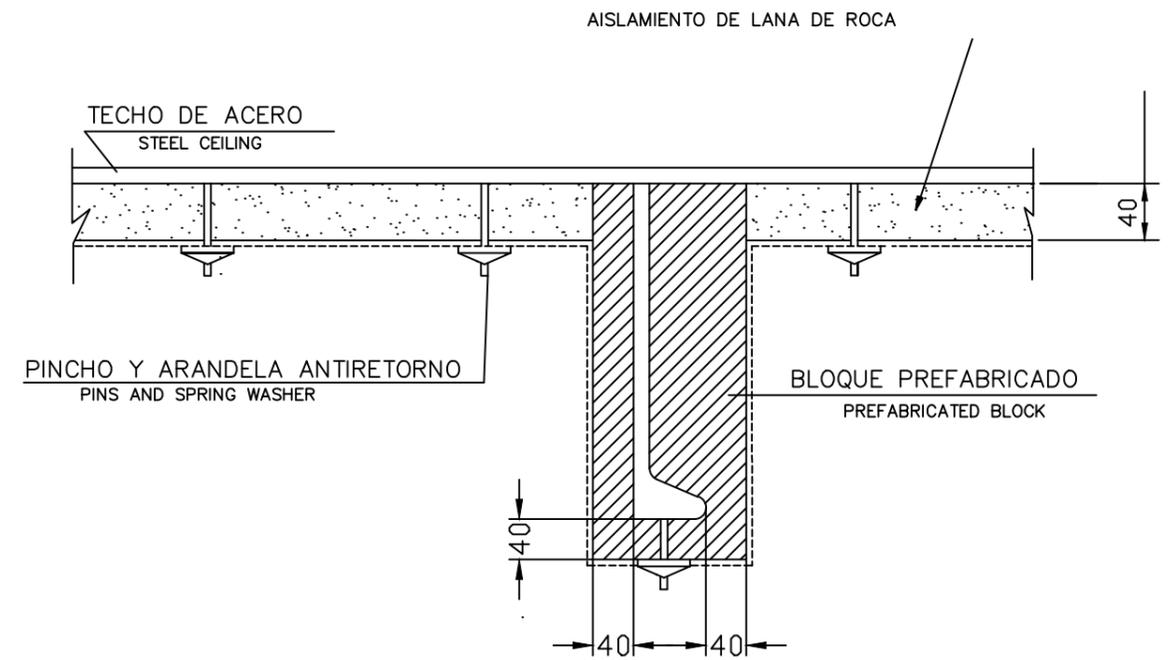


<b>E.T.S. de Náutica</b> <small>INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL EN PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE</small>	Referencia técnica	Tipo de documento	Estado del documento				
	—	—	—				
	Creado por	Título, Título suplementario		Buque LNG Knutsen Cádiz			
	David Martínez	Puente		Escala	Fecha de edición	Formato	Hoja No.
	Aprobado por			1:100	Octubre 2013	A3	14/17
	Luis Vega						

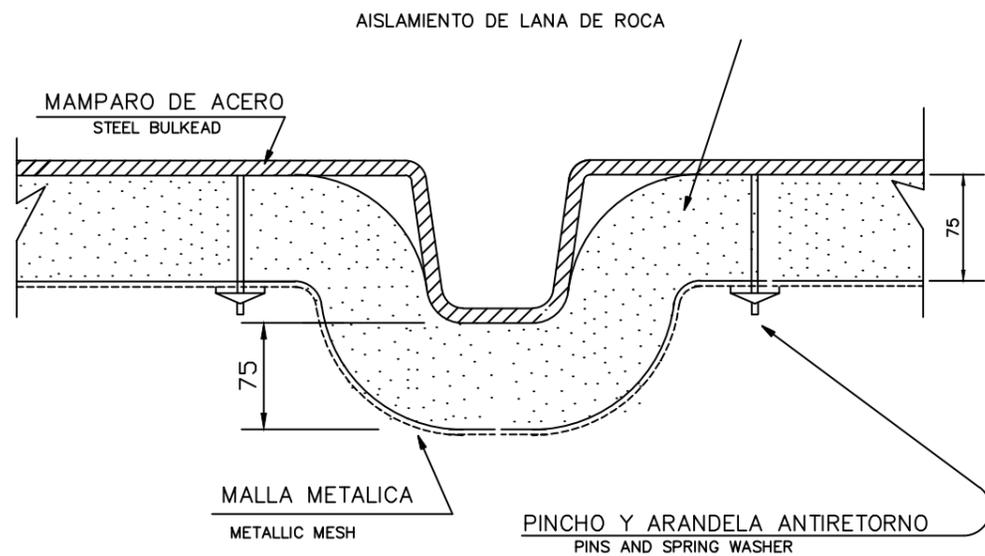
MAMPAROS  
BULKHEAD



TECHOS  
CEILINGS



MAMPAROS  
BULKHEAD



DETALLE DEL AISLAMIENTO EN TECHOS Y MAMPAROS  
BULKHEAD AND TOP INSULATION DETAIL

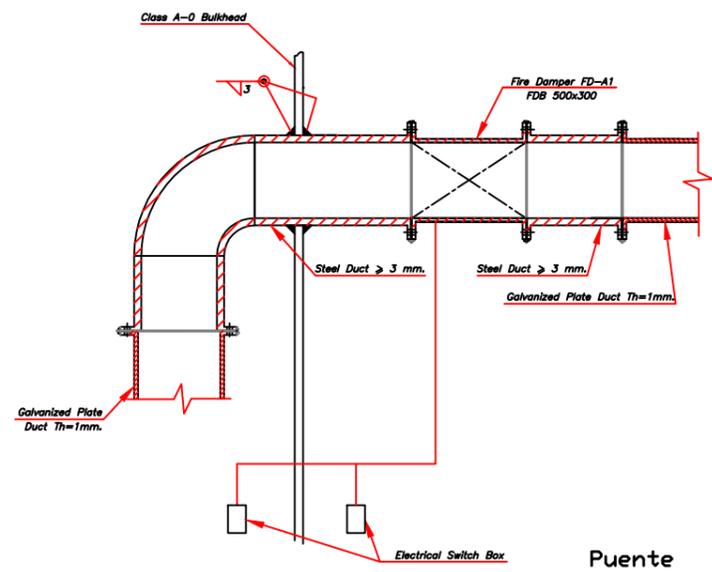
Espesor del aislamiento en mamparos : 75mm

80mm y 75mm Puente

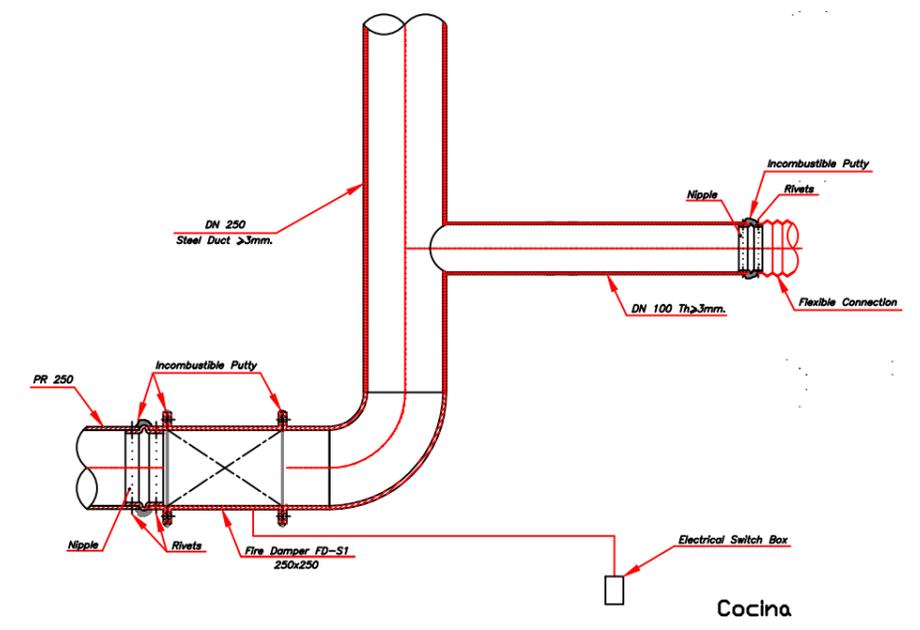
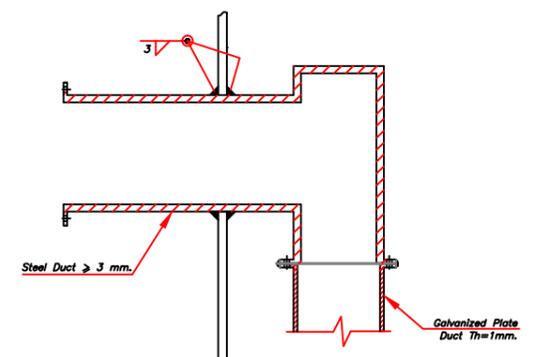
Espesor del aislamiento en techos

50mm y 40mm resto

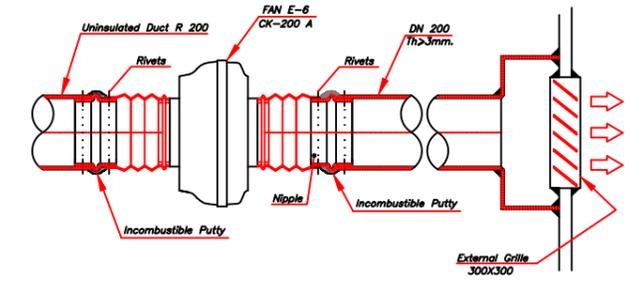
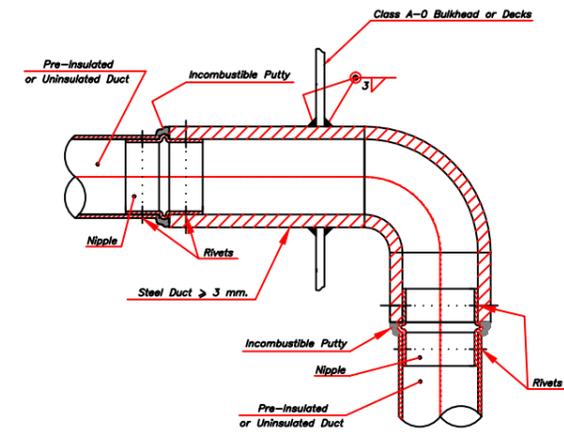
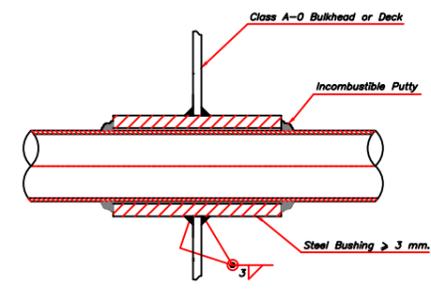
E.T.S. de Náutica <small>INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL EN PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE</small>	Referencia técnica —	Tipo de documento —	Estado del documento —			
	Creado por David Martínez	Título, Título suplementario  Det. Aislamientos	Buque LNG Knutsen Cádiz			
	Aprobado por Luis Vega		Escala 1:5	Fecha de edición Octubre 2013	Formato A3	Hoja No. 15/17



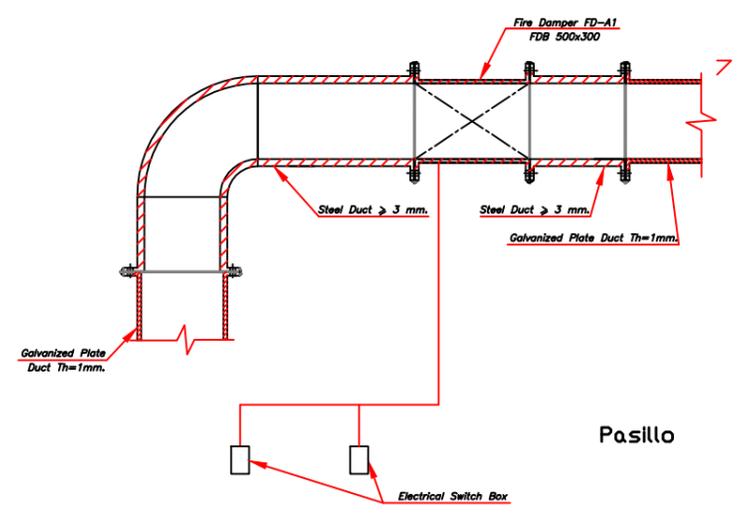
Puente



Cocina



Aire no recirculable



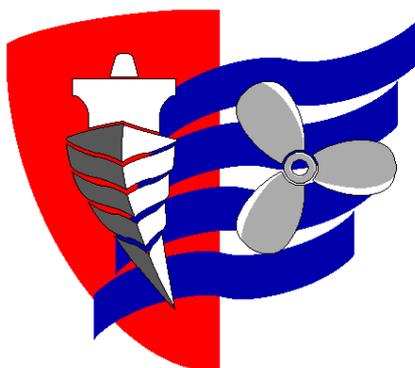
Pasillo

<p>E.T.S. de Náutica</p> <p>INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL EN PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE</p> 	Referencia técnica	Tipo de documento	Estado del documento			
	—	—	—			
<p>Creado por</p> <p>David Martínez</p> <p>Aprobado por</p> <p>Luis Vega</p>	Título, Título suplementario	Buque LNG Knutsen Cádiz				
	Det. Conductos	Escala	Fecha de edición	Formato	Hoja No.	
	—	—	Octubre 2013	A3	16/17	

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PL-40	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 87

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



## PLANIFICACIÓN TEMPORAL DE LA OBRA

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PL-40	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 88

## 5 Planificación temporal de la obra

En este apartado estudiamos la planificación temporal de todas las labores necesarias para la instalación completa de nuestro sistema de aire acondicionado, es decir, las tareas que la componen, junto a su tiempo requerido para llevarse a cabo, y el orden que deben seguir.

El esquema se utiliza utilizando el software específico de Microsoft: Project 2010.

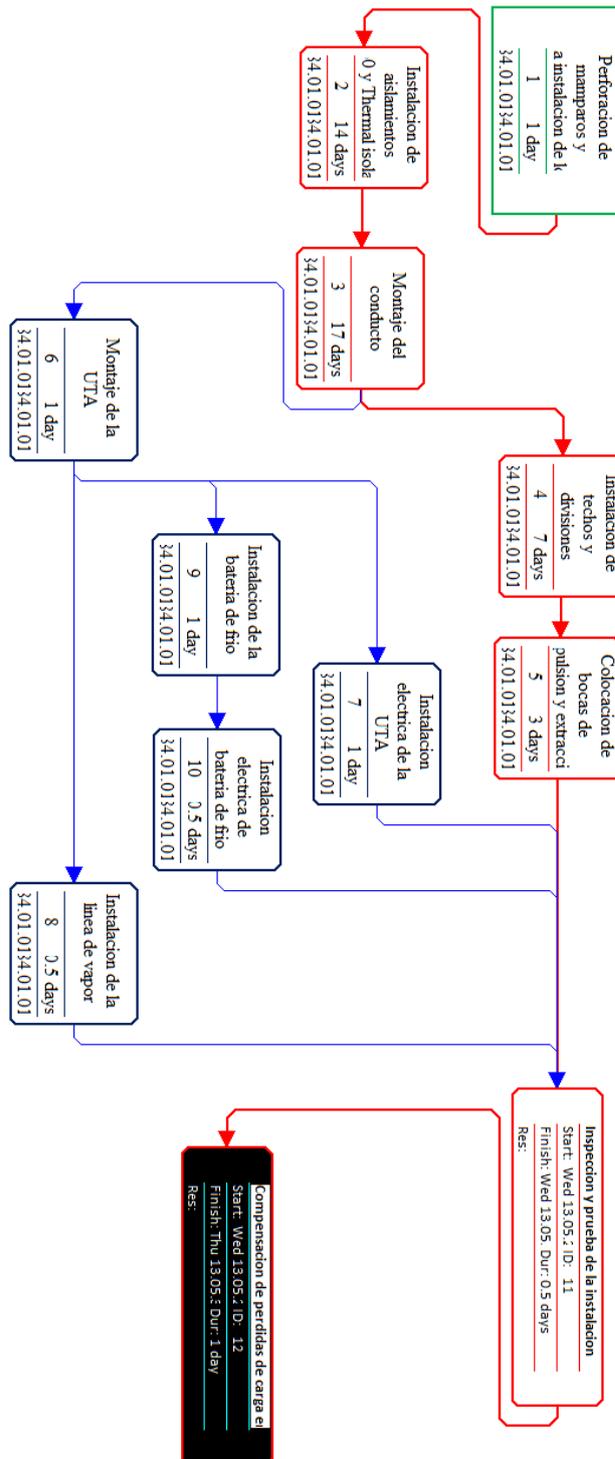
La lista de tareas y sus duraciones son las siguientes:

Nombre de tarea	Duration	Start	Finish	Predecessors
<b>Perforacion de mamparos y techos para la instalacion de los conductos</b>	1 day	Mon 13.04.01	Mon 13.04.01	
<b>Instalacion de aislamientos A-60 y Thermal isolation</b>	14 days	Tue 13.04.02	Fri 13.04.19	1
<b>Montaje del conducto</b>	17 days	Mon 13.04.22	Tue 13.05.14	2
<b>Instalacion de techos y divisiones</b>	7 days	Wed 13.05.15	Thu 13.05.23	3
<b>Colocacion de bocas de impulsion y extraccion</b>	3 days	Fri 13.05.24	Tue 13.05.28	4
<b>Montaje de la UTA</b>	1 day	Wed 13.05.15	Wed 13.05.15	3
<b>Instalacion electrica de la UTA</b>	1 day	Thu 13.05.16	Thu 13.05.16	6
<b>Instalacion de la linea de vapor</b>	0.5 days	Thu 13.05.16	Thu 13.05.16	6
<b>Instalacion de la bateria de frio</b>	1 day	Thu 13.05.16	Thu 13.05.16	6
<b>Instalacion electrica de bateria de frio</b>	0.5 days	Fri 13.05.17	Fri 13.05.17	9
<b>Inspeccion y prueba de la instalacion</b>	0.5 days	Wed 13.05.29	Wed 13.05.29	5;7;8;10
<b>Compensacion de perdidas de carga en las diferentes cubiertas</b>	1 day	Wed 13.05.29	Thu 13.05.30	11

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PL-40	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 89

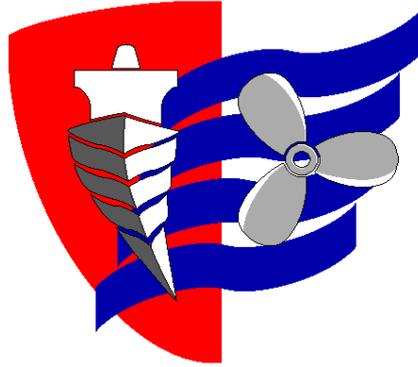
## 5.1 Diagrama de red

En el siguiente diagrama de red se muestra la planificación temporal de manera gráfica:



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



**PRESUPUESTO**

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PR-50-5.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 91

## 6 Presupuesto

### 6.1 Presupuesto desglosado en partidas

#### 6.1.1 Aislamientos, techos y divisiones

<i>ELEMENTO</i>	<i>Superficie (m<sup>2</sup>)</i>	<i>Precio unitario (€/m<sup>2</sup>)</i>	<i>Total (€)</i>
<i>Manta- spintex 342-G- 100 dra naval 80mm</i>	166	24,43	4 055,38 €
<i>Manta- spintex 342-G- 100 dra naval 75mm</i>	3815	22,69	86 562,35 €
<i>Manta- spintex 342-G- 100 dra naval 50mm</i>	434	19,80	8 593,2 €
<i>Manta- spintex 342-G- 100 dra naval 40mm</i>	112	17,90	2 004,79 €
<i>Techo clase B-30</i>	2091	21,90	45 792 €
<i>Panel clase B-15</i>	4253	19,90	84 634, 70 €
<i>Total</i>			231 642,43 €

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PR-50-5.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 92

## 6.1.2 Conductos y accesorios circulares

<b>ELEMENTO</b>	<b>UNIDADES(m)</b>	<b>PRECIO UNITARIO (€/m)</b>	<b>TOTAL (€)</b>
<i>Conducto circular de acero galvanizado DN100 (e = 0,6mm)</i>	167 m	6,84 €	1 875,28 €
<i>Codo a 45°</i>	4	9,91 €	
<i>Codo a 90°</i>	45	11,42 €	
<i>Te simple a 90°</i>	14	11,54 €	
<i>Conducto circular de acero galvanizado DN125 (e = 0,6mm)</i>	75 m	8,39 €	826,79€
<i>Codo a 45°</i>	2	10,17 €	
<i>Codo a 90°</i>	10	12,36 €	
<i>Te simple a 90°</i>	4	13,40 €	
<i>Conducto circular de acero galvanizado DN145 (e = 0,6mm)</i>	15	8,99 €	134,85 €
<i>Conducto circular de acero galvanizado DN150 (e = 0,6mm)</i>	125 m	10 €	1 625,14 €
<i>Codo a 45°</i>	6	12,29 €	
<i>Codo a 90°</i>	8	14,63 €	
<i>Te simple a 90°</i>	8	16,52 €	
<i>Reducción DN150 a DN100</i>	4	13,05 €	
<i>Conducto circular de acero galvanizado DN160 (e = 0,6mm)</i>	89	10,64 €	1 078,79 €

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PR-50-5.1
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013
	REV:01      PAG: 93

<b>ELEMENTO</b>	<b>UNIDADES(m)</b>	<b>PRECIO UNITARIO (€/m)</b>	<b>TOTAL (€)</b>
<i>Codo a 90°</i>	1	16,63 €	
<i>Te simple a 90°</i>	5	17,58 €	
<i>Reducción DN160 a DN125</i>	2	13,65 €	
<i>Conducto circular de acero galvanizado DN200 (e = 0,6mm)</i>	12	13,18 €	254,54 €
<i>Codo a 90°</i>	1	19,59 €	
<i>Te simple a 90</i>	2	20,91 €	
<i>Reducción DN200 a DN150</i>	2	17,49 €	
<i>Conducto circular de acero galvanizado DN250 (e = 0,6mm)</i>	6	16,33 €	120,86 €
<i>Reducción DN250 a DN160</i>	1	22,89 €	
			5 916,25 €

### 6.1.3 Difusores, extractores y otros elementos

<b>ELEMENTO</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>PRECIO UNITARIO (€/unidad)</b>	<b>TOTAL (€)</b>
Difusor rectangular de 600x450 con dámper manual	78	53,57 €	4 178,46 €
Difusor cuadrado de 450x450 con dámper manual y atenuador de sonido.	29	48,78 €	1 414,62 €
Difusor cuadrado de 450x450 con dámper manual	12	37,45 €	449,40 €
Extractor circular (r=200mm)	35	15,36 €	537,5 €
Extractor cuadrado	36	7,89 €	284,03 €

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PR-50-5.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 94

ELEMENTO	UNIDADES	PRECIO UNITARIO (€/unidad)	TOTAL (€)
(l=100mm)			
Abrazadera c/tuerca M-8/M-10 UVM DN200	80	2,17 €	173,60 €
Abrazadera c/tuerca M-8/M-10 UVM DN150	200	1,56 €	312,00 €
Abrazadera c/tuerca M-8/M-10 UVM DN100	50	1,21 €	60,50 €
			7 410,11 €

#### 6.1.4 Conducto y accesorios rectangulares

ELEMENTO	UNIDADES (m)	PRECIO UNITARIO (€/m)	TOTAL (€)
Conducto rectangular galvanizado 800x150x1mm	7	12,75 €	117,77 €
Bifurcación a 90°	1	16,89 €	
Reducción a 500x150	1	7,68 €	
Reducción a 250x150	1	3,96 €	
Conducto rectangular galvanizado 750x650x1mm	3	48,75 €	196,89 €
Reducción a 700x450	1	31,89 €	
Reducción a 750x250	1	18,75 €	
Conducto rectangular galvanizado 750x250x1mm	15	18,75 €	341,23 €
Codo a 90°	1	21,76 €	

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PR-50-5.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 95

ELEMENTO	UNIDADES (m)	PRECIO UNITARIO (€/m)	TOTAL (€)
Te simple a 90°	1	23,54 €	
Reducción a 300x200	2	7,34 €	
Conducto rectangular galvanizado 700x450x1mm	2	31,53 €	82,63 €
Reducción a 750x150	1	11,23 €	
Reducción a 500x150	1	8,34 €	
Conducto rectangular galvanizado 650x150x1mm	21	9,75 €	226,10 €
Codo a 90°	1	8,98 €	
Te simple a 90°	1	12,37 €	
Conducto rectangular galvanizado 550x150x1mm	4	8,25 €	60,99 €
Codo a 90°	3	9,33 €	
Conducto rectangular galvanizado 500x250x1mm	7	12,50 €	87,50 €
Conducto rectangular galvanizado 500x150x1mm	42	7,58 €	318,36 €
Conducto rectangular galvanizado 500x200x1mm	13	10,23 €	162,63 €
Codo a 90°	3	9,88 €	
Conducto rectangular galvanizado 400x150x1mm	59	6,25 €	405,49 €
Codo a 90°	5	5,77 €	
Te simple a 90°	1	7,89 €	

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PR-50-5.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 96

ELEMENTO	UNIDADES (m)	PRECIO UNITARIO (€/m)	TOTAL (€)
Conducto rectangular galvanizado 350x150x1mm	8	5,27 €	48,40 €
Codo a 90°	1	6,24 €	
Conducto rectangular galvanizado 300x200x1mm	14	6,89 €	96,46 €
Conducto rectangular galvanizado 300x150x1mm	122	4,49 €	762,89 €
Codo a 90°	17	5,15 €	
Te simple a 90°	5	6,22 €	
Conducto rectangular galvanizado 250x200x1mm	15	5,98 €	89,70 €
Conducto rectangular galvanizado 250x150x1mm	130	3,77 €	533,65 €
Codo a 90°	4	4,35 €	
Te simple a 90°	5	5,23 €	
			3 530,69 €

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PR-50-5.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 97

## 6.1.5 Equipo de la UTA

ELEMENTO	UNIDADES	PRECIO UNITARIO (€/unidad)	TOTAL (€)
Sección de mezcla EUVC-62-02-2-2-1-1	1	-	-
Palanca actuadora EUVZ-01	1	-	-
Contrabrida EUVZ-04-62-2-2	2	-	-
Filtro de bolsas corto EUPB-62-04-3-2-1-1	1	-	-
Manómetro diferencial tipo Dwyer Magnehelic EUPZ-25-3-1	1	-	-
Batería de calor, vapor EUES-62-1-01-1-1-4	1	-	-
Batería de refrigerante evaporativo EUNP-62-4-1-1-01-1-0-1-1	1	-	-
Sifón (800 Pa presión negativa) EUAZ-08	1	-	-
Ventilador radial, transmisión por correa EULR62-3-2-1-0-1-04-1-1-3	1	-	-
Ventana de inspección EUAZ-01-4	1	-	-
Luz interior EUAZ-09-33-1	1	-	-
Transmisión por correa para ventilador EULR EULS-62-2-1-1-0-1617-1-0-3	1	-	-
Toma de tierra EULZ-26	1	-	-
Distribuidor de aire EULZ-13-33-2-1	1	-	-
Sección vacía EUTC-33-4-0-0-1	1	-	-
Humidificador, para lanzas de vapor EUQB-62-1	1	-	-

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PR-50-5.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 98

ELEMENTO	UNIDADES	PRECIO UNITARIO (€/unidad)	TOTAL (€)
Ventana de inspección EUAZ-01-4	1	-	-
Sifón (800 Pa presión negativa) EUAZ-08	1	-	-
Sección vacía EUTC-62-5-0-1-1	1	-	-
Conexión del panel lateral EUVA-62-0-0-9-9	1	-	-
Pieza de conexión a conducto EUVZ-03-62-1-2	1	-	-
			39 000,00€

### 6.1.6 Mano de obra

ELEMENTO	UNIDADES	PRECIO UNITARIO (€/hora)	NÚMERO DE HORAS	TOTAL (€)
Jefe de Obra	1	35 €/hora	372	13 020 €
Oficiales	2	30 €/hora	372	22 320 €
Peones	10	26 €/hora	372	96 720 €
				132 060 €

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PR-50-5.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 99

### 6.1.7 Consumibles, material de seguridad y distintos medios provisionales

ELEMENTO	TOTAL (€)
Materiales consumibles para la ejecución de la obra	1 650 €
Material de seguridad para la ejecución de la obra	500 €
Colocación e instalación de diferentes medios de anclaje provisional para cumplir con las normas referentes a la seguridad en el trabajo	300 €
Colocación e instalación de distintos medios de elevación, pasarelas y andamios de modo provisional para ejecutar los trabajos de forma efectiva y optima	650 €
UNE-EN ISO 7547:2005/AC	28,44 €
UNE-EN 397:1995	32,58 €
UNE-EN 397/A1:2000	17,50 €
UNE-EN 354:2011	31,35 €
UNE-EN 362:2005	31,35 €
UNE-EN 361:2002	29,44 €
UNE-EN 352-2:2003	29,44 €
UNE-EN 358:2000	29,44 €
UNE-EN 388:2004	32,19 €
UNE-EN 407:2005	29,96 €
	3 391,69 €

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PR-50-5.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 100

## 6.2 Balance final del presupuesto

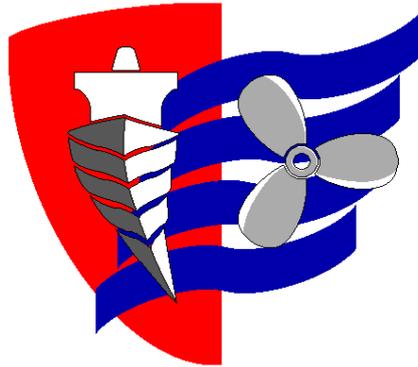
Secciones a presupuestar:	Importe
Aislamientos, techos y divisiones	231 642,43 €
Conductos y accesorios circulares	5 916,25 €
Difusores, extractores y otros elementos	7 410,11 €
Conductos y accesorios rectangulares	3530,69 €
Equipo UTA	36 000 €
Mano de obra	132 060,00 €
Consumibles, material de seguridad y distintos medios provisionales	3 391,69 €
<b>Presupuesto de Ejecución del Material:</b>	<b>419 951,17 €</b>
<b>Concepto:</b>	<b>Importe</b>
(10 % PEM) Gastos Generales, licencias y trámites	41 995,12 €
(15 % PEM) Beneficio Industrial	62 992,68 €

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PR-50-5.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 101

Suma de G.G. + B. I.	104 987,79 €
Base Imponible:	524 938,96 €
Concepto:	Importe
(18 % PEM) IVA	75 591,17 €
Presupuesto General de Ejecución por Contrata:	600 530,17 €
Concepto:	Importe
(5 % PEM) Honorarios de Proyecto	20 997,57 €
Presupuesto General para conocimiento del Cliente:	621 527,73 €

Asciende el Presupuesto General para conocimiento del Cliente a seiscientos veinte y un mil quinientos veinte y siete con setenta y tres euros.

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



**PLIEGO DE CONDICIONES**

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-60-6.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 103

## 7 Pliego de Condiciones

### 7.1 Pliego de Condiciones generales

#### 7.1.6 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

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.

#### 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 la 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.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-60-6.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 104

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.

*Subcontratación:*

El contratista podrá subcontratar parcialmente las obras contratadas, en todo caso el contratista responderá ante la Dirección Facultativa de Obra y la Propiedad de la labor de sus subcontratistas como si fuese labor propia.

La propiedad podrá recusar antes la contratación, cualquiera de las subcontratas que el subcontratista tenga previsto utilizar, teniendo este la obligación de presentar nombres alternativos.

Durante la ejecución de las obras, la Propiedad podrá recusar a cualquiera de los subcontratistas que no realice las obras adecuadamente, tanto en calidad como en plazo, lo que notificará por escrito al Contratista. Este deberá sustituir al subcontratista sin que dicho cambio pueda originar derecho a compensación alguna en cuanto a precio o plazo de la obra.

**7.1.7 Reglamentos y normas.**

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

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-60-6.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 105

### **7.1.8 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.

### **7.1.9 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.

#### 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).

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-60-6.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 106

Una vez adjudicada la oferta el contratista enviara a la DF 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 as 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 plazo de ejecución de las obra. Cualquier retraso que se origine por el rechazo de los materiales será considerado como imputable al Contratista.

### **7.1.10 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.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-60-6.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 107

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.

### **7.1.11 Ejecución de las obras.**

#### **7.1.11.1 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 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.

#### **7.1.11.2 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.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-60-6.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 108

### **7.1.11.3 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.

### **7.1.11.4 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.

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 DF 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 DF 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.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-60-6.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 109

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.

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.

### **7.1.12 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.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-60-6.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 110

### **7.1.13 Variaciones del Proyecto.**

No se consideran como mejoras o variaciones del proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por el Director de Obra sin variación del importe contratado.

### **7.1.14 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.

### **7.1.15 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.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-60-6.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 111

### **7.1.16 Obra defectuosa.**

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

### **7.1.17 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.

### **7.1.18 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.

### **7.1.19 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

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-60-6.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 112

conocimiento por escrito al Director de Obra. Los gastos derivados de la subcontratación correrán a cargo del Astillero.

## **7.1.20 Recepción de las Obras.**

### **7.1.20.1 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.

### **7.1.20.2 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.

### **7.1.20.3 .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.

## **7.1.21 Contratación del Astillero.**

El conjunto de las instalaciones que realizará el Astillero que se decida una vez estudiado el proyecto y comprobada su viabilidad.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-60-6.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 113

### **7.1.22 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.

### **7.1.23 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 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.

### **7.1.24 Rescisión del contrato.**

Se consideran causas suficientes para la rescisión del contrato las siguientes:

1. Quiebra del Astillero

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-60-6.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 114

2. Modificación del Proyecto con una alteración de más de un 25% del mismo.
3. Modificación de las unidades de obra sin autorización previa.
4. Suspensión de las obras ya iniciadas.
5. Incumplimiento de las condiciones del contrato cuando fue de mala fe.
6. Terminación del plazo de ejecución de la obra sin haberse llegado a completar esta.
7. Actuación de mala fe en la ejecución de los trabajos.
8. Destajar o subcontratar la totalidad o parte de la obra a terceros sin autorización del Director de Obra y del Propietario.

## **7.2 Pliego de Condiciones Económicas.**

### **7.2.6 Mediciones y valoraciones de las obras.**

El Astillero verificará los planos y efectuará las mediciones correspondientes. En caso de hallar anomalías reclamará al Director de Obra y éste lo comunicará a la parte interesada.

El Astillero se pondrá de acuerdo con el Director de Obra y la parte interesada, volviendo a verificar las anomalías y en su caso se tomarán las medidas oportunas. Tal fin pretende asegurar la continuidad de las obras, sin que falte material para su ejecución y evitando de esta forma posibles retrasos.

### **7.2.7 Abono de las obras.**

En el contrato se deberá fijar detalladamente la forma y plazos en que se abonarán las obras realizadas. Las liquidaciones parciales que puedan establecerse tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, sujetos a las certificaciones que resulten de la liquidación final. No suponiendo, dichas liquidaciones, aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Terminadas las obras se procederá a la liquidación final que se efectuará de acuerdo con los criterios establecidos en el contrato.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-60-6.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 115

### **7.2.8 Precios**

El Astillero presentará, al formalizarse el contrato, la relación de los precios de las unidades de obra que integren el proyecto, los cuales de ser aceptados tendrán valor contractual y se aplicarán a las posibles variaciones que pueda haber.

Estos precios unitarios, se entiende que comprenden la ejecución total de la unidad de obra, incluyendo todos los trabajos aún los complementarios y los materiales, así como la parte proporcional de imposición fiscal, las cargas laborales y otros gastos repercutibles.

En caso de tener que realizarse unidades de obra no previstas en el proyecto se fijará su precio entre el Director de Obra y el Astillero, antes de iniciar la obra, y se presentará al propietario para su aceptación o no.

### **7.2.9 Revisión de precios.**

En el contrato se establecerá si el Astillero tiene derecho a revisión de precios y la fórmula a aplicar para calcularla. En defecto de esta última, se aplicará a juicio del Director de Obra alguno de los criterios oficiales aceptados.

### **7.2.10 Precios contradictorios.**

Si por cualquier circunstancia se hiciese necesaria la determinación de algún precio contradictorio, el Director de Obra lo formulará basándose en los que han servido para la formación del presupuesto de este proyecto, quedando el Astillero obligado, en todo caso aceptarlos.

### **7.2.11 Penalizaciones por retrasos.**

Por retrasos en los plazos de entrega de las obra, se podrán establecer tablas de penalización cuyas cuantías y demoras se fijarán en el contrato.

Estas cuantías podrán, bien ser cobradas a la finalización de las obras, bien ser descontadas de la liquidación final.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-60-6.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 116

### **7.2.12 Liquidación en caso de rescisión del contrato.**

Siempre que se rescinda el contrato por las causas anteriormente expuestas, o bien por el acuerdo de ambas partes, se abonarán al Astillero las unidades de obra ejecutadas y los materiales acopiados a pie de obra y que reúnan las condiciones y sean necesarios para la misma.

Cuando se rescinda el contrato, llevará implícito la retención de la fianza para obtener los posibles gastos de conservación, el periodo de garantía y los derivados del mantenimiento hasta la fecha de la nueva adjudicación.

### **7.2.13 Fianza.**

En el contrato se establecerá la fianza que el Astillero deberá depositar en garantía del cumplimiento del mismo, o se convendrá una retención sobre los pagos realizados a cuenta de la obra realizada.

De no estipularse la fianza en el contrato, se entiende que se adoptará como garantía una retención del 5% sobre los pagos a cuenta citados.

En el caso de que el Astillero se negase a realizar por su cuenta los trabajos por ultimar la obra en las condiciones contratadas o atender la garantía, la propiedad podrá ordenar ejecutarlas a un tercero, abonando su importe con cargo a la retención o fianza, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho la propiedad si el importe de la fianza no bastase.

La fianza retenida se abonará al Astillero en un plazo no superior a treinta días, una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra.

### **7.2.14 Gastos diversos por cuenta del Astillero.**

El Astillero tiene la obligación de montar y conservar por su cuenta el adecuado suministro de elementos básicos como agua, energía eléctrica y cuanto uso personal para las propias obras ser preciso.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-60-6.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 117

Son gastos por cuenta del Astillero, los correspondientes a los materiales, mano de obra y medios auxiliares que se requieren para la correcta ejecución de la obra.

### **7.2.15 Conservación de las obras durante el plazo de garantía.**

Correrán por cuenta del Astillero los gastos derivados de la conservación de la obras durante el plazo de garantía. En este periodo, las obras deberán estar en perfectas condiciones, condición indispensable para la recepción definitiva de las mismas.

El Astillero no podrá reclamar indemnización alguna por dichos gastos, que se suponen incluidos en las diversas unidades de obra.

### **7.2.16 Medidas de seguridad.**

El Astillero deberá cumplir en todo momento las leyes y regulaciones relativas a seguridad e higiene en el trabajo. El incumplimiento de éstas, será objeto de sanción, siguiendo las especificaciones redactadas en el contrato, donde vendrán reflejadas las distintas cuantías en función de la falta detectada.

### **7.2.17 Responsabilidad por daños.**

La propiedad tiene concertada una póliza de responsabilidad civil por daños causados a terceros, en el que figura el Astillero como asegurado. Este seguro garantiza la responsabilidad civil de los daños causados accidentalmente a terceros con motivo de la obras.

En dicha póliza queda garantizada la responsabilidad civil que pueda serle exigida al Astillero por daños físicos y materiales causados a terceros por los empleados del mismo.

Queda no obstante excluida toda prestación que deba ser objeto del seguro obligatorio de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales de la Seguridad Social, a los cuales, en ningún caso, esta póliza podrá sustituir o complementar.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-60-6.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 118

Igualmente quedan excluidas las sanciones de cualquier tipo, tanto las multas, como los recargos en las indemnizaciones exigidas por la legislación laboral.

### **7.2.18 Demoras.**

Al encargarse el trabajo, se fijará por ambas partes, el programa con la fecha de inicio y de terminación.

El Astillero pondrá los medios necesarios para ello, que deberán ser aceptados por la propiedad.

Solo se considerarán demoras excusables los retrasos o interrupciones imputables a causas de fuerza mayor, tales como huelgas generales, catástrofes naturales etc.

En el caso de que el Astillero incurra en demoras no excusables, le serán aplicadas las siguientes sanciones:

Por retraso en la incorporación del personal y otros medios necesarios para la finalización del trabajo: desde un 1% hasta un máximo de 5% por día de retraso.

Por retraso en la finalización de los trabajos o retrasos en los trabajos intermedios que expresamente se indiquen: desde un 1% de la facturación de estos encargos con un tope de un 5% por cada día de retraso.

Por incumplimiento en la limpieza y orden de las instalaciones: 300€ la primera vez, aumentando en otros 300€ las sucesivas hasta un máximo de tres veces, a partir de la cual se procederá a restituir por la propiedad las condiciones de limpieza y orden, cargando el coste al Astillero.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-60-6.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 119

## **7.3 Pliego de condiciones facultativas.**

### **7.3.6 Normas a seguir.**

Las obras a realizar estarán de acuerdo y se guiarán por las siguientes normas además de lo descrito en este pliego de condiciones:

Reglamentación General de Contratación según Decreto 3410/75, del 25 de Noviembre.

Artículo 1588 y siguientes del Código Civil, en los casos en que sea procedente su aplicación al contrato que se trate.

Ordenanzas Generales de Seguridad e Higiene en el Trabajo, aprobada pro Orden del 9/3/71 del Ministerio de Trabajo.

Normas UNE.

Plan Nacional y Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo.

Normas de la compañía suministradora de los materiales.

Lo indicado en este Pliego de Condiciones con preferencia a todos los códigos.

### **7.3.7 Personal.**

El Astillero tendrá al frente de la obra un encargado con autoridad sobre los demás operarios y conocimientos acreditados y suficientes para la ejecución de la obra.

El encargado recibirá cumplirá y transmitirá las instrucciones y órdenes al Director de Obra.

El Astillero tendrá en la obra, además del personal que requiera el Director de Obra, el número y clase de operarios que hagan falta para el volumen y naturaleza de los trabajos que se realicen, los cuales serán de reconocida aptitud y experimentados en el oficio. El Astillero, estará obligado a separar de la obra a aquel personal que a juicio del Director

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-60-6.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 120

no cumpla con sus obligaciones o realice el trabajo defectuosamente, bien por falta de conocimientos o por obras de mala fe.

### **7.3.8 Condiciones de los materiales empleados.**

Describiremos de la forma más completa posible, las condiciones que deben de cumplir los materiales que se emplearán en la construcción del proyecto, siendo los más adecuados para su correcto resultado final.

### **7.3.9 Admisión y retirada de materiales.**

Todos los materiales empleados en este proyecto, y de los cuales se hará mención, deberán ser de la mejor calidad conocida dentro de su clase.

No se procederá al empleo de los materiales sin que estos sean examinados y aceptados en los términos que prescriben las respectivas condiciones estipuladas para cada clase de material. Esta misión será efectuada por el Director de Obra.

Se cumplirán todos los análisis, ensayos y pruebas con los materiales y elementos de obra que ordene el Director de Obra.

### **7.3.10 Reconocimientos y ensayos previos.**

Cuando lo estime oportuno el Director de Obra, podrá encargar y ordenar análisis, ensayo o comprobación de los materiales, elementos o instalaciones, bien sea en fábrica de origen, laboratorios oportunos o en la misma obra, según crea más conveniente, aunque estos no estén indicados en el pliego.

En el caso de discrepancia, los ensayos o pruebas se efectuarán en el laboratorio que el Director de Obra designe.

Los gastos ocasionados por estas pruebas y comprobaciones, serán por cuenta del Astillero.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-60-6.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 121

## **7.4 Estudio de seguridad y salud.**

El proceso constructivo de la obra se ajustará, en la medida de lo posible, a las partidas que se describen en la Memoria de este proyecto y en el orden en que se establecen cumpliendo siempre con las medidas preventivas adecuadas.

A continuación se presenta un Estudio Básico de los Riesgos existentes en la ejecución de este proyecto.

### **7.4.6 Estimación de los riesgos y medidas preventivas en los trabajos a realizar**

#### **7.4.6.1 Caídas al mismo nivel**

Objetos abandonados en los pisos (tornillos, piezas, herramientas, materiales, trapos, recortes, escombros, etc.), cables, tubos y cuerdas cruzando la zona de paso (cables eléctricos, mangueras, cadenas, etc.), alfombras y moquetas sueltas, pavimento con desniveles, resbaladizo e irregular, agua, aceite, grasa y detergentes.

#### Prevención:

Las zonas de trabajo deberán ser lo suficientemente amplias para el tránsito del personal, mirando que el mismo esté libre de obstáculos a fin de evitar torceduras, contusiones y cortes.

Todas las herramientas, piezas y restos de objetos se almacenarán en lugares destinados para ello y no se dejarán nunca en la zona de paso de otros trabajadores o terceras personas.

Bajo ningún concepto se dejarán nunca sin estar debidamente protegidos, tapados o acordonados con barandillas rígidas, resistentes y de altura adecuada.

Se utilizará calzado de seguridad con suelas antideslizantes, y punteras y plantillas de acero.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-60-6.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 122

#### **7.4.6.2 Caídas a distinto nivel**

Escaleras de peldaños, escalas fijas de servicio, escalas de mano, altillos, plataformas, pasarelas, fosos, muelles de carga, estructuras y andamios, zanjas, aberturas en piso, huecos de montacargas, etc.

##### Prevención:

Es obligatorio utilizar el arnés de seguridad adecuado para todo trabajo en altura, efectuado desde lugares que no dispongan de protección colectiva (bordes del hueco del ascensor).

Se dispondrán líneas de vida sujetas a puntos fijos, sólidos y resistentes a los que atar los mosquetones de los cinturones de seguridad durante todos los trabajos a realizar en las condiciones descritas anteriormente.

No se arrojarán herramientas ni materiales al interior de la excavación. Se pasarán de mano en mano o utilizando una cuerda o capazo para estos fines.

Será balizado el perímetro de bordes de desniveles que no estén protegidos (por no superar la profundidad de 2 metros).

Nunca se deben improvisar las plataformas de trabajo, sino que se construirán de acuerdo con la normativa legal vigente y normas de seguridad.

Los accesos a los al foso o partes inferiores del hueco del ascensor se realizarán mediante escaleras de mano en perfectas condiciones, siempre que la disposición del trabajo lo permita, o en su caso por las escaleras normales del buque, nunca saltando al foso para bajar o escalando por la construcción para subir.

#### **7.4.6.3 Caídas de objetos de cotas superiores, materiales desplomados, manipulados o desprendidos**

Posibilidad de desplome o derrumbamiento de estructuras elevadas, estanterías, pilas de materiales, mercancías almacenadas, tabiques, escaleras, hundimientos por sobrecarga, etc.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-60-6.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 123

Prevención:

No se colocarán materiales, herramientas, etc., en la proximidad de máquinas o aparatos que por su situación, puedan ser atrapados por los mismos y/o que puedan caer desde altura a cotas inferiores.

Los trabajadores no pasarán ni permanecerán bajo otros operarios trabajando, ni bajo cargas suspendidas.

Las cargas suspendidas serán guiadas con cuerdas hasta el lugar de recibido.

Antes de utilizar cualquier aparato de elevación de cargas (camión grúa) se comprobará:

- a) El buen estado de los elementos de sujeción (cuerdas, cables, cadenas, eslingas y ganchos), los cuales indicarán la carga máxima que soportan, al igual que el propio aparato de elevación.
- b) Que la carga a elevar y/o transportar no excede el límite de carga, ni del aparato de elevación, ni de los elementos de sujeción.
- c) Que la carga está correctamente eslingada y/o contenida completamente en recipiente apropiado.

Cuando se maneje cualquier aparato de elevación de cargas se tendrá siempre presente lo siguiente:

- a) Revisar el trayecto a realizar por la carga y asegurarse de que todos los operarios de la zona afectada por el desplazamiento de la mencionada carga son advertidos.
- b) No avanzar con la carga si no se ve perfectamente la zona de avance de la misma.

Está completamente prohibido pasar cargas suspendidas sobre los trabajadores, así como balancear las cargas.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-60-6.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 124

#### **7.4.6.4 Golpes y/o cortes por objetos o herramientas**

Lesión por un objeto o herramienta que se mueve por fuerzas diferentes a la de la gravedad. Se incluyen golpes con martillos y otras herramientas de uso habitual o esporádico utilizadas por los operarios.

##### Prevención:

Las zonas de paso, salidas y vías de circulación de los lugares de trabajo, y en especial las salidas y vías previstas para la evacuación en casos de emergencia, deberán permanecer libres de forma que esa sea posible utilizarlas sin dificultad en todo momento.

Los manuales de instrucciones de todas las máquinas y portátiles se encontrarán a disposición de los trabajadores que las manejen.

No se anularán los dispositivos de seguridad de las máquinas herramientas (radiales, taladros, sierras, etc.).

Todas las herramientas que se utilicen estarán en perfecto estado de uso y conservación. Se revisarán periódicamente, inspeccionando cuidadosamente mangos, filos, zonas de ajuste, partes móviles, partes cortantes y/o susceptibles de proyección.

Se utilizarán guantes contra agresiones mecánicas para cualquier operación de corte y para el manejo de piezas con aristas cortantes.

#### **7.4.6.5 Atrapamientos en operaciones de carga**

Elementos tales como partes en rotación y traslación de máquinas, equipos, instalaciones u objetos y procesos.

##### Prevención:

Para el tránsito por las instalaciones se presentará la máxima atención al movimiento de las máquinas utilizando los pasillos y zonas de paso lo suficientemente alejados de las mismas ya que, aunque estén paradas, podrían ponerse en movimiento de forma inesperada.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-60-6.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 125

Durante las operaciones de manipulación mecánica de cargas sólo permanecerán en la zona los trabajadores imprescindibles para recibir el material.

La zona de recepción de materiales y/o piezas pesadas estará señalizada en su perímetro para medir que personas ajenas a la citada operación atraviesen la zona de izado.

Se prohíbe la permanencia y/o tránsito de trabajadores bajo cargas suspendidas o bajo el radio de acción de maquinas de elevación.

En el caso de que la carga, por sus dimensiones, deba ser guiada, la guía se realizará con cuerdas, además, la operación deberá ser supervisada por el encargado.

Las labores de mantenimiento, limpieza o sustitución de útiles (brocas, discos, etc.) de la maquinaria se realizará de acuerdo a las instrucciones del fabricante, con ella parada y desconectada de la fuente de alimentación.

#### **7.4.6.6 Atropellos por máquinas en movimiento**

Comprende los atropellos de personas por vehículos (a la hora de recepcionar el material), así como los accidentes de vehículos en los que el trabajador lesionado va sobre el mismo. En este apartado no se contemplan los accidentes “in itinere”

##### Prevención:

Deberán adoptarse medidas de organización para evitar que se encuentren trabajadores a pie de la zona de trabajo de equipos de trabajo automotores.

#### **7.4.6.7 Contactos térmicos**

Accidentes debidos a las temperaturas extremas que tienen los objetos que entran en contacto con cualquier parte del cuerpo, incluyéndose líquidos y sólidos calientes.

En el caso supuesto que este tipo de causa o riesgo se presente conjuntamente con exposición a temperaturas extremas, prevalecerá ésta última.

##### Prevención:

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-60-6.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 126

Deberán seguirse escrupulosamente las instrucciones proporcionadas por el fabricante del equipo de soldadura de plásticos técnicos, teniendo especialmente en cuenta las señales de advertencia relativas a las partes calientes de la máquina.

#### **7.4.6.8 Contactos eléctricos (cables de alimentación, cables de máquinas, cuadros eléctricos, motores)**

Riesgo de daño por descarga eléctrica al entrar en contacto con algún elemento sometido a tensión eléctrica (cables de alimentación, cables de máquinas, cuadros eléctricos, motores, etc.).

##### Prevención:

Toda instalación provisional y equipos eléctricos cumplirán la normativa vigente. En todo caso se evitará que los cables estén en el suelo o en zonas húmedas y en general donde puedan ser dañados.

Los conductores eléctricos, enchufes y tomas serán revisados periódicamente y sustituidos en cuanto se observe deterioro en su aislamiento. Se revisarán periódicamente las protecciones contra contactos directos e indirectos de máquinas e instalaciones, corrigiéndose de inmediato cualquier deficiencia.

Se prohíbe el conexionado de cables eléctricos a los cuadros y/o ladrones y/o alargadores, etc., sin la utilización de clavijas macho-hembra en perfectas condiciones de conservación.

Siempre se utilizarán conductores y enchufes de intemperie. Las clavijas permanecerán elevadas del suelo, especialmente en zonas húmedas o mojadas. Se evitará el abuso de ladrones.

A la hora de conectar un equipo a la red eléctrica cerciorarse de que es a la toma adecuada a la tensión que necesita el equipo.

Los conductores eléctricos no se situarán en zonas por las que circules o puedan circular vehículos. Si resulta imprescindible que atraviesen dichas zonas, estarán protegidos.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-60-6.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 127

Se suspenderán los trabajos con herramientas eléctricas en régimen de lluvias. Si el lugar de trabajo está mojado se utilizarán portátiles de baterías en vez de herramientas conectadas a la red.

La instalación eléctrica que forma parte de los trabajos contratados será realizada por un instalador autorizado. La manipulación y operaciones en los cuadros eléctricos están reservadas exclusivamente al personal especializado y autorizado.

Se procederá a verificar el corte de corriente de las zonas de trabajo ateniéndose a alguno de los procedimientos de seguridad consistentes en tarjetas de corte.

#### **7.4.6.9 Incendio y/o explosión**

Accidentes generados por los efectos del fuego y sus consecuencias (efectos calóricos, térmicos, humos, etc.), debido a la propagación del incendio por no disponer de medios adecuados para su extinción.

Acciones que dan lugar a lesiones causadas por la onda expansiva o efectos secundarios de deflagraciones, explosiones, detonaciones, etc.

##### Prevención:

Se dispondrá de un extintor de incendios de eficacia (polvo polivalente) y carga apropiada en función de los materiales combustibles en la obra.

Se avisará a los bomberos de cualquier anomalía que pueda ser origen de un incendio o una explosión.

#### **7.4.6.10 Ruido**

Posibilidad de lesión auditiva por exposición a un nivel de ruido superior a los límites admisibles.

##### Prevención:

Se utilizarán cascos o tapones antirruído en los trabajos de más de 90dB, como por ejemplo, la utilización de radiales.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-60-6.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 128

#### **7.4.6.11 Sobreesfuerzos**

Comprende o engloba los riesgos capaces de generar accidentes debidos a la utilización inadecuada de cargas, cargas excesivas, fatiga física y movimientos mal realizados por los operarios con posibilidad de lesiones músculo-esqueléticas.

##### Prevención:

No se transportarán manualmente cargas superiores a 25 kg. Por parte de un solo trabajador. Durante la manipulación manual de cargas se adoptarán posturas correctas, manteniendo siempre la espalda recta.

#### **7.4.6.12 Agentes químicos**

Están contruidos por materia inerte no viva y puede estar presente en el aire o en el ambiente de trabajo de diversas formas. Exposición a polvos minerales o vegetales, gases, humos y vapores, nieblas, etc., son algunos de los ejemplos.

##### Prevención:

En el caso de utilización, se dispondrá de las fichas de datos de seguridad de los productos químicos a utilizar, las cuales permanecerán a disposición de los trabajadores que manipulen dichos productos.

Los envases de los productos químicos estarán correctamente etiquetados.

Los trabajadores utilizarán los equipos de protección personal indicados en dichas etiquetas y/o fichas de datos de seguridad.

#### **7.4.7 Relación de equipos y medios de protección colectiva e individual**

Casco de seguridad: casco contra agresiones mecánicas; categoría II LD 440 Vac; característica según la norma UNE-EN 397 sobre cascos de protección.

Botas de seguridad: categoría II SR + P + WRU + SUELA ANTIDESLIZANTE + EMPEINE REFORZADO.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-60-6.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 129

Equipos anticaídas: arnés anticaídas y sus dispositivos de amarre y sujeción; categoría III; características según la norma UNE-EN 354; mosquetón ovalado asimétrico, según especificaciones UNE-EN 362, de 10x120 mm de longitud, con cierre y bloqueo automático, apertura de 17mm de diámetro). Norma UNE-EN 361 especificaciones sobre EPI's contra caídas. Arnese: arnés anticaída con punto de enganche en zona dorsal, hombreras y perneras regulables.

Gafas antiimpactos: gafas antiimpactos con montura integral (365.2 I 1 F N); categoría II; características según norma CE-EN 166; resistente a impactos de partículas a alta velocidad y baja energía; antivaho.

Protectores auditivos: orejeras adaptables al casco de seguridad o tapones. Categoría II; características según normas UNE-EN 352-2 y UNE-EN 358.

Guantes de cuero contra agresiones mecánicas: categoría II; características según normas UNE-EN 388 y 407; mecánica 3221: abrasión – nivel 3, corte – nivel 2, desgarrado – nivel 2, perforación – nivel 1; térmica 410240: combustibilidad – nivel 4, calor contacto – nivel, calor convectivo - nivel 0, calor por radiación – nivel 2, pequeñas salpicaduras metal – nivel 4, grandes cantidades de metal – nivel 0.

#### **7.4.8 Formación e información a los trabajadores**

Todo el personal participante en estos trabajos habrá de conocer los riesgos contenidos en este Estudio Básico de Seguridad y Salud, así como las medidas preventivas que han de tomarse.

Para ello, serán formados e informados previamente al inicio de la obra.

#### **7.4.9 Modo de actuar en caso de emergencia y teléfonos**

Los trabajadores deben ser instruidos y ser conocedores de cómo actuar en caso de emergencia.

Si se produce un accidente se actuará con serenidad, socorriendo primero a los heridos que presenten asfixia o hemorragia intensa y siguiendo las siguientes pautas:

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-60-6.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 130

Se avisará inmediatamente a la ambulancia – Servicios Médicos y/o a las Bomberos, o a Vigilancia según sea la necesidad por la naturaleza del accidente o emergencia, indicándose de manera clara y precisa el lugar al que deben de acudir, el número de heridos y la causa de la lesión. Las personas implicadas se situarán, y harán lo mismo que sus compañeros si están heridos, en un lugar seguro. Se actuará siempre de forma que no cunda el pánico y a ser posible se despejará la zona donde ocurra la emergencia.

Se saldrá al encuentro de los servicios que se avisen para informarles dónde deben de actuar y para indicarles las particularidades de la obra o de la instalación, tales como si hay gas o humos, si hay cables eléctricos con tensión, si hay fosos o huecos en el suelo o al vacío o cualquier otro peligro inesperado.

En caso de accidente o incidente se avisará inmediatamente a los técnicos de seguridad y a los gestores del contrato.

#### **7.4.10 Otras consideraciones**

Si la empresa contratista principal subcontrata a otros la realización de trabajos u obras, deberá vigilar el cumplimiento por parte de dichos subcontratistas de toda la normativa de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular las exigencias y medidas de prevención y protección recogidas en su plan específico de seguridad, debiendo facilitar a los subcontratistas toda la información por ella recibida, asegurándose de que la misma sea transmitida a los trabajadores de los subcontratistas como si fuesen propios.

Cuando durante el desarrollo de los trabajos en cualquier fase de la obra, se presenten situaciones de riesgo o peligro que hagan necesario la aplicación de medidas preventivas diferentes a las contempladas en el Estudio Básico de Seguridad y Salud, tal circunstancia se pondrá en conocimiento de los responsables de factoría, recogiendo las medidas adicionales de prevención que resulten necesarias en un documento complementario del Plan de Seguridad y Salud del contratista, las cuales serán trasladadas en todos los casos a los trabajadores afectados.

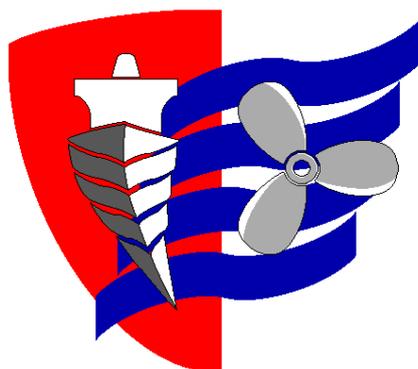
Los trabajadores de la empresa contratista principal y de las empresas subcontratadas tendrán en vigor los reconocimientos médicos periódicos pertinentes de acuerdo con lo

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-60-6.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 131

establecido por el servicio de Vigilancia de la Salud. Dichos reconocimientos médicos serán específicos para cada puesto de trabajo.

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



**ANEXOS**

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: AN-70-7.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 133

## **8 Anexos**

### **8.1 Anexo I. Catálogo Aislamientos, techos y divisiones**

### **8.2 Anexo II. Catálogo Conductos**

### **8.3 AnexoIII. Catálogo UTA**

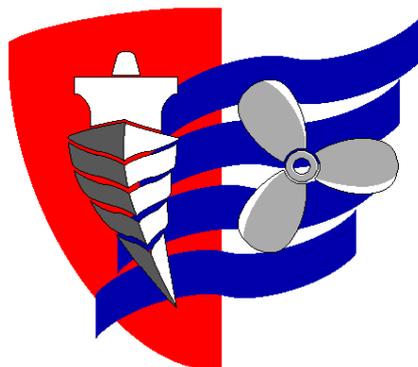
**ANEXO 1**  
**CATÁLOGO AISLAMIENTOS, TECHOS Y DIVISIONES**

**ANEXO II**  
**CATÁLOGO CONDUCTOS**

**ANEXO III**  
**CATÁLOGO UTA**

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



**BIBLIOGRAFÍA**

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: BI-80-8.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 166

## 9 Bibliografía

### 9.1 Libros

CARRIER AIR CONDITIONING COMPANY. (1987). Manual de aire acondicionado = Handbook of air conditioning system design. Marcombo.

### 9.2 Páginas Web

PANELFA. <http://www.panelfa.com/cms/index.php>

NORAC. <http://www.norac.no/landingpage.aspx>. [Consultado: 29/02/2012]

ISOVER. <http://www.isover.es/Aislamiento-TECNICO-Climatizacion-Industria-y-Marina/Productos2>. [Consultado: 29/02/2012]

FR. <http://www.frsl.es/>

### 9.3 Normativa

UNE-EN ISO 7547:2005/AC “Embarcaciones y tecnología marina Aire acondicionado y ventilación de los alojamientos Condiciones de diseño y bases de cálculo”

UNE-EN 397:1995- UNE-EN 397/A1:2000 “Cascos de protección para la industria”.

UNE-EN 354:2011 “Equipos de protección individual contra caídas. Equipos de amarre”.

UNE-EN 362:2005 “Equipos de protección individual contra caídas de altura. Conectores”.

UNE-EN 361:2002 “Equipos de protección individual contra caídas de altura. Arnés anticaídas”.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: BI-80-8.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL	FECHA:23/09/2013	
	REV:01	PAG: 167

UNE-EN 352-2:2003 “Protectores auditivos. Requisitos generales. Parte 2: Tapones”.

UNE-EN 358:2000 “Equipo de protección individual para sujeción en posición de trabajo y prevención de caídas de altura. Cinturones para sujeción y retención y componente de amarre de sujeción”.

UNE-EN 388:2004 “Guantes de protección contra riesgos mecánicos”.

UNE-EN 407:2005 “Guantes de protección contra riesgos térmicos (calor y/o fuego)”.