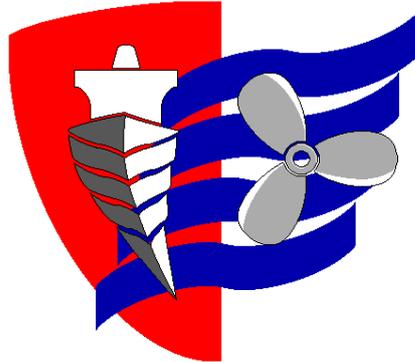


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Master

**CÁLCULO E INSTALACIÓN DE UNA UNIDAD
DE INCINERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS Y
LÍQUIDOS EN UN REMOLCADOR DE ALTURA**

*(Calculation and Installation of a Unit of
Incineration of Solid and Liquid Waste in a Tug)*

Para acceder al Título de

MASTER EN INGENIERÍA MARINA

Autor: Rubén González Álvarez

Directora: Belén Río Calonge

Julio-2015

ÍNDICE

1	Memoria.....	6
1.1	General.....	6
1.1.1	Título.....	6
1.1.2	Destinatario.....	6
1.1.3	Objeto del proyecto o planteamiento del problema.....	6
1.1.4	Sistema de codificación del proyecto.....	6
1.1.5	Normativa	9
1.1.5.1	Marpol 73/78.....	9
1.1.5.2	Anexo VI - Regla 16 Incineración a bordo	10
1.1.5.3	APÉNDICE IV Homologación y límites de servicio de los incineradores a bordo (Regla 16)	12
1.2	Datos principales del buque.....	13
1.2.1	Características Generales	13
1.2.2	Planta Propulsora	14
1.2.3	Planta Generadora.....	14
1.2.4	Separador de Sentinas	15
1.3	Medios adicionales de gestión de residuos	16
1.3.1	Compactador de Basuras	16
1.3.2	Triturador de Basuras	17
1.4	Sistema de Incineración.....	17
1.4.1	Introducción	17
1.4.2	Elementos del incinerador	21
1.4.2.1	Cámara de combustión.....	21
1.4.2.2	Quemador de Diesel-oíl.....	21
1.4.2.3	Quemador de Lodos.....	23
1.4.2.4	Panel de control.....	24

1.4.2.5	Ventilador de gases de combustión.....	25
1.4.2.6	Regulador de tiro para los gases de combustión.....	26
1.4.2.7	Tanque de preparación de lodos.....	27
1.4.3	Descripción de circuitos.....	28
1.4.3.1	Circuito de Gasoil.....	28
1.4.3.2	Circuito de Lodos.....	29
1.4.3.3	Circuito de Aire Comprimido.....	30
1.4.3.4	Circuito de Gases de Escape.....	31
2	Cálculos.....	38
2.1	Introducción.....	38
2.1.1	Cálculo de las pérdidas de carga.....	38
2.2	Cálculo de las pérdidas de carga en el circuito de lodos.....	43
2.2.1	De la bomba de lodos al tanque de preparado.....	43
2.2.2	Del tanque de lodos al incinerador.....	45
2.3	Cálculo de las pérdidas de carga en los gases de escape.....	47
2.4	Calculo de las pérdidas de carga en el circuito de Gasoil.....	51
2.5	Calculo de la línea de aire comprimido.....	53
3	Elección de elementos.....	55
3.1	Tuberías.....	55
3.2	Válvulas antiretorno.....	56
3.3	Válvula de cierre rápido.....	57
3.4	Válvulas de bola de fundición con bridas.....	58
3.5	Lana de roca aislante.....	59
3.6	Expansiones térmicas DN200.....	60
4	Planos.....	62
5	Presupuesto.....	64

5.1	Presupuesto de taller, materiales y elaboración de la instalación..	64
5.1.1	Coste de los materiales	65
5.1.1.1	Tuberías	65
5.1.1.2	Incinerador.....	67
5.1.1.3	Bridas	67
5.1.1.4	Soportes estructurales.....	67
5.1.1.5	Elementos aislantes	68
5.1.1.6	Valvulería.....	69
5.1.1.7	Tornillería.....	70
5.1.1.8	Presupuesto total del material	70
5.1.2	Coste de los trabajos de elaboración e instalación de las tuberías	71
5.1.2.1	Coste de construcción	71
5.1.2.2	Coste de soldadura	71
5.1.2.3	Coste de los consumibles.....	72
5.1.2.4	Coste de instalación	73
5.1.2.5	Coste total de elaboración e instalación de tuberías	73
5.1.3	Coste de ejecución de la obra.....	73
5.1.4	Coste de la puesta en marcha de la instalación	74
5.2	Presupuesto desglosado en partidas.....	75
5.3	Presupuesto final	75
6	Pliego de Condiciones.....	78
6.1	Pliego de Condiciones generales	78
6.1.1	Condiciones generales	78
6.1.2	Reglamentos y normas	79
6.1.3	Materiales	79
6.1.4	Recepción del material	80

6.1.5	Organización.....	81
6.1.6	Ejecución de las obras.....	81
6.1.7	Interpretación y desarrollo del proyecto.....	83
6.1.8	Variaciones del Proyecto.....	84
6.1.9	Obras complementarias.....	84
6.1.10	Modificaciones.....	84
6.1.11	Obra defectuosa.....	85
6.1.12	Medios auxiliares.....	85
6.1.13	Conservación de las obras.....	86
6.1.14	Subcontratación de obras.....	86
6.1.15	Recepción de las Obras.....	86
6.1.16	Contratación del Astillero.....	87
6.1.17	Contrato.....	87
6.1.18	Responsabilidades.....	87
6.1.19	Rescisión del contrato.....	88
6.2	Pliego de Condiciones Económicas.....	88
6.2.1	Mediciones y valoraciones de las obras.....	88
6.2.2	Abono de las obras.....	89
6.2.3	Precios.....	89
6.2.4	Revisión de precios.....	89
6.2.5	Precios contradictorios.....	89
6.2.6	Penalizaciones por retrasos.....	90
6.2.7	Liquidación en caso de rescisión del contrato.....	90
6.2.8	Fianza.....	90
6.2.9	Gastos diversos por cuenta del Astillero.....	91
6.2.10	Conservación de las obras durante el plazo de garantía.....	91

6.2.11	Medidas de seguridad.....	91
6.2.12	Responsabilidad por daños	91
6.2.13	Demoras	92
6.3	Pliego de condiciones facultativas	93
6.3.1	Normas a seguir.....	93
6.3.2	Personal.....	93
6.3.3	Condiciones de los materiales empleados.....	94
6.3.4	Admisión y retirada de materiales.....	94
6.3.5	Reconocimientos y ensayos previos.....	94
6.4	Estudio de seguridad y salud.....	95
6.4.1	Estimación de los riesgos y medidas preventivas en los trabajos a realizar	95
6.4.1.1	Caídas al mismo nivel.....	95
6.4.1.2	Caídas a distinto nivel.....	96
6.4.1.3	Caídas de objetos de cotas superiores, materiales desplomados, manipulados o desprendidos.....	96
6.4.1.4	Golpes y/o cortes por objetos o herramientas	97
6.4.1.5	Atrapamientos en operaciones de carga	98
6.4.1.6	Atropellos por máquinas en movimiento.....	99
6.4.1.7	Contactos térmicos.....	99
6.4.1.8	Contactos eléctricos (cables de alimentación, cables de máquinas, cuadros eléctricos, motores)	100
6.4.1.9	Incendio y/o explosión	101
6.4.1.10	Ruido	101
6.4.1.11	Sobreesfuerzos.....	102
6.4.1.12	Agentes químicos	102
6.4.2	Relación de equipos y medios de protección colectiva e individual	

6.4.3	Formación e información a los trabajadores	103
6.4.4	Modo de actuar en caso de emergencia y teléfonos.....	103
6.4.5	Otras consideraciones	104
7	Anexos	107
7.1	Anexo I.....	107
7.2	Anexo II.....	109
7.3	Anexo III.....	110
8	Bibliografía.....	113
8.1	Libros.....	113
8.2	Páginas Web	113
8.3	Normativa	113

RESUMEN

Los residuos sólidos y líquidos en los buques son un problema tanto por espacio como por una posible contaminación, además de un gasto debido al coste de su recogida pues ha de llevarse a cabo por empresas especializadas.

En el presente proyecto se abordarán los cálculos de dimensionamiento de la planta incineradora, la elección de la mejor planta incineradora según las necesidades y su instalación a bordo así como toda la tubería y material auxiliar necesario para su correcto funcionamiento.

En este proyecto se plantea la instalación de un sistema de incineración de residuos tanto sólidos como líquidos, con el propósito de eliminar por combustión dichos residuos a bordo, debido a su peligrosidad y posibilidad de contaminación, reduciendo así la posibilidad de producir daño en el medio marino.

Para ello tendremos en consideración las normativas vigentes, en especial el convenio MARPOL 73/78 de prevención de la contaminación en el mar y sus distintas enmiendas para la instalación de plantas de incineración a bordo, así como la normativa internacional estandarizada sobre diseño de equipos auxiliares del incinerador e instalaciones en buques.

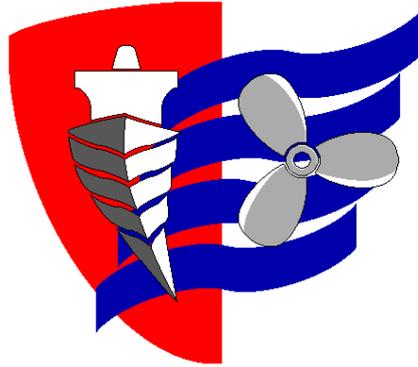
El objeto del incinerador quemar residuos sólidos y lodos de la cámara de máquinas ayudando con gasoil a la combustión si es necesario, durante la combustión de los lodos.

En el proyecto incluimos el cálculo del circuito de diesel oil, lodos, aire comprimido y gases de escape.

PALABRAS CLAVE

Basuras, Fangos oleosos, Incineración a bordo, Incinerador de a bordo

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



MEMORIA

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-10-1.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 02 PAG: 6

1 MEMORIA

1.1 GENERAL

1.1.1 TÍTULO

Cálculo e instalación de una unidad de un sistema de incineración de residuos sólidos y líquidos en un remolcador.

.

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 Trabajo Fin de Máster al objeto de obtener el título de Máster en Ingeniería Marina, y poder acceder al título profesional de Jefe de Máquinas de la Marina Mercante.

1.1.3 OBJETO DEL PROYECTO O PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los residuos sólidos y líquidos en los buques son un problema tanto por espacio como por una posible contaminación, además de un gasto debido al coste de su recogida pues ha de llevarse a cabo por empresas especializadas.

En este proyecto se plantea la instalación de un sistema de incineración de residuos tanto sólidos como líquidos, con el propósito de eliminar por combustión dichos residuos a bordo, debido a su peligrosidad y posibilidad de contaminación, reduciendo así la posibilidad de producir daño en el medio marino.

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.

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-10-1.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 02 PAG: 7

El código de documentos queda definido por la siguiente estructura:

Tabla 1. Estructura de la codificación del proyecto.

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

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

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

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

CÓDIGO	PROYECTO INDIVIDUAL
001	Trabajo fin de máster, modelo para futuros proyectos profesionales

Tabla 4. Tipo de documento.

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

Tabla 5. Listado de procesos y subprocesos.

CÓDIGO	PROCESOS Y SUBPROCESOS
10	Memoria Técnica 1.1. General 1.2. Datos principales del Buque 1.3. Equipos adicionales de residuos

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-10-1.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 02 PAG: 8

	1.4. Sistema de incineración
20	Cálculos 2.1. Introducción 2.2. Cálculo de pérdidas de carga en el circuito de lodos 2.3. Cálculo de pérdidas de carga de los gases de escape 2.4. Cálculo de pérdidas de carga en el circuito de gasoil 2.5. Cálculo de la línea de aire comprimido
30	Elección de elementos 3.1. Tuberías 3.2. Válvula antiretorno 3.3. Válvula de cierre rápido 3.4. Válvula de bola de fundición con bridas 3.5. Lana de roca aislante 3.6 Expansiones térmicas
40	Planos
50	Presupuesto 5.1 Presupuesto de taller elaboración e instalación de tuberías 5.2 Presupuesto desglosado en partidas 5.3 Presupuesto final
60	Pliego de condiciones 6.1 Pliego condiciones generales 6.2 Pliego de condiciones económicas 6.3 Pliego de condiciones facultativas 6.4 Estudio de seguridad y salud Anexos
70	Anexos 7.1 Anexo I 7.2 Anexo II 7.3 Anexo III
80	Bibliografía

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-10-1.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 02 PAG: 9

1.1.5 NORMATIVA

1.1.5.1 MARPOL 73/78

La Organización Marítima Internacional, ~~(desde este momento OMI)~~ establece en noviembre de 1973 un convenio sobre la prevención de la contaminación marítima para los buques, dicho convenio es conocido como (MARPOL 73/78).

El MARPOL no entra en vigor hasta 1978 después de una modificación, durante una Conferencia internacional sobre seguridad de los buques tanque y prevención de la contaminación, como reacción de los estados pertenecientes a la OMI, en respuesta a una serie de accidentes de petroleros en 1976-1977, que hicieron reaccionar a los Estados y hacer que ratificasen el Protocolo, dando lugar al conocido Marpol 73/78.

Dicho Convenio se crea con cinco anexos hasta que es modificado con el protocolo de 1997 añadiendo un sexto anexo.

- Anexo I Reglas para prevenir la contaminación por hidrocarburos (que entró en vigor el 2 de octubre 1983).
- Anexo II Reglamento para el Control de la contaminación por sustancias nocivas líquidas a granel (que entró en vigor el 2 de octubre 1983).
- Anexo III Prevención de la contaminación por sustancias perjudiciales transportadas por mar en bultos (que entró en vigor el 1 de julio de 1992).
- Anexo IV prevenir la contaminación por las aguas sucias de los buques (entró en vigor el 27 de septiembre de 2003).
- Anexo V prevenir la contaminación por basuras de los buques (en vigor desde 31 de diciembre 1988).
- Anexo VI Prevención de la Contaminación del Aire por los buques (que entró en vigor el 19 de mayo de 2005).

A lo largo de estos años se han ido añadiendo al convenio algunas enmiendas con el fin de evitar dudas en la aplicación de la normativa.

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-10-1.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 02 PAG: 10

1.1.5.2 ANEXO VI - REGLA 16 INCINERACIÓN A BORDO

1 A reserva de lo dispuesto en el párrafo 4 de la presente regla, la incineración a bordo se permitirá solamente en un incinerador de a bordo.

2 Se prohibirá la incineración a bordo de las siguientes sustancias:

- .1 residuos de las cargas regidas por los anexos I, II o III o los correspondientes materiales de embalaje/envase contaminados;
- .2 difenilos policlorados (PCB);
- .3 las basuras, según se definen éstas en el Anexo V, que contengan metales pesados en concentraciones que no sean meras trazas;
- .4 productos refinados del petróleo que contengan compuestos halogenados;
- .5 fangos cloacales y fangos de hidrocarburos que no se hayan generado a bordo del buque; y
- .6 residuos del sistema de limpieza de los gases de escape.

3 Se prohibirá la incineración a bordo de los cloruros de polivinilo (PVC), salvo en los incineradores de a bordo para los que haya expedido un certificado de homologación de la OMI.

4 La incineración a bordo de los lodos de aguas residuales y fangos oleosos producidos durante la explotación normal del buque también se podrá realizar en la planta generadora o caldera principal o auxiliar, aunque en este caso no se llevará a cabo dentro de puertos o estuarios.

5 Nada de lo dispuesto en la presente regla:

- .1 afecta a la prohibición establecida en el Convenio sobre la prevención de la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias, 1972 enmendado y su Protocolo de 1996, ni a otras prescripciones de dicho Convenio y Protocolo
- .2 impide desarrollar, instalar y utilizar otros dispositivos de tratamiento térmico de desechos a bordo que satisfagan las prescripciones de la presente regla o las superen.

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-10-1.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 02 PAG: 11

6.1 Con la salvedad de lo dispuesto en el apartado 6.2 del presente párrafo, todo incinerador instalado a bordo de un buque construido el 1 de enero de 2000 o posteriormente, o todo incinerador que se instale a bordo de un buque a partir del 1 de enero de 2000 cumplirá lo dispuesto en el apéndice IV del presente anexo. Todo incinerador al que se aplique el presente párrafo será aprobado por la Administración teniendo en cuenta la especificación normalizada para los incineradores de a bordo elaborada por la Organización

6.2 La Administración podrá permitir que se excluya de la aplicación del apartado 6.1 del presente párrafo a todo incinerador que se haya instalado a bordo de un buque antes del 19 de mayo de 2005, a condición de que el buque esté dedicado solamente a realizar viajes en aguas sometidas a la soberanía o jurisdicción del Estado cuyo pabellón tenga derecho a enarbolar.

7 Los incineradores instalados de conformidad con lo dispuesto en el apartado 6.1 de la presente regla dispondrán de un manual de instrucciones del fabricante, que se guardará junto con la unidad, y en el que se especificará cómo hacer funcionar el incinerador dentro de los límites establecidos en el párrafo 2 del apéndice IV del presente anexo.

8 El personal encargado del funcionamiento de un incinerador instalado de conformidad con lo prescrito en el apartado 6.1 de la presente regla recibirá formación para poder seguir las orientaciones dadas en el manual de instrucciones del fabricante, como se estipula en el párrafo 7 de la presente regla.

9 En los incineradores instalados de conformidad con lo dispuesto en el apartado 6.1 de la presente regla se vigilará, siempre que la unidad esté en funcionamiento, la temperatura de salida del gas de la cámara de combustión. En los incineradores de alimentación continua, no se verterán desechos en la unidad cuando la temperatura de salida del gas de la cámara de combustión esté por debajo de 850 °C. Por lo que respecta a los incineradores de a bordo de carga discontinua, la unidad se proyectará de modo que la temperatura de salida del gas de la cámara de combustión alcance 600 °C en los cinco

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-10-1.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 02 PAG: 12

minutos siguientes al encendido y que posteriormente se establezca a una temperatura que no sea inferior a 850 °C.

1.1.5.3 APÉNDICE IV HOMOLOGACIÓN Y LÍMITES DE SERVICIO DE LOS INCINERADORES A BORDO (REGLA 16)

1 Los buques que tengan incineradores de a bordo como los descritos en la regla 16.6.1 deberán poseer un certificado de homologación de la OMI para cada incinerador. A fin de obtener dicho certificado, el incinerador se proyectará y construirá de conformidad con una norma aprobada como la que se describe en la regla 16.6.1. Cada modelo será objeto de una prueba de funcionamiento específica para la homologación, que se realizará en la fábrica o en una instalación de pruebas aprobada, bajo la responsabilidad de la Administración, utilizando las siguientes especificaciones normalizadas de combustible y desechos para determinar si el incinerador funciona dentro de los límites especificados en el párrafo 2 del presente apéndice:

Fangos oleosos compuestos de:

- 75 % de fangos oleosos provenientes de fueloil pesado;
- 5 % de desechos de aceite lubricante;
- 20 % de agua emulsionada.

Desechos sólidos compuestos de:

- 50 % de desechos alimenticios
- 50 % de basuras que contengan:
 - aprox. 30 % de papel,
 - aprox. 40 % de cartón,
 - aprox. 10 % de trapos,
 - aprox. 20 % de plásticos

La mezcla tendrá hasta un 50 % de humedad y 7 % de sólidos incombustibles.

2 Los incineradores descritos en la regla 16.6.1 funcionarán dentro de los siguientes límites:

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-10-1.1	
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015	
	REV: 02	PAG: 13

- Cantidad de O₂ en la cámara de combustión: 6 a 12 %
- Cantidad de CO en los gases de combustión (promedio máximo): 200 mg/MJ
- Número de hollín (promedio máximo): Bacharach 3 o Ringelman 1 (20 % de opacidad) (Sólo se aceptará un número más alto de hollín durante periodos muy breves, por ejemplo durante el encendido)
- Componentes no quemados en los residuos de ceniza Máximo: 10 % en peso:
- Gama de temperaturas de los gases de combustión a la salida de la cámara de combustión: 850 °C a 1 200 °C

1.2 DATOS PRINCIPALES DEL BUQUE

1.2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

- Eslora total: 39,7 m
- Eslora entre perpendiculares: 34,52 m
- Manga de trazado: 12,5 m
- Puntal a cubierta principal: 5,8 m
- Calado de diseño: 4,6 m
- Velocidad al 80% de potencia: 10,5 nudos
- Velocidad al 100% de potencia: 12,7 nudos
- Tripulación: 10 personas
- Potencia propulsora: 3744 kW a 1000 rpm
- T.R.B.: 907 GT
- Bollard pull al 80%: 54,5 Ton*m
- Bollard pull al 100%: 61,5 Ton*m

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-10-1.2	
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015	
	REV: 01	PAG: 14

1.2.2 PLANTA PROPULSORA

Este buque tiene como elemento principal de propulsión dos motores principales a gasoil, con las siguientes características:

- Fabricante: ABC (Anglo Belgiam Corporation)
- Modelo: DZC
- Tipo: 8dZ-1000-175
- Potencia: 2546 CV / 1872 kW a 1000 rpm
- Nº de cilindros: 8
- Diámetro del cilindro: 256 mm
- Carrera del pistón: 310 mm

1.2.3 PLANTA GENERADORA

La planta generadora consta de 2 motores auxiliares, un grupo de puerto y un grupo de emergencia.

Motores Auxiliares (MM.AA.)

- Fabricante: Volvo
- Modelo: D9A MG
- Potencia: 370 CV / 272 kW a 1500 rpm
- Nº de cilindros: 6
- Alternador: Stamford,
- Modelo: HC M4 34F1
- Voltaje (ciclos/fase): 400V (50 Hz/3)

Motor de Puerto (M.G.P.)

- Fabricante: Volvo

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-10-1.2	
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015	
	REV: 01	PAG: 15

- Modelo: D7A DTA
- Potencia: 189 CV / 139 kw a 1500 rpm
- N° de cilindros: 6
- Alternador: Stamford,
- Modelo: UC M274H
- Voltaje (ciclos/fase): 400V (50 Hz/3)

Motor de Emergencia (M.G.E.)

- Fabricante: Volvo
- Modelo: D7A DTA
- Potencia: 189 CV / 139 kW a 1500 rpm
- N° de cilindros: 6
- Alternador: Stamford,
- Modelo:
- Voltaje (ciclos/fase): 400V (50 Hz/3)

1.2.4 SEPARADOR DE SENTINAS

- Fabricante: DETEGASA
- Modelo: Delta OWSA
- Capacidad: 1m³.
- Máxima altura de aspiración: 4,5 m
- Vacío en aspiración: -0,5 bar

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-10-1.3
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 16

1.3 MEDIOS ADICIONALES DE GESTIÓN DE RESIDUOS

Como ayudas a la solución del problema de tratamiento de los residuos, se añaden varios equipos, con el fin de mejorar y adaptar el incinerador a las necesidades del buque, teniendo en cuenta los problemas que puedan presentarse en cuanto a espacio disponible a bordo o disponibilidad económica.

1.3.1 COMPACTADOR DE BASURAS

El compactador de basuras como su propio nombre indica es un equipo que tiene por propósito compactar el espacio ocupado por los residuos, es decir, reducir su tamaño, facilitando el almacenaje y la estiba. Además según el convenio MARPOL (anexo V) podremos arrojar al mar los residuos que estén permitidos, mejorando su descomposición en el medio marino.

La mayoría de residuos se pueden compactar, excepto los plásticos y los residuos voluminosos o muy duros.

En este caso se ha optado por instalar un modelo de la casa Delitek, el DT-200MC, por tratarse de un equipo adecuado para las necesidades que se nos presentan y por contar con una instalación y un mantenimiento muy simples. A continuación vemos una imagen del equipo:



Figura 1 Compactador de basura

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-10-1.3	
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015	
	REV: 01	PAG: 17

1.3.2 TRITURADOR DE BASURAS

El triturador de basura, es una ayuda recomendable, puesto que permite la reducción de los residuos a un volumen considerablemente menor que el original, teniendo en cuenta los espacios tan reducidos a bordo para su estiba hasta llegar a puerto o si introducción en la cámara de incineración.

Aunque la cantidad sea inferior, sigue produciéndose un almacenamiento de basuras, que puede condicionar su almacenamiento, este equipo es aplicable a cartones, papeles, material de almacenaje, madera e incluso restos alimenticios.



Figura 2 Triturador de basura

1.4 SISTEMA DE INCINERACIÓN

1.4.1 INTRODUCCIÓN

El objeto del incinerador quemar residuos sólidos y lodos de la cámara de máquinas ayudando con gasoil a la combustión si es necesario, durante la combustión de los lodos. El equipo puede quemar 80 litros de lodos por hora, 26 litros por hora de aguas residuales ó 80 kg por hora de carga de residuos sólidos compactados. Una combinación de ambos permite un máximo de 3600 Kcal/hora.

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-10-1.4
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 18



Figura 3 Incinerador Detegasa IRL-50

La base de cualquier combustión consiste en mezclar, regulando adecuadamente, sus dos factores: el oxígeno y el combustible.

Al mismo tiempo, el sistema tiene que dotarse de un amplio tipo de seguridades, para eliminar cualquier peligro, tanto en el funcionamiento de los aparatos, como del usuario en su manejo, así mismo deberá de cumplir con la normativa vigente en cuanto a requisitos de temperatura, vibraciones, ruidos y polución.

La combustión se produce dentro de la cámara de combustión mientras que la introducción del aire se produce de dos maneras diferentes:

- Uno forzado, producido por el ventilador del quemador de D.O. para favorecer la difusión del mismo al mezclarse con el combustible pulverizado.
- Otro aspirado por el ventilador de los gases de escape, para mantener el vacío en la cámara de combustión y asegurar la refrigeración de la estructura del incinerador.

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-10-1.4
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 19

El aire general se regula por la charnela de gases de manera que la cámara de combustión esta siempre con vacío para evitar un posible aumento brusco de la combustión y el peligro de una posible salida de llama.

Tenemos tres tipos de combustible:

- Diesel-oíl
- Residuos sólidos
- Lodos

DIESEL OIL

El D.O. es el combustible base para iniciar el proceso de encendido y aumentar la temperatura para quemar los sólidos y los lodos.

El D.O. es aspirado del tanque y es atomizado mecánicamente y mezclado con el aire por medio del difusor, en el quemador de D.O.

RESIDUOS SOLIDOS

Los sólidos pueden ser alimentados, a través de la puerta del frente que solo se puede abrir cuando el incinerador está en posición (1) del panel de control y la temperatura en el interior es inferior a los 150°C, o a través de la puerta de carga continua en cualquier momento.

LODOS

Los lodos antes de ser quemados han de prepararse, elevando su temperatura para adaptar la viscosidad y eliminar un alto porcentaje de agua.

Para ello utilizamos un tanque previo con una bomba de circulación propia y dotado de un sistema de calefacción. Una vez preparados los lodos se introducen en la cámara de combustión por medio de la bomba dosificadora, comandada por un moto variador y así atomizamos en el quemador los lodos con aire, pudiéndose regular la calidad de la atomización por medio de una válvula en la línea de aire, así como en el propio moto variador.

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-10-1.4
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 20

Tabla 6 - Características principales y consumos del incinerador

<u>INCINERADOR</u>		
Capacidad máxima	500.000 kcal/hora	
Cantidades a quemar	Lodos	80 litros/hora
	Aguas residuales	26 litros/hora
	Residuos Sólidos	80 kg/hora (3.600 kcal/hora)
Máxima temperatura de la cámara de combustión	1.250 °C	
Depresión en la cámara de combustión	25 mm c.a. aprox.	
Máxima temperatura en el forro de la carcasa	60 °C	
Peso total	3.150 kg Aprox.	
<u>Alternativas de combustión</u>		
Quemador D.O. primera etapa	10 litros/hora D.O. Máx.	
Quemador D.O. 1ª y 2ª etapa	20 litros/hora D.O. Máx.	
Quemador de D.O. 1ª etapa / Lodos	10 litros/hora D.O. / 80 l/hora	
Quemador de lodos únicamente	80 litros/hora Máx.	
<u>Potencias</u>		
Motor quemador	185 w	
Potencia total en operación (ventilador incluido)	440/400V 60/50Hz 9,45/8,31 kW	
Aire comprimido ó vapor	18 kg/hora a 6 bar	
<u>EXTRACTOR DE GASES</u>		
Capacidad	6.750 Nm ³ /hora	
Presión diferencial	300 mm c.a.	
Temperatura de trabajo	400 °C	
Revoluciones del motor	117.500	
Potencia del motor	440/400V 60/50Hz 8,6/7,5 kW	
<u>BOMBA DOSIFICADORA DE LODOS</u>		
Capacidad	100 litros/hora	
Presión	0,5 bar	
Potencia del motor	0,22 kW	
<u>BOMBA CIRCULACIÓN DE LODOS</u>		
Capacidad	1.250 litros/hora	
Presión	16 bar	
Potencia del motor	0,45/0,37 kW	

El incinerador está formado por los siguientes elementos:

- Cámara de combustión
- Quemador de Diesel-Oíl
- Quemador de lodos
- Panel de control.
- Ventilador de gases de combustión.
- Regulador de tiro para la salida de los gases de combustión.
- Tanque de preparación de lodos.

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-10-1.4
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 21

1.4.2 ELEMENTOS DEL INCINERADOR

1.4.2.1 CÁMARA DE COMBUSTIÓN

La cámara de combustión está formada por bloques refractarios de forma especial, que permiten su fácil montaje y desmontaje, rodeados de una capa de material aislante que a su vez está rodeada por un forro doble refrigerado por aire.

La unión de los forros metálicos se hace por medio de tornillos, lo que permite su fácil desmontaje para la reposición de refractarios ó aislamiento.

Se monta una puerta en el frente con mirilla para la carga del residuo sólido e inspección de la cámara.

1.4.2.2 QUEMADOR DE DIESEL-OÍL

El quemador está diseñado para quemar diesel-oíl en dos etapas, según las necesidades.

Tiene incorporado un motor eléctrico con su maniobra de accionamiento del ventilador de aire primario y la bomba de combustible.

Para la regulación de la cantidad de aire en cada etapa, está provisto de un servomotor ajustable por levas.

Para el sistema de encendido y control lleva incorporado

- Un transformador de encendido
- Un juego d electrodos de encendido
- Un relé de llama con su foto-resistencia

Además de electroválvulas y boquillas en la línea de combustible.

Tabla 7 - Características principales del quemador

Consumo de Diesel-oíl en la primera etapa	7 kg/h
Consumo de Diesel-oíl en la segunda etapa	14 kg/h
Consumo del motor eléctrico	0,185 kW

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-10-1.4
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 22

El ciclo de encendido del quemador comienza con un pre-barrido de aire en el que la bomba recircula el combustible, de esta forma no trabaja en vacío, En donde la válvula solenoide “A” estará cerrada y la válvula solenoide “B” abierta, una vez concluido el periodo de prebarrido, se abrirá la válvula “A” dando paso del combustible al quemador, aumentando la presión de combustible de 10 kg/cm² a 18 kg/cm².

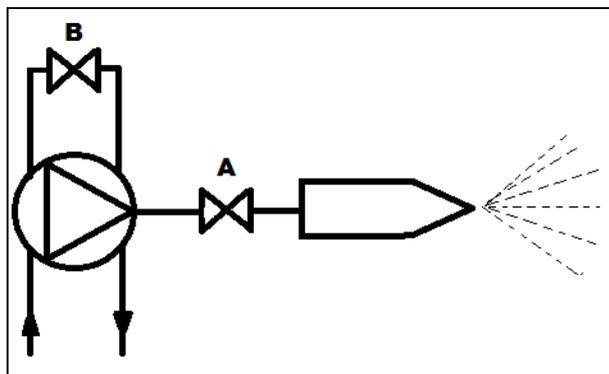


Figura 4 - Esquema de funcionamiento

La presión de pulverización de los inyectores es de 10 – 12 bars, siendo inyectores de chorro lleno ó semilleno, con un ángulo de 45° ó 60°

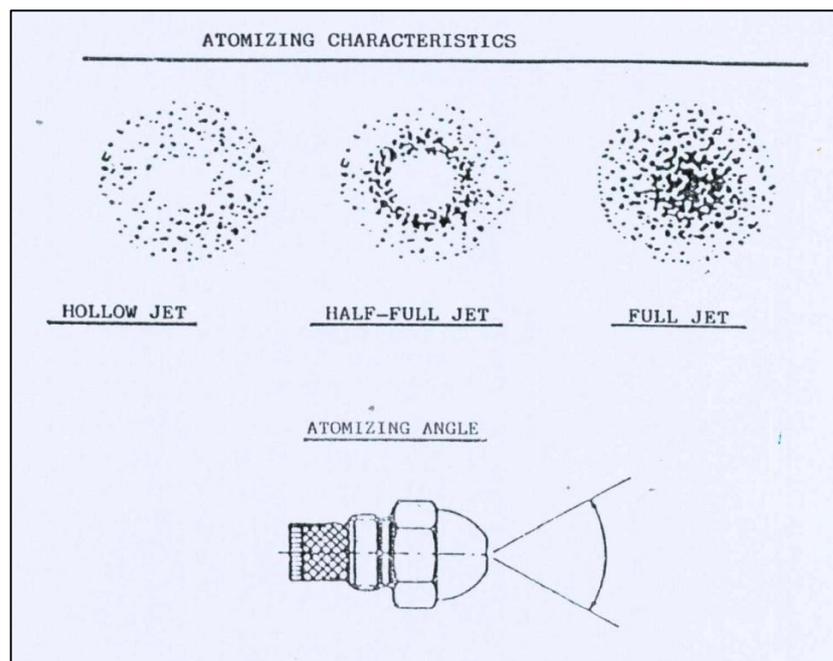


Figura 5 - Características inyectores quemador

1.4.2.3 QUEMADOR DE LODOS

El quemador de lodos tiene que tener una limpieza continua, debido a que cualquier taponamiento durante el proceso de incineración afectara al funcionamiento del equipo.

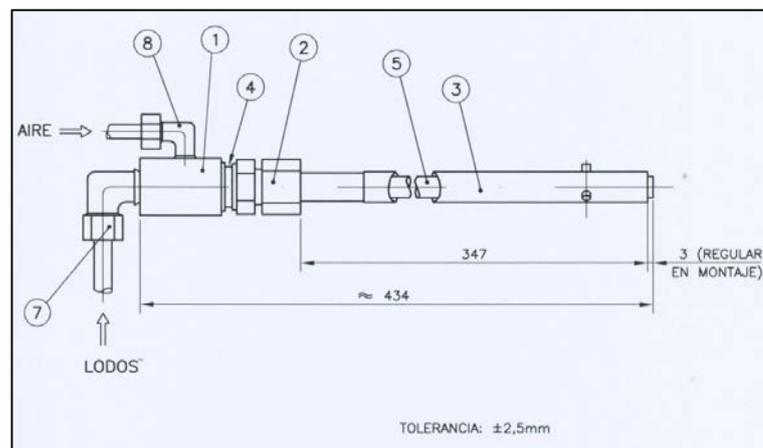


Figura 6 - Quemador de lodos

El quemador de lodos consta de un cuerpo (1) y dos tubos, uno externo (3) y otro interno (5) mantenidos en posición concéntrica por medio de los prisioneros (6).

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-10-1.4
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 24

Para su mantenimiento, debemos de desmontarlo de la siguiente manera:

- Aflojar totalmente los prisioneros (6).
- Aflojar y desenroscar la tuerca de unión (2) fijando en un tornillo el cuerpo (1) para extraer el tubo externo (3).
- Para extraer el tubo interno (5) desenroscar el cuerpo (1) manteniéndolo fijo.

Para su montaje procedemos de la manera inversa.

Al quemador de lodos llegan dos fluidos, los lodos provenientes del tanque de preparación con una temperatura y mezcla homogénea, así como aire comprimido para enriquecer la mezcla y favorecer la combustión, dicho aire proviene de la línea de aire comprimido de 7 bares.

1.4.2.4 PANEL DE CONTROL

El panel de control se compone de los elementos necesarios para la alimentación de los motores eléctricos y de todas las seguridades y controles de bloqueo del incinerador.

Además de ser el punto desde el cual se controla todo el proceso de incineración.

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-10-1.4
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 25

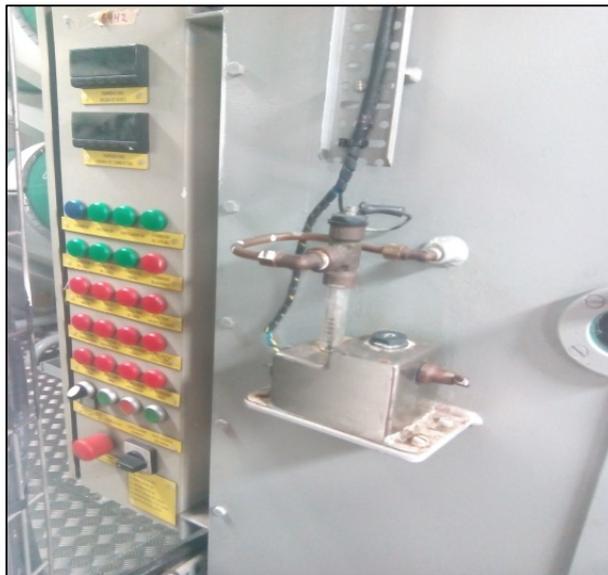


Figura 7 - Panel de control

1.4.2.5 VENTILADOR DE GASES DE COMBUSTIÓN.

La extracción de los gases de la cámara de combustión se realiza por medio de un extractor axial, accionado por un motor eléctrico que esta acoplado al eje por medio de correas trapecoidales.

El impulsor y la voluta del ventilador es de chapa de acero resistente a altas temperaturas.

El eje está provisto de un rodete de enfriamiento exterior para evitar la transmisión fuerte de calor, protegiendo así los rodamientos.

Para el control de la temperatura de los gases de exhaustación, el sistema está equipado con un termopar instalado a 2,5 metros como mínimo de la salida de gases de la cámara de combustión en el conducto de salida.

Debemos de instalar una charnela en el conducto de salida para controlar el tiro en la cámara de combustión.

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-10-1.4
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01
	PAG: 26



Figura 8 - Ventilador de extracción

1.4.2.6 REGULADOR DE TIRO PARA LOS GASES DE COMBUSTIÓN

La válvula de regulación del tiro es importante para mantener una buena combustión en el interior del incinerador, manteniendo una diferencia de presión entre 15 y 25 mm c.a. durante el proceso, dicha válvula es de regulación manual.



Figura 9- Chamela de regulación de tiro

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-10-1.4
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 27

1.4.2.7 TANQUE DE PREPARACIÓN DE LODOS

El objeto del tanque de preparación de lodos es almacenar los lodos a una temperatura adecuada para posteriormente quemarlos en el incinerador y que estén lo suficientemente sedimentados para que no contengan agua en suspensión.

Para mantener la temperatura del lodo uniforme, así como las tuberías de conducción del mismo y enviar el mismo a la bomba dosificadora, el tanque lleva adosada una bomba de recirculación movida por un motor eléctrico.

Los lodos son suministrados al tanque de preparación por la bomba de trasiego de lodos (de los servicios del buque), en caso de fallo y rebose estos volverán al tanque de lodos del buque.

Mediante un termostato que corta la corriente a las resistencias eléctricas, según el caso, se mantiene la temperatura del conjunto entorno a los 70°C, facilitando la decantación del agua en suspensión y adecuando la viscosidad de los mismos para ser quemados.



Figura 10 - Tanque de preparación de lodos

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-10-1.4
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 28

Tabla 8 - Capacidades del tanque de preparación de lodos

H(cm)	Volumen (dm ³)	H(cm)	Volumen (dm ³)
1	11,309	60	678,585
10	113,097	65	735,134
15	169,646	70	791,683
20	226,195	75	848,232
25	282,744	80	904,78
30	339,292	85	961,329
35	395,841	90	1017,878
40	452,39	95	1074,427
45	508,939	100	1130,976
50	565,488	105	1187,524
55	622,036	107	1210,144

1.4.3 DESCRIPCIÓN DE CIRCUITOS

Para el diseño de los circuitos, hay parte de las instalaciones que se aprovecharán de las ya existentes en la embarcación no siendo necesario un desarrollo total de toda la instalación.

1.4.3.1 CIRCUITO DE GASOIL

El circuito de gasoil consta de los elementos necesarios para suministrar gasoil al quemador del incinerador, en este caso toda la instalación es nueva, la bomba de gas-oíl es suministrada como materiales del incinerador al estar incluida dentro del quemador de gasoil.

Vamos a suministrar gasoil desde el tk nº3 estribor por proximidad al incinerador y por ser un tanque lateral y así favorecer la entrada de combustible al quemador por la columna de fluido del tanque.

Partimos de la pared del tanque con una válvula de cierre rápido de combustible, de accionamiento neumático. Dicha válvula y la tubería de salida serán de acero estirado para la construcción naval según norma DIN 1629, (equivalente a la EN10216-1) con dimensiones DN25, antes de la entrada al quemador instalaremos una válvula de bola de corte de combustible de las

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-10-1.4
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 29

mismas dimensiones DN25 y PN 16, reduciendo a su salida el diámetro de tubería a DN20. Hasta la entrada al quemador.

En el circuito de retorno, la dimensión de la tubería será DN20 en todo el conjunto, instalando una válvula de bola DN20 y PN16 a la salida del quemador.

El circuito de retorno entrara al tanque almacén nº3 estribor por la parte superior del mismo, después de atravesar una válvula antirretorno.

Tabla 9 - Tuberías DIN 1629

DN (mm)	Diámetro Exterior (mm)	Espesor (mm)
10	17,2	2,35
15	21,3	2,77
20	26,7	2,87
25	33,4	3,38
40	48,3	3,68
50	60,3	3,91
65	73	5,16
80	88,9	5,49

1.4.3.2 CIRCUITO DE LODOS

En el circuito de lodos, aprovecharemos la bomba de lodos propia del buque, así como las tuberías de trasiego desde los tanques, por lo que tendremos que diseñar dos circuitos, aplicando la norma DIN 1629 (equivalente a EN 10216-1) para tuberías.

- Desde la bomba de lodos al tanque de preparación.
- Desde el tanque de preparación al incinerador.

De Bomba de lodos a tanque de preparado

Aprovechamos la tubería de descarga de lodos al exterior, de dimensión DN40 la cual pasa junto a la localización buscada para el tanque de preparado para instalar una intersección con dos válvulas una para la descarga exterior y otra

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-10-1.4
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 30

dirigida hacia el tanque de preparación de lodos, añadiendo este tramo de tubería con la misma dimensión DN40 de la tubería que precede.

Del tanque de preparado al incinerador

Tenemos a su vez dos circuitos en esta parte de la instalación, uno de circulación del propio tanque de preparación para calentar a 70°C la mezcla haciendo que pase por las resistencias de caldeo del tanque de preparación.

Para ello instalamos una bomba de circulación, que no necesitamos que de mucha presión sino caudal, por lo instalaremos una bomba de desplazamiento positivo rotatoria, la cual está diseñada para suministrarnos 0,5 bares (Q= 1,25 m³/h y v=0,3 m/s)

El segundo circuito consiste en el trasiego del tanque de preparación de lodos hasta el incinerador utilizando una tubería de DN25, para transportar el fluido hasta la bomba de dosificación de lodos del incinerador, aprovechando la misma bomba utilizada para la preparación de lodos.

1.4.3.3 CIRCUITO DE AIRE COMPRIMIDO

Dentro del circuito de aire comprimido, diferenciaremos dos circuitos:

- Circuito de aire de seguridad. (25 bars)
- Circuito de aire del quemador. (7 bars)

Circuito de aire de seguridad

El circuito de aire de seguridad, comprende la instalación necesaria, para el cierre de la válvula de disparo rápido de combustible instalada en el tanque nº3 de estribor, para ello utilizaremos el circuito instalado para la válvula de cierre del tanque, acoplando una conexión en "T" para hacer llegar el aire a la nueva válvula instalada. El circuito es mediante tubería de cobre de ϕ 6.

Circuito de aire al quemador

Utilizaremos la instalación previa de aire de servicios (7 bares), que circula por crujía de la embarcación, para repartir aire al resto de servicios, realizando un

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-10-1.4
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 31

pinchazo para suministrar aire mediante una tubería de DN20, antes de la entrada al quemador instalaremos una válvula macho, de corte de suministro.

1.4.3.4 CIRCUITO DE GASES DE ESCAPE

La brida de salida del incinerador nos marca el tramo hasta la charnela de regulación con DN400, desde la salida de dicha válvula hasta el acoplamiento de salida del ventilador al escape general de la chimenea será DN300, mientras que desde la salida del ventilador hasta la unión con la chimenea general será DN200. Toda la instalación ira fijada con amortiguadores elásticos.

En las uniones lleva fuelles de expansión para soportar las expansiones.

Toda la instalación ira recubierta con un aislante de lana de roca, según la siguiente figura, con una lana doble lana de espesor 40mm.

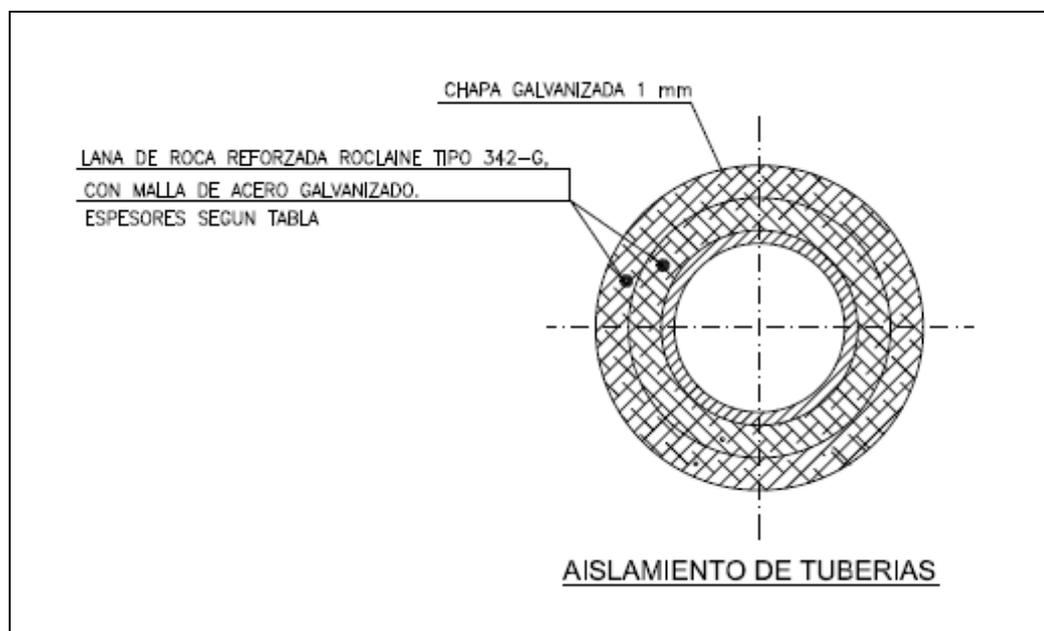


Figura 11 - Esquema de aislamiento

TRABAJO FIN DE MÁSTER		REF: 001-10-1.4	
INGENIERÍA MARINA		FECHA: 11/06/2015	
		REV: 01	PAG: 32

TUBOS SOLDADOS EN 10217-1 (DIN 2458/DIN 1626) Y TUBOS SIN SOLDADURA EN 10216-1 (DIN 2448/DIN 1629)

Extremos lisos o ranurados. Material P235TR1 (St37.0)

Utilización: Conducción agua, gas, vapor, sólidos - Construcción naval - Estructuras -Pilotaje - Postes, señalización - Chimeneas.

Diámetro exterior d mm	Espesor s mm	Peso Kg/m	Momento inercia I cm ⁴	Módulo resistente W cm ³	Radio de giro i cm	Diámetro exterior d mm	Espesor s mm	Peso Kg/m	Momento inercia I cm ⁴	Módulo resistente W cm ³	Radio de giro i cm	
17,2" (3,8")	1,8*	0,688	0,262	0,304	0,548	30	2	1,39	1,73	1,16	0,992	
	2	0,754	0,281	0,326	0,542		2,3*	1,59	1,93	1,29	0,983	
	2,3	0,850	0,306	0,356	0,533		2,6	1,77	2,12	1,41	0,973	
	2,6	0,942	0,328	0,381	0,524		2,9	1,96	2,29	1,53	0,964	
	2,9	1,03	0,347	0,403	0,516		3,2	2,14	2,45	1,64	0,954	
	3,2	1,11	0,363	0,422	0,508		3,6	2,37	2,65	1,77	0,942	
	3,6	1,21	0,381	0,442	0,497		4	2,59	2,83	1,88	0,930	
	4	1,31	0,394	0,459	0,488		4,5	2,83	3,02	2,01	0,915	
20	2*	0,890	0,464	0,464	0,640		5	3,08	3,19	2,13	0,901	
	2,3	1,01	0,509	0,509	0,631		5,4	3,28	3,31	2,21	0,890	
	2,6	1,12	0,550	0,550	0,622		5,6	3,37	3,36	2,24	0,885	
	2,9	1,22	0,586	0,586	0,613		6,3	3,70	3,53	2,35	0,867	
	3,2	1,33	0,617	0,617	0,605		7,1	4,03	3,67	2,45	0,848	
	3,6	1,46	0,654	0,654	0,594		33,7 (1")	1,8	1,43	2,30	1,37	1,13
	4	1,58	0,684	0,684	0,583			2	1,57	2,51	1,49	1,12
	4,5	1,71	0,714	0,714	0,571			2,3	1,79	2,81	1,67	1,11
21,3 (1/2")	1,8	0,874	0,529	0,496	0,692	2,6*		2,01	3,09	1,84	1,10	
	2*	0,962	0,571	0,536	0,686	2,9		2,2	23,36	1,99	1,09	
	2,3	1,09	0,629	0,590	0,677	3,2		2,42	3,60	2,14	1,08	
	2,6	1,21	0,681	0,639	0,667	3,6		2,69	3,91	2,32	1,07	
	2,9	1,33	0,727	0,683	0,659	4		2,95	4,19	2,49	1,06	
	3,2	1,44	0,768	0,722	0,650	4,5		3,23	4,50	2,67	1,04	
	3,6	1,59	0,816	0,767	0,639	5		3,54	4,78	2,84	1,03	
	4	1,72	0,857	0,804	0,628	5,4		3,76	4,98	2,96	1,02	
	4,5	1,87	0,898	0,843	0,615	5,6		3,87	5,07	3,01	1,01	
	5	2,01	0,930	0,874	0,603	6,3		4,27	5,36	3,18	0,994	
5,4	2,12	0,951	0,893	0,594	7,1	4,67		5,62	3,34	0,973		
8	5,05	5,85	3,47	0,952	38	2,3		2,04	4,13	2,17	1,26	
1,8	1,03	0,888	0,710	0,823		2,6*		2,29	4,55	2,40	1,25	
2*	1,13	0,963	0,770	0,816		2,9	2,53	4,96	2,61	1,25		
2,3	1,29	1,07	0,854	0,807		3,2	2,77	5,34	2,81	1,24		
2,6	1,44	1,16	0,930	0,797		3,6	3,08	5,82	3,06	1,22		
2,9	1,58	1,25	1,00	0,788		4	3,38	6,26	3,29	1,21		
3,2	1,72	1,33	1,06	0,779		4,5	3,71	6,76	3,56	1,20		
3,6	1,90	1,42	1,14	0,767		5	4,07	7,22	3,80	1,18		
4	2,07	1,51	1,21	0,756		5,4	4,34	7,55	3,97	1,17		
4,5	2,28	1,60	1,28	0,742		5,6	4,47	7,70	4,05	1,16		
5	2,47	1,67	1,34	0,729		5	4,67	7,92	4,17	1,15		
5,4	2,61	1,72	1,37	0,719		6,3	4,95	8,19	4,31	1,14		
5,6	2,68	1,74	1,39	0,714		7,1	5,43	8,66	4,56	1,12		
25	1,8	1,12	1,12	0,835		0,890	8	5,91	9,09	4,78	1,10	
	2	1,24	1,22	0,907		0,883	8,8	6,33	9,39	4,94	1,08	
	2,3*	1,41	1,36	1,01		0,874	2	2,01	5,19	2,45	1,43	
	2,6	1,57	1,48	1,10	0,864	2,3	2,29	5,84	2,76	1,42		
	2,9	1,73	1,60	1,19	0,855	2,6*	2,57	6,46	3,05	1,41		
	3,2	1,89	1,70	1,27	0,846	2,9	2,84	7,06	3,33	1,40		
	3,6	2,09	1,83	1,36	0,834	3,2	3,11	7,62	3,59	1,39		
	4	2,28	1,94	1,45	0,822	3,6	3,47	8,33	3,93	1,38		
	4,5	2,48	2,07	1,54	0,808	4	3,81	8,99	4,24	1,36		
	5	2,70	2,17	1,61	0,794	4,5	4,19	9,76	4,60	1,35		
	5,4	2,86	2,24	1,67	0,784	5	4,61	10,5	4,93	1,33		
	5,6	2,94	2,27	1,69	0,779	5,4	4,92	11,0	5,17	1,32		
	6,3	3,21	2,36	1,76	0,762	5,6	5,07	11,2	5,29	1,32		
	26,9 (3/4")	1,8	1,12	1,12	0,835	0,890	6,3	5,62	12,0	5,66	1,30	
		2	1,24	1,22	0,907	0,883	7,1	6,19	12,8	6,02	1,27	
		2,3*	1,41	1,36	1,01	0,874	8	6,76	13,5	6,36	1,25	
2,6		1,57	1,48	1,10	0,864	8,8	7,27	14,0	6,61	1,23		
2,9		1,73	1,60	1,19	0,855	10	7,99	14,6	6,90	1,20		
3,2		1,89	1,70	1,27	0,846	42,4 (1 1/4")	2	2,01	5,19	2,45	1,43	
3,6		2,09	1,83	1,36	0,834		2,3	2,29	5,84	2,76	1,42	
4		2,28	1,94	1,45	0,822		2,6*	2,57	6,46	3,05	1,41	
4,5		2,48	2,07	1,54	0,808		2,9	2,84	7,06	3,33	1,40	
5		2,70	2,17	1,61	0,794		3,2	3,11	7,62	3,59	1,39	
5,4		2,86	2,24	1,67	0,784		3,6	3,47	8,33	3,93	1,38	
5,6		2,94	2,27	1,69	0,779		4	3,81	8,99	4,24	1,36	
25		1,8	1,12	1,12	0,835		0,890	4,5	4,19	9,76	4,60	1,35
		2	1,24	1,22	0,907		0,883	5	4,61	10,5	4,93	1,33
		2,3*	1,41	1,36	1,01		0,874	5,4	4,92	11,0	5,17	1,32
		2,6	1,57	1,48	1,10		0,864	5,6	5,07	11,2	5,29	1,32
	2,9	1,73	1,60	1,19	0,855		6,3	5,62	12,0	5,66	1,30	
	3,2	1,89	1,70	1,27	0,846		7,1	6,19	12,8	6,02	1,27	
	3,6	2,09	1,83	1,36	0,834		8	6,76	13,5	6,36	1,25	
	4	2,28	1,94	1,45	0,822		8,8	7,27	14,0	6,61	1,23	
	4,5	2,48	2,07	1,54	0,808		10	7,99	14,6	6,90	1,20	
	5	2,70	2,17	1,61	0,794							
	5,4	2,86	2,24	1,67	0,784							
	5,6	2,94	2,27	1,69	0,779							
	6,3	3,21	2,36	1,76	0,762							

* Material en stock para tubos sin soldadura

Figura 12 - Diámetros comerciales tubería Norma DIN 1629

TUBOS SOLDADOS EN 10217-1 (DIN 2458/DIN 1626) Y TUBOS SIN SOLDADURA EN 10216-1 (DIN 2448/DIN 1629)
Extremos lisos o ranurados. Material P235TR1 (St37.0)

Diámetro exterior d mm	Espesores mm	Peso Kg/m	Momento inercia I cm ⁴	Módulo resistente W cm ³	Radio de giro i cm	Diámetro exterior d mm	Espesores mm	Peso Kg/m	Momento inercia I cm ⁴	Módulo resistente W cm ³	Radio de giro i cm
44,5	1,6	1,70	4,97	2,23	1,52	57	2	2,74	13,1	4,59	1,95
	1,8	1,91	5,51	2,48	1,51		2,3	3,13	14,8	5,20	1,94
	2	2,11	6,04	2,72	1,50		2,6	3,52	16,5	5,78	1,93
	2,3	2,41	6,81	3,06	1,49		2,9*	3,90	18,1	6,35	1,92
	2,6*	2,70	7,54	3,39	1,48		3,2	4,28	19,6	6,89	1,91
	2,9	2,99	8,24	3,70	1,47		3,6	4,78	21,6	7,59	1,89
	3,2	3,28	8,91	4,00	1,46		4	5,27	23,5	8,25	1,88
	3,6	3,65	9,75	4,38	1,45		4,5	5,81	25,8	9,04	1,86
	4	4,02	10,5	4,74	1,44		5	6,41	27,9	9,78	1,85
	4,5	4,42	11,5	5,15	1,42		5,4	6,87	29,5	10,3	1,83
	5	4,87	12,3	5,53	1,41		5,6	7,08	30,2	10,6	1,83
	5,4	5,20	12,9	5,81	1,40		6,3	7,91	32,7	11,5	1,81
	5,6	5,35	13,2	5,94	1,39		7,1	8,77	35,3	12,4	1,78
	6,3	5,95	14,2	6,37	1,37		8	9,65	37,9	13,3	1,76
	7,1	6,56	15,1	6,79	1,35		8,8	10,4	40,0	14,0	1,73
	8	7,17	16,0	7,20	1,32		10	11,6	42,6	15,0	1,70
	8,8	7,72	16,7	7,50	1,30		11	12,5	44,5	15,6	1,67
10	8,51	17,5	7,86	1,27	12,5	13,8	46,7	16,4	1,63		
11	9,11	18,0	8,09	1,25	14,2	15,0	48,5	17,0	1,59		
48,3 (1 1/2")	1,6	1,86	6,41	2,65	1,65	60,3 (2")	2	2,90	15,6	5,17	2,06
	1,8	2,08	7,12	2,95	1,65		2,3	3,31	17,7	5,85	2,05
	2	2,30	7,81	3,23	1,64		2,6	3,73	19,7	6,52	2,04
	2,3	2,63	8,81	3,65	1,63		2,9*	4,14	21,6	7,16	2,03
	2,6*	2,95	9,78	4,05	1,62		3,2	4,54	23,5	7,78	2,02
	2,9	3,27	10,7	4,43	1,61		3,6	5,07	25,9	8,58	2,01
	3,2	3,59	11,6	4,80	1,60		4	5,59	28,2	9,34	2,00
	3,6	4,00	12,7	5,26	1,59		4,5	6,17	30,9	10,2	1,98
	4	4,41	13,8	5,70	1,57		5	6,82	33,5	11,1	1,96
	4,5	4,85	15,0	6,21	1,56		5,4	7,30	35,4	11,8	1,95
	5	5,34	16,2	6,69	1,54		5,6	7,53	36,4	12,1	1,94
	5,4	5,71	17,0	7,04	1,53		6,3	8,42	39,5	13,1	1,92
	5,6	5,89	17,4	7,21	1,52		7,1	9,34	42,7	14,2	1,90
	6,3	6,55	18,7	7,76	1,50		8	10,3	46,0	15,3	1,87
	7,1	7,24	20,1	8,31	1,48		8,8	11,1	48,6	16,1	1,85
	8	7,93	21,4	8,85	1,45		10	12,4	52,0	17,2	1,81
	8,8	8,56	22,4	9,26	1,43		11	13,4	54,3	18,0	1,79
10	9,45	23,6	9,76	1,40	12,5	14,8	57,3	19,0	1,75		
11	10,2	24,4	10,1	1,37	14,2	16,2	59,8	19,8	1,71		
51	2	2,43	9,26	3,63	1,73	63,5	2	3,06	18,3	5,76	2,18
	2,3	2,78	10,5	4,10	1,72		2,3	3,50	20,7	6,53	2,17
	2,6*	3,12	11,6	4,55	1,71		2,6	3,93	23,1	7,28	2,16
	2,9	3,46	12,7	4,99	1,70		2,9*	4,36	25,4	8,00	2,14
	3,2	3,79	13,8	5,41	1,69		3,2	4,79	27,6	8,70	2,13
	3,6	4,23	15,1	5,94	1,68		3,6	5,36	30,5	9,60	2,12
	4	4,66	16,4	6,44	1,67		4	5,91	33,2	10,5	2,11
	4,5	5,13	17,9	7,03	1,65		4,5	6,52	36,5	11,5	2,09
	5	5,67	19,3	7,58	1,64		5	7,21	39,6	12,5	2,08
	5,4	6,05	20,4	8,00	1,62		5,4	7,72	41,9	13,2	2,06
	5,6	6,24	20,9	8,19	1,62		5,6	7,97	43,1	13,6	2,06
	6,3	6,95	22,5	8,84	1,60		6,3	8,91	46,9	14,8	2,03
	7,1	7,69	24,2	9,49	1,57		7,1	9,90	50,8	16,0	2,01
	8	8,43	25,8	10,1	1,55		8	10,9	54,8	17,3	1,98
	8,8	9,10	27,1	10,6	1,52		8,8	11,8	58,0	18,3	1,96
	10	10,1	28,7	11,2	1,49		10	13,2	62,2	19,6	1,92
	11	10,9	29,7	11,7	1,47		11	14,3	65,3	20,6	1,90
12,5	11,9	31,0	12,1	1,43	12,5	15,8	69,0	21,7	1,86		
54	2	2,58	11,1	4,10	1,84	14,2	17,3	72,4	22,8	1,81	
	2,3	2,95	12,5	4,63	1,83	16	18,7	75,0	23,6	1,77	
	2,6*	3,32	13,9	5,15	1,82	2,6	4,35	31,3	8,95	2,38	
	2,9	3,68	15,2	5,65	1,81	2,9*	4,83	34,5	9,85	2,37	
	3,2	4,04	16,5	6,13	1,80	3,2	5,30	37,5	10,7	2,36	
	3,6	4,50	18,2	6,74	1,79	3,6	5,93	41,5	11,9	2,35	
	4	4,97	19,8	7,32	1,77	4	6,55	45,3	13,0	2,34	
	4,5	5,47	21,6	8,00	1,76	4,5	7,24	49,9	14,3	2,32	
	5	6,04	23,3	8,64	1,74	5	8,01	54,2	15,5	2,30	
	5,4	6,46	24,6	9,13	1,73	5,4	8,58	57,6	16,4	2,29	
	5,6	6,66	25,3	9,36	1,72	5,6	8,85	59,2	16,9	2,29	
	6,3	7,43	27,3	10,1	1,70	6,3	9,92	64,6	18,4	2,26	
	7,1	8,23	29,4	10,9	1,68	7,1	11,0	70,3	20,1	2,24	
	8	9,04	31,5	11,7	1,65	8	12,2	76,1	21,7	2,21	
	8,8	9,77	33,1	12,3	1,63	8,8	13,2	80,9	23,1	2,19	
	10	10,9	35,2	13,0	1,60	10	14,8	87,2	24,9	2,15	
	11	11,7	36,6	13,6	1,57	11	16,0	91,8	26,2	2,12	
12,5	12,9	38,3	14,2	1,53	12,5	17,8	97,7	27,9	2,08		
					14,2	19,6	103	29,5	2,04		
					16	21,2	108	30,7	1,99		
					17,5	22,6	110	31,6	1,96		

* Material en stock para tubos sin soldadura

Figura 13 - Diámetros comerciales tubería Norma DIN 1629 (Continuación)

TUBOS SOLDADOS EN 10217-1 (DIN 2458/DIN 1626) Y TUBOS SIN SOLDADURA EN 10216-1 (DIN 2448/DIN 1629)

Extremos lisos o ranurados. Material P235TR1 (St37.0)

Diámetro exterior d mm	Espesor s mm	Peso Kg/m	Momento inercia I cm ⁴	Módulo resistente W cm ³	Radio de giro i cm	Diámetro exterior d mm	Espesor s mm	Peso Kg/m	Momento inercia I cm ⁴	Módulo resistente W cm ³	Radio de giro i cm
76,1 (2 1/2")	2,6	4,75	40,6	10,7	2,60	114,3 (4")	3,2	8,83	172	30,2	3,93
	2,9*	5,28	44,7	11,8	2,59		3,6*	9,90	192	33,6	3,92
	3,2	5,80	48,8	12,8	2,58		4	11,0	211	36,9	3,90
	3,6	6,49	54,0	14,2	2,57		4,5	12,1	234	41,0	3,89
	4	7,17	59,1	15,5	2,55		5	13,5	257	45,0	3,87
	4,5	7,92	65,1	17,1	2,54		5,4	14,5	275	48,0	3,85
	5	8,77	70,9	18,6	2,52		5,6	15,0	283	49,6	3,85
	5,4	9,41	75,4	19,8	2,51		6,3	16,8	313	54,7	3,82
	5,6	9,71	77,5	20,4	2,50		7,1	18,8	345	60,4	3,80
	6,3	10,9	84,8	22,3	2,48		8	20,9	379	66,4	3,77
	7,1	12,1	92,6	24,3	2,45		8,8	22,8	409	71,5	3,74
	8	13,4	101	26,4	2,42		10	25,7	450	78,7	3,70
	8,8	14,6	107	28,2	2,40		11	28,1	482	84,3	3,67
	10	16,3	116	30,5	2,36		12,5	31,6	526	92,0	3,63
11	17,7	123	32,2	2,33	14,2	35,1	571	99,8	3,57		
12,5	19,7	131	34,5	2,29	16	38,6	613	107	3,52		
82,5	2,6	5,16	52,1	12,6	2,83	127	3,2	9,84	239	37,6	4,38
	2,9	5,74	57,5	13,9	2,82		3,6	11,0	266	41,9	4,36
	3,2*	6,31	62,8	15,2	2,81		4*	12,2	293	46,1	4,35
	3,6	7,06	69,6	16,9	2,79		4,5	13,5	325	51,2	4,33
	4	7,80	76,2	18,5	2,78		5	15,0	357	56,2	4,32
	4,5	8,63	84,1	20,4	2,76		5,4	16,2	382	60,2	4,30
	5	9,56	91,8	22,2	2,75		5,6	16,7	394	62,1	4,30
	5,4	10,3	97,7	23,7	2,73		6,3	18,8	436	68,7	4,27
	5,6	10,6	101	24,4	2,73		7,1	21,0	482	75,9	4,25
	6,3	11,9	110	26,7	2,70		8	23,4	532	83,7	4,22
	7,1	13,2	121	29,2	2,68		8,8	25,5	574	90,4	4,19
	8	14,6	131	31,9	2,65		10	28,9	634	99,8	4,15
	8,8	15,9	140	34,0	2,62		11	31,6	680	107	4,12
	10	17,9	152	37,0	2,59		12,5	35,5	746	117	4,07
11	19,5	162	39,2	2,56	14,2	39,6	813	128	4,02		
12,5	21,7	174	42,1	2,51	16	43,6	877	138	3,96		
88,9 (3")	2,6	5,57	65,7	14,8	3,05	133	3,2	10,3	275	41,3	4,59
	2,9	6,20	72,5	16,3	3,04		3,6	11,6	307	46,1	4,58
	3,2*	6,81	79,2	17,8	3,03		4*	12,8	338	50,8	4,56
	3,6	7,63	87,9	19,8	3,02		4,5	14,2	375	56,5	4,55
	4	8,43	96,3	21,7	3,00		5	15,8	412	62,0	4,53
	4,5	9,33	107	24,0	2,99		5,4	17,0	441	66,4	4,52
	5	10,3	116	26,2	2,97		5,6	17,6	456	68,5	4,51
	5,4	11,1	124	27,9	2,96		6,3	19,8	504	75,9	4,49
	5,6	11,5	128	28,7	2,95		7,1	22,1	558	83,9	4,46
	6,3	12,9	140	31,5	2,93		8	24,6	616	92,6	4,43
	7,1	14,3	154	34,6	2,90		8,8	26,9	665	100	4,40
	8	15,9	168	37,8	2,87		10	30,3	736	111	4,36
	8,8	17,3	180	40,4	2,85		11	33,3	791	119	4,33
	10	19,5	196	44,1	2,81		12,5	37,4	868	131	4,28
11	21,2	208	46,9	2,78	14,2	41,8	948	143	4,23		
12,5	23,7	225	50,6	2,74	16	46,1	1025	154	4,18		
101,6 (3 1/2")	2,6	6,39	99,1	19,5	3,50	139,7 (5")	17,5	49,9	1083	163	4,13
	2,9	7,11	110	21,6	3,49		20	55,7	1189	176	4,06
	3,2	7,82	120	23,6	3,48		3,2	10,9	320	45,8	4,83
	3,6*	8,76	133	26,2	3,47		3,6	12,2	357	51,1	4,81
	4	9,70	146	28,8	3,45		4*	13,5	393	56,2	4,80
	4,5	10,7	162	31,9	3,44		4,5	14,9	437	62,6	4,78
	5	11,9	177	34,9	3,42		5	16,6	481	68,8	4,77
	5,4	12,8	189	37,3	3,41		5,4	17,9	514	73,7	4,75
	5,6	13,2	195	38,4	3,40		5,6	18,5	531	76,1	4,75
	6,3	14,9	215	42,3	3,38		6,3	20,8	589	83,3	4,72
	7,1	16,6	237	46,6	3,35		7,1	23,3	652	93,3	4,69
	8	18,4	259	51,1	3,32		8	25,9	720	103	4,66
	8,8	20,1	279	54,9	3,30		8,8	28,3	779	111	4,64
	10	22,6	305	60,1	3,26		10	32,0	862	123	4,60
11	24,7	326	64,2	3,23	11	35,1	928	133	4,57		
12,5	27,6	354	69,7	3,18	12,5	39,5	1020	146	4,52		
108	2,9	7,57	132	24,5	3,72	14,2	44,0	1116	160	4,47	
	3,2	8,33	145	26,8	3,71	16	48,6	1209	173	4,41	
	3,6*	9,33	161	29,8	3,69	17,5	52,7	1280	183	4,36	
	4	10,3	177	32,8	3,68	3,6	13,3	466	61,2	5,26	
	4,5	11,4	196	36,4	3,66	4	14,7	514	67,4	5,25	
	5	12,7	215	39,8	3,65	4,5*	16,4	572	75,1	5,23	
	5,4	13,6	230	42,5	3,63	5	18,2	630	82,6	5,21	
	5,6	14,1	237	43,9	3,63	5,4	19,5	675	88,5	5,20	
	6,3	15,8	261	48,4	3,60	5,6	20,2	697	91,4	5,19	
	7,1	17,7	288	53,3	3,58	6,3	22,8	773	101	5,17	
	8	19,6	316	58,5	3,55	7,1	25,5	857	113	5,14	
	8,8	21,4	340	63,0	3,52	8	28,4	949	125	5,11	
	10	24,2	373	69,2	3,48	8,8	31,0	1027	135	5,09	
	11	26,4	399	73,9	3,45	10	35,1	1140	150	5,05	
12,5	29,6	435	80,5	3,41	11	38,5	1229	161	5,01		
14,2	32,9	471	87,2	3,35	12,5	43,4	1355	178	4,97		
16	36,2	504	93,3	3,30	14,2	48,5	1487	195	4,91		
					16	53,6	1616	212	4,86		
					17,5	58,1	1715	225	4,81		

* Material en stock para tubos sin soldadura

Figura 14 - Diámetros comerciales tubería Norma DIN 1629 (Continuación)

TUBOS SOLDADOS EN 10217-1 (DIN 2458/DIN 1626) Y TUBOS SIN SOLDADURA EN 10216-1 (DIN 2448/DIN 1629)

Extremos lisos o ranurados. Material P235TR1 (St37.0)

Diámetro exterior d mm	Espesor s mm	Peso Kg/m	Momento inercia I cm ⁴	Módulo resistente W cm ³	Radio de giro i cm	Diámetro exterior d mm	Espesor s mm	Peso Kg/m	Momento inercia I cm ⁴	Módulo resistente W cm ³	Radio de giro i cm
159	3,6	13,9	531	66,8	5,50	244,5	5,4	31,8	2900	237	8,46
	4	15,4	585	73,6	5,48		5,6	32,9	3000	245	8,45
	4,5*	17,1	652	82,0	5,46		6,3*	37,1	3346	274	8,42
	5	19,0	718	90,3	5,45		7,1	41,7	3734	305	8,40
	5,4	20,4	769	96,8	5,43		8	46,5	4160	340	8,37
	5,6	21,1	795	100	5,43		8,8	50,9	4531	371	8,34
	6,3	23,8	882	111	5,40		10	57,8	5073	415	8,30
	7,1	26,6	979	123	5,38		11	63,6	5512	451	8,26
	8	29,6	1085	136	5,35		12,5	72,0	6147	503	8,21
	8,8	32,4	1175	148	5,32		14,2	80,8	6837	559	8,16
	10	36,7	1305	164	5,28		16	89,8	7533	616	8,10
	11	40,3	1408	177	5,25		17,5	97,8	8086	661	8,05
	12,5	45,4	1555	196	5,20		3,2	21,2	2468	181	9,54
	14,2	50,8	1709	215	5,14		3,6	23,9	2764	202	9,52
	16	56,2	1860	234	5,09		4	26,5	3058	224	9,51
	17,5	60,9	1977	249	5,04		4,5	29,8	3421	251	9,49
	168,3 (6")	3,6	14,7	632	75,1		5,82	5,4	35,6	4065	298
4		16,3	697	82,8	5,81	5,6	36,8	4206	308	9,46	
4,5*		18,1	777	92,4	5,79	6,3*	41,6	4696	344	9,43	
5		20,1	856	102	5,78	7,1	46,7	5245	384	9,40	
5,4		21,7	918	109	5,76	8	52,1	5852	429	9,37	
5,6		22,4	948	113	5,76	8,8	57,1	6380	467	9,35	
6,3		25,3	1053	125	5,73	10	64,8	7154	524	9,31	
7,1		28,3	1170	139	5,70	11	71,4	7782	570	9,27	
8		31,5	1297	154	5,67	12,5	80,9	8697	637	9,22	
8,8		34,5	1407	167	5,65	14,2	90,9	9695	710	9,16	
10		39,0	1564	186	5,61	16	101	10707	784	9,10	
11		42,9	1689	201	5,57	17,5	110	11516	844	9,05	
12,5		48,4	1868	222	5,53	6,3	45,5	6175	414	10,3	
14,2		54,1	2058	245	5,47	7,1*	51,1	6903	463	10,3	
16		59,9	2244	267	5,41	8	57,1	7708	516	10,3	
17,5		65,0	2388	284	5,37	8,8	62,6	8410	563	10,2	
177,8		4,5	19,2	920	104	6,13	10	71,1	9441	633	10,2
	5*	21,3	1014	114	6,11	11	78,3	10280	689	10,2	
	5,4	22,9	1088	122	6,10	12,5	88,8	11505	771	10,1	
	5,6	23,7	1124	126	6,09	14,2	99,8	12846	861	10,1	
	6,3	26,7	1250	141	6,07	16	111	14211	952	10,0	
	7,1	30,0	1389	156	6,04	17,5	121	15307	1026	9,95	
	8	33,4	1541	173	6,01	3,2	25,3	4145	256	11,33	
	8,8	36,5	1673	188	5,98	3,6	28,4	4646	287	11,32	
	10	41,4	1862	209	5,94	4	31,6	5143	317	11,31	
	11	45,4	2013	226	5,91	4,5	35,4	5759	355	11,29	
	12,5	51,3	2230	251	5,86	5	39,3	6369	393	11,27	
	14,2	57,4	2460	277	5,81	6,3	49,5	7929	490	11,2	
	16	63,6	2687	302	5,75	7,1*	55,6	8869	548	11,2	
	17,5	69,1	2864	322	5,70	8	62,1	9910	612	11,2	
	193,7 (7")	4,5	20,9	1198	124	6,69	8,8	68,1	10820	668	11,1
		5	23,3	1320	136	6,67	10	77,4	12158	751	11,1
		5,4*	25,0	1417	146	6,66	11	85,3	13250	818	11,1
5,6		25,9	1465	151	6,65	12,5	96,7	14846	917	11,0	
6,3		29,2	1630	168	6,63	14,2	109	16599	1025	11,0	
7,1		32,8	1814	187	6,60	16	121	18390	1136	10,9	
8		36,5	2016	208	6,57	17,5	132	19832	1225	10,9	
8,8		40,0	2189	226	6,54	3,2	27,8	5500	309	12,46	
10		45,3	2442	252	6,50	3,6	31,2	6166	347	12,44	
11		49,8	2644	273	6,47	4	34,7	6828	384	12,43	
12,5		56,2	2934	303	6,42	4,5	39,0	7649	430	12,41	
14,2		63,0	3245	335	6,37	5	43,2	8463	476	12,39	
16		69,8	3554	367	6,31	6,3	54,5	10547	593	12,4	
17,5		75,9	3796	392	6,26	7,1	61,2	11806	664	12,3	
219,1 (8")		2,9	15,5	1151	105	7,64	8*	68,3	13201	742	12,3
		3,2	17,0	1265	115	7,63	8,8	74,9	14423	811	12,3
		3,6	19,1	1415	129	7,62	10	85,2	16223	912	12,2
	4	21,2	1564	143	7,60	11	93,9	17694	995	12,2	
	4,5	23,8	1747	159	7,58	12,5	107	19852	1117	12,1	
	5	26,4	1298	176	7,57	14,2	120	22227	1250	12,1	
	5,4	28,4	2071	189	7,56	16	133	24663	1387	12,0	
	5,6	29,4	2142	195	7,55	17,5	146	26631	1498	12,0	
	6,3*	33,2	2386	218	7,53						
	7,1	37,2	2660	243	7,50						
	8	41,5	2960	270	7,47						
	8,8	45,4	3220	294	7,44						
	10	51,6	3598	328	7,40						
	11	56,7	3904	356	7,37						
	12,5	64,1	4345	397	7,32						
	14,2	71,9	4820	440	7,26						
	16	79,8	5297	483	7,20						
17,5	86,9	5673	518	7,15							

* Material en stock para tubos sin soldadura

Figura 15 - Diámetros comerciales tubería Norma DIN 1629 (Continuación)

TUBOS SOLDADOS EN 10217-1 (DIN 2458/DIN 1626) Y TUBOS SIN SOLDADURA EN 10216-1 (DIN 2448/DIN 1629)
Extremos lisos o ranurados. Material P235TR1 (S37.0)

Diámetro exterior d mm	Espesor s mm	Peso Kg/m	Momento inercia I cm ⁴	Módulo resistente W cm ³	Radio de giro i cm	
406,4 (16")	3,6	35,8	9240	454	14,2	
	4	39,7	10236	504	14,2	
	4,5	44,6	11473	564	14,2	
	5	49,5	12700	625	14,2	
	5,6	55,3	14154	696	14,1	
	6,3	62,4	15849	780	14,1	
	7,1	70,1	17756	874	14,1	
	8	78,3	19874	978	14,1	
	8,8*	85,9	21732	1069	14,1	
	10	97,8	24476	1205	14,0	
	11	108	26724	1315	14,0	
	12,5	122	30030	1478	13,9	
	14,2	138	33685	1658	13,9	
	16	153	37449	1843	13,8	
	17,5	168	40503	1993	13,8	
457,2 (18")	4,5	54,2	16396	717	16,0	
	5	55,8	18158	794	16,0	
	5,6	62,4	20257	886	16,0	
	6,3	70,3	22684	992	15,9	
	7,1	79,0	25430	1112	15,9	
	8	88,2	28484	1246	15,9	
	8,8	96,9	31168	1363	15,9	
	10*	110	35138	1537	15,8	
	11	122	38397	1680	15,8	
	12,5	138	43203	1890	15,7	
	14,2	156	48529	2123	15,7	
	16	173	54032	2364	15,6	
	17,5	189	58513	2560	15,6	
	20	216	65771	2877	15,5	
	508 (20")	5	63,0	24990	984	17,8
5,6		69,4	27890	1098	17,8	
6,3		78,2	31246	1230	17,7	
7,1		87,9	35047	1380	17,7	
8		98,2	39280	1546	17,7	
8,8		108	43003	1693	17,7	
10		123	48520	1910	17,6	
11*		135	53056	2089	17,6	
12,5		154	59755	2353	17,5	
14,2		173	67198	2646	17,5	
16		193	74908	2949	17,4	
17,5		211	81201	3197	17,4	
20		241	91427	3599	17,3	
558,8 (22")		7,1	96,9	46827	1676	19,5
		8	108	52507	1879	19,5
	8,8	119	57509	2058	19,4	
	10	135	64930	2324	19,4	
	11	149	71038	2543	19,4	
	12,5*	170	80073	2866	19,3	
	14,2	191	90131	3226	19,3	
	16	213	100571	3600	19,2	
	17,5	233	109109	3905	19,1	
	609,6 (24")	5	74,5	43397	1424	21,4
5,6		83,4	48461	1590	21,4	
7,1		106	60988	2001	21,3	
8		118	68414	2245	21,3	
8,8		130	74959	2459	21,2	
10		148	84676	2778	21,2	
11		163	92684	3041	21,2	
12,5*		185	104544	3430	21,1	
14,2		209	117766	3864	21,1	
16		233	131514	4315	21,0	
17,5	255	142777	4684	20,9		
660,4 (26")	8,8	141	95623	2896	23,0	
	10	160	108069	3273	23,0	
	11	177	118334	3584	23,0	
	12,5	201	133553	4045	22,9	
	14,2	227	150541	4559	22,9	
	16	253	168233	5095	22,8	
	17,5	277	182745	5534	22,7	
	711,2 (28")	8,8	152	119774	3368	24,8
10		173	135416	3808	24,8	
11		191	148328	4171	24,8	
12,5		217	167486	4710	24,7	
14,2		245	188896	5312	24,6	
16		273	211220	5940	24,6	
17,5		299	229555	6455	24,5	
762 (30")		8,8	163	147683	3876	26,6
	10	185	167027	4384	26,6	
	11	205	183005	4803	26,6	
	12,5	233	206729	5426	26,5	
	14,2	263	233269	6123	26,4	
	16	293	260971	6850	26,4	
	17,5	321	283745	7447	26,3	
	812,8 (32")	8,8	174	179622	4420	28,4
10		198	203210	5000	28,4	
11		219	222705	5480	28,4	
12,5		249	251670	6193	28,3	
14,2		280	284099	6991	28,	
16		313	317980	7824	28,2	
17,5		343	345858	8510	28,1	
863,6 (34")		8,8	185	215863	4999	30,2
	10	211	244275	5657	30,2	
	11	232	267767	6201	30,1	
	12,5	264	302693	7010	30,1	
	14,2	298	341824	7916	30,0	
	16	333	382740	8864	30,0	
	914,4 (36")	8,8	196	256678	5614	32,0
		10	223	290530	6355	32,0
11		246	318533	6967	31,9	
12,5		280	360185	7878	31,9	
14,2		316	406883	8899	31,8	

FÓRMULAS UTILIZADAS:

ÁREA cm² $A = \frac{\pi}{4} (D^2 - (D - 2e)^2)$

MOMENTO DE INERCIA, cm⁴ $I = \frac{\pi (D^4 - (D - 2e)^4)}{64}$

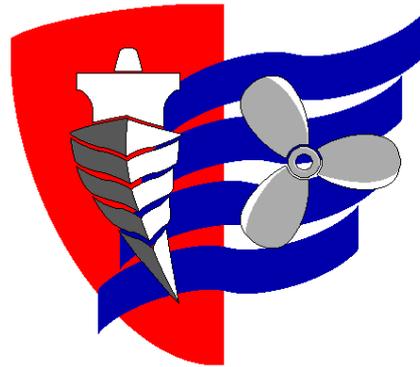
MÓDULO RESISTENTE, cm³ $W = \frac{2I}{D}$

RADIO GIRO cm $i = \sqrt{\frac{I}{A}}$

* Material en stock para tubos sin soldadura

Figura 16 - Diámetros comerciales tubería Norma DIN 1629 (Continuación)

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



DISEÑO Y CÁLCULOS

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-20-2.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 38

2 CÁLCULOS

2.1 INTRODUCCIÓN

Para diseñar un circuito de tuberías para un fluido necesitamos identificar las pérdidas de presión, que se producirán en el circuito, debido a codos, válvulas, elementos externos., etc., además del rozamiento que se da entre el fluido y las paredes de la tubería.

Estudiaremos la distancia entre el punto más largo y la bomba suministradora, pues será el que acumule las mayores pérdidas en la línea, si con ese cálculo estamos dentro de los valores deseados el circuito estará bien diseñado.

Los fluidos pierden presión a lo largo de su recorrido por varios motivos:

- Rozamiento interno del fluido.
- Rozamiento con las paredes.
- Perturbaciones.

Partimos de las siguientes observaciones:

- A mayor longitud de la tubería mayor pérdida de carga.
- A mayor caudal mayor pérdida de carga.
- A mayor diámetro de tubería menor pérdida de carga.

Considerando que la presión de trabajo no tiene relación con la pérdida de carga. De ahí afirmamos que la circulación de los fluidos por las tuberías y elementos genera una pérdida de presión que se ve afectada por el caudal y el diámetro de la tubería.

2.1.1 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA

Recurrimos a la mecánica de fluidos para conocer las pérdidas de carga en un circuito, para ello utilizaremos la ecuación de Darcy-Weissbach::

$$H_L = f \frac{L v^2}{D 2g}$$

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-20-2.1	
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015	
	REV: 01	PAG: 39

Donde:

H_L : pérdidas de .carga. (m.c.a.).

f : coeficiente de fricción para tuberías circulares.

L : longitud de tubería. (m).

D : diámetro de tubería. (m).

v : velocidad del fluido. (m/s).

g : aceleración de la gravedad. (9,81 m/s²).

Si a dicha ecuación aplicamos la relación entre el caudal y la velocidad:

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

Q : Caudal

A : es el área del conducto (en nuestro caso una circunferencia).

$$H_L = f \frac{8L}{D^5} \frac{Q^2}{\pi^2 g}$$

El coeficiente de fricción para tuberías circulares (f) se puede obtener en el Diagrama de Moody a partir del Número de Reynolds y la Rugosidad relativa.

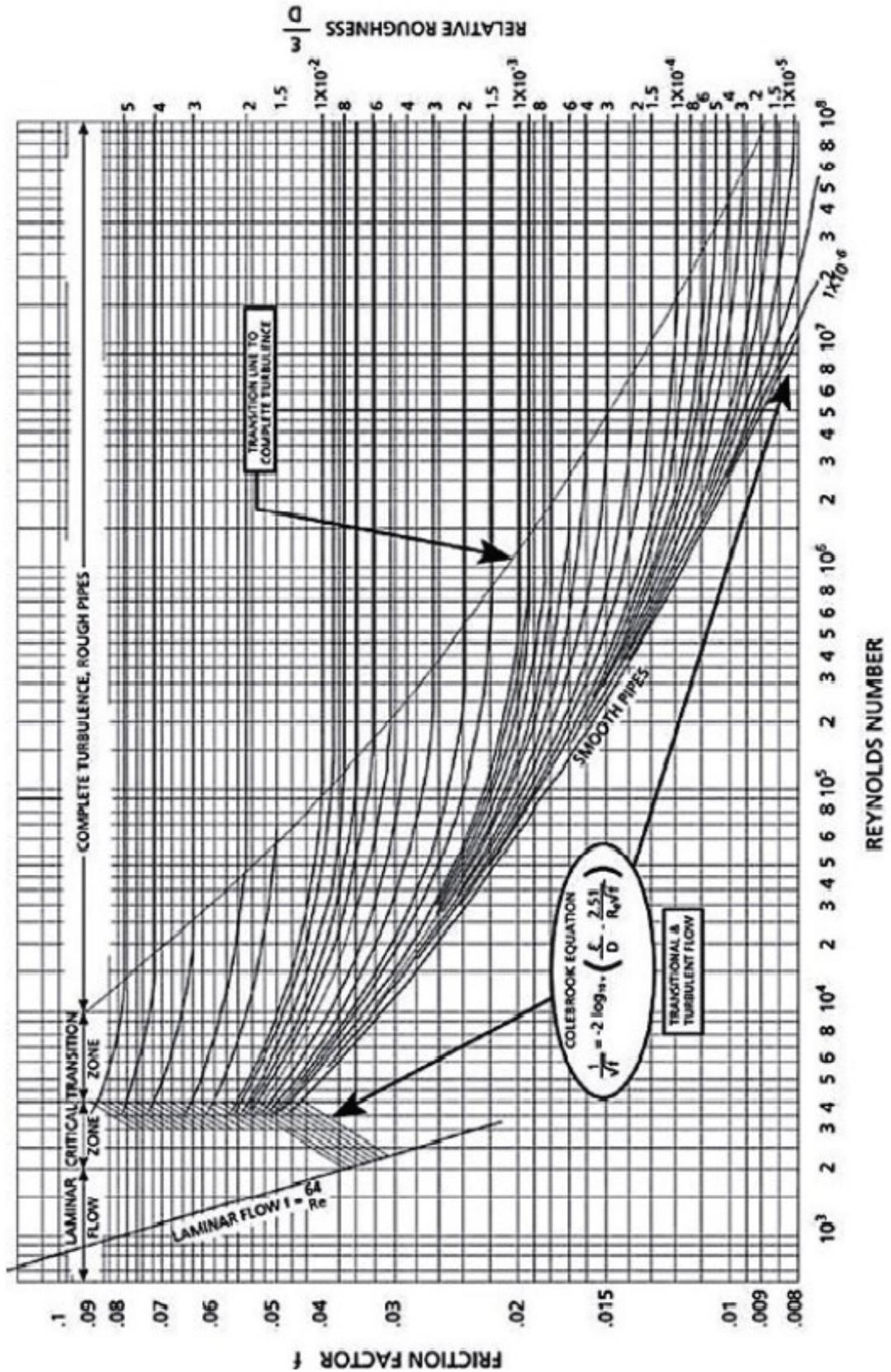


Figura 17 - Diagrama de Moody

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-20-2.1	
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015	
	REV: 01	PAG: 41

En el Diagrama de Moody, podemos distinguir el comportamiento de los fluidos en el interior del conducto, diferenciando entre régimen laminar y régimen turbulento, para estos cálculos necesitamos el número de Reynolds.

$$R_{\varepsilon} = \frac{v L_c}{\nu}$$

Donde:

v: Velocidad del fluido (m/s)

L_c : Longitud característica, en el caso de tuberías redondas el diámetro interno (m).

ν : Viscosidad cinemática (m^2/s).

Consideramos $R_{\varepsilon} = 2300$ como el punto crítico, siendo flujo laminar si el valor de Reynolds es menor de 2300 y tomamos como régimen turbulento los fluidos con R_{ε} mayor de 2300, influyendo así en el cálculo del factor de fricción

- Si el régimen es laminar, el factor de fricción puede obtenerse a partir de la ecuación: (siendo R el radio de la tubería)

$$f = \frac{64}{R}$$

Si el régimen es turbulento, el coeficiente de fricción para tuberías circulares (f) se puede obtener en el Diagrama de Moody a partir del número de Reynolds y la rugosidad relativa ó con la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{\varepsilon}{3,7 D} + \frac{2,51}{R_{\varepsilon} \sqrt{f}} \right]$$

Donde:

ε : es la rugosidad del material, según la tabla siguiente.

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-20-2.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 42

Material	Rugosidad absoluta ϵ (mm)
Concreto centrifugado nuevo**	0.16
Concreto centrifugado con protección bituminosa**	0.0015 a 0.125
Concreto de acabado liso**	0.025
Concreto alisado interiormente con cemento**	0.25
Concreto con acabado rugoso**	10.00
Acero bridado	0.91 a 9.10
Tubería de acero soldada	0.046
Acero comercial o hierro dulce	0.046
Hierro fundido asfaltado	0.120
Hierro fundido	0.260
Hierro fundido oxidado**	1.0 a 1.5
Hierro galvanizado	0.15
Madera cepillada	0.18 a 0.90
Arcilla vitrificada*	0.15
Asbesto cemento nuevo**	0.025
Asbesto cemento con protección interior de asfalto**	0.0015
Vidrio, cobre, latón, madera bien cepillada, acero nuevo soldado y con una mano interior de pintura, tubos de acero de precisión sin costura, serpentines industriales, plástico, hule. **	0.0015

Figura 18 - Rugosidad de materiales

Otro dato a tener en cuenta, para poder entrar en el diagrama de Moody es la rugosidad relativa, definiéndose como el cociente entre: el coeficiente de rugosidad (ϵ) del material en el que este fabricada la tubería y el diámetro (D) de la misma.

$$Rug = \frac{\epsilon}{D}$$

- ϵ = Coeficiente de rugosidad.
- D = diámetro interno de la tubería.

Para calcular adecuadamente las pérdidas de carga en la tubería, es necesario que tengamos en consideración los accesorios que hay instalados en el circuito, para ello se introduce un nuevo concepto de "longitud equivalente" (L_{eq}), dicho valor se introduce en la ecuación de Darcy, sustituyendo el valor de longitud de la tubería.

$$L_{eq} = L_{Tub} + L_{accesorios}$$

Siendo:

$$L_{Accesorios} = N^{\circ} \text{ accesorios } D \left(\frac{L_E}{D} \right)$$

Tabla 10- Tabla de longitudes equivalentes.

Válvulas completamente abiertas	
- Válvula de compuerta	8
- Válvula de globo	340
- Válvula de ángulo	150
- Válvula de bola	3
- Válvula de cheque	
Globo	600
Angulo	55
- Válvula de pie con coladera	
Disco cabezal	420
Disco con bisagra	75
Codo de 90°	30
Codo de 45°	16
Retorno a 180°	50
Tee de paso directo	20
Tee de salida lateral	60

2.2 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA EN EL CIRCUITO DE LODOS

A continuación se realizan los cálculos de pérdidas en los dos tramos de tubería de los que consta la línea de lodos, un primer tramo, desde la bomba de lodos propia del buque hasta el tanque de preparado y un segundo tramo de tubería desde el tanque de preparado, hasta el incinerador.

2.2.1 DE LA BOMBA DE LODOS AL TANQUE DE PREPARADO

- Longitud de la tubería: 14 metros
- Diámetro interior tubería DN40: $48,3 - (2 \times 3,68) = 40,94\text{mm}$.
- Diámetro exterior tubería DN40: 48,3mm
- Rugosidad relativa para acero comercial según tablas $\varepsilon = 0,046\text{mm}$
- Viscosidad dinámica de los lodos $\mu = 0.72 \text{ kg/ms}$

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-20-2.2
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 44

- Densidad de los lodos: $\rho = 996 \text{ kg/m}^3$
- Bomba de lodos Azcue KL30S.40.0
- Caudal: $Q=5 \text{ m}^3/\text{h}=1,38 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
- Potencia: 2,2 kW

Calculamos la velocidad del fluido:

$$v = \frac{Q}{A} \rightarrow v = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

$$v = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 * 5}{\pi * 0,04094^2} = 3798 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 1,05 \text{ m/s}$$

Calculamos la rugosidad del material

$$Rug = \frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,046}{40,94} = 1,123 * 10^{-2}$$

Calculamos el N° de Reynolds

$$R_\varepsilon = \frac{v L_c}{\vartheta} = \frac{v D \rho}{\mu} = 1,05 * 0,04094 * \frac{996}{0,72} = 59,46 < 2300$$

Con el valor del número de Reynolds obtenido se observa que el régimen que circula por la tubería es de régimen laminar, por lo tanto calculamos el coeficiente de fricción "f":

$$f = \frac{64}{R_\varepsilon} = \frac{64}{59,46} = 1,07$$

Calculamos la longitud total de la tubería, para calcular las pérdidas de carga. Observando los planos disponibles la tubería deberá tener una longitud de 14 m, con 7 codos a 90° y dos válvulas, además será necesario vencer una diferencia de alturas de 2 m entre la bomba y el tanque de preparación de lodos.

Calculamos la longitud total de la tubería:

$$L = L_1 + L_2 + L_3$$

En donde $L_1=14\text{m}$

Calculamos las perdidas por los codos

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-20-2.2
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 45

$$L_2 = N^{\circ}_{\text{accesorios}} * D * \left(\frac{L_e}{D}\right) = 7 * 0,049094 * 30 = 10,30m$$

Calculamos las perdidas por las válvulas

$$L_3 = N^{\circ}_{\text{accesorios}} * D * \left(\frac{L_e}{D}\right) = 2 * 0,049094 * 150 = 14,72m$$

$$L = L_1 + L_2 + L_3 = 14 + 10,30 + 14,72 = 39,02m$$

Calculamos las pérdidas de carga según la ecuación de Darcy-Weissbach

$$H_L = f \frac{L v^2}{D 2g} = 1,07 \frac{39,02}{0,04094} \frac{1,05^2}{2 * 9,81} = 57,30m$$

A esta altura hay que sumarle los metros de altura que debemos vencer, en nuestro caso 2m, por lo tanto:

$$H_{total} = H_L + h = 57,30 + 2 = 59,3 m$$

Para calcular la potencia de la bomba, aplicamos la formula:

$$P = \gamma Q H_{total} = \rho g Q H_{total} = 996 * 9,81 * 1,38 * 10^{-3} * 59,3 = 799,5w$$

$$\approx 0,8kW$$

Por lo tanto la bomba de la embarcación nos es útil para enviar los lodos hasta el tanque de preparado, al tener una potencia de 2,2 kW.

2.2.2 DEL TANQUE DE LODOS AL INCINERADOR

- Longitud de la tubería: 12 metros
- Diámetro interior tubería DN25: $33,7 - (2 * 3,2) = 27,3mm$.
- Diámetro exterior tubería DN25: 33,7mm
- Rugosidad relativa para acero comercial según tablas $\varepsilon = 0,046mm$
- Viscosidad dinámica de los lodos $\mu = 0.72 \frac{kg}{ms}$
- Densidad de los lodos: $\rho = 996 \frac{kg}{m^3}$
- Bomba de lodos Mono BCL-020-A1E
- Caudal: $Q=1,5 \frac{m^3}{h}=4,16 \times 10^{-4} m^3/s$
- Potencia: 0,45 kW

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-20-2.2
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 46

Realizamos el cálculo en las condiciones más adversas, es decir considerando el preparado de lodos sin calentar a 20°C, para su introducción en el quemador del incinerador, bajaría su viscosidad pues lo habríamos calentado a una t^a entorno a los 70°C.

Calculamos la velocidad del fluido:

$$v = \frac{Q}{A} \rightarrow v = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

$$v = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 * 1,5}{\pi * 0,0273^2} = 2562,57 \frac{m^3}{h} \times \frac{1 h}{3600 s} = 0,711 \text{ m/s}$$

Calculamos la rugosidad del material

$$Rug = \frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,046}{27,3} = 1,68 * 10^{-3}$$

Calculamos el N^o de Reynolds

$$R_\varepsilon = \frac{v L_c}{\vartheta} = \frac{v D \rho}{\mu} = 0,711 * 0,0273 * \frac{996}{0,72} = 26,85 < 2300$$

Con el valor del número de Reynolds obtenido se observa que el régimen que circula por la tubería es de régimen laminar, por lo tanto calculamos el coeficiente de fricción "f":

$$f = \frac{64}{R_\varepsilon} = \frac{64}{26,85} = 2,38$$

Calculamos la longitud total de la tubería, para calcular las pérdidas de carga. Observando los planos disponibles la tubería deberá tener una longitud de 12 m, con 6 codos a 90° y dos válvulas, además será necesario vencer una diferencia de alturas de 0,5 m entre la bomba y el quemador de lodos del incinerador.

Calculamos la longitud total de la tubería:

$$L = L_1 + L_2 + L_3$$

En donde $L_1=12m$

Calculamos las perdidas por los codos

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-20-2.2
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 47

$$L_2 = N^{\circ}_{\text{accesorios}} * D * \left(\frac{L_e}{D}\right) = 6 * 0,0273 * 30 = 4,91m$$

Calculamos las perdidas por las válvulas

$$L_3 = N^{\circ}_{\text{accesorios}} * D * \left(\frac{L_e}{D}\right) = 2 * 0,0273 * 150 = 8,19m$$

$$L = L_1 + L_2 + L_3 = 12 + 4,91 + 8,19 = 25,1m$$

Calculamos las pérdidas de carga según la ecuación de Darcy-Weissbach

$$H_L = f \frac{L v^2}{D 2g} = 2,38 \frac{25,1}{0,0273} \frac{0,711^2}{2 * 9,81} = 56,38m$$

A esta altura hay que sumarle los metros de altura que debemos vencer, en nuestro caso 0,5m, por lo tanto:

$$H_{total} = H_L + h = 56,38 + 0,5 = 56,88 m$$

Para calcular la potencia de la bomba, aplicamos la formula:

$$P = \gamma Q H_{total} = \rho g Q H_{total} = 996 * 9,81 * 4,16 * 10^{-4} * 56,88 = 231,1$$

$$\approx 0,23kw$$

Por lo tanto la bomba que pensamos instalar nos es útil para enviar los lodos hasta el tanque de preparado, pues posee una potencia de 0,45-kW

2.3 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA EN LOS GASES DE ESCAPE

En este apartado realizaremos las consideraciones oportunas para valorar la capacidad del ventilador instalado para la evacuación de los gases de la combustión.

- Longitud de la tubería desde el incinerador al ventilador: 4 metros
- Longitud de la tubería desde el ventilador hasta la salida al exterior 16 metros
- Diámetro interior tubería: DN200: 219,1 - (2x 5) = 209,1 mm.
- Diámetro exterior tubería DN200: 219,1 mm

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-20-2.3
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 48

- Diámetro interior tubería: DN400: $457,2 - (2 \times 10) = 437,2$ mm.
- Diámetro exterior tubería DN400: 457,2 mm
- Depresión en la cámara de combustión: $\Delta p_{incinerador} = 25$ mm c. a.
- Rugosidad relativa para acero comercial según tablas $\varepsilon = 0,06$ mm
- Viscosidad dinámica de los gases a 350°C: $\mu = 1,81 \times 10^{-5}$ kg/ms
- Densidad de los gases a 350°C: $\rho = 0,753$ kg/m³
- Densidad del aire exterior a 20°C: $\rho = 1,2$ kg/m³
- Datos del ventilador:
- Caudal: Q=6750 m³/h
- Presión diferencial $\Delta p_{ventilador} = 300$ mm c. a
- Potencia: P=7,5-kW

Vamos a calcular si el caudal producido por el ventilador es adecuado para la evacuación de los gases de escape por la parte alta de la chimenea. Para ello partimos de la siguiente ecuación:

$$\Delta p = \Delta p_{incinerador} + \Delta p_{gases} \left(\frac{\gamma_{gases}}{\gamma_{agua}} \right) - T$$

En donde "T" es el tiro térmico, que es debido a la diferencia de densidades entre el gas de la chimenea y del exterior.

El diferencial de presión del incinerador es conocido, pues es uno de los datos del constructor, para realizar el cálculo de las pérdidas de presión por los gases, tenemos que tener en cuenta, el tramo de tubería desde el incinerador hasta la válvula de regulación de tiro, la propia válvula y la altura que hay que vencer hasta la parte alta de la chimenea. Aplicaremos por tanto la siguiente ecuación.

$$\Delta p_{gases} = (\Delta p_1 + \Delta p_{valvula} + \Delta p_2) f_s$$

En donde "fs" es un coeficiente de seguridad con un valor normalizado de 1,3 para tuberías metálicas y que es usado para tener en consideración los siguientes factores:

- Las condiciones meteorológicas.

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-20-2.3
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 49

- Defectos en la construcción de la chimenea debidas a los materiales empleados ó fallos en la ejecución de la obra.
- Fallos de funcionamiento en el incinerador.

Los fallos en la construcción son minimizados mediante el uso de tramos de chimenea prefabricados.

Calculamos la velocidad del fluido:

$$v = \frac{Q}{A} \rightarrow v = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

$$v = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 * 6750}{\pi * 0,2091^2} = 196564,8 \frac{m^3}{h} \times \frac{1 h}{3600 s} = 54,6 \text{ m/s}$$

Calculamos el numero de Reynolds aplicando la siguiente ecuación:

$$Re = vD \frac{\rho_{gases}}{\mu_{gases}} = 54,6 * 0,4372 \frac{0,753}{1,8110^{-5}} = 9,93 * 10^5$$

Para calcular el factor “f” de la formula de Darcy-Weissbach, usamos la siguiente formula indicada en la formula UNE 132.100 y de aplicación para coeficientes de rugosidad ficticios entre 0,5 y 5 mm.

$$f = 0,118 \frac{\varepsilon^{0,25}}{D^{0,4}} = 0,118 \frac{0,6^{0,25}}{437,2^{0,4}} = 0,0091$$

Aplicamos Darcy-Weissbach para el primer tramo hasta la válvula corta tiro de 4 metros de longitud.

$$\Delta p_1 = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = 0,0091 \frac{4}{0,4372} \frac{54,6^2}{2 * 9,81} = 12,65 \text{ m}$$

Calculamos las pérdidas debidas a la válvula corta tiro, para ello aplicamos la formula de Darcy-Weissbach modificada para incluir el factor conjunto del factor de fricción junto con la longitud y el diámetro como una constante “k” definida por tablas para un elemento determinado en este caso una válvula de compuerta cerrada ¼ y cuyo valor es k=0,26

Componente	K	Diagrama
Codos		
Radio corto 90° con bridas o extremo liso	0.3	
Radio corto 90° extremos roscados.	1.5	
Radio largo 90° con bridas o extremo liso	0.2	
Radio largo 90° extremos roscados.	0.7	
Radio largo 45° con bridas.	0.2	
Radio corto 45° extremos roscados.	0.4	
Curvas a 180°		
Curvas a 180° con bridas	0.2	
Curvas a 180° con extremos roscados	1.5	
Tees		
Paso directo con bridas o extremos lisos	0.2	
Paso directo con extremos roscados	0.9	
Salida de lado con bridas o extremos lisos	1.0	
Salida de lado con extremos roscados	2.0	
Union con extremos roscados	0.08	
Válvulas		
Globo totalmente abiertas	10	
Angulo totalmente abiertas	2	
Compuerta totalmente abiertas	0.15	
Compuerta 1/4 cerrada	0.26	
Compuerta 1/2 cerrada	2.1	
Compuerta 3/4 cerrada	17	
Cheque en el sentido del flujo	2	
Bola totalmente abierta	0.05	
Bola 1/3 cerrada	5.5	
Bola 2/3 cerrada	210	

Figura 19 - Coeficiente "k"

$$\Delta p_{válvula} = K \frac{v^2}{2g} = 0,26 * \frac{54,6^2}{2 * 9,81} = 39,5 \text{ m}$$

Calculamos el último tramo de salida de los gases al exterior por la chimenea, aplicando Darcy-Weissbach:

$$\Delta p_2 = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = 0,0122 \frac{16}{0,2091} \frac{54,6^2}{2 * 9,81} = 141,84 \text{ m} \quad \text{Por lo tanto:}$$

$$\Delta p_{gases} = (\Delta p_1 + \Delta p_{válvula} + \Delta p_2) f_s = (12,65 + 39,5 + 141,84) * 1,3 = 252,2 \text{ m}$$

Volviendo a la fórmula del inicio, tenemos que hallar el valor de "T"

$$\Delta p = \Delta p_{incinerador} + \Delta p_{gases} \left(\frac{\gamma_{gases}}{\gamma_{agua}} \right) - T$$

Para calcular "T" aplicaremos:

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-20-2.3
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 51

$$T = gH(\rho_{exterior} - \rho_{gases})$$

En donde "H" es la altura en vertical desde la salida del incinerador, en nuestro caso 12 metros

$$T = 9,81 * 12(1,2 - 0,753) = 52.62 Pa = 5,262 mm c. a$$

Como el peso específico de una sustancia es: $\gamma = \rho g$

$$\Delta p = 25 + 252200 \left(\frac{0,753 * 9,81}{1000 * 9,81} \right) - 5,262 = 209,64 mm c. a.$$

Por lo tanto como la presión diferencial del ventilador, suministrado por el fabricante es de 300 mm c.a., el ventilador tiene la potencia suficiente para extraer los gases producidos durante la combustión

2.4 CALCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA EN EL CIRCUITO DE GASOIL

Para estudiar las pérdidas de carga en la línea de gasoil, hay dos casos cuando el quemador funciona en la primera etapa y cuando funciona en la segunda etapa, la demanda de combustible es mayor en la segunda etapa, en la cual necesita un caudal de 20 l/h, por lo tanto es el caso más crítico para ver si la bomba tendrá la potencia suficiente.

- Longitud de la tubería: 4 metros
- Diámetro interior tubería DN25 : $33,7 - (2 \times 3,2) = 27,3$ mm.
- Diámetro exterior tubería DN25: 33,7 mm
- Rugosidad relativa para acero comercial según tablas $\varepsilon = 0,046$ mm
- Viscosidad cinemática del gasoil: $\nu = 8$ cSt = $8 * 10^{-6} m^2/s$
- Densidad del gasoil marino tipo B: $\rho = 900 kg/m^3$
- Bomba
- Caudal: Q=20 litros/h=0,02 m³/h=5,5*10⁻⁵ m³/s
- Potencia:0,185 kW

Calculamos la velocidad del fluido:

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-20-2.4
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 52

$$v = \frac{Q}{A} \rightarrow v = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

$$v = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 * 0,02}{\pi * 0,0273^2} = 34,16 \frac{m^3}{h} \times \frac{1 h}{3600 s} = 9,5 * 10^{-3} m/s$$

Calculamos la rugosidad del material

$$Rug = \frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.046}{27,3} = 1,123 * 10^{-2}$$

Calculamos el N° de Reynolds

$$R_\varepsilon = \frac{v L_c}{\vartheta} = \frac{9,5 * 10^{-3} * 0,0273}{8 * 10^{-6}} = 27,3 < 2300$$

Con el valor del número de Reynolds obtenido se observa que el régimen que circula por la tubería es de régimen laminar, por lo tanto calculamos el coeficiente de fricción "f":

$$f = \frac{64}{R_\varepsilon} = \frac{64}{27,3} = 2,34$$

Calculamos la longitud total de la tubería, para calcular las pérdidas de carga. Observando los planos disponibles la tubería deberá tener una longitud de 4 m, con 4 codos a 90° y dos válvulas, además será necesario vencer una diferencia de alturas de 0,5 m entre la bomba y el quemador del incinerador

Calculamos la longitud total de la tubería:

$$L = L_1 + L_2 + L_3$$

En donde $L_1=4$ m

Calculamos las perdidas por los codos

$$L_2 = N^{\circ}_{accesorios} * D * \left(\frac{L_e}{D}\right) = 4 * 0,0273 * 30 = 3,28 m$$

Calculamos las perdidas por las válvulas

$$L_3 = N^{\circ}_{accesorios} * D * \left(\frac{L_e}{D}\right) = 2 * 0,0273 * 150 = 8,19 m$$

$$L = L_1 + L_2 + L_3 = 4 + 3,28 + 8,19 = 15,47 m$$

Calculamos las pérdidas de carga según la ecuación de Darcy-Weissbach

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-20-2.4
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 53

$$H_L = f \frac{L v^2}{D 2g} = 2,34 \frac{15,47 \cdot 0,0095^2}{0,0273 \cdot 2 \cdot 9,81} = 6,01 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

A esta altura hay que sumarle el metro de altura que debemos vencer, por lo tanto:

$$H_{total} = H_L + h = 6,01 \cdot 10^{-3} + 1 = 1,006 \text{ m}$$

Para calcular la potencia de la bomba, aplicamos la formula:

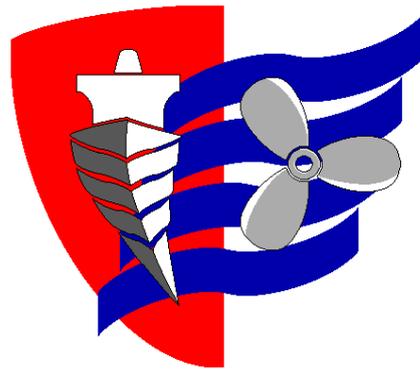
$$P = \gamma Q H_{total} = \rho g Q H_{total} = 900 \cdot 9,81 \cdot 0,02 \cdot 0,506 = 89,34 \text{ w} \approx 0,09 \text{ kw}$$

Por lo tanto la bomba de la embarcación nos es útil para enviar gasoil hasta el tanque de preparado en la condición de máximo consumo, al tener una potencia de 0,185-kW.

2.5 CALCULO DE LA LÍNEA DE AIRE COMPRIMIDO

No es necesario realizar estos cálculos, debido a que se utilizará el propio circuito del buque, con acumuladores de presión y válvulas manorreductoras, permitiendo tener siempre el circuito presurizado con presión constante en las dos líneas, una de 6 kg/cm² para el quemador y la de 20 kg/cm² para la válvula de cierre rápido.

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



ELECCIÓN DE ELEMENTOS

3 ELECCIÓN DE ELEMENTOS

En este capítulo pretendemos describir los elementos que van a ser usados en el proceso de instalación de todos los circuitos, previamente calculados en el apartado anterior.

3.1 TUBERÍAS

Para la elección de las tuberías aplicamos la norma DIN1629, la cual es equivalente a la DIN2448 y a la EN10216-1, según la normativa sobre construcción naval en lo referente a tubos sin soldadura. Elegiremos un acero St37.0.

Los tubos estirados en frío tienen una buena superficie externa e interna, siendo admisibles algunas estrías longitudinales, derivadas de su elaboración, pero dentro de las tolerancias dimensionales. Bajo pedido es posible su eliminación.

Los tubos soldados estirados en frío, se consolidan en el mercado y en aquellos sectores, que precisen unas características de:

- Precisión dimensional
- Homogeneidad de la estructura.
- Características mecánicas uniformes y estables.
- Elevado grado de acabados superficiales, tanto interior como exterior.

Tipo de acero DIN	Límite elástico Reh N/mm ² mínimo para espesores de pared en mm.			Resistencia a la rotura, Rm N/mm ²	Alargamiento de rotura % mín.	
	≤16	>16≤40	>40≤65(3)		Longitudinal	Transversal
St. 37.0	235	225	215	350(2) a 480	25	23
St. 44.0	275(1)	265(1)	255(1)	420(2) a 550	21	19
St. 52.0	355	345	335	500(2) a 650	21	19

(1) Tubos fabricados en frío y estado recocido NBK se admiten valores de límite elástico inferiores en 20 N/mm².

(2) Tubos fabricados en frío y estado recocido NBK se admiten valores de resistencia a la rotura mínimos inferiores en 10 N/mm².

(3) Espesores superiores a 40 mm. sólo para tubos sin soldadura.

Figura 20 - Propiedades mecánicas acero DIN1629

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-30-3
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 56

Los largos comerciales son de 4 a 7,5 metros y las características de las tuberías elegidas para nuestra instalación serán según la tabla siguiente.

Tabla 11 - Características de las tuberías de acero

Denominación	Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro exterior (mm)	Espesor (mm)	Peso teórico (kg/m)	Coste (€/m)
DN20	¾"	26,9	2,9	1,73	9,52
DN25	1"	33,7	3,2	2,42	11,43
DN40	1 ½"	48,3	3,6	4	14,81
DN200	8"	219,1	5	26,4	156,00
DN400	16"	457,2	10	110	887,24

3.2 VÁLVULAS ANTIRETORNO

Las Válvulas de retención son dispositivos auto accionados por el propio fluido que previene el retroceso del mismo a la parte presurizada de la instalación. Las Válvulas de Retención de doble plato son una opción económica y ligera para utilización en plantas industriales ó de instalaciones de climatización central. Su diseño Wafer para montaje entre bridas las hace muy manejables siendo aconsejables para tamaños grandes. Dos platos batientes reforzados por un muelle realizan la función de cierre y previsión de retorno de flujo en la instalación. Ofrecen una baja pérdida de carga en comparación a otros diseños de válvulas de construcción Wafer.

En el caso que nos ocupa se instalara una válvula anti retorno cuyas características generales son

- Montaje en posición horizontal o vertical con el eje siempre en posición perpendicular a la tubería.
- Apertura simétrica de los dos discos
- Baja perdida de carga.
- Rango de trabajo entre -10°C y 80°C
- Estandarización según norma ISO 5208 categoría A
- El muelle de acero inox. Asegura el rápido cierre de los discos

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-30-3
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 57

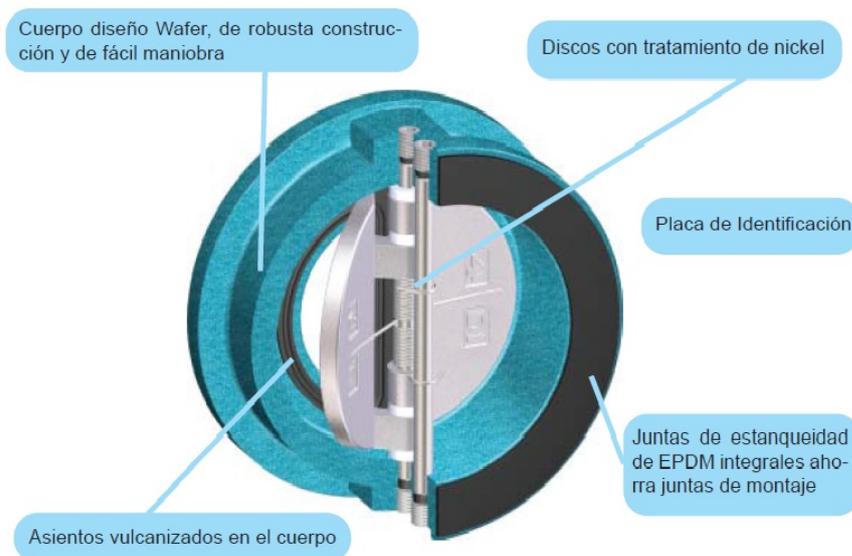


Figura 21- Corte esquemático válvula antirretorno wafer

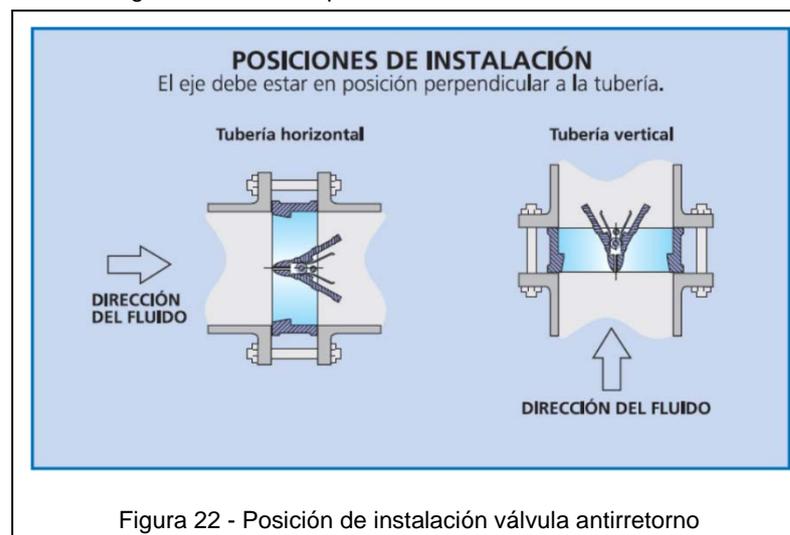


Figura 22 - Posición de instalación válvula antirretorno

3.3 VÁLVULA DE CIERRE RÁPIDO

La válvula de cierre rápido es un material de seguridad dentro de la embarcación, como prevención en caso de incendio para impedir el paso de combustible de los tanques al interior de la cámara de máquinas. Pudiendo ser cerrada a distancia, desde un punto en el exterior mediante un circuito neumático o hidráulico.

Dichas válvulas están instaladas a la salida de los tanques de combustible y aceite.

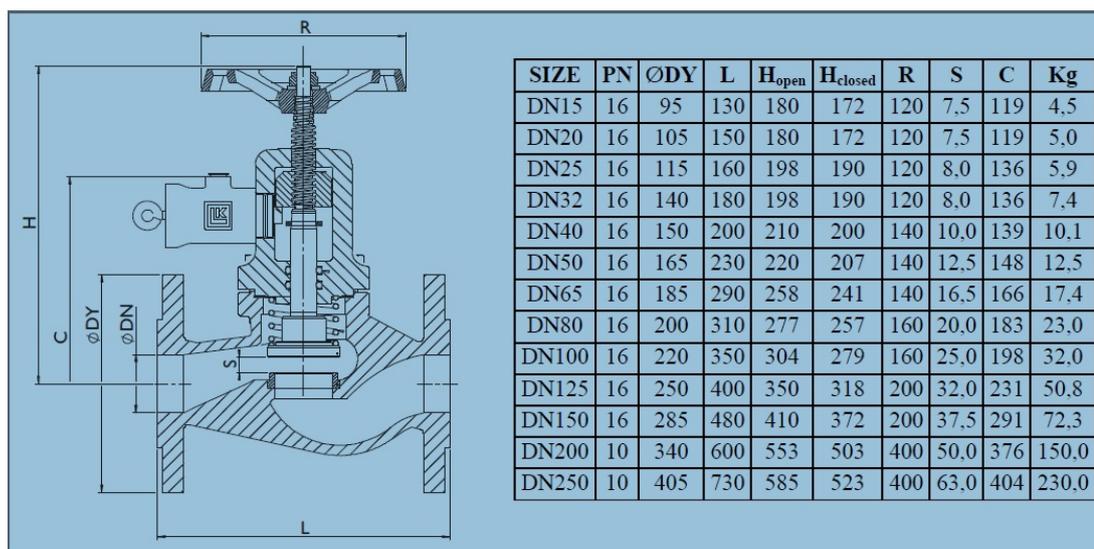
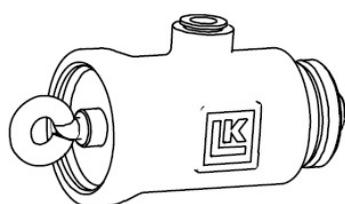


Figura 23- Características de las válvulas de cierre rápido



DN15-100

Technical data for the release cylinder (11)	
Stroke volume	3,5 cm ³
Recommended minimum working pressure from system	6 bar
Max hydraulic static pressure	0,7 bar *)
Pressure class	PN30
Fire release temperature	178°C
Connecting thread	ISO G1/8"

Figura 24 - Datos del cilindro neumático de cierre rápido

3.4 VÁLVULAS DE BOLA DE FUNDICIÓN CON BRIDAS

Las válvulas más comunes de cierre de circuitos, la bola es de acero inoxidable con un acabado fino, para un mayor cierre, así como componentes finamente mecanizados para conseguir un óptimo rendimiento en planta



Figura 25 - Válvula de bola en fundición

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-30-3
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 59

Aunque la válvula puede ser montada en cualquier posición si se monta como se indica en la fig. 27, el propio sentido del flujo hace de cierre.

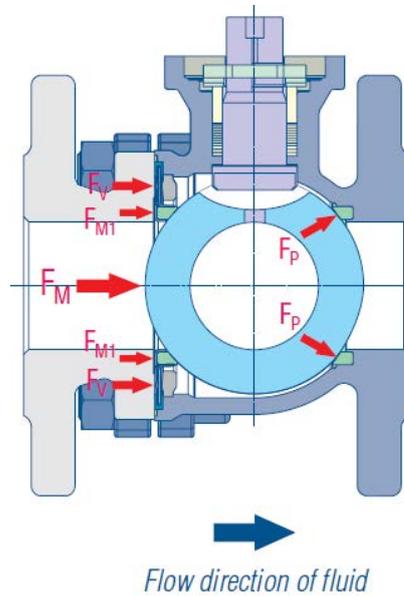


Figura 26 - Cierre por fluido de la válvula de bola

3.5 LANA DE ROCA AISLANTE

Confeccionadas a medida para geometrías especialmente complicadas, acoplamiento a máquinas y elementos que deban ser desmontados frecuentemente. Previene accidentes por quemaduras en zonas transitables.

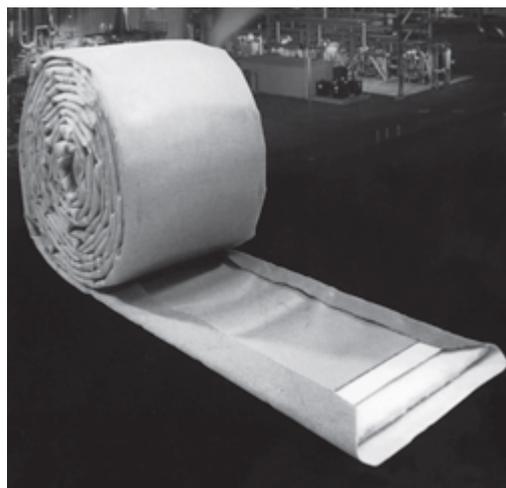


Figura 27 - Aislante para tuberías

Temperature °C	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Aire/Air	LN 70 LN 100	LN 200	LN 300	LN 400	LN 500	LN 700	LN 1000				
Exhaust gas/ weak acid density		MN 250	MN 300	MN 400	MN 500	MN 700	MN 1000				
Flue gas/ strong acid density		RN 250	RN 300	RN 400	RN 500	RN 700	RN 1000				
Heavy duty		HD 250	HD 300	HD 400	HD 500	HD 700	HD 1000				
Temperature °F	32	300	600	900	1200	1500	1800				

Figura 28 - Esquema de aplicación aislantes térmicos

3.6 EXPANSIONES TÉRMICAS DN200

Uno de los principales problemas en las tuberías de gases de escape son las altas temperaturas, las cuales acusan el hecho debido a su facilidad para variar de longitud en presencia de los saltos térmicos y a sus, generalmente, largos trazados

La adopción de medidas con las cuales se anule o minimice la difusión de estos efectos es de suma importancia en el campo del diseño de ingeniería mecánica precisamente por ser todos ellos perjudiciales y contrarios a la voluntad del diseñador, que es la de vehicular todo tipo de fluidos con eficacia, seguridad y sin efectos secundarios

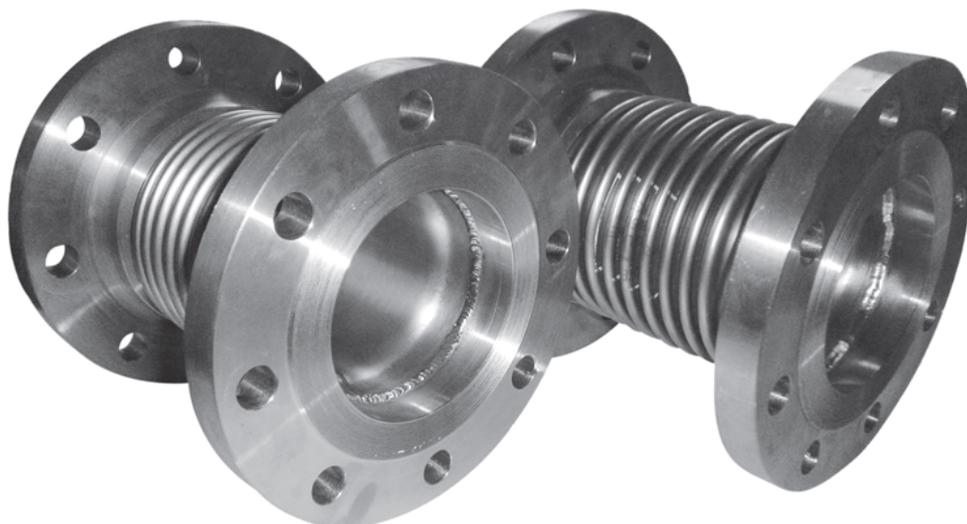
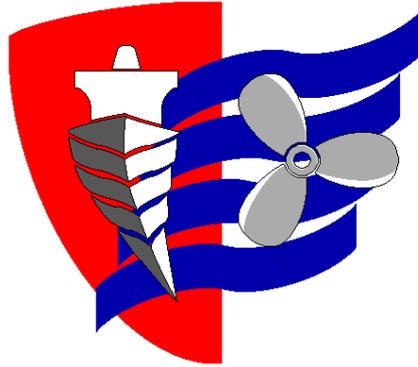


Figura 29 - Expansiones térmicas

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



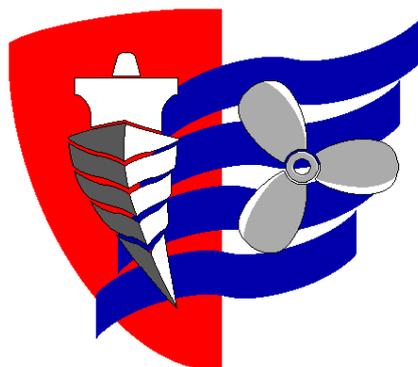
PLANOS

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-40
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 62

4 PLANOS

- Disposición general 010/001
- Disposición general en cámara de máquinas 500/001
- Esquema de lodos, incinerador y purificadora de GO 615/522.
- Esquema de aire de arranque y servicios 614/410
- Gases de escape del incinerador 630/001
- Disposición general y conexiones IN-4631/34-GO1E
- Diagrama de flujo IN-4631/34-FO2E.
- Charnela de regulación IN-7631/34-GO5E
- Extractor de gases IN-7631/34-VGO1E.
- Tanque de preparación de lodos IN-7631/34-GO1E
- Quemador de Gas-Oil IN -050B-Q03E.

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



PRESUPUESTO

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-50.5.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 64

5 PRESUPUESTO

El esquema básico de características que tendrá, como mínimo, un presupuesto variará en función de los trabajos que se van a realizar. Hay trabajos que son mejor percibidos por el cliente que otros, pero, como mínimo, deberá presentar los siguientes requisitos:

- **Completo:** debe incluir desde la presentación de nuestra empresa hasta la solución que pensamos darle al cliente, así como ejemplos de trabajos ya realizados, y un presupuesto cerrado indicando qué incluye y, tan importante como esto, qué no incluye.
- **Claro:** siempre debemos partir de la idea de que el cliente no tiene por qué contar con un conocimiento claro del producto o servicio que le vamos a ofertar. Si lo conoce, puede pensar que está poco desarrollado, pero si no lo conoce y le pasamos un presupuesto excesivamente técnico, no le podremos hacer llegar nuestra idea de manera que él pueda visualizar el resultado.
- **Conciso:** como empresa nos interesa poder transmitir la mayor cantidad de ideas en el menor espacio posible. Para ello, es muy recomendable utilizar tablas y/o puntos.

5.1 PRESUPUESTO DE TALLER, MATERIALES Y ELABORACIÓN DE LA INSTALACIÓN.

Observaciones dadas por la empresa que realizara el trabajo a tener en cuenta:

- Se entiende por unión de tubería la realizada a tope, acabada en brida
- La fabricación implica identificado del tubo, soldadura y su refrendado.
- La soldadura implica refrendado.
- La soldadura se entiende con penetración total.
- La soldadura semiautomática implica la manual.
- El montaje o soldadura de cualquier pieza que este unida al tubo y no sea tubería, se pagara según tablas en función de su longitud en pulgadas.

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-50.5.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 65

- En aquellas uniones que no tengan que ir soldadas se descontará, de la fabricación que corresponda, el tiempo de soldadura.

5.1.1 COSTE DE LOS MATERIALES

5.1.1.1 TUBERÍAS

La tubería cumplirá con la norma DIN2448 de construcción naval, realizaremos un pedido estimando un 10 % sobre las dimensiones necesarias y dependiendo del largo comercial que nos suministren, salvo para tuberías de gran diámetro, el largo comercial es de 6m, en el caso de las tuberías de DN400, dicho largo será el necesario de 4 metros.

Tabla 12 - Cantidades necesarias de tubería

Tubería	Lodos (m)	Gasoil (m)	Aire Comprimido (m)	Gases de escape (m)	Cantidad total (m)	Cantidad seguridad (10%)
DN20	0	8	5	0	13	14,3
DN25	24	4	0	0	28	30,8
DN40	14	0	0	0	14	15,4
DN200	0	0	0	16	16	17,6
DN400	0	0	0	4	4	4,5
Tubo cobre 6mm	0	0	4	0	0	4,5

Las especificaciones de la tubería necesaria son las siguientes:

- **DN 20:** 5 metros para el circuito de aire comprimido de 7 bares, desde el colector general al quemador de lodos, por otro lado en el circuito

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-50.5.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 66

de gasoil, necesitamos 8 metros para el retorno de gasoil al tanque de almacén nº3 estribor, en su parte alta.

- **DN25:** Necesitamos 12 metros para el circuito de lodos desde el tanque de preparados hasta la entrada del quemador de lodos y otros 12 metros en el retorno del quemador hasta el tanque de preparados, además de 4 metros para la alimentación de gasoil al quemador de gasoil, desde el tanque de almacén nº3 ER.
- **DN40:** la cantidad necesaria es de 14 metros para transportar los lodos desde la bomba de lodos del buque hasta la parte superior del tanque de preparación de lodos.
- **DN200:** 16 metros sumando desde la salida de la válvula corta tiro, hasta la entrada del ventilador y posteriormente desde el ventilador hasta la conexión con la chimenea.
- **DN400:** son necesarios 4 metros desde la salida del ventilador hasta la unión con la bridad de la válvula corta tiro. El coste de compra adecuado a la distancia necesaria de seguridad de 4,5 metros

Tabla 13 - Coste total de la tubería

Tubería	Largo comercial (m)	Coste unitario (€/m)	Longitud necesaria (m)	Unidades Compradas	Coste (€)
DN20	6	9,52	14,3	3	171,36 €
DN25	6	11,43	30,8	5	342,90 €
DN40	6	14,81	15,4	3	266,58 €
DN200	6	156,00	17,6	3	2808,00 €
DN400	4	887,24	4,5	1	3992,58 €
Tubo cobre 6mm	Independiente	2	4,5	1	9 €
Coste total de tubería					7590,42 €

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-50.5.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 67

5.1.1.2 INCINERADOR

En esta partida no solo está incluido el incinerador, sino también el tanque de preparación de lodos, la bomba de circulación de lodos, el moto variador del quemador de lodos, el ventilador y la válvula de corta tiro.

Coste del Incinerador + complementos	70.000,00 €
---	--------------------

5.1.1.3 BRIDAS

Las bridas irán instaladas en la unión con otras tuberías o con válvulas, instalando las necesarias, para facilitar el desmontaje de la instalación, debido a mantenimientos o reparaciones.

Tabla 14 - Cantidades necesarias de bridas

Bridas	Lodos	Gasoil	Aire a presión	Gases de escape	Cantidad total	Coste unitario	Coste total
DN20		6	2	0	8	7,69	61,52 €
DN25	15	5	0	0	16	7,69	123,04 €
DN40	11	0	0	0	11	11,85	130,35 €
DN200	0	0	0	6	6	59,68	358,08 €
DN400	0	0	0	2	2	154,78	309,56 €
Coste total de bridas							982,55 €

5.1.1.4 SOPORTES ESTRUCTURALES

En este apartado de la partida presupuestaría incluiremos los abarcones de sujeción de las tuberías pequeñas (DN20, DN25 y DN40), así como los soportes y tirantes necesarios para la sujeción de las tuberías de mayor diámetro (DN200 y DN400)

Los abarcones serán ubicados a una distancia de entre 2 y 3 metros, para evitar las vibraciones.

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-50.5.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 68

Para soportar las tuberías de evacuación de los gases, soldaremos refuerzos estructurales cada 3 metros para soportar las tuberías de DN200 y cada metro para soportar las tuberías DN400 en posición horizontal, mientras que las chimeneas en posición vertical montaremos una estructura con silent-blocks, para soportar las dilataciones y las vibraciones.



Figura 30 - Refuerzos horizontales y vertical en la chimenea

Tabla 15 - Cantidades necesarias de refuerzos estructurales

Elemento	DN20	DN25	DN40	DN200	DN400	Coste unitario	Coste total
Abarcón	5	11	6	0	0	1,03	22,66 €
Tirante	0	0	0	6	4	43,20	432,00 €
Silent-block	0	0	0	0	2	21,35	42,70 €
<u>Coste de soportes estructurales</u>							499,36 €

5.1.1.5 ELEMENTOS AISLANTES

Los tubos de escape debido a su elevada temperatura llevan un recubrimiento de lana de roca, mientras que las válvulas de expansión y la válvula corta tiro llevan una manta de protección térmica.

La lana de roca se vende en paquetes de 12,15m² a un precio de 45€, necesitamos calcular los metros cuadrados de superficie que tenemos en la chimenea:

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-50.5.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 69

Tabla 16 - Tabla de superficie de la chimenea

Tubería	Diámetro exterior (m)	Perímetro (m)	Longitud de tubería (m)	Superficie total (m ²)
DN200	0,2191	0,688	18	12,384
DN400	0,4572	1,436	4,5	6,46
Superficie total				18,844 m²

Tabla 17 - Coste de los elementos aislantes

Elemento	Cantidad	Superficie total (m ²)	Coste unitario (€)	Coste total
Manta térmica	4	0	16,38	65,52 €
Lana de roca	0	18,844	45,00	339,18 €
Coste de elementos aislantes				404,70 €

5.1.1.6 VALVULERÍA

Incluiremos, las válvulas antirretorno, las válvulas, de bola, la válvula de cierre rápido de combustible, expansiones térmicas de los escapes.

Tabla 18 - Coste de valvulería

Elemento	Lodos	Gasoil	Gases	Aire a presión	Cantidad	Coste unitario (€)	Coste total (€)
Válvula de bola DN20	0	1	0	2	3	83,84	251,52 €
Válvula de bola DN25	2	1	0	0	3	96,48	289,44 €
Válvula de bola DN40	2	0	0	0	2	147,76	295,52 €
Válvula antirretorno DN20	0	1	0	0	1	15,22	15,22 €
Válvula antirretorno DN40	1	0	0	0	1	29,52	29,52 €
Válvula cierre rápido	0	1	0	0	1	189,43	189,43 €
Brida de expansión térmica DN200	0	0	3	0	3	379,94	1139,82€
Brida de expansión térmica DN400	0	0	1	0	1	643,01	643,01€
Coste de valvulería							2853,48 €

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-50.5.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 70

5.1.1.7 TORNILLERÍA

Incluimos la tornillería necesaria para las bridas y válvulas, según norma DIN933 calidad 8.8, la tornillería es vendida por cajas las M12 y M16 viene en cajas de 100 y 50 tornillos respectivamente, incluyendo dos arandelas y tuerca por tornillo, la M20 es vendida por unidad a un precio de 2,56€, mientras que la M24 tiene un coste individual de 3,21€.

Cantidades necesarias de tornillos, M12x70 lo utilizan las bridas DN20 y DN25 con cuatro tornillos cada una, tenemos 8 bridas DN20 y 16 bridas DN25, luego tenemos 24 bridas a cuatro tornillo cada una, necesitando 96 tornillos de M12x70.

Cantidad necesaria de tornillos M16x80, lo utilizan las bridas de DN40, tenemos 11 con cuatro tornillos cada una, luego necesitamos 44 tornillos.

Cantidad de tornillos necesarios de M20x100, tenemos 6 bridas con 8 tornillos cada una, necesitando un total de 48 tornillos.

Cantidad de tornillos M24x140, tenemos 2 bridas con 12 tornillos cada una, necesitando un total de 24 tornillos.

Tabla 19 - Coste de la tornillería

Tornillería	Cantidad necesaria	Cantidad de compra mínima	Precio unitario (€)	Coste (€)
M12x70	96	100	0,9	9,00 €
M16x80	44	50	1,4	7,00 €
M20x100	48	1	2,56	122,88 €
M24x140	24	1	3,21	77,04 €
Coste de la tornillería				215,92 €

5.1.1.8 PRESUPUESTO TOTAL DEL MATERIAL

Incluimos las partidas anteriores en un solo presupuesto de material.

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-50.5.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 71

Tabla 20 - Coste total de los materiales

Partida	Coste (€)
Tuberías	7.590,42 €
Incinerador y complementos	70.000,00€
Bridas	982,55 €
Soportes estructurales	499,36 €
Elementos aislantes	404,70 €
Valvulería	2.853,48 €
Tornillería	215,92 €
<u>Coste total de los materiales</u>	92.546,43 €

5.1.2 COSTE DE LOS TRABAJOS DE ELABORACIÓN E INSTALACIÓN DE LAS TUBERÍAS

5.1.2.1 COSTE DE CONSTRUCCIÓN

En este apartado incluimos los trabajos de corte de las soldaduras, codos y acondicionamientos en los precios están incluidos los codos, ángulos y reducciones.

Coste de construcción: longitud de tubería(m) x DN (pulg) x €/pulg.

El precio por pulgada es de 4,91€/pulgada

Tabla 21 Presupuesto procesos de construcción

Diámetro	Longitud (m)	DN (pulgadas)	Coste de fabricación (€/pulg.)	Coste total (€)
DN20	14,3	¾"	4,91	52,65 €
DN25	30,8	1"	4,91	151,22 €
DN40	15,4	1 ½"	4,91	113,42 €
DN200	17,6	8"	4,91	691,328€
DN400	4,5	16"	4,91	353,52 €
<u>Coste de construcción</u>				1362,13 €

5.1.2.2 COSTE DE SOLDADURA

Una vez que los tubos están cortados y conformados se sueldan las bridas El presupuesto de soldadura se elabora de acuerdo a la siguiente fórmula:

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-50.5.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 72

$Coste = \text{número de bridas} \times DN \text{ (pulg)} \times \text{€/pulg.}$

El precio por pulgada es de 3,86.€/pulgada

Tabla 22 - Coste de construcción

Diámetro	Nº de bridas	DN (pulgadas)	Coste de fabricación (€/pulg.)	Coste total (€)
DN20	8	¾"	3,86	23,16 €
DN25	16	1"	3,86	61,76 €
DN40	11	1 ½"	3,86	63,69 €
DN200	6	8"	3,86	185,28 €
DN400	2	16"	3,86	123,52 €
Coste de soldadura				457,41 €

5.1.2.3 COSTE DE LOS CONSUMIBLES

El coste de los consumibles es igual en todos los procesos de instalación e incluye el gasto de los materiales usados, que no sean elementos de soldadura.

El precio por pulgada es de: 2,01 €/ pulgada

Tabla 23 - Coste de los consumibles

Diámetro	Nº de bridas	DN (pulgadas)	Coste de fabricación (€/pulg.)	Coste total (€)
DN20	8	¾"	2,01	12,06 €
DN25	16	1"	2,01	32,16 €
DN40	11	1 ½"	2,01	33,16 €
DN200	6	8"	2,01	96,48 €
DN400	2	16"	2,01	64,32 €
Coste de consumibles				238,18 €

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-50.5.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 73

5.1.2.4 COSTE DE INSTALACIÓN

En el coste de fabricación incluimos la instalación en el buque de las tuberías previamente acondicionadas. Para calcular el presupuesto de fabricación se utiliza la fórmula.

Coste de fabricación: Longitud de tubería (m) x DN (pulg) x €/pulg

El precio de m/pulgada es de 8,77 €/pulg.

Diámetro	Longitud (m)	DN (pulgadas)	Coste de fabricación (€/pulg.)	Coste total (€)
DN20	14,3	¾"	8,77	94,05 €
DN25	30,8	1"	8,77	270,11 €
DN40	15,4	1 ½"	8,77	202,58 €
DN200	17,6	8"	8,77	1234,81 €
DN400	4,5	16"	8,77	631,44 €
<u>Coste de fabricación</u>				2432,99 €

5.1.2.5 COSTE TOTAL DE ELABORACIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS

Incluimos las partidas anteriores en un solo presupuesto de elaboración e instalación

Tabla 24 - Coste total de elaboración de tuberías

Partida	Coste (€)
Coste de construcción	1362,13 €
Coste de soldadura	457,41 €
Coste de consumibles	238,18 €
Coste de instalación	2432,99 €
<u>Coste total de elaboración de tuberías</u>	4490,71 €

5.1.3 COSTE DE EJECUCIÓN DE LA OBRA

La obra tendrá una ejecución de dos semanas, trabajando de lunes a viernes en jornada de 8 horas diarias, lo que significa un total de 40 horas semanales

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-50.5.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 74

para la realización del trabajo se contara con un encargado de obra, un técnico mecánico y un técnico electricista.

Tabla 25 - Coste de ejecución de la obra

Concepto	Precio (€/h)	Tiempo (h)	Coste (€)
Encargado	30	80	2400,00 €
Técnico electricista	25	80	2000,00 €
Técnico mecánico	20	80	1600,00 €
Coste de ejecución de la obra			6000,00€

5.1.4 COSTE DE LA PUESTA EN MARCHA DE LA INSTALACIÓN

Para realizar la puesta en marcha de la instalación, el taller contara con los encargados de su instalación en jornada de un día completo, por si se produjera algún fallo en la puesta en marcha, es decir el encargado junto al electricista y el mecánico, por otra parte acudirá un técnico de la casa del incinerador (DETEGASA), para la realización de las comprobaciones previas y puesta en marcha de la instalación, garantizando así su correcta instalación e instruyendo a los tripulantes sobre su manejo.

Tabla 26 - Coste de puesta en marcha de la instalación

Concepto	Precio (€/h)	Tiempo (h)	Coste (€)
Encargado	30	8	240,00 €
Técnico electricista	25	8	200,00 €
Técnico mecánico	20	8	160,00 €
Técnico de la casa	50	8	400,00 €
Coste de dirección de obra			1000,00€

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-50.5.2
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 75

5.2 PRESUPUESTO DESGLOSADO EN PARTIDAS

Con los costes anteriores realizamos las partidas presupuestarias o lo que es lo mismo el cálculo final del presupuesto, para ello de los cuatro puntos anteriores diferenciamos dos partidas.

- Partida material
- Partida personal

En la partida material incluiremos el coste de todos los materiales luego será igual a los costes de material.

<u>Partida de material</u>	92.546,43 €
-----------------------------------	--------------------

En la partida de personal se incluyen los costes de fabricación e instalación de la tubería, ejecución de la obra y puesta en marcha, es decir:

Concepto	Coste (€)
Coste de elaboración de tuberías	4.490,71 €
Coste de ejecución de obra	6.000,00 €
Coste de puesta en marcha de la instalación	1.000,00€
<u>Partida personal</u>	11.490,71€

5.3 PRESUPUESTO FINAL

En el presupuesto final, incluimos las dos partidas presupuestarias, la gestión y tramites de las licencias necesarias y los honorarios del ingeniero que proyecto la instalación.

Tabla 27 - Presupuesto de partidas

<u>CONCEPTO</u>	<u>IMPORTE</u>
PARTIDA MATERIAL	92.546,43 €
PARTIDA PERSONAL	11.490,71€

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-50.5.3
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 76

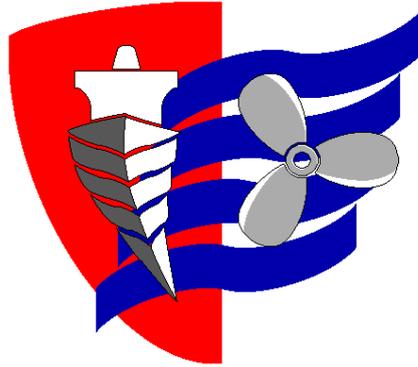
<u>PRESUPUESTO DE OBRA (P.O.):</u>	<u>104.037,14 €</u>
---	----------------------------

<u>CONCEPTO</u>	<u>IMPORTE</u>
PRESUPUESTO DE OBRA	104.037,14 €
TRAMITACIÓN DE PERMISOS Y LICENCIAS (10% P.O.)	10.403,71 €
HONORARIOS DEL INGENIERO	3.000,00 €
IVA (21%)	21.847,79
<u>PRESUPUESTO FINAL PARA EL CLIENTE</u>	<u>139.288,64 €</u>

Asciende el Presupuesto General para conocimiento del Cliente a CIENTO TREINTA Y NUEVE MIL DOSCIENTOS OCHENTA Y OCHO EUROS CON SESENTA Y CUATRO CENTIMOS.

SANTANDER, JULIO 2015

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



PLIEGO DE CONDICIONES

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-60.6.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 78

6 PLIEGO DE CONDICIONES

6.1 PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

6.1.1 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 a la propiedad.

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

Limpieza: El contratista mantendrá en todo momento el recinto de la obra libre de acumulación de materiales de desecho, desperdicios o escombros debiendo retirarlos a medida que estos se produzcan. El contratista estará obligado a eliminar adecuadamente y por su cuenta en un vertedero autorizado los desechos que se produzcan durante los trabajos a ejecutar.

Al abandonar el trabajo cada día deberá dejarse el puesto y las zonas de trabajo ordenadas. Al finalizar la obra, esta se entregara completamente limpia.

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,

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-60.6.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 79

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.

6.1.2 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.

6.1.3 MATERIALES

Los materiales usados serán de primera calidad. Cumplirán las especificaciones y tendrán las características indicadas en el proyecto y en las normas técnicas generales, así como las particulares 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.

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-60.6.1	
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015	
	REV: 01	PAG: 80

6.1.4 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).

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 utilizados 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

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-60.6.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 81

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.

6.1.5 ORGANIZACIÓN

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

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

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

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

6.1.6 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

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,

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-60.6.1	
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015	
	REV: 01	PAG: 82

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.

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.

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

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

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-60.6.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 83

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.

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.

6.1.7 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 darle 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

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-60.6.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 84

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.

6.1.8 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.

6.1.9 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.

6.1.10 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.

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-60.6.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 85

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.

6.1.11 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.

6.1.12 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.

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-60.6.1	
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015	
	REV: 01	PAG: 86

6.1.13 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.

6.1.14 SUBCONTRATACIÓN DE OBRAS

Salvo que el contrato disponga lo contrario o que, de su naturaleza y condiciones se deduzca que la obra ha de ser ejecutada directamente por el Astillero, podrá este concretar con terceros la realización de determinadas unidades de obra, previo conocimiento por escrito al Director de Obra. Los gastos derivados de la subcontratación correrán a cargo del Astillero.

6.1.15 RECEPCIÓN DE LAS OBRAS

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.

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.

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

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-60.6.1	
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015	
	REV: 01	PAG: 87

subsistirán las responsabilidades que pudieran derivarse de defectos ocultos y deficiencias de causa dudosa.

6.1.16 CONTRATACIÓN DEL ASTILLERO

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

6.1.17 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.

6.1.18 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.

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-60.6.1	
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015	
	REV: 01	PAG: 88

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.

6.1.19 RESCISIÓN DEL CONTRATO

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

1. Quiebra del Astillero
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.

6.2 PLIEGO DE CONDICIONES ECONÓMICAS

6.2.1 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.

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-60.6.2
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 89

6.2.2 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.

6.2.3 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.

6.2.4 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.

6.2.5 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

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-60.6.2
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 90

han servido para la formación del presupuesto de este proyecto, quedando el Astillero obligado, en todo caso aceptarlos.

6.2.6 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.

6.2.7 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.

6.2.8 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.

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-60.6.2	
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015	
	REV: 01	PAG: 91

6.2.9 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.

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.

6.2.10 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.

6.2.11 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.

6.2.12 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.

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-60.6.2
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 92

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.

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

6.2.13 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.

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-60.6.3
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 93

6.3 PLIEGO DE CONDICIONES FACULTATIVAS

6.3.1 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 por 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.

6.3.2 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

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-60.6.3	
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015	
	REV: 01	PAG: 94

de la obra a aquel personal que a juicio del Director no cumpla con sus obligaciones o realice el trabajo defectuosamente, bien por falta de conocimientos o por obras de mala fe.

6.3.3 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.

6.3.4 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.

6.3.5 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.

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-60.6.4
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 95

6.4 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.

6.4.1 ESTIMACIÓN DE LOS RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS EN LOS TRABAJOS A REALIZAR

6.4.1.1 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.

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-60.6.4
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 96

6.4.1.2 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.

6.4.1.3 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.

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-60.6.4
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 97

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.

6.4.1.4 GOLPES Y/O CORTES POR OBJETOS O HERRAMIENTAS

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-60.6.4
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 98

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.

6.4.1.5 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.

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

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-60.6.4
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 99

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.

6.4.1.6 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.

6.4.1.7 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:

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-60.6.4
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 100

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.

6.4.1.8 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.

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-60.6.4
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 101

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 cuatros 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.

6.4.1.9 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.

6.4.1.10 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.

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-60.6.4
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 102

6.4.1.11 SOBRESFUERZOS

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.

6.4.1.12 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.

6.4.2 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.

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-60.6.4
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 103

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.

6.4.3 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.

6.4.4 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:

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-60.6.4
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 104

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.

6.4.5 OTRAS CONSIDERACIONES

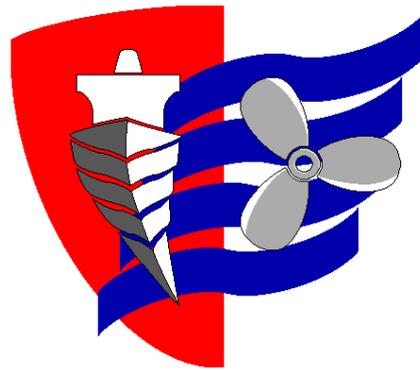
Si la empresa contratista principal subcontrata a otros la realización de trabajos u obras, deberá vigilar el cumplimiento por parte de dichos subcontratistas de toda la normativa de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular las exigencias y medidas de prevención y protección recogidas en su plan 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.

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-60.6.4
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 105

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

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-70.7.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 107

7 ANEXOS

7.1 ANEXO I.

Artículo 1 - Definiciones

Salvo indicación expresa en otro sentido, a los efectos del presente Convenio regirán las siguientes definiciones:

1.- "*Administración*": el Gobierno del Estado bajo cuya autoridad opere el buque. Respecto de un buque con derecho a enarbolar el pabellón de un Estado, la Administración es el Gobierno de ese Estado. Respecto de las plataformas flotantes dedicadas a la exploración y explotación del lecho marino y su subsuelo adyacente a la costa sobre la que el Estado ribereño ejerza derechos soberanos a efectos de exploración y explotación de sus recursos naturales, incluidas las unidades flotantes de almacenamiento (UFA) y las unidades flotantes de producción, almacenamiento y descarga (unidades FPAD), la Administración es el Gobierno del Estado ribereño en cuestión.

2.- "*Basuras*": se entiende toda clase de restos de víveres salvo el pescado fresco y cualesquiera porciones del mismo, así como los residuos resultantes de las faenas domésticas y trabajo rutinario del buque en condiciones normales de servicio, los cuales suelen echarse continua o periódicamente; este término no incluye las sustancias definidas o enumeradas en otros anexos del presente Convenio

3.- "*Tierra más próxima*". La expresión "de la tierra más próxima" significa de la línea de base a partir de la cual queda establecido el mar territorial del territorio de que se trate, de conformidad con el derecho internacional, con la salvedad de que, a los efectos del presente Convenio, a lo largo de la costa nordeste de Australia, "de la tierra más próxima" significa de una línea trazada:

4.- "*Certificado*": el Certificado internacional de gestión del agua de lastre.

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-70.7.1	
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015	
	REV: 01	PAG: 108

5.- Por "*fecha de vencimiento anual*" se entiende el día y el mes que correspondan, cada año, a la fecha de expiración del Certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica.

6.- "*Comité*": el Comité de Protección del Medio Marino de la Organización.

7.- "*Convenio*": el Convenio internacional para el control y la gestión del agua de lastre y los sedimentos de los buques.

8.- "*Arqueo bruto*": el arqueo bruto calculado de acuerdo con las reglas para la determinación del arqueo recogidas en el Anexo I del Convenio internacional sobre arqueo de buques, 1969, o en cualquier convenio que suceda a éste.

9 "*Buque*": toda nave, del tipo que sea, que opere en el medio acuático, incluidos los sumergibles, los artefactos flotantes, las plataformas flotantes, las UFA y las unidades FPAD.

10.- "*Emisión*" se entiende toda liberación a la atmósfera o al mar por los buques de sustancias sometidas a control en virtud del presente anexo.

11.- "*Incineración a bordo*" se entiende la incineración de desechos u otras materias a bordo de un buque si dichos desechos u otras materias se han producido durante la explotación normal de dicho buque.

12.- "*Incinerador de a bordo*" se entiende la instalación proyectada con la finalidad principal de incinerar a bordo.

13.- "*Fangos oleosos*" se entiende todo fango proveniente de los separadores de fueloil o aceite lubricante, los desechos de aceite lubricante de las máquinas principales o auxiliares y los desechos oleosos de los separadores de aguas de sentina, el equipo filtrador de hidrocarburos o las bandejas de goteo.

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-70.7.3	
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015	
	REV: 01	PAG: 109

7.2 ANEXO II.

INDICE FIGURAS

Figura 1 Compactador de basura	16
Figura 2 Triturador de basura	17
Figura 3 Incinerador Detegasa IRL-50.....	18
Figura 4 - Esquema de funcionamiento	22
Figura 5 - Características inyectoras quemador	23
Figura 6 - Quemador de lodos	23
Figura 7 - Panel de control.....	25
Figura 8 - Ventilador de extracción	26
Figura 9- Charnela de regulación de tiro.....	26
Figura 10 - Tanque de preparación de lodos	27
Figura 11 - Esquema de aislamiento	31
Figura 12 - Diámetros comerciales tubería Norma DIN 1629	32
Figura 13 - Diámetros comerciales tubería Norma DIN 1629 (Continuación)	33
Figura 14 - Diámetros comerciales tubería Norma DIN 1629 (Continuación)	34
Figura 15 - Diámetros comerciales tubería Norma DIN 1629 (Continuación)	35
Figura 16 - Diámetros comerciales tubería Norma DIN 1629 (Continuación)	36
Figura 17 - Diagrama de Moody	40
Figura 18 - Rugosidad de materiales	42
Figura 20 - Coeficiente "k"	50
Figura 21 - Propiedades mecánicas acero DIN1629	55

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-70.7.3
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015
	REV: 01 PAG: 110

Figura 22- Corte esquemático válvula antirretorno wafer	57
Figura 23 - Posición de instalación válvula antirretorno.....	57
Figura 24- Características de las válvulas de cierre rápido	58
Figura 25 - Datos del cilindro neumático de cierre rápido.....	58
Figura 26 - Válvula de bola en fundición.....	58
Figura 27 - Cierre por fluido de la válvula de bola.....	59
Figura 28 - Aislante para tuberías.....	59
Figura 30 - Expansiones térmicas.....	60
Figura 29 - Esquema de aplicación aislantes térmicos.....	60
Figura 32 - Refuerzos horizontales y vertical en la chimenea.....	68

7.3 ANEXO III

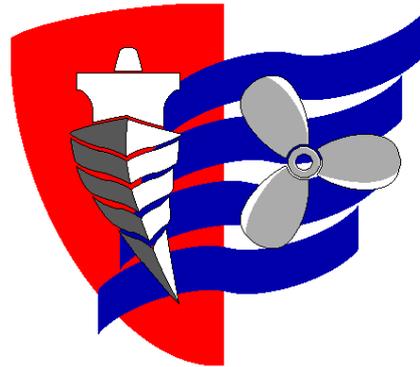
INDICE TABLAS

Tabla 1. Estructura de la codificación del proyecto.....	7
Tabla 2. Nomenclatura utilizada para la definición de los documentos.....	7
Tabla 3. Identificación de proyectos a realizar por el propio proyectista.....	7
Tabla 4. Tipo de documento.	7
Tabla 5. Listado de procesos y subprocesos.....	7
Tabla 6 - Características principales y consumos del incinerador	20
Tabla 7 - Características principales del quemador.....	21
Tabla 8 - Capacidades del tanque de preparación de lodos.....	28
Tabla 9 - Tuberías DIN 1629.....	29

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-70.7.3	
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015	
	REV: 01	PAG: 111

Tabla 10- Tabla de longitudes equivalentes.	43
Tabla 11 - Características de las tuberías de acero.....	56
Tabla 12 - Cantidades necesarias de tubería	65
Tabla 13 - Coste total de la tubería.....	66
Tabla 14 - Cantidades necesarias de bridas.....	67
Tabla 15 - Cantidades necesarias de refuerzos estructurales	68
Tabla 16 - Tabla de superficie de la chimenea	69
Tabla 17 - Coste de los elementos aislantes	69
Tabla 18 - Coste de valvulería	69
Tabla 19 - Coste de la tornillería	70
Tabla 20 - Coste total de los materiales.....	71
Tabla 21 Presupuesto procesos de construcción	71
Tabla 22 - Coste de construcción	72
Tabla 23 - Coste de los consumibles	72
Tabla 24 - Coste total de elaboración de tuberías	73
Tabla 25 - Coste de ejecución de la obra	74
Tabla 26 - Coste de puesta en marcha de la instalación	74
Tabla 27 - Presupuesto de partidas	75

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



BIBLIOGRAFÍA

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-80	
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015	
	REV: 01	PAG: 113

8 BIBLIOGRAFÍA

8.1 LIBROS

- (Varios) “Como calcular y elaborar presupuestos” Edición 2011 Xunta de Galicia
- “Detegasa, manual de instrucciones incinerador IRL50”.
- (Organización Marítima Internacional) “Equipo de prevención de la contaminación” Edición 2006 OMI
- Mataix C, “Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas. Ediciones del Castillo 2ªedición.(1986)
- Pérez S.F, Renedo C. “Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas”. Departamento Ingeniería Eléctrica y Energética. Universidad de Cantabria.

8.2 PÁGINAS WEB

- Almesa, catalogo técnico: www.almesa.com/ (Consultado Abril 2015)
- Tubasol: www.tubasol.com (Consultado mayo 2015)
- Comeval: www.comeval.com (Consultado mayo 2015)
- Cepsa combustibles marinos: www.cepasa.com/cepasa/Que_ofrecemos/Combustibles_marinos/Productos_Marinos/ (Consultado mayo 2015)
- Aenor www.aenor.es/aenor/normas (Consultado mayo 2015).

8.3 NORMATIVA

- Convenio Internacional para prevenir la contaminación por buques, MARPOL 73/78, Actualizado 2012. (OMI)
- .MEPC 76(40), Normativa IA656E “Especificación normalizada para los incineradores de abordó.(OMI)
- Norma UNE 123001 “Chimeneas- cálculo y diseño”.

TRABAJO FIN DE MÁSTER	REF: 001-80	
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 11/06/2015	
	REV: 01	PAG: 114

- Norma UNE 157001 "Criterios generales para la realización de proyectos".
- Norma UNE 27-560-76 "Tubos de acero para construcción naval".
- Seamless circular unalloyed steel tubes subject to special requirements DIN1629 (Octubre 1984)

RESPONSABILIDAD DEL TRABAJO

“AVISO:

Este documento es el resultado del Trabajo Fin de Master de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros,

La Universidad de Cantabria, la Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Master así como el profesor tutor/director no son responsables del contenido último de este Trabajo.”