

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Técnica Naval**

**REMOLCADOR DE PUERTO
DE 52 TONELADAS DE TIRO**

Alberto BERNAL AGUILAR
Patricia MORILLO RUIZ



Centro: **E. U. I. T. NAVAL**
Titulación: **I. T. NAVAL**
Fecha: **Marzo 2009**



ESCUELA UNIVERSITARIA DE
INGENIERIA TECNICA NAVAL

Especialidades de Propulsión y Estructuras

PROYECTO FIN DE CARRERA

“REMOLCADOR DE PUERTO
DE 52 TONELADAS DE TIRO”

TOMO I

ÍNDICE

MEMORIA DESCRIPTIVA
MEMORIA JUSTIFICATIVA
PLIEGO DE CONDICIONES

AUTORES:

Alberto Bernal Aguilar
Patricia Morillo Ruiz

TUTOR:

D. Aurelio Guzmán Cabañas

ÍNDICE



ÍNDICE

Introducción.....	13
1.- Breve Reseña Histórica.....	13
2.- Tipos de Remolcadores.....	14
2.1.- Función y/o zonas de trabajo.....	14
2.1.1.- Oceánicos.....	14
2.1.2.- Costeros, Puerto y Rada.....	15
2.1.3.- Canales, Exclusas y Diques.....	17
2.1.4.- Escolta.....	18
2.1.5.- Terminales de Crudo.....	19
2.1.6.- Antipolución.....	20
2.1.7.- Contraincendios.....	21
2.1.8.- Salvamento y Rescate.....	21
2.1.9.- Otros.....	21
2.2.- Configuración Propulsiva.....	21
2.2.1.- Remolcador Tractor.....	22
2.2.2.- Remolcador convencional (Propulsión Popa).....	23
2.2.3.- Remolcador Empujador.....	24
2.2.4.- Remolcador Azimutal con propulsión a popa.....	24
3.- Características del Remolcador en Proyecto.....	25
Memoria Descriptiva.....	31
Capítulo 1 “Dimensionamiento y Formas”.....	31
Capítulo 2 “Potencia y Propulsión”.....	32
Capítulo 3 “Disposición General”.....	32
Capítulo 4 “Cálculos de Teoría del Buque”.....	33
Capítulo 5 “Resistencia Estructural”.....	34
Capítulo 6 “Equipos y Servicios”.....	35
Capítulo 7 “Planta Eléctrica”.....	36
Capítulo 8 “Estimación de Pesos y CdG”.....	37
Capítulo 9 “Situaciones de Carga y Estabilidad”.....	38
Memoria Justificativa.....	40
Capítulo 1 “Dimensionamiento y formas”.....	41
1.- Introducción.....	42
2.- Dimensionamiento.....	42
2.1.- Base de Datos.....	42
2.2.- Análisis de Datos.....	44
2.2.1.- Relación BKW/TPF.....	44



2.2.2.- Relación L/B.....	45
2.2.3.- Relación L/D.....	46
2.2.4.- Relación B/D.....	47
2.2.5.- Relación B/T.....	48
2.2.6.- Relación T/D.....	48
2.3.- Dimensiones Principales.....	49
2.3.1.- Manga.....	49
2.3.2.- Puntal.....	49
2.3.3.- Eslora.....	50
2.3.4.- Calado.....	50
2.4.- Validez de la elección adoptada.....	51
3.- Formas.....	51
3.1.- Descripción de las formas.....	51
3.2.- Coeficientes de la carena.....	53
Capítulo 2 “Potencia y Propulsión”.....	55
1.- Introducción.....	56
2.- Características de los Propulsores.....	59
3.- Selección del Propulsor para la Condición de Arrastre.....	62
4.- Motor.....	65
5.- Transmisión.....	67
Capítulo 3 “Disposición General”.....	69
1.- Introducción.....	70
2.- Elementos Estructurales.....	71
2.1.- Cuadernas.....	71
2.2.- Bulárcamas.....	71
2.3.- Mamparos Transversales.....	71
3.- Cubiertas.....	72
3.1.- Cubierta Principal.....	72
3.2.- Cubierta de Puente.....	73
3.3.- Cubierta de Techo Puente.....	73
3.4.- Cubierta de Botes.....	73
4.- Zona de Trabajo.....	74
5.- Cámara de Máquinas.....	75
6.- Tanques.....	76
6.1.- Tanques de Lastre.....	76
6.2.- Tanques de Combustible.....	77
6.3.- Tanque de Dispersante.....	77
6.4.- Tanques de Aceite.....	78
6.5.- Tanques de Espumógeno.....	78



6.6.- Tanques de Agua Dulce.....	79
6.7.- Tanque de Lodos.....	79
6.8.- Resumen de Tanques y Volúmenes.....	79
7.- Habilitación.....	80
7.1.- Zonas de Habitabilidad.....	81
7.2.- Alojamientos.....	81
7.3.- Locales Sanitarios.....	83
7.4.- Cocina.....	83
8.- Servicio de Acceso.....	84
Capítulo 4 “Teoría del Buque”.....	87
1.- Introducción.....	88
2.- Carenas Rectas.....	89
3.1.- Curvas Hidrostáticas.....	90
3.2.- Coeficientes del Casco.....	92
3.- Carenas Inclinadas.....	93
4.- Cálculo de Francobordo.....	97
5.1- Francobordo (Formato Marina Mercante).....	102
5.- Cálculo de Arqueo.....	105
6.1- Arqueo Bruto.....	106
6.2.- Arqueo Neto.....	107
Capítulo 5 “Resistencia Estructural”.....	108
1.- Criterios de Cálculo.....	109
2.- Planteamiento del Proceso.....	110
3.- Escantillonado de la Cuaderna Maestra.....	113
3.1.- Doble Fondo.....	114
3.1.1.- Altura del Doble Fondo.....	114
3.1.2.- Reforzado del Doble Fondo.....	116
3.1.3.- Espesor de la Tapa del Doble Fondo.....	117
3.2.- Estructura de la Cubierta Resistente.....	118
3.2.1.- Planchas de Cubierta.....	118
3.2.2.- Longitudinales de Cubierta (Esloras).....	120
3.3.- Estructura del Costado.....	122
3.3.1.- Planchas de Costado.....	122
3.4.- Estructura del Fondo y Pantoque.....	125
3.4.1.- Planchas de Fondo y Pantoque.....	125
3.5.- Mamparo Longitudinal.....	127
3.5.1.- Planchas del Mamparo.....	127
3.5.2.- Refuerzos del Mamparo.....	127
3.6.- Quilla Plana.....	129



4.- Comprobación del Módulo de la Maestra.....	129
4.1.- Análisis de las Tensiones Generadas.....	130
4.2.- Módulo Resistente Mínimo de la Sección Maestra.....	132
5.- Escantillonado del Resto de la Estructura Resistente.....	133
6.- Estudios estructurales locales.....	139
Capítulo 6 “Equipos y Servicios”.....	141
1.- Introducción.....	142
2.- Equipo de Amarre y Fondeo.....	145
2.1.- Numeral de Equipo.....	145
2.2.- Anclas y Cadenas.....	145
2.3.- Molinete.....	147
2.4.- Estopor.....	148
2.5.- Escobén.....	149
2.6.- Dimensionamiento de la Caja de Cadenas.....	149
2.7.- Cabos de Amarre.....	150
2.8.- Bitas y Guías.....	150
2.9.- Cintón y Defensas.....	151
2.10.- Gateras.....	151
2.11.- Grúa de carga.....	151
3.- Servicio de Remolque.....	152
3.1.- Cable de Remolque.....	152
3.2.- Chigre de Remolque.....	152
3.3.- Gancho de Remolque.....	154
3.4.- Control.....	158
4.- Servicio de Baldeo y Contraincendio.....	158
4.1.- Bombas Contraincendio.....	159
4.2.- Colector Contraincendio.....	160
4.3.- Tuberías y Bocas Contraincendio.....	160
4.4.- Mangueras Contraincendio.....	161
4.5.- Conexión Internacional a Tierra.....	161
4.6.- Dispositivos de Extinción de Incendios en Cámara de Máquinas.....	162
4.7.- Dispositivos de Extinción de Incendios en los Espacios de Acomodación y servicios.....	164
4.8.- Equipo de Bombero.....	165
4.9.- Planos de Lucha Contraincendio.....	165
4.10.- Integridad al Fuego de Mamparos y Cubierta.....	165
5.- Servicios Contraincendios al Exterior.....	166
5.1.- Monitores de Agua y Espuma.....	168
5.2.- Bombas Principales Contraincendio.....	169
5.2.1.- Tomas de Fuerza.....	171
5.3.- Válvulas.....	172
5.4.- Sistema de Autoprotección.....	173



5.5.- Sistema de Control.....	173
6.- Equipo de Gobierno.....	174
7.- Servicio de Combustible.....	177
7.1.- Sistema de Almacenamiento.....	177
7.2.- Sistema de Trasiego.....	180
7.3.- Purificadora de Combustible.....	180
7.4.- Bomba de Trasiego.....	181
7.5.- Bomba Manual.....	181
7.6.- Tanque de Rebores de Combustible.....	181
7.7.- Sistema de Alimentación.....	181
7.7.1.- Subsistema Interno.....	182
7.7.2.- Subsistema Externo.....	182
8.- Servicio de Lubricación.....	183
8.1.- Sistema de Almacenamiento.....	185
8.2.- Sistema de Lubricación de los Motores Principales.....	185
8.2.1.- Subsistema de Lubricación Interno.....	185
8.2.2.- Subsistema de Lubricación Externo.....	186
9.- Servicio de Refrigeración.....	187
9.1.- Servicio de Refrigeración y Circulación de Agua Salada.....	187
9.1.1.- General.....	187
9.1.2.- Refrigeración.....	188
9.1.3.- Circuito de Agua Salada.....	189
9.2.- Servicio de Refrigeración y Circulación de Agua Dulce.....	193
9.2.1.- General.....	193
9.2.2.- Refrigeración del Motor Principal.....	194
9.2.3.- Elementos del Sistema de Refrigeración.....	194
10.- Servicio de Aire Comprimido.....	197
10.1.- Servicio de Aire de Arranque.....	197
10.1.1.- Botellas de Aire de Arranque.....	198
10.1.2.- Compresores de Aire de Arranque.....	198
10.1.3.- Motocompresor de Emergencia.....	199
10.1.4.- Separador de Agua y Aceite.....	199
10.2.- Aire de Servicio.....	200
11.- Servicio de ventilación y extracción en sala de máquinas.....	200
11.1.- Servicio de ventilación.....	201
11.1.1.- Servicio de impulsión.....	201
11.1.1.1.- Electroventiladores.....	201
11.1.1.2.- Conductos de distribución.....	202
11.1.2.- Servicio de extracción.....	203
11.1.3.- Conductos de exhaustación.....	203
12.- Servicio de Achique de Sentinas.....	204
12.1.- Aspiraciones.....	204
12.2.- Cálculo de Diámetros.....	206
12.2.1.- Colector Principal.....	206
12.2.2.- Ramales a Espacios de Máquinas.....	206



12.2.3.- Aspiraciones Directas de Sentina.....	207
12.2.4.- Aspiración de Emergencia.....	207
12.2.5.- Ramales de la Caja de Distribución.....	208
12.2.6.- Bombas del Servicio de Achique.....	209
12.2.7.- Prevención de la Contaminación del Agua del Mar.....	209
13.- Servicio de Lastre.....	210
13.1.- Circuito de Lastrado.....	210
13.1.1.- Bombas de Lastre.....	210
13.1.2.- Red de Tuberías.....	211
13.2.- Circuito de Aireación y Rebose.....	211
14.- Servicio de Acceso.....	211
14.1.- Escalas.....	212
14.2.- Puertas, Escotillas y Tapas de Registro.....	212
14.3.- Acceso a Compartimentos.....	213
15.- Equipo de Salvamento.....	214
15.1.- Embarcaciones de Supervivencia.....	214
15.2.- Dispositivos Individuales de Salvamento.....	215
15.3.- Equipo Pirotécnico.....	215
15.4.- Otros.....	216
16.- Servicio Antipolución.....	217
16.1.- Dispersante.....	217
17.- Servicio de Habilitación.....	217
17.1.- Acomodación.....	217
17.2.- Acondicionamiento de la Habilitación.....	219
17.3.- Ventiladores de Extracción.....	219
17.4.- Ventilación en Pañoles.....	220
17.5.- Aire Acondicionado.....	220
17.5.1.- Cálculo del aire Acondicionado.....	220
17.6.- Cocina.....	221
18.- Servicio Sanitario.....	221
18.1.- Servicio de Agua Dulce.....	222
18.1.1.- Tanques de Agua Dulce.....	222
18.1.2.- Equipo Hidróforo.....	222
18.1.3.- Bomba Manual de Reserva de Agua Dulce.....	222
18.1.4.- Calentador Eléctrico.....	223
18.2.- Servicio de Agua Salada.....	223
18.2.1.- Equipo Hidróforo.....	223
18.3.- Planta de Tratamiento de Aguas Grises/Negras.....	223
19.- Servicio de Navegación y Comunicaciones.....	224
19.1.- Equipo de Ayuda a la Navegación y Comunicaciones Exteriores.....	224
19.2.- Comunicaciones Interiores.....	224
20.- Servicio de Alumbrado.....	227
20.1.- Alumbrado Interior.....	227
20.2.- Luces de Navegación.....	227
20.3.- Alumbrado Exterior.....	231



20.4.- Alumbrado de Emergencia.....	231
21.- Sistema de Protección del Casco.....	232
21.1.- Pintura.....	232
21.1.1.- Obra Viva.....	232
21.1.2.- Obra Muerta y Superestructura.....	232
21.1.3.- Interiores.....	232
21.1.4.- Tanques de Lastre.....	233
21.1.5.- Tanques de Espumógeno y Dispersante.....	233
21.1.6.- Tanques de Combustible y Aceite.....	233
21.1.7.- Cubierta.....	233
21.1.8.- Caja de Cadenas.....	233
21.1.9.- Habilitación.....	233
21.2.- Protección Catódica.....	233
Capítulo 7 “Planta Eléctrica”.....	235
1.- Introducción.....	236
2.- Sistema de Distribución.....	237
2.1.- Selección del Tipo de Corriente.....	237
2.2.- Selección de la Tensión de Distribución y de la Frecuencia.....	238
3.- Consumidores.....	239
3.1.- Alumbrado.....	239
3.1.1.- Iluminación Interior.....	240
3.1.2.- Luces de Navegación y Señales.....	243
3.1.3.- Alumbrado Exterior.....	243
3.1.4.- Alumbrado de Emergencia.....	244
3.2.- Equipos de comunicaciones y auxiliares de la navegación.....	244
3.3.- Consumidores de fuerza, ventilación y aire acondicionado.....	244
4.- Balance Eléctrico.....	244
4.1.- Número y Potencia de los Generadores Necesarios.....	246
4.2.- Funcionamiento de los Generadores en Cada Situación.....	248
4.2.1.- Navegación.....	248
4.2.2.- Maniobra.....	249
4.2.3.- Remolque.....	249
4.2.4.- Puerto.....	250
4.2.5.- Antipolución.....	250
4.2.6.- Contraincendios.....	251
5.- Planta de Emergencia.....	251
6.- Cuadros de Distribución.....	252
6.1.- Cuadro Principal.....	252
6.2.- Cuadro de Maniobra.....	253
6.3.- Cuadros de Distribución Secundarios.....	253
6.4.- Cuadros Terminales.....	253
6.5.- Cuadro de Conexión a Tierra.....	253

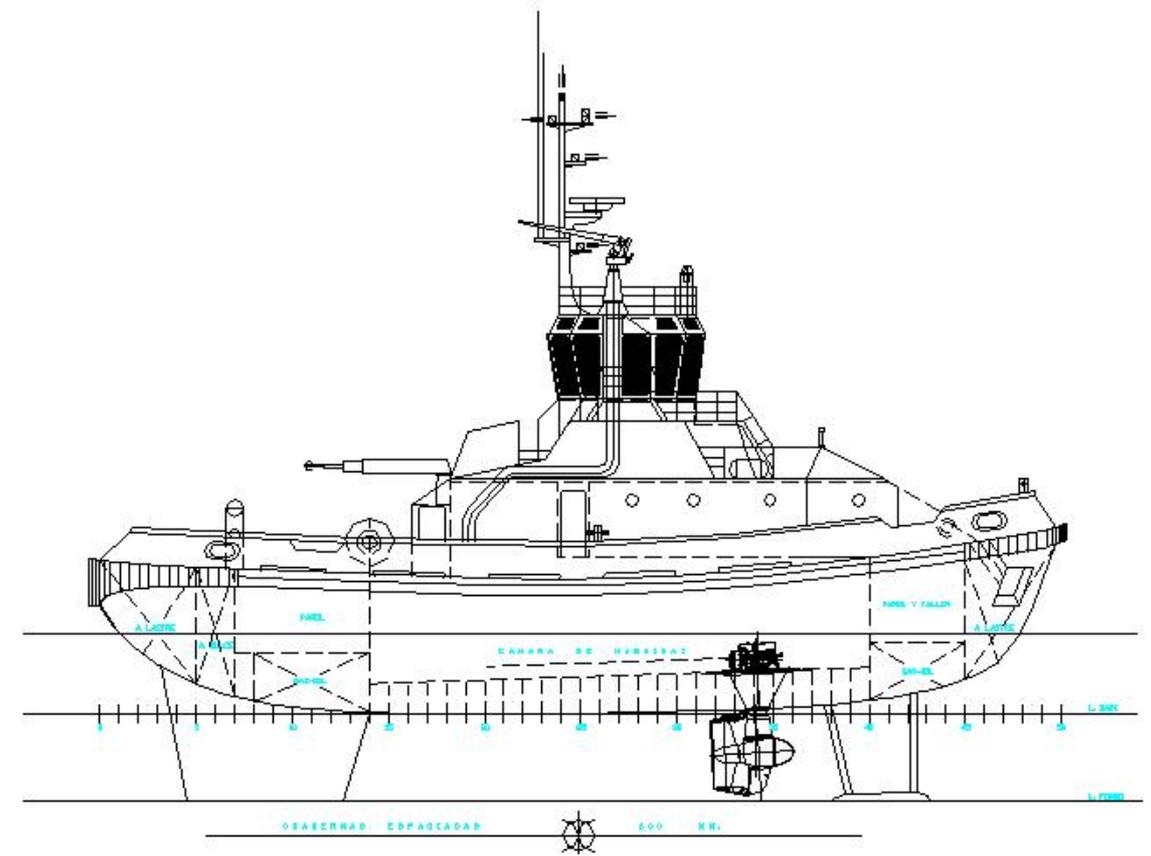


7.- Transformadores.....	254
8.- Diagramas Unifilares del Sistema de Potencia.....	255
8.1.- Cables Eléctricos.....	255
8.1.1.- Conductores Generadores del Cuadro Principal.....	255
Capitulo 8 “Estimación de pesos”.....	257
1.- Introducción.....	258
2.- Peso del acero.....	260
2.1.- Resumen del peso del acero.....	260
2.2.-Elementos longitudinales.....	261
2.3.- Elementos transversales.....	261
2.4.- Mamparos.....	265
2.5.- Forro.....	266
2.6.- Superestructura.....	268
2.7.- Apéndices.....	270
3.- Peso de la maquinaria.....	270
4.- Peso del equipo y la habilitación.....	272
5.- Resumen del peso en rosca.....	273
6.- Comprobación del calado.....	273
Capitulo 9 “Situaciones de carga y estabilidad”.....	275
1.-Introducción.....	276
2.- Criterios de estabilidad.....	276
3.- Cálculo de las curvas de estabilidad.....	277
4.- Criterios de estabilidad.....	281
5.- Ángulo de inundación.....	283
6.- Situaciones de carga.....	283
6.1.- Salida de puerto 100% de consumos.....	284
6.1.1.- Pesos a bordo.....	284
6.1.2.- Asiento y calados.....	284
6.1.3.- Estabilidad estática y dinámica.....	285
6.1.4.- Cálculo de los brazos escorantes.....	285
6.1.5.- Representación gráfica.....	287
6.1.6.- Cumplimiento de los criterios de estabilidad.....	287
6.2.- Llegada a puerto 10% de consumos.....	288
6.2.1.- Pesos a bordo.....	288
6.2.2.- Asiento y calados.....	288
6.2.3.- Estabilidad estática y dinámica.....	289
6.2.4.- Cálculo de los brazos escorantes.....	289
6.2.5.- Representación gráfica.....	291



6.2.6. Cumplimiento de los criterios de estabilidad.....	291
6.3.- Llegada a puerto 50% de consumos.....	292
6.3.1.- Pesos a bordo.....	292
6.3.2.- Asiento y calados.....	292
6.3.3.- Estabilidad estática y dinámica.....	293
6.3.4.- Cálculo de los brazos escorantes.....	293
6.3.5.- Representación gráfica.....	295
6.3.6. Cumplimiento de los criterios de estabilidad.....	295
Pliego de Condiciones.....	296
Bibliografía General.....	302

INTRODUCCIÓN





1.- BREVE RESEÑA HISTÓRICA

Desde que en el año 1830 se construyera el primer remolcador con propulsión por medio de ruedas de palas la evolución de este tipo de buques ha sido realmente importante.



Ya a principios del año 1900 se implanta la hélice convencional, accionada mediante máquinas de vapor. Hacia 1950 el motor Diesel está dispuesto en la práctica totalidad de estos buques. Otras innovaciones van surgiendo poco después, tales como la propulsión epicicloidal Voith-Schneider en 1954 o la diesel-eléctrica en 1958 que han sido progresivamente mejoradas hasta nuestros días. Otro tipo de innovaciones a destacar han sido distintos tipos de toberas, como las Kort, hélices en proa para maniobrar, la propulsión Schottel, etc.

Con estas mejoras y los distintos sistemas propulsivos ha cambiado sustancialmente el diseño de los remolcadores adaptándose cada uno de ellos a las distintas posibilidades específicas de operación tales como: remolque indirecto, remolque directo, remolque combinado, etc. Actualmente es conocido que para cada tipo de operación hay un diseño de remolcador mas adecuado.





2.- TIPOS DE REMOLCADORES

Se van a clasificar a los remolcadores por dos tipos: según las funciones y/o zonas de trabajo y según la propulsión que lleve instalada.

2.1.- FUNCIÓN Y/O ZONAS DE TRABAJO

Por la zona o tipo de trabajo los remolcadores se han definido como:

- Remolcadores oceánicos
- Remolcadores costeros, puerto y rada
- Remolcadores para canales, esclusas y diques
- Remolcadores de escolta
- Remolcadores para terminales de crudo
- Remolcadores antipolución
- Remolcadores de lucha contra incendios
- Remolcadores de salvamento
- Otros

Las zonas o el tipo de trabajo requerirán una serie de características de las que debemos dotar al remolcador para poder cumplir su misión.

2.1.1.- OCEÁNICOS

Deberían poder operar remolcando a través de océanos, por lo que deben ser buenas su comportamiento en la mar, embarque de agua y la evacuación de la misma tanto en condiciones de mala mar remolcando o en marcha libre.

Su autonomía máxima se calcula teniendo en cuenta la velocidad en remolque. Las formas y la propulsión se han de calcular para obtener el máximo tiro útil en la condición de remolque y la máxima velocidad en marcha libre.

La Cámara de Máquinas y la Habilitación tienen que estar diseñadas para largos trayectos y la potencia será la suficiente para realizar los remolques a la velocidad de proyecto.



2.1.2.- COSTEROS, PUERTO Y RADA

Estos remolcadores deberían ser diseñados para poder ofrecer una respuesta en el menor tiempo posible incluyendo el manejo del cable o estacha de remolque y de cualquier otro elemento de conexión buque-remolcador.

Han de poder ofrecer una excelente capacidad de maniobra para poder trabajar en espacios reducidos. Si existen limitaciones en el espacio donde va a efectuar el trabajo, las dimensiones principales del buque han de estar de acuerdo con dichas limitaciones.

Se ha de procurar una velocidad en posicionamiento del remolcador que elimine cualquier periodo de falta de ayuda o asistencia.

La visibilidad ha de ser buena desde el puente de gobierno, evitando las áreas muertas y con una especial buena visión de la popa del remolcador, del chigre y/o gancho de remolque, las zonas de trabajo y del buque remolcado. En proa y/o popa y/o costado ha de haber zonas planas de apoyo de defensas que aseguren la transmisión suave a través de las mismas del empuje del remolcador.

En este tipo de buques las necesidades de Habilitación son menores que en los buques para remolques oceánicos pero debido al sistema de cambios de tripulaciones que impera actualmente, ha crecido respecto a los últimos años. Suele ser habitual que las tripulaciones sean reducidas y el grado de automatización de máquinas elevado con un sistema efectivo de comunicaciones entre el buque asistido, el práctico, la base y el remolcador.



Los remolcadores de puerto pueden a su vez ser clasificados por su forma de trabajo. Antiguamente esas formas de trabajo recibían el nombre de las áreas donde se utilizaban con mayor frecuencia. Hoy en día han perdido esa identidad por ser utilizados en todos los puertos, aunque por tratarse del tipo de remolcador de nuestro proyecto, las explicaremos:

-Sistema europeo: El remolcador puede trabajar tirando del buque o empujándolo. Si tira del buque, está unido a éste mediante un cable o amarra de remolque que se fija a un chigre o gancho situado a 0.45 de la eslora desde popa. Si trabaja empujando, el remolcador desconecta la línea de remolque aunque puede seguir conectado al buque en algunos casos y existe el riesgo de vuelco por delante del buque remolcado.





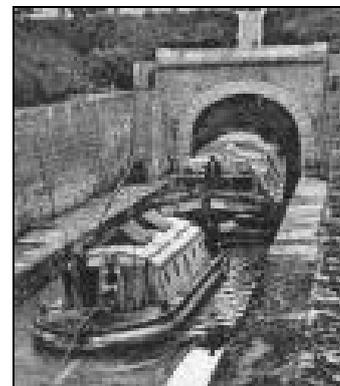
-Sistema americano: El remolcador trabaja adosado al buque y amarrado a él por proa y popa en aguas libres controlándolo. En atraque empuja unido por una línea al buque. Corrige o tira por esa misma línea sin reposicionar el remolcador aunque con menor eficacia (ciando).



-Sistema japonés: El remolcador queda unido al buque a asistir mediante el remolque que se hace firme en el gancho o chigre de proa del remolcador. El remolcador empuja o tira sin desconectar la línea de remolque.

2.1.3.- CANALES, EXCLUSAS Y DIQUES

Serán similares a los anteriores con las limitaciones físicas, por lo general más limitadas, impuestas por las zonas de trabajo.





2.1.4.- ESCOLTA

Todos los buques se encuentran expuestos a fallos, averías o accidentes que pueden poner en peligro la propia integridad del buque y tener consecuencias nefastas para otros o para la población o el medio ambiente. Los objetivos de un remolcador escolta son minimizar las consecuencias de fallos como los de propulsión o gobierno, errores humanos, efectos de otros buques o de fuerzas externas como el viento o la corriente. Han de minimizar así mismo el efecto de la colisión o varada y proporcionar asistencia.

Por todo ello, el remolcador escolta deberá ser muy fiable y en un tiempo mínimo debe poder tomar y lanzar cabos y posicionarse en la proa o estela y navegar acompañando al buque, así como ser capaz de parar o controlar a grandes buques. Debe disponer de un sistema efectivo de comunicaciones y una visibilidad adecuada y señalización. También una línea de remolque adecuada al trabajo.



Han de poder suplir la capacidad de gobierno y maniobra del buque asistido y sistemas propulsivos duales. La capacidad de maniobra ha de ser elevada.

Para aumentar la efectividad del control y asistencia sobre grandes buques se ha desarrollado lo que se conoce como tiro indirecto. Las diferencias entre el tiro directo y el indirecto son las siguientes:



-Tiro directo: Prácticamente el empuje del remolcador se produce en una gran proporción por el sistema propulsivo del mismo.

-Tiro indirecto: Una gran parte del tiro o empuje se produce por efecto hidrodinámico sobre el remolcador que actúa como un ancla de capa y puede alcanzar valores dobles o triples del tiro directo.



2.1.5.- TERMINALES DE CRUDO

Debe contemplar prácticamente los mismos requerimientos que los remolcadores de puerto con algunos adicionales, como la necesidad de operar en zonas donde se hayan producido vertidos, la disposición de boyas y los mayores movimientos relativos buque asistido-remolcador.





2.1.6.- ANTIPOLUCIÓN

Distinguimos dos tipos, aquellos sin tanques de almacenamiento y concentración de los vertidos y aquellos que sí que los poseen.

En los primeros, los buques dispondrán de medios para el largado de barreras capacidad para moverse a pequeña velocidad en operación continua y una zona de trabajo amplia. Así mismo pueden usar tangones para utilizar dispersantes o elementos químicos o físicos para la lucha contra la contaminación.

En los segundos amen de estas capacidades deberán poder almacenar, a ser posible concentrar y exportar el efluente producido por el skimmer.



2.1.7.- CONTRAINCENDIOS

El remolcador contra incendios tendrá un sistema de autoprotección que le permita operar en zonas de altas temperaturas. Los sistemas de circulación y refrigeración de los motores principales no se han de ver afectados por la presencia de hidrocarburos o plásticos flotando en la zona. Los equipos deberán diseñarse con la capacidad y las características que permitan trabajar en espera durante largos períodos de tiempo.

Se dispondrán de medios que aseguren la visibilidad desde el puente en el escenario fuego con las cortinas de autoprotección. Las ventanas resistentes al fuego podrían ser una solución. Las puertas de habilitación y guardacalor dispondrán de capacidad para ser abiertas en cualquier situación.



2.1.8.-SALVAMENTO Y RESCATE

En el menor tiempo posible se presentan en el lugar del accidente y realizan el salvamento de las vidas que estuvieran en peligro. Para ello estarán dotados de una gran velocidad en marcha libre y dispondrán de una gran maniobrabilidad y defensas para poder abarlotarse a cualquier buque. Deberán tener también medios de izado mecánicos y de una zona de acogida con un pequeño hospital y una zona de despegue de helicóptero.



2.1.9.- OTROS

En este apartado se pueden incluir remolcadores del tipo rompehielos (inexistente en España), servicio de provisiones, combustibles, aceites y recogida de tripulantes y personal.

2.2.- CONFIGURACIÓN PROPULSIVA

Por la disposición de la propulsión podemos encontrar:

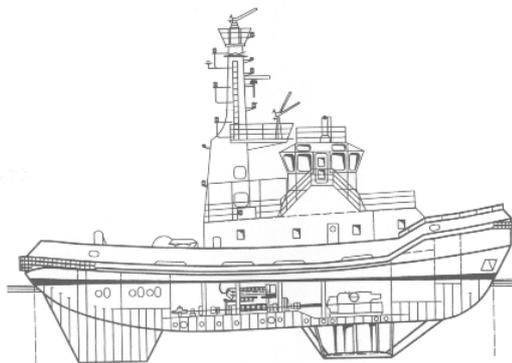
- Remolcadores tipo “tractor”



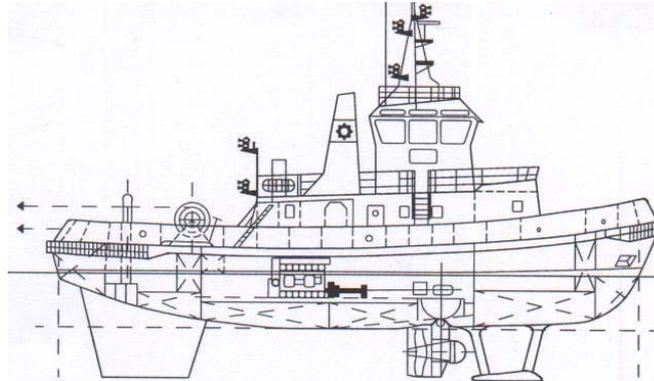
- Remolcadores convencionales
- Remolcadores tipo empujador
- Remolcadores azimutales

2.2.1.- REMOLCADOR “TRACTOR”

El remolcador tractor o tractorremolcador, tiene sus propulsores a proa de la cuaderna maestra. Generalmente están situados aproximadamente a un tercio de la eslora del barco desde proa. Estos propulsores pueden ser epicicloidales o propulsores azimutales. Están equipados con un quillote estabilizador a popa. Normalmente remolcan y empujan con la popa.



Remolcador Tractor Propulsión Voith-Schneider



Remolcador Tractor propulsión Schottel

2.2.2.- REMOLCADOR CONVENCIONAL (PROPULSIÓN POPA)

La propulsión se sitúa a popa y el chigre o gancho de remolque se sitúa a una distancia aproximada a la mitad de la eslora. La mayor efectividad en remolque en corto se obtiene cuanto más a proa esté el punto de remolque, pero el criterio de estabilidad actual penaliza cuanto más a proa está ese punto.

Puede montar como propulsores hélices de palas fijas con o sin tobera, hélices de paso controlable (también en tobera fija o en tobera tipo timón). El número de propulsores puede ser uno o varios y la maniobrabilidad aumentará con el número de estos.

Las toberas en las hélices aumentan la capacidad de remolque. Se conocen como toberas Kort en honor al ingeniero naval que las diseñó y consisten en una tobera dispuesta alrededor de la hélice para aumentar la velocidad del agua que se acerca al propulsor y aumentar su rendimiento de este modo. También se consigue evitar la formación de remolinos. En muchos casos para incrementar la maniobrabilidad se instalan hélices a proa.

El diseño de formas de casco de estos remolcadores es normal y pueden incorporar aletas estabilizadoras e impulsores laterales. Remolcan desde la popa o desde la proa si van de costado al barco y normalmente empujan con la proa. Con este tipo de remolcador no es posible operar de modo tiro indirecto. Esta configuración es la normal en remolcadores para operaciones como manejar anclajes de plataformas petrolíferas, apoyo a plataformas off-shore y remolcadores de altura y salvamento.



2.2.3.- REMOLCADOR EMPUJADOR

La concepción del empujador es la contraria a la del tractor. Los propulsores, normalmente epicicloidales o azimutales o en tobera tipo timón, se montan a popa y el gancho de remolque a proa.

Los criterios de estabilidad deberán contemplar como en el caso de los remolcadores tractores los esfuerzos hidrodinámicos que se planteen en el tiro indirecto y la situación de los propulsores y su acción.

La propulsión epicicloidal Voith-Schneider consta de palas verticales que giran sobre un eje también vertical y permiten el desplazamiento del buque en todas las direcciones con gran facilidad. Este tipo de remolcadores puede girar sobre sí mismo. Las órbitas de las palas suelen ser de 3 metros, lo que implica que en este tipo de remolcadores tractores la manga ha de ser más amplia de lo habitual.

2.2.4.- REMOLCADOR AZIMUTAL CON PROPULSIÓN A POPA

Conocidos en inglés por ASD (Azimut Stern Drive) Tugs, son muy parecidos a los remolcadores empujadores con los propulsores lo más a popa posible y también el punto de remolque lo más a proa posible. Suelen incorporar una hélice de maniobra en la proa lo que mejora considerablemente la maniobrabilidad. Las prestaciones son similares a las de un empujador más un remolcador convencional.



3.- CARACTERÍSTICAS DEL REMOLCADOR EN PROYECTO

Las características del buque en proyecto vienen determinadas por las especificaciones del mismo. Dichas especificaciones, en principio, fueron las siguientes:

TIPO DE BUQUE: Remolcador de puerto y rada

TIRO A PUNTO FIJO: 52 toneladas

CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE CONSUMOS: 147.64 m³ de combustible y 26.72 m³ de agua dulce

REGLAMENTOS Y LIMITACIONES: Lloyd's Register of Shipping, SERVIMAR y SOLAS.

VELOCIDAD: 12 nudos

SISTEMA DE PROPULSIÓN: tractor azimutal

GANCHO DE REMOLQUE: a popa de tiro mecánico

ALOJAMIENTO: para 3 + 4 personas

AUTOMACIÓN: Poder ser operado en puerto por 3 hombres

CLASIFICACIÓN Y COTA: 100 A1 "TUG", FIRE-FIGHTING SHIP 1 (2400 M³/H.) + LMC, UMS.



Este remolcador ha sido diseñado especialmente para efectuar remolques y maniobras en puerto, no obstante puede hacer navegaciones oceánicas inferiores a 8 horas así como realizar operaciones costeras y de rada.

Se ha proyectado para conseguir la máxima eficacia en las operaciones de maniobra de atraque de buques con la máxima simplicidad de manejo, de forma que pueda ser atendido con un mínimo de tripulación.

La popa despejada y una amplia visibilidad desde el puente, tanto respecto al gancho, como a navegación, facilitan al máximo la seguridad y la eficacia en la maniobra.

El buque podrá efectuar normalmente los siguientes servicios:

- Maniobras de atraque y desatraque dentro del puerto.
- Servicios de remolque.
- Servicio de contraincendio.
- Servicio de contención de polución marina.

Dispone de gran maniobrabilidad y tiro, así como de una estabilidad adecuada y una gran comodidad y confort para la tripulación, que puede ser mínima, dada la disposición y equipos del buque.

La popa está despejada y dispone de una óptima visibilidad. A este respecto el puente tiene fácil acceso y una visibilidad de 360°. Se ha previsto ventanas fijas en los laterales del techo para facilitar la visión cuando se trabaje con buques de gran puntal, y ventanas bajas y de gran amplitud en el mamparo de popa de la caseta, para poder dominar toda la zona de maniobra de popa.

Este buque ha sido diseñado con la idea de dotarlo de la máxima estabilidad y seguridad así como para cumplir ampliamente con las necesidades de tiro requeridas, y para ello tanto la disposición, distribución de tanques, selección de equipos, materiales, etc. han sido escogidos y calculados a tal efecto. Algunos de esos detalles se resumen a continuación, sin embargo otros, se comentan mas detalladamente en el resumen posterior y en cada cuaderno.

El diseño estructural del remolcador le dota de un doble casco en toda su parte central, donde se albergan una gran parte de los tanques del buque, así como en los



dobles fondos, no solo de cámara de máquinas en toda la parte central, sino también en los de los paños a proa y popa.

Todos los tanques de agua dulce están conectados, no solo al servicio de hidróforos, sino también a las bombas de servicios generales con el fin de poder suministrar, a través de la tubería de baldeo y C.I. agua potable a otros buques.

El material empleado para el casco será acero soldado en su totalidad y cumplirá con el reglamento de la Sociedad Clasificadora Lloyd's Register of Shipping.

Se reforzarán especialmente las zonas de bancada del motor principal y los polines de la maquinaria de abordó, el gancho, la guía y la maquinilla de remolque, así como el molinete de anclas.

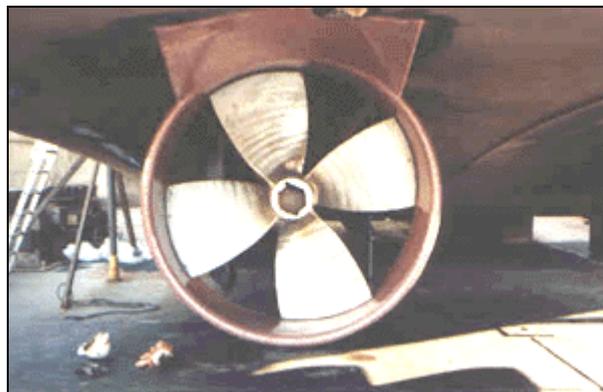
Las amuradas dispondrán de imbornales para evacuar el agua embarcada sobre cubierta.

Las superficies en contacto con el exterior o focos de calor (máquinas, chimenea, etc.), se forrarán con aislante térmico y acústico.

El sistema propulsivo es una doble línea de ejes de propulsores azimutales acoplados a sendos motores diesel semirápidos. Los propulsores azimutales consisten en un cuerpo superior que puede hacer 360 grados tanto a un lado como al otro a una hélice de la serie Kaplan 4.70 dentro de una tobera 19A. El efecto de la tobera es mas pronunciado cuanto mas cargada esté la hélice y a bajas revoluciones, tal y como trabajan los remolcadores de puerto. Las toberas aumentan el empuje entre un 15 y un 25% remolcando o empujando. Las toberas incrementan la eficiencia del propulsor, pero disminuyen la capacidad de gobierno.



Este mecanismo propulsor hace que el sistema sea totalmente operativo careciendo de timón, ya que el mismo giro de las toberas rigen el gobierno del buque. Otro aspecto a nombrar es que el engranaje reductor del sistema se encuentra integrado en el mismo cuerpo del dispositivo azimutal





Como ya se ha indicado, la estabilidad en los remolcadores es muy importante y para ello se deben analizar los efectos del remolque sobre la estabilidad transversal. Se exige una amplia estabilidad inicial y un francobordo alto. En el proyecto de este buque se ha acatado lo dispuesto en la circular N° 2/79 de la marina mercante española “Estabilidad de Remolcadores”

Este buque ofrece una rápida respuesta, gran maniobrabilidad, zonas planas de apoyo de defensas en proa/popa/costado que aseguran una transmisión suave a través de las mismas del empuje del remolcador y un sistema dual de comunicaciones efectivo que asegura buena comunicación entre el buque asistido, el práctico, la base y el remolcador, además de las otras características que ya se han descrito.

El sistema de remolque es fundamental, ya que es el principal equipo ayudándolo a cumplir el objetivo para el que fue diseñado y se ha seleccionado con especial cuidado.

En las zonas de Cámara de Máquinas que estén muy empachadas de tubos, se cuidará a ser posible, que para desmontar un tubo no sea preciso desmontar otro tubo o elemento. Cuando sea preciso, se montarán las necesarias curvas de dilatación, cuidando además que los tubos no queden forzados al instalarlos.

Las tuberías que corresponden a los servicios de agua dulce y salada, serán galvanizadas en caliente, no efectuándose el galvanizado hasta que no se haya dado forma a los tubos y efectuadas las soldaduras de topes, injertos y/o bridas. Los deterioros del galvanizado se rectificarán con pintura adecuada en frío.

Todas las válvulas dispondrán de rótulos que indiquen su servicio.



MEMORIA DESCRIPTIVA

En este apartado se va resumir la filosofía de cada uno de los cuadernos que componen el proyecto. Se analizarán las posibles diferentes caminos y los problemas que se han encontrado, argumentando la solución adoptada.

CAPÍTULO 1 “DIMENSIONAMIENTO Y FORMAS”

En este cuaderno se muestran los pasos que se han de dar para obtener las formas del casco.

Las formas del buque van a determinar por completo al mismo, ya que intervienen de manera decisiva en la potencia propulsora necesaria, velocidad, peso muerto, estabilidad, etc. Por tanto, en la realización de este cuaderno se ha tenido especial cuidado con los cálculos dada la enorme influencia que tendrá en el resto del proyecto.

Para la obtención de las dimensiones del buque se crea una base de datos de 28 remolcadores, todos construidos en España y actualmente en servicio en puerto españoles. Para las formas se parte del plano de formas del buque “V.B Alborán”, esto es debido a que las dimensiones principales obtenidas de la base de datos son similares a las de dicho buque, además de contar con el mismo sistema propulsor y desempeñar las mismas funciones.

Con la ayuda del programa AutoShip, se modeliza la carena del remolcador en formato *.PR3. Una vez llegados a este punto se exporta el archivo al programa ModelMaker para terminar de ajustar las formas y con Autocad 2004 se termina el proceso de dibujo de los planos para obtener su presentación definitiva.

El buque dispondrá de un quillote a popa para aumentar el área lateral de la obra viva y así dar más estabilidad al buque cuando se encuentre realizando el remolque de algún buque. El quillote tiene como misión secundaria el colaborar en la estabilidad de rumbo tanto avante como atrás. Además de soportar el peso del remolcador junto con el patín de proa durante la varada



CAPÍTULO 2 “POTENCIA Y PROPULSIÓN”

En este capítulo se procede al cálculo de la planta propulsora a bordo, simplificada el remolcador se concibe como un gancho de remolque que a través de un cable suministra al remolque la tracción adecuada. La condición más exigente es el tiro del remolcador, y a partir de este dato se calculan los motores principales y la velocidad en aguas libres.

El cálculo del tiro se realiza por medio de una hoja de cálculo donde se introducen los polinomios de las hélices Kaplan 4.70 en tobera 19A.

Se opta por el motor WÄRTSILÄ 9L20, debido a que la potencia entregada al freno se adecua a la requerida por el remolcador para ser capaz de proporcionar el tiro de la especificación de proyecto, además de ser el candidato más ligero de los tres motores posibles con 11.6 toneladas frente a las 14.8 del MAK 9M20 y las 15.68 del CATERPILLAR 3606.

El remolcador lleva instalados dos motores de 2200 BHP, que proporcionan un tiro total de 52 toneladas, valor adecuado para las operaciones de atraque y remolque de grandes portacontenedores y cargueros que atracan en los distintos puertos.

En el presente capítulo también se detallan las características del motor elegido, de la línea de ejes y de los propulsores Aquamaster.

La doble línea de ejes se puede ver con detalle en el plano de disposición de sala de máquinas n°03.3, así como la disposición de los motores principales y el cuerpo superior de las unidades azimutales.

CAPÍTULO 3 “DISPOSICIÓN GENERAL”

Este cuaderno se ocupa de la disposición que va a tener el buque y para ello comienza con una descripción de los elementos estructurales transversales, cuadernas, bulárcamas y mamparos transversales, para pasar después a los elementos longitudinales, como cubiertas y esloras.

La disposición general viene determinada por su misión y está condicionada por los siguientes aspectos:

- Maquinaria de cubierta adecuada para el remolque



- Amplia zona de trabajo en cubierta, a popa
- Manga amplia por razones de estabilidad
- Puente elevado de gran visibilidad

Para determinar la distribución general de este remolcador se estudió la de diversos remolcadores similares, llegando a la configuración elegida.

Haremos referencia a la disposición de las zonas de trabajo, atendiendo especialmente al puente de mando y a la zona de remolque, para pasar a la cámara de máquinas en cuanto a la disposición que tiene de estructura.

El siguiente tema al que se hace referencia es el concerniente a los tanques existentes en el buque, con un estudio de su disposición y capacidades.

Por último nos detendremos en el estudio de la disposición de la habitación y el servicio de acceso.

La información expuesta en este capítulo se complementa con los planos 03.1 Disposición General, 03.2 Plano de Tanques, 03.3 Cámara de Máquinas y 03.4 Disposición del Equipo de Remolque.

CAPÍTULO 4 “CÁLCULOS DE TEORÍA DEL BUQUE”

En el presente cuaderno se procede a calcular las características hidrostáticas, carenas rectas, del buque en proyecto, a partir de las formas modelizadas en el programa de diseño naval Autoship, se obtienen las tablas hidrostáticas para los calados probables del buque para un trimado cero, se considera el casco desnudo, sin apéndices y cerrado hasta la cubierta principal. Los apéndices se tendrán en cuenta en el capítulo 9 “Situaciones de Carga y Estabilidad”.

Las curvas KN se obtienen a partir de las formas modelizadas para los desplazamientos probables del buque para un trimado cero, considerando el casco desnudo, sin apéndices y cerrado hasta la cubierta principal. Se calculan desde 10° hasta 90° de escora, para calados entre 1.5 y 3.5 metros, están adjuntadas en formato de tabla además de estar representadas gráficamente.

Se calcula el francobordo de acuerdo con el “Convenio Internacional sobre líneas de carga de 1966” de la organización Marítima Internacional y posteriormente el arqueo.



CAPÍTULO 5 “RESISTENCIA ESTRUCTURAL”

Para el cálculo de la estructura resistente del barco en proyecto se emplea el reglamento de Lloyd’s Register of Shipping, en adelante LRS, siguiendo la normativa necesaria para alcanzar la cota 100 A1 tug indicada en la especificación del proyecto.

En principio no será necesario emplear materiales distintos del acero al carbono NAVAL A de límite elástico 230 N/mm^2 , carga de rotura 490 N/mm^2 y alargamiento del 22%.

El proceso de cálculo de la estructura de acuerdo con el reglamento del LRS exige definir en primer lugar el módulo resistente de la sección maestra, para a partir de este valor definir un coeficiente que aplicar en las fórmulas para el cálculo de los escantillones de los elementos que conforman dicha sección maestra, y que se define a partir del valor máximo que alcanza la tensión σ debida al momento flector que actúa sobre el casco resistente, comparándolo con el valor máximo permitido en función del material empleado.

Con esta premisa se calcula el módulo resistente longitudinal, comprobando que es capaz de soportar las tensiones producidas por los momentos flectores. También se comprueba el módulo resistente mínimo permitido por el LRS de la sección maestra.

Una vez se comprueba que la sección maestra soporta con seguridad las sollicitaciones establecidas por el LRS, se procede al escantillonado del resto de la estructura resistente dividiendo para ello el buque en tres partes: cuerpo central, cuerpo de proa y cuerpo de popa.

Se incluyen en este cuaderno todos los cálculos que han llevado a la obtención de la cuaderna maestra, así como una tabla dentro de las cuales se disponen todos los refuerzos existentes en esa parte del buque, el espesor de plancha o escantillón utilizado y la regla y/o la tabla del LRS por la cual fue calculado.

Se adjuntan los planos 05.1 Cuaderna Maestra, 05.2 Secciones Tipo y 05.3 Perfil Longitudinal.



Al tratarse de un remolcador se detalla la estructura de soporte del equipo de remolque bajo la cubierta principal, así como los detalles del polín del chigre de remolque sobre la cubierta y el gancho y la guía de remolque. Se adjunta el plano 05.6 Soporte del Equipo de Remolque.

Además de todo lo anterior, el remolcador posee un quillote a popa y un patín de proa, que en caso de varada, soportan el peso de remolcador. Ambas estructuras se encuentran detalladas en los planos 05.4 Patín de Proa y 05.5 Quillote de popa. La condición del patín de proa es la más desfavorable, por lo que se realiza un cálculo a compresión excéntrica para comprobar que satisface dicha solicitud.

CAPÍTULO 6 “EQUIPOS Y SERVICIOS”

Este Cuaderno estudia los equipos y los servicios que se van a encontrar a bordo. Se parte calculando el numeral de equipo con la expresión que da la sociedad clasificadora y a partir de cuyo valor se calculan los medios de fondeo, amarre y remolque, tales como anclas, cadenas, molinete, estopor, escobén, etc.

En segundo lugar se procede a diseñar el equipo de remolque, y dado que es fundamental en este tipo de buques, se ha tenido especial cuidado en su selección.

Otro servicio de especial importancia es el de contraincendios, siguiéndose en todo momento la normativa del capítulo II del SEVIMAR, las reglas de la administración española y las de la sociedad clasificadora, determinándose la capacidad y número de bombas necesarias (viene dado por su categoría FiFi-1), bocas, mangueras, etc.

Se hace una breve referencia al equipo de gobierno, aunque el funcionamiento de éste se trata más en profundidad en el capítulo 2 “Potencia y propulsión”.

El siguiente servicio a tener en cuenta es el de achique de sentinas, calculándose los diámetros y ramales de los colectores principales y de otros lugares, como de sentina, máquinas, etc.

Posteriormente se diseña el servicio de lastre, que va a compartir bombas (teniendo en cuenta que el lastre en este buque es prácticamente fijo) y otros equipos con el servicio de achique.



Se describe también el servicio de ayuda a la navegación y comunicaciones, especificando cada uno de los equipos necesarios para dotar al buque de una navegación segura y una buena comunicación exterior con los demás buques y práctico, cumpliendo con lo establecido por la sociedad de clasificación.

Después se determinan los medios y dispositivos necesarios para los equipos de seguridad y salvamento, pasándose posteriormente a describir el servicio de acceso.

En lo referente a la cámara de máquinas, en este capítulo vamos a describir todos los equipos y servicios que tienen cabida en ella, como puedan ser: servicio de combustible, lubricación, aire comprimido, ventilación, refrigeración, contraincendio y baldeo, siguiendo en todo momento lo descrito por las normas de: AESA, SOLAS, SEVIMAR y el Lloyd's Register. Aunque parte principal de la cámara de máquinas sea el equipo propulsor, no será descrito en este capítulo ya que los motores principales así como los propulsores se detallan en profundidad en el capítulo 2 "Potencia y propulsión".

Por último se pasa a describir la habilitación y la iluminación necesaria, describiéndose en último lugar el sistema de protección del casco empleado.

Complementariamente a la información presentada en este capítulo se adjuntan los planos de cada uno de los servicios.

CAPÍTULO 7 "PLANTA ELÉCTRICA"

En este cuaderno se dimensiona la planta eléctrica del remolcador. Empezando por seleccionar el tipo de corriente, tensión y frecuencia. Una vez determinados, y teniendo en cuenta cada uno de los consumidores, se obtiene el balance eléctrico.

En el balance se van a considerar seis situaciones, las cuales representan las situaciones más habituales en el funcionamiento de este tipo de buques: navegación, maniobra, remolque, puerto, antipolución y contraincendio.

Una vez realizado el balance, se elige aquel estado que requiera mayor potencia, esa es la de remolque, que requiere 150 kW. Por normativa se instalan dos grupos de igual potencia, siendo capaz cada uno de ellos funcionando por separado de proporcionar los kW demandados en la situación más desfavorable (nunca funcionarán ambos grupos a la vez, actuando uno de respeto del otro). Los grupos seleccionados son GUASCOR de 168 kW a 1500 rpm.



Una vez seleccionados los grupos, se procede a determinar si el régimen en cada situación se encuentra entre el 70 y el 90%. En todas las condiciones se consiguen unos regímenes admisibles, con la excepción de la condición en Puerto. Aquí el régimen es un poco bajo (45%), pero ello no supone ningún problema ya que es común usar la conexión de tierra cuando el buque está en puerto. Otra solución, con el consentimiento del Armador, es la de montar un pequeño generador diesel que sea capaz de suministrar la energía suficiente en este estado de carga.

En caso de emergencia se dispone de baterías de 24V capaces de alimentar los servicios de alumbrado de emergencia, luces de navegación y señales, equipos de detección y alarma de incendios, los sistemas de comunicaciones interiores. La potencia a suministrar en este caso es de 12,7 kW. Las baterías se cargan con un acumulador de baterías.

Adicionalmente se describen los cuadros de distribución y cables. Se adjuntan los esquemas de los diagramas unifilares.

CAPÍTULO 8 “ESTIMACIÓN DE PESOS Y CDG”

En este cuaderno se procede al desglose de todos los pesos del buque, clasificándolos en tres grupos:

- Peso del Acero
- Peso de la Maquinaria
- Peso de la Habitación y Equipos

Se adjuntan tablas resumen de cada uno de los equipos considerados en cada apartado, así como una situación del Centro de Gravedad de cada uno de ellos.

Una vez obtenido el Centro de Gravedad de cada grupo, así como el peso total de cada uno de ellos, se procede a calcular el del buque. Dicho centro se encuentra situado exactamente en las siguientes coordenadas:

$$X_{cg} = 14.572 \text{ m}$$

$$Z_{cg} = 3.403 \text{ m}$$



El origen de coordenadas se toma en la Línea Base en la Perpendicular de Popa.

La suma de cada uno de los grupos considerados, da como resultado el Peso en Rosca, valor que asciende a 359.709 Tn.

El Peso Muerto del buque es de 197.90 Tn, lo que hace un Peso Total de 557.609 Tn.

CAPÍTULO 9 “SITUACIONES DE CARGA Y ESTABILIDAD”

Para la realización de este capítulo se siguen las directrices de la reglamentación de estabilidad establecida en España por la Inspección General de Buques y Construcción Naval, que para este tipo de buques es la Circular 2/79 “Estabilidad de Remolcadores” de la Marina Mercante.

De acuerdo con lo descrito en dicha circular se estudian las siguientes situaciones de carga:

- Situación de salida de puerto, al 100 % de consumos.
- Situación de llegada a puerto, al 10 % de consumos.
- Situación al 50 % de consumos (inmediatamente antes de lastrar).

Para cada condición de carga se tendrán en cuenta los criterios específicos para remolcadores. Éstos son el momento escorante que se genera en el remolcador al ser arrastrado transversalmente a 5 nudos y el momento escorante que genera el tiro máximo transversalmente.

El ángulo de escora que tomará el buque al estar sometido, por separado, a cada uno de los momentos escorantes, M1 o M2, ambos indicados en el presente capítulo, y para cuya escora se produzca el equilibrio estático entre el momento escorante aplicado y el momento adrizante del buque ($DISW \times GZ$, correspondiente al ángulo de escora) será inferior al que produzca la zozobra del buque o su inundación a través de las aberturas.

También se tienen en cuenta los momentos escorantes producidos por la grúa de carga y por los monitores contraincendios trabajando ambos en una misma dirección transversal.



Se adjuntan para cada una de las situaciones mencionadas las tablas y curvas obtenidas en cada caso.

CAPÍTULO 1

DIMENSIONAMIENTO

Y

FORMAS



1.- INTRODUCCIÓN

El objetivo de este cuaderno es el de dimensionar el buque en proyecto. Para ello nos vamos a basar en otros buques similares recopilando en primer lugar información sobre los remolcadores existentes en la actualidad en la flota española. Esta información se ha recogido del artículo obtenida a partir de la información contenida en diversas publicaciones especializadas como *Ingeniería Naval* e *Infomarine* e información publicada en internet por parte de empresas como Remolcanosa, Boluda, Remolques Marítimos S.A. y del registro general de buques de la Sociedad Lloyd's Register of Shipping.

Con toda la información se elabora una base de datos donde se recogen las características principales de cada remolcador, habiendo desestimado previamente todos aquellos que no cumplen la condición de ser remolcadores de puerto y de construcción anterior a 1992.

El proyecto de las formas de la carena de un buque es un proceso complejo, en el que intervienen distintos aspectos de la ingeniería naval, principalmente resistencia y propulsión, estabilidad, trimado, comportamiento del buque en agua agitadas, maniobrabilidad, capacidad de espacios de carga y su estiba más adecuada, procesos de fabricación, etc. Su definición, por lo tanto, es de relativa importancia a la hora de su diseño.

2.- DIMENSIONAMIENTO

2.1.- BASE DE DATOS

Es difícil evaluar el tamaño adecuado de un remolcador para un trabajo determinado, se han recopilado datos teniendo en cuenta parámetros tales como tamaño de los buques que solicitaron asistencia para ser conducidos a puerto, predicciones hechas a cerca de la fuerza requerida para controlar el timón, etc. Sin embargo, se necesitaría adicionalmente, saber los tamaños y potencias de los remolcadores, que trabajando en modo indirecto igualaron o excedieron los requisitos del timón del buque auxiliado, ya que el remolcador debe reemplazar la fuerza del timón.



En consecuencia, para el dimensionamiento del buque en proyecto se parte de estos datos básicos:

- Tracción o Tiro a Punto Fijo sobre 50 toneladas.
- Doble línea de ejes propulsión azimutal a proa, tipo tractor.

Para ello se parte en un principio de una base de datos compuesta de 28 de remolcadores, todos construidos en España y actualmente en servicio, Los remolcadores de la base de datos poseen una tracción o tiro a punto fijo cercana a 50 toneladas, con una eslora próxima a 30 metros y propulsados por doble línea de ejes. Además todos están capacitados para realizar misiones de remolque y contra incendios al exterior dentro de puerto, que son las propias del buque en proyecto.

La base de datos realizada se expresa a continuación:

Nombre	Tipo	L (m)	B (m)	D (m)	TRB (GT)	Pot. (Bhp)	Pot. (Bkw)	Prop	Tiro	Año	Caract.	BKW/ Tiro	L/B	L/D	B/D
Sertosa 32	P y A	30,00	10,00	4,30	350	4100	3059	ASD	52	2002	CI, AP	59	3,00	6,98	2,33
Boluda Alisio	P, A y S	28,50	8,60	4,50	231	4550	3394	Conv	52	1993	CI, AP	65	3,31	6,33	1,91
V.B. Atlántico	P y A	34,00	10,60	4,90	408	4200	3133	ASD	52	1995	CI	60	3,21	6,94	2,16
Albireo	P, A y S	30,00	9,45	4,30	360	4600	3432	ASD	54	1996	CI	64	3,17	6,98	2,20
V.B. Siroco	P y S	29,50	11,00	4,00	352	5900	4401	T Vth	58	2001	CI, AP, ESC	76	2,68	7,38	2,75
Montfred	P y A	27,00	9,70	4,00	267	4002	2985	T Sch	45	2002	CI	66	2,78	6,75	2,43
Joaquim Ruirra	P y A	27,00	9,70	3,90	267	3800	2835	T Sch	45	1995	CI, AP	63	2,78	6,92	2,49
Pau Casals	P y A	27,00	9,70	3,90	267	4000	2984	T Sch	46	1998	CI, AP	65	2,78	6,92	2,49
Ibaizabal 5	A y S	29,50	11,00	4,00	340	5600	4178	T Vth	55	2003	CI, AP	76	2,68	7,38	2,75
Sertosa treinta	P y A	30,00	10,00	5,10	350	4100	3059	ASD	52	2001	CI, AP	59	3,00	5,88	1,96
V.B. Sagarzos	P, A y S	26,80	9,85	5,40	375	5000	3730	ASD	52	1999	CI, AP, ESC	72	2,72	4,96	1,82
V.B. Asdrubal	P y S	29,50	11,00	4,00	352	5900	4401	T Vth	58	2001	CI, AP, ESC	76	2,68	7,38	2,75
Boluda Fos	P, A y S	25,60	8,70	4,80	260	4500	3357	Conv	54	1992	CI, AP, ESC	62	2,94	5,33	1,81
Cares	P y A	30,00	9,85	5,40	360	4130	3081	ASD	54	2002	CI, AP	57	3,05	5,56	1,82
Navia	P y A	30,00	9,85	5,40	358	4000	2984	ASD	53	1998	CI, AP	56	3,05	5,56	1,82
V.B. Cierzo	P y S	29,50	11,00	4,00	352	5900	4401	T Vth	58	2001	CI, AP, ESC	76	2,68	7,38	2,75
V.B. Bora	P y S	29,50	11,00	4,50	352	5900	4401	T Vth	58	2001	CI, AP, ESC	76	2,68	6,56	2,44
V.B. Alborán	P, A y S	29,50	11,00	4,00	343	4060	3029	T Aq	52	1996	CI, AP, ESC	58	2,68	7,38	2,75
Quihnce	P y A	30,00	10,00	5,40	358	4400	3282	ASD	55	2003	CI	60	3,00	5,56	1,85
Getxo	P y R	29,50	11,00	4,00	330	4500	3357	T Vth	46	1994	CI, AP	73	2,68	7,38	2,75
Ibaizabal Seis	A y S	29,50	11,00	4,00	369	5516	4115	T Vth	54	2003	CI, AP	76	2,68	7,38	2,75
Cambrils	P y A	29,50	11,00	4,00	369	5600	4178	T Vth	57	2004	CI	73	2,68	7,38	2,75
Poblet	P y A	29,50	11,00	4,20	365	5262	3925	T Vth	55	2001	CI	71	2,68	7,02	2,62
V.B. Huelva	P, A y S	28,00	11,00	4,00	325	4900	3655	T Vth	47	1996	CI, AP, ESC	78	2,55	7,00	2,75
V.B. Tirreno	P y S	29,50	11,00	4,20	343	5000	3730	T Aq	53	1998	CI, AP, ESC	70	2,68	7,02	2,62
Dhoce	P y A	30,00	9,85	4,40	344	4200	3133	ASD	54	2002	CI	58	3,05	6,82	2,24
V.B. Cartagena	P, A y S	29,50	11,00	4,10	370	4200	3133	T Vth	52	2004	CI, AP, ESC	60	2,68	7,20	2,68



Nombre	Tipo	L (m)	B (m)	D (m)	TRB (GT)	Pot. (Bhp)	Pot. (Bkw)	Prop	Tiro	Año	Caract.	BKW/Tiro	L/B	L/D	B/D
V.B. Algeciras	P y S	29,50	11,00	4,10	370	5900	4401	T Vth	60	2004	CI, AP, ESC	73	2,68	7,20	2,68

En base a estos datos los márgenes de variación de las dimensiones principales obtenidos son:

2835	<BKW<	4401
25,60	<L<	37,00
8,60	<B<	11,00
3,90	<D<	5,40
56	<BKW/TPF<	78
2,55	<L/B<	3,70
4,96	<L/D<	7,40
1,81	<B/D<	2,75

Además de introducir las características de cada uno de los remolcadores, se procede al estudio de algunas de las relaciones adimensionales entre las principales dimensiones. El significado de dichas relaciones se extrae del libro “Teoría del buque I y II” y nos ofrecen información general sobre los buques de la base de datos y por lo tanto sobre el buque en proyecto.

2.2.- ANÁLISIS DE DATOS

2.2.1.- RELACIÓN BKW/TPF

Existe una relación que liga la potencia instalada, BHP (kw), con el tiro a punto fijo, TPF (t), del tipo:

$$\text{BHP} = K1 * \text{TPF}$$

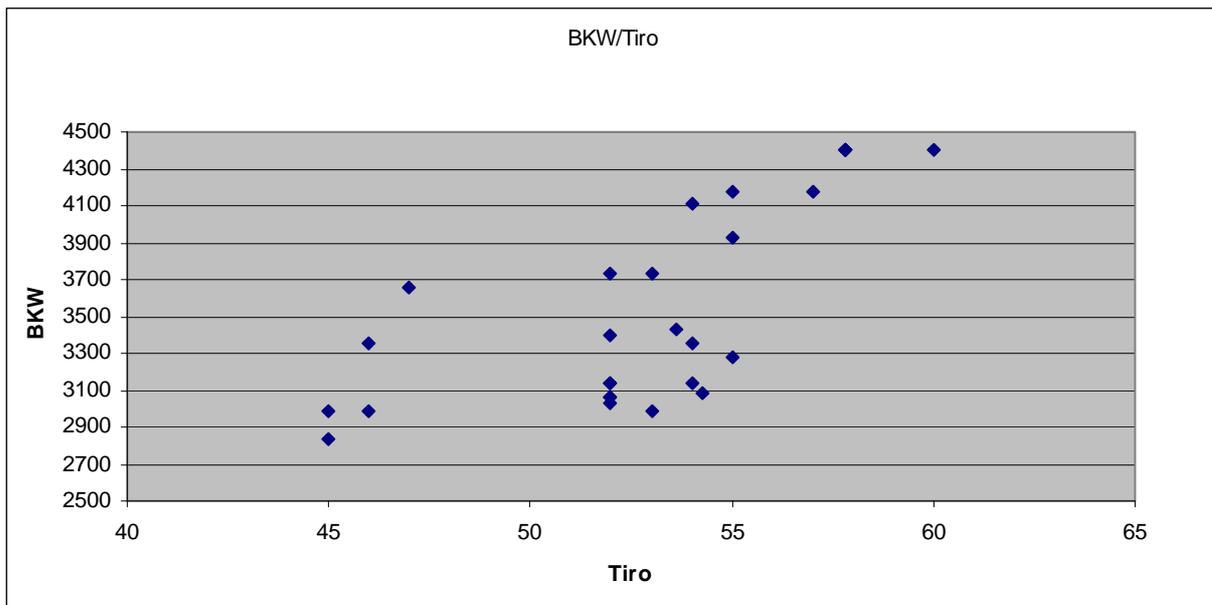
Donde el valor de K1, en función del tipo de propulsión, se puede obtener de la siguiente tabla, aunque su aplicación debe hacerse con cautela, pues supone que el motor o motores se dimensionan para el tiro a punto fijo. Muchas veces, especialmente en remolcadores de altura, la condición más exigente es la velocidad en navegación libre, ya que han de desplazarse rápidamente desde el puerto base al lugar de operación. Esto es



estimativo ya que tanto la potencia instalada como el TPF del buque en proyecto se justifican en el capítulo 2 “Potencia y Propulsión”.

K1, RELACIÓN POTENCIA (KW) / TPF (t)

Una hélice sin tobera	65-70
Dos hélices sin tobera	63-68
Una hélice con timón-tobera (Kort)	60-65
Dos hélices con timón-tobera (Kort)	55-60
Dos hélices con tobera, azimutal (<i>Aquamaster o Schottel</i>)	55-60
Dos hélices cicloidales azimutales (<i>Voith-Schneider</i>)	63-68



2.2.2.- RELACIÓN L/B

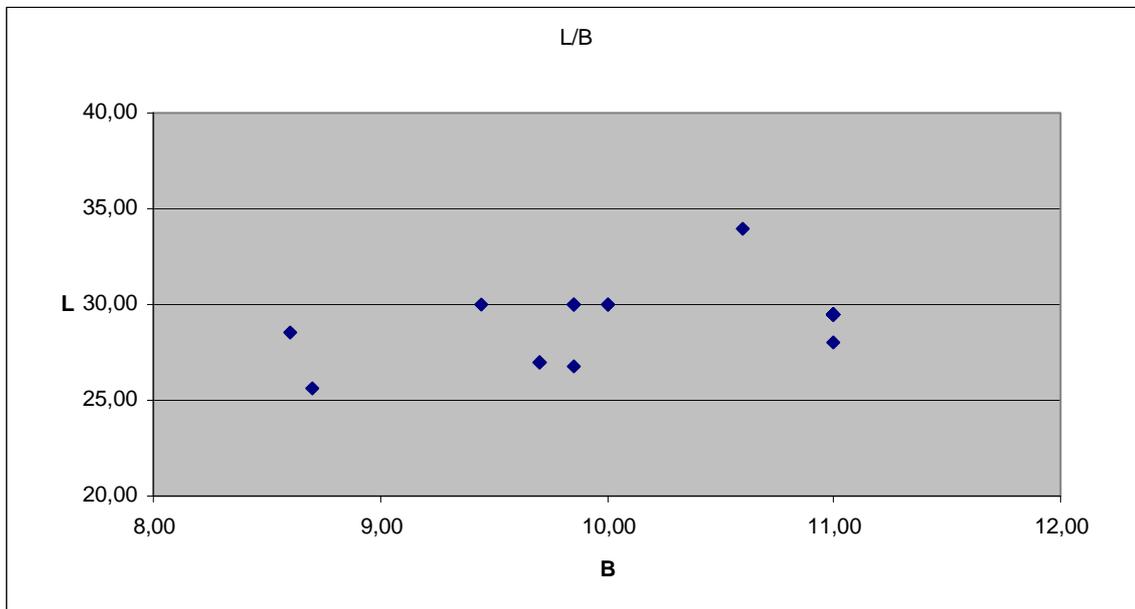
Es una relación muy dependiente de situaciones cambiantes como el precio del combustible y la situación del mercado.

Reduciendo L/B puede considerarse en primera aproximación, que aumentará la resistencia al avance y potencia propulsora. Lo opuesto sucederá aumentando L/B.



Por lo que se refiere a la situación del mercado, reduciendo L/B se reduce el peso del acero del casco, al disminuir ordinariamente la eslora y aumentar la manga, cuyo coste es favorable respecto al posible incremento de la potencia propulsora.

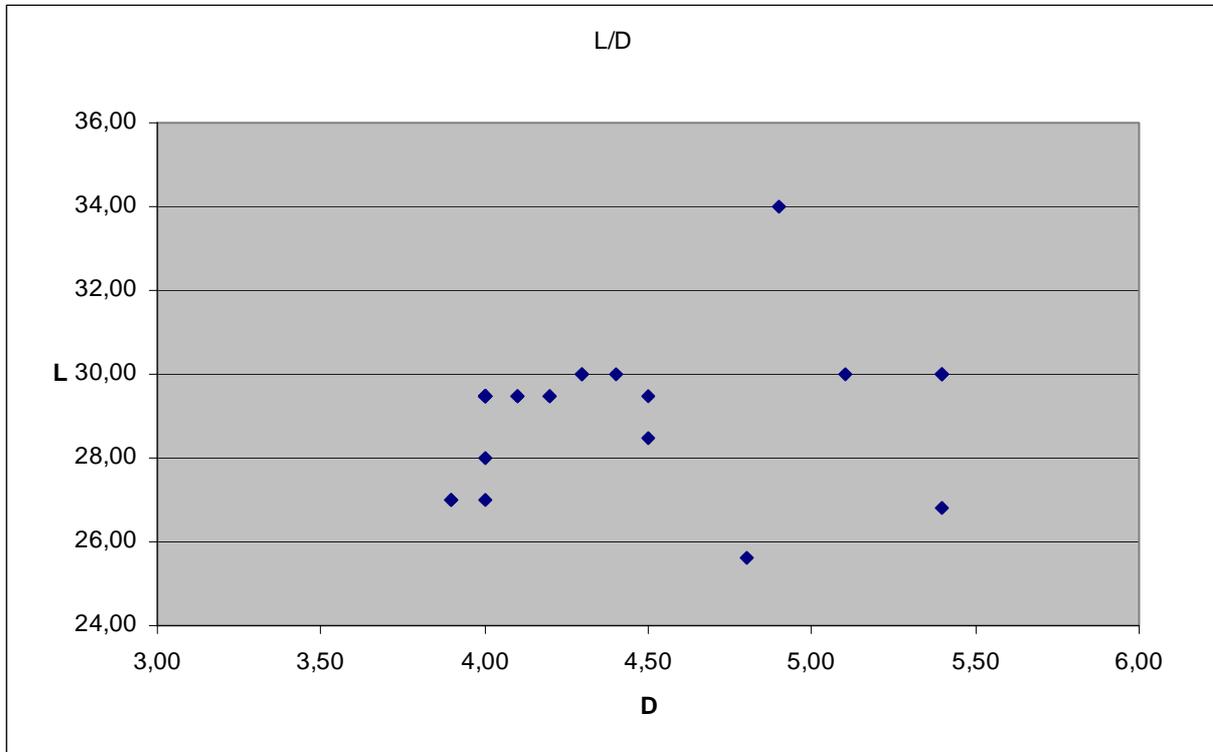
Un valor demasiado bajo de L/B aumenta la vibración excitada por el propulsor, al empeorar las características del flujo y el campo de la estela, al aumentar la manga por encima de ciertos límites. Igualmente, reduciendo L/B se empeora la controlabilidad del buque y la estabilidad de ruta.



2.2.3.- RELACIÓN L/D

La relación L/D controla en primera aproximación la deflexión de la viga-buque, al establecer una adecuación entre la eslora y la altura del alma de ésta respecto a las solicitaciones establecidas por los momentos flectores producidos por la distribución de carga del buque y por las olas.

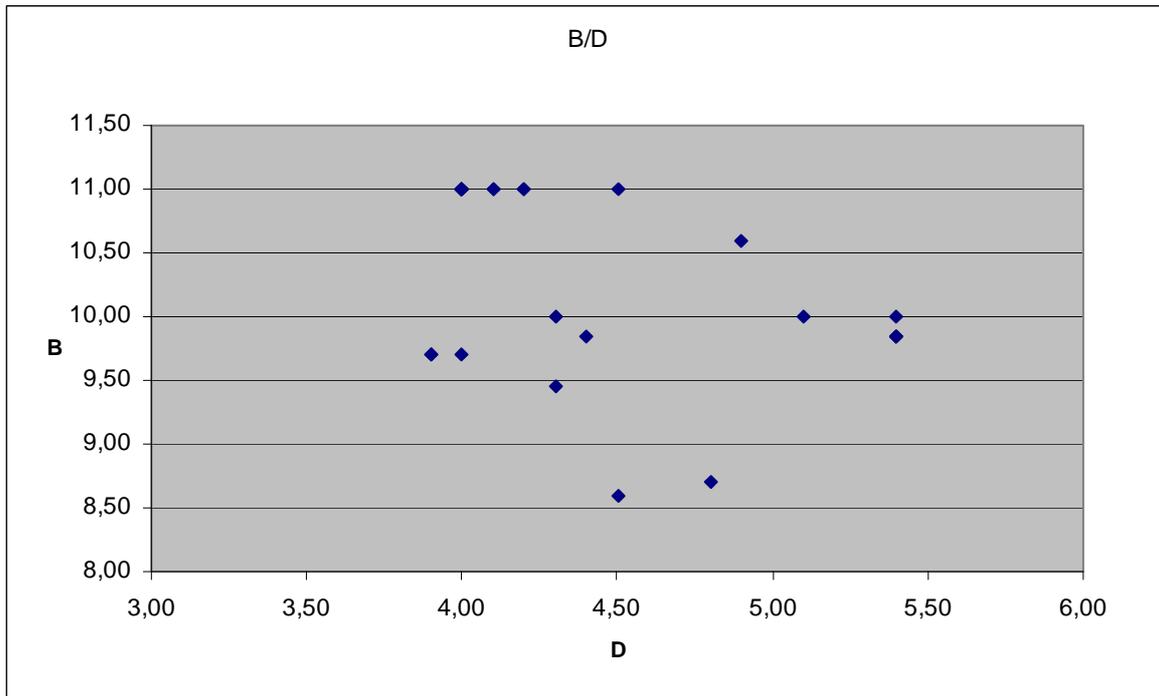
El Lloyd's Register establece un valor límite de alrededor de 15 o 16 para no considerar caso singular la estructura, y la utilización de acero de alta resistencia aconseja utilizar valores de L/D más reducidos que los normales, para limitar la deflexión de la viga-buque al utilizar escantillones reducidos, esto último no afecta al buque en proyecto ya que se empleará acero naval A en su construcción.



2.2.4.- RELACIÓN B/D

Esta es una relación que proporciona una información preliminar sobre la estabilidad inicial, dado que KG puede suponerse en función del puntal, y KM está muy influenciado por el valor de B.

Ausencia de carga sobre la cubierta de intemperie o dobles fondo con gran capacidad de lastre son factores que permiten una cierta reducción de B/D.



2.2.5.- RELACIÓN B/T

La relación B/T tiene influencia en la estabilidad inicial y en la resistencia al avance (Resistencia viscosa y por formación de olas). En buques de calado restringido, esta relación se eleva desfavorablemente, pues suele adjudicarse a la manga la responsabilidad mayor en la obtención del desplazamiento requerido.

2.2.6.- RELACIÓN T/D

Es una relación que proporciona una primera idea sobre el francobordo. Los buques con francobordo reducido (B-60, B-100) tendrán un valor de T/D superior al que poseen los buques con francobordo normal (tipo B). Los remolcadores de altura poseen un francobordo superior al reglamentario, lo que se reflejará en valores menores de T/D.



2.3.- DIMENSIONES PRINCIPALES

En una fase preliminar del proyecto se obtienen la manga, puntal y eslora del buque en proyecto para su posterior introducción en el programa de diseño naval Autoship y obtener las formas del casco.

2.3.1.- MANGA

La manga es una dimensión de extrema importancia porque afecta directamente la estabilidad, aspecto de gran relevancia en remolcadores para que su operatividad sea máxima. Además es necesario disponer de una manga amplia para el alojamiento de los dos propulsores azimutales que por especificación debe montar el barco.

Teniendo en cuenta estos aspectos, la manga debe situarse en la zona alta del intervalo obtenido de la base de datos por lo que se elige un valor de:

$$B = 11 \text{ m}$$

Valor que permite albergar adecuadamente ambos propulsores y los debidos espacios entre ellos y los costados del buque.

2.3.2.- PUNTAL

Para la elección del puntal se considerarán los siguientes criterios:

- Estabilidad.
- Espacio requerido para albergar los motores.
- Francobordo mayor que el reglamentario.

Teniéndose en cuenta una altura del doble fondo de 1000 mm en sala de máquinas, la altura propia del motor, además del espacio necesario para poder hacer las correspondientes operaciones de mantenimiento y reparaciones rutinarias, el cual se estima que es el necesario para extraer un pistón y biela.



Por estas razones se elige el puntal correspondiente a un valor de:

$$\mathbf{D = 4.20\ m}$$

2.2.3.- ESLORA

La eslora es la dimensión más cara del barco, por lo que se intentará reducir en lo posible.

Por similitud con otros remolcadores que operan actualmente en los puertos marítimos se adopta un valor dentro de los márgenes de la base de datos de:

$$\mathbf{Loa = 29.84\ m}$$

2.2.4.- CALADO

Para obtener un valor del calado, se realiza una estimación del peso en rosca y del peso muerto del buque. Sin embargo en una fase preliminar del proyecto se utilizará el dato de:

$$\mathbf{T = 2.50\ m}$$

Calado estimado para las dimensiones y desplazamiento del buque en proyecto por similitud con otros buques ya existentes. El definitivo será calculado por métodos de estimación de pesos en el capítulo 8 “Estimación de Pesos y Centro de Gravedad”.



2.4. - VALIDEZ DE LA ELECCIÓN ADOPTADA

A continuación se presentan los valores del buque en proyecto y los valores obtenidos de la base de datos:

BKW = 3282
L (m) = 29.84
B (m) = 11.00
D (m) = 4.20
BKW/TPF = 63
L/B = 2.71
L/D = 7.10
B/D = 2.62

2835	<BKW<	4401
25,60	<L<	37,00
8,60	<B<	11,00
3,90	<D<	5,40
56	<BKW/TPF<	78
2,55	<L/B<	3,70
4,96	<L/D<	7,40
1,81	<B/D<	2,75

Como se puede comprobar los valores de las magnitudes del buque en proyecto se encuentran dentro de los rangos de existencia de las diferentes magnitudes de la base de datos.

3.- FORMAS

Las formas del casco definen y caracterizan casi completamente al buque, determinan la resistencia al avance, lo que define la potencia necesaria para su propulsión y, por consiguiente su velocidad. También influyen en el desplazamiento, en las condiciones de habitabilidad y lo que es más importante, en la estabilidad y flotabilidad, así como en su comportamiento en mares agitados.

3.1.- DESCRIPCIÓN DE LAS FORMAS

Para la obtención de las formas del buque de proyecto, se ha partido del plano de formas del buque V.B. Alborán, construido en 1997. Se han elegido estas formas como base de partida por similitud en el sistema propulsivo consistente en dos propulsores azimutales situados a popa y por la disponibilidad de información necesaria para realizar las formas.



Sus dimensiones principales son:

	V.B. Alborán	Buque en proyecto
Eslora total	30 m	29.84 m
Eslora entre perpendiculares	28 m	28.02 m
Manga	11 m	11 m
Puntal	4 m	4.2 m
Calado de trazado	2.5 m	2.5 m

Las características principales de las formas de este buque y por tanto también del buque en proyecto son:

1. Las formas de este buque son de tipo hidrocónico, definidas mediante superficies desarrollables, con un codillo superior y dos inferiores. Esto facilita la construcción y proporciona buen comportamiento hidrodinámico para el remolque.
2. La forma del fondo del buque es plana en la zona del cuerpo de proa para poder alojar los propulsores azimutales Aquamaster.

Las defensas que protegen a los propulsores de los tractores proporcionan al buque:

- Facilidad y efectividad de gobierno.
 - Desplazan el centro de presión hidrodinámica del casco hacia proa.
 - Aumentan el efecto timón del buque, cuando el tractor realiza una maniobra de gobierno indirecto – tiro de través del tractor, en vez de paralelo al plano diametral– del buque asistido.
3. Presenta también un quillote o skeg a popa (elemento común en todos los buques de este tipo), su misión fundamental es la de aumentar el área lateral de la obra viva a popa, trasladando así el centro de presiones más atrás. Este elemento proporciona al buque:
 - Máximo brazo de palanca entre el punto de contacto con el buque asistido y el punto de aplicación del empuje.
 - Máxima distancia posible entre el punto de contacto y la superestructura del remolcador.



- Transición continua entre remolque y empuje, sin variación de la dirección del remolcador.
4. La sección de mayor manga va de la cuaderna constructiva 23 a la 30.
 5. El casco tiene arrufo y un francobordo superior al reglamentario para asegurar un buen comportamiento en la mar así como una cubierta seca.

Las formas de este buque no son las de mayor rendimiento hidrodinámico, pero para el servicio de este buque remolcador (remolque a baja velocidad), serán las más adecuadas.

3.2.- COEFICIENTES DE LA CARENA

Para poder comparar las formas de un buque con otros, es necesario conocer los coeficientes de forma.

Coefficiente de bloque:

$$Cb = \frac{DISW}{1,025 \cdot Lpp \cdot B \cdot T} = 0,60$$

Coefficiente de la maestra:

$$Cm = \frac{A}{BT} = 0,89$$

Coefficiente prismático:



$$Cp = \frac{Cb}{Cm} = 0,68$$

Coeficiente de la flotación:

$$Cf = \frac{Af}{LB} = 0,83$$

Se adjunta el plano de formas de referencia plano n° 01.1, en la parte del proyecto correspondiente a los planos, donde se podrán ver con detalle las formas del buque.

CAPÍTULO 2

POTENCIA

Y

PROPULSIÓN



1.- INTRODUCCIÓN

Todo cuerpo al moverse en el agua experimenta sobre sí mismo una fuerza que se opone al movimiento, es decir, una resistencia al avance.

En el caso de un buque, que es un elemento de transporte concebido para moverse en el seno del mencionado fluido, es preciso encontrar algún tipo de mecanismo que ejerza una fuerza opuesta a la resistencia al avance con objeto de mantenerlo en movimiento. Esta fuerza propulsora se llama empuje y los dispositivos capaces de producirla se llaman propulsores.

En nuestro caso el propulsor será la hélice.

Las ventajas de la hélice radican en que no se ve prácticamente afectada por el calado del buque, siempre que su diámetro sea elegido adecuadamente, está protegida por los patines de varada frente a daños provenientes de la mar o de colisiones, y puede ser movida a velocidades de rotación moderadas o ligeramente altas con un buen grado de rendimiento. El principal problema es la absorción de elevadas potencias con el riesgo de cavitación y subsiguientes erosiones.

La hélice es un cuerpo con sección recta tipo perfil (caracterizada por su longitud o cuerda bastante mayor que su espesor) que, moviéndose en el seno de un fluido, experimenta una fuerza perpendicular a la dirección del flujo incidente, llamada sustentación y otra paralela a dicha dirección llamada resistencia. Para que el perfil permanezca en movimiento, es necesario empujarle con una fuerza. Para ello no hay más que obligar al perfil a seguir un movimiento circular de giro alrededor de un eje y a una distancia r del mismo.

Métodos de proyecto de hélices

El diseño de la hélice o hélices más adecuadas para cada buque implica una solución de compromiso para hacer frente a diversas necesidades muchas veces contrapuestas. Sin embargo existen unos objetivos claros que deben ser cubiertos:

1. La hélice o hélices deben proporcionar un empuje suficiente para propulsar al buque a la velocidad deseada, con un rendimiento lo mayor posible, es decir, que la potencia absorbida por ella sea la mínima que pueda alcanzarse. Esto es debido a la búsqueda de una economía en la potencia de la maquinaria instalada y, por tanto, en el consumo de combustible.



2. No deben presentarse fenómenos de cavitación, o al menos han de estar reducidos a límites admisibles.
3. La resistencia mecánica o estructural de la hélice, los espacios entre esta, la tobera y el casco, así como las sujeciones entre los tres, ha de ser adecuada para permitirle funcionar sujeta a los esfuerzos y/o vibraciones desarrollados en sus palas sin riesgo de fracturas o deformaciones.

En la actualidad existen dos métodos apropiados para el proyecto de una hélice:

- Por series sistemáticas (Método más utilizado)
- Por teoría de circulación; se utiliza únicamente cuando la hélice está muy cargada o cuando ha de trabajar con un reparto de estela muy poco uniforme. En ambos casos la hélice es muy susceptible de cavitación.

El Buque en proyecto es un remolcador tractor, lleva instalados dos propulsores azimutales en la mitad del cuerpo de proa, dentro del mercado actual de tractores existen tres configuraciones, Voith-Schneider (fig. 3.1), Shottel y Aquamaster (fig. 3.2). Las tres son azimutales, las dos últimas son del tipo hélice-tobera y la primera es de eje vertical. Hay por tanto dos sistemas de propulsión distintos: Uno requiere un sistema de propulsión que transmita la potencia del motor en formas de “Z”, desde el interior de la embarcación hasta el propulsor, entre estos sistemas se encuentran los propulsores Shottel y Aquamaster; el otro, propulsor Voith-Schneider es de tipo cicloidal y trasmite la potencia directamente a un eje vertical.

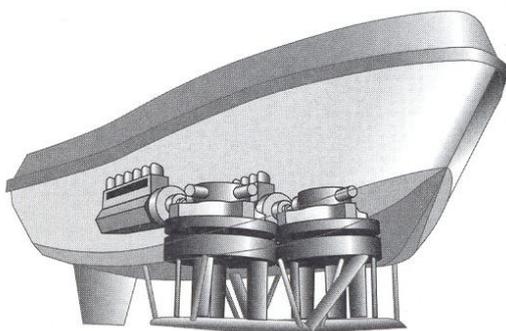


fig. 3.1

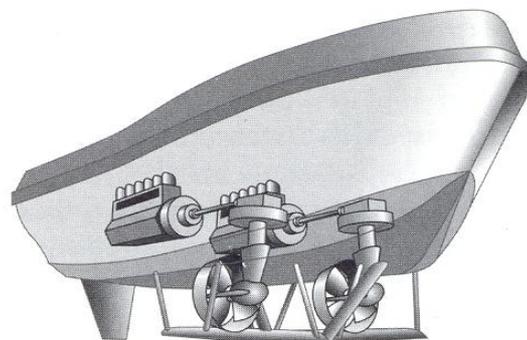
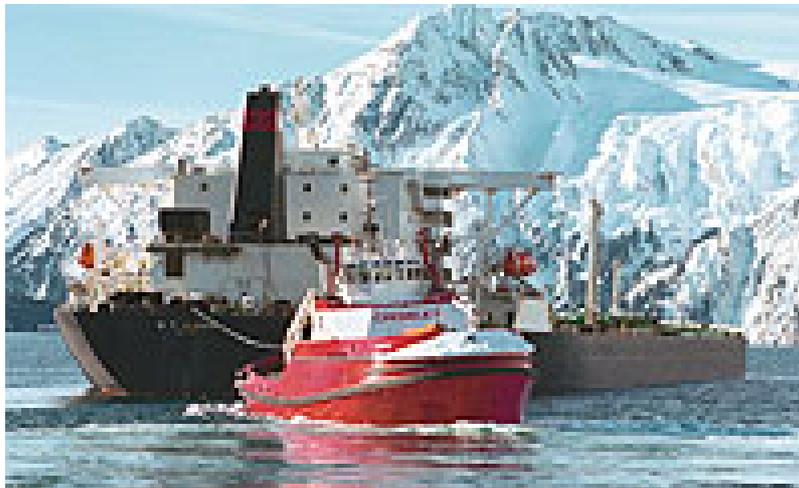


fig. 3.2



En ambos casos el engranaje reductor requerido para emparejar la velocidad del motor con las revoluciones del propulsor va integrado en la unidad propulsora. La selección de la configuración propulsora viene impuesta por requerimientos locales y por las condiciones en las cuales el buque va a operar, aunque también tiene mucha influencia la experiencia acumulada por los armadores.

Cada propulsor va accionado por su propio motor diesel semi-rápido a fin de combinar la eficiencia y seguridad con la potencia, el tamaño y el peso, funcionando cada unidad de manera independiente, lo que aumenta la seguridad en la maniobra. Operar en la estela de un gran buque (petrolero, portacontenedores, etc.) produce en el motor condiciones de carga transitorias y probabilidad de pares excesivos, lo cual podría llegar a parar el motor. Igualmente cuando se sale de la estela, la disminución repentina de la carga puede causar que el motor se sobrerevolucione, con lo cual se podría dar también la parada del propulsor. Debido a estos cambios transitorios de carga, el diseño y disposición del motor y el control de pares y rpm son esenciales, asimismo es muy importante la rapidez y precisión en la respuesta al sistema de control, que se basa en el uso de componentes electrónicos.





2.- CARACTERÍSTICAS DE LOS PROPULSORES

Tras el estudio comparativo con otros buques y fabricantes, se elegirá como sistema propulsivo el modelo Ulstein Aquamaster modelo US-20.01-3150, debido a la información disponible y por el resultado satisfactorio obtenido en otros buques donde este sistema ya está instalado. La unidad de propulsión es una hélice azimutal con transmisión en ángulo recto.

Las características significativas de ambos propulsores son las que se indican a continuación:

- Potencia en Kw: 1520
- Hélice: Kaplan 4.70
- Diámetro de la hélice: 2300 mm
- Rpm motor: 1000
- Relación de reducción: 3.748:1
- Rpm hélice: 267
- Tobera: 19A
- Diámetro de la tobera: 2325 mm
- Longitud de la tobera: 1150 mm
- Rango de tiro a punto fijo en toneladas: 52 ton

Aquamaster ha desarrollado un diseño modular que integra todos los sistemas, componentes y dispositivos necesarios para que el propulsor azimutal opere con mayor fiabilidad y mayor autonomía posible.

Este diseño proporciona además gran facilidad para su instalación, desmontaje, intercambiabilidad y operabilidad de sus componentes. Como se ha dicho anteriormente, el diseño consta de tres módulos básicos:

Cuerpo superior:

Contiene los engranajes de reducción, embrague, elementos y engranajes de giro o gobierno de la unidad y tanque de lubricación.

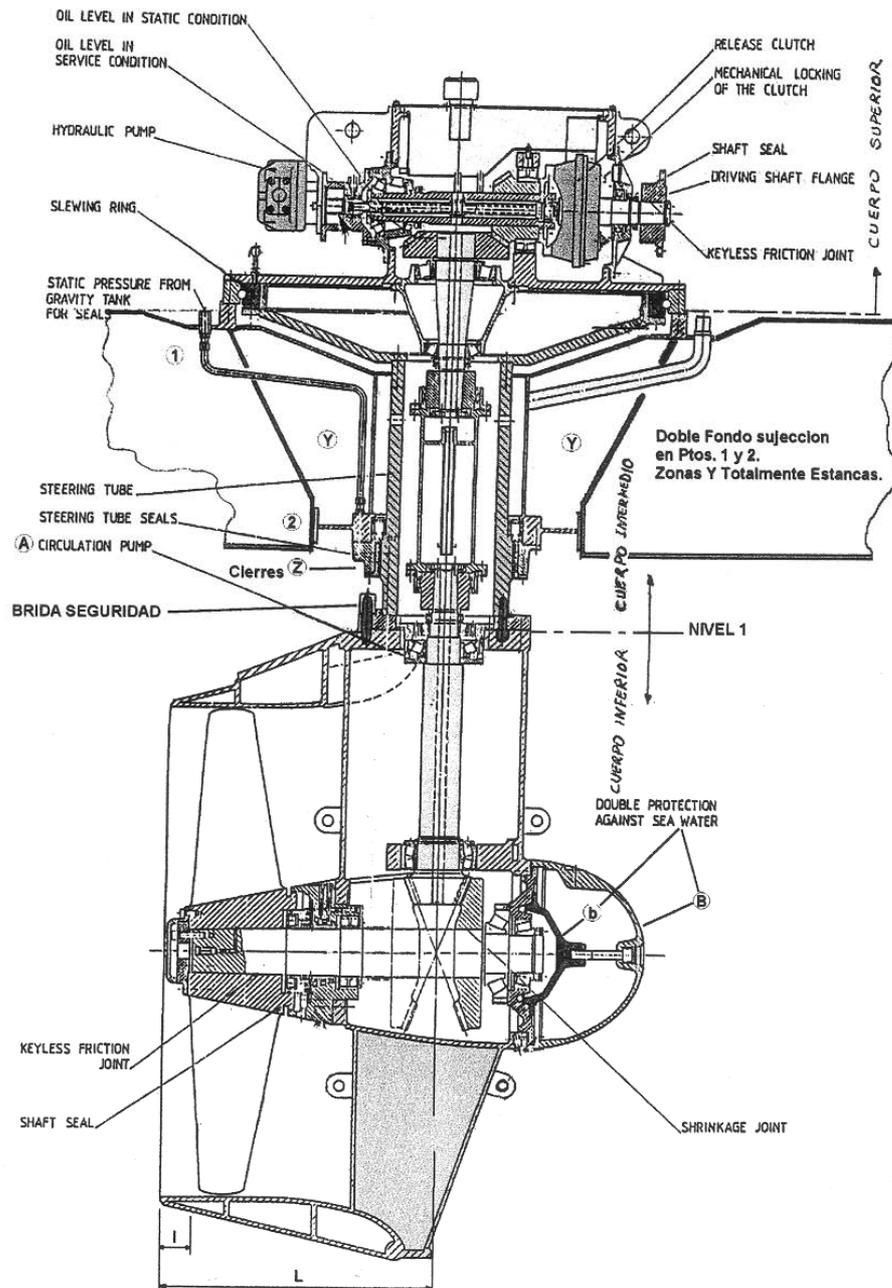
Cuerpo intermedio:

Consta del cilindro soporte, cilindro de gobierno, eje de transmisión vertical y el “bottom well cover”



Cuerpo inferior:

Contiene los engranajes de reducción secundaria, la carcasa, la hélice y la tobera.
El diseño del propulsor con sus distintos módulos es el que se incluye a continuación:





Los elementos estructurales, el tubo de giro y la parte de las cajas de los cojinetes de la unidad han sido construidos por soldadura de plancha de acero naval y tubería, algunas cajas de los cojinetes son fundidas. Las partes soldadas están estabilizadas antes del mecanizado para eliminar tensiones.

La potencia se transmite desde el eje a la hélice a través de dos engranajes cónicos en ángulo recto. En uno los piñones son ruedas cicloidales con dientes en ángulo recto. En el otro los piñones son ruedas cicloidales con dientes curvos construidos en acero cromo-níquel con endurecimiento superficial y lapeados en parejas. Una parte de las conexiones de los ejes está constituida por manguitos cónicos. Las coronas dentadas están enchufadas a los ejes por juntas de presión. Para su extracción se dispone de taladros de entrada de aceite. Todas las secciones de los ejes llevan cojinetes de rodillos.

Las juntas entre la caja estructural y las tapas son juntas tóricas. El eje motor dispone para su estanqueidad de un obturador, las juntas de los tubos de gobierno disponen también de obturadores.

La unidad de propulsión puede girar en ambas direcciones sin limitaciones. El servo-motor está localizado sobre el engranaje alto de la unidad propulsora. La parte inferior de la unidad propulsora es solidaria al tubo de gobierno, el cual es solidario a través de un anillo deslizante de gran diámetro a la tapa del fondo del pozo y a la parte interior de la carcasa. El anillo deslizante está compuesto por un cojinete de rodillos y una rueda dentada y gira por dos motores hidráulicos a través de un engranaje planetario. El aparato de gobierno comprende también un cuadro de mandos mecánico que indica la dirección de la hélice así como un sensor de dirección para la unidad eléctrica de control remoto.

El sistema de lubricación está dispuesto en el cuerpo superior de la unidad, un tanque hidráulico independiente está localizado en la tapa del doble fondo del pozo.

La hélice es una Kaplan de acero inoxidable que está acoplada al eje por una junta a presión biselada y sin chaveta. La tobera está construida de plancha de acero naval soldada, en la zona adjunta a las puntas de las palas de la hélice se dispone de una franja de acero inoxidable. La tobera se hace solidaria a la parte inferior de la carcasa por soldadura.

La tapa del pozo inferior está construida de plancha de soldadura. La unidad de propulsión se hace solidaria a la tapa del pozo inferior por soldadura, la tapa a su vez se conecta con el casco del barco por tornillos.



3.- SELECCIÓN DEL PROPULSOR PARA LA CONDICIÓN DE ARRASTRE

Debido a que nuestro buque tiene como objetivo principal el remolque de otros buques, la condición que gobernará la elección de un propulsor u otro será el tiro a punto fijo, que según la especificación tiene un valor de 52 toneladas.

La potencia instalada en un remolcador es la necesaria para cumplir con los objetivos del tiro a punto fijo. Dicha potencia es mayor que la necesaria para alcanzar la velocidad de proyecto, por lo que no vendrá fijada por la resistencia al avance del buque.

A pesar de todo lo dicho anteriormente, se realizará el cálculo de la resistencia de remolque partiendo de las formas del buque en proyecto, de forma que se pueda predecir la velocidad que puede alcanzar el buque en función de la potencia instalada.

El modelo del propulsor es Aquamaster US-20.01-3150, la hélice es una Kaplan 4.70 de 2300 mm de diámetro dentro de una tobera 19A de 2325 mm de diámetro y 1125 de longitud. Para el cálculo se usarán los polinomios correspondientes a la serie Kaplan con tobera 19 A. Estos polinomios expresan los valores adimensionales de empuje total, del par y el empuje de la tobera, KT , KQ y KTn respectivamente en función del grado de avance y de la relación paso-diámetro.

En primer lugar se realizará una estimación de la potencia requerida para alcanzar el tiro a punto fijo exigido en la especificación y cuyo valor es de 52 toneladas, (26 toneladas por propulsor). Se desea conocer el proyecto de la hélice para la condición pura de tracción a punto fijo

En el caso de este proyecto se conoce el propulsor, pero se debe calcular un P/D adecuado que con las revoluciones del eje de un tiro de 52 toneladas sin que sobrepase el par máximo del motor.

Para ello se prepara una hoja de cálculo con los polinomios KT , KQ y KTn publicados por el Canal de Wageningen, estos polinomios están en función del P/D y del grado de avance J para una gama de velocidades de giro probables y ascendentes donde el remolcador va a trabajar, la estimación se realiza con $J = 0$, simulando el barco parado en las pruebas de tiro a punto fijo donde se engancha el cable de remolque a un



noray y se mete toda avante con la revoluciones máximas del motor para medir la tensión del cable por medio de un dinamómetro.

A partir de KT , KQ y KTn conocemos el tiro total T , el tiro de la tobera Tn y el tiro de la hélice Th , por medio de las siguientes fórmulas:

$$T = \frac{KT \cdot n^2 \cdot D^4}{34.421} \quad Tn = \frac{KTn \cdot n^2 \cdot D^4}{34.421} \quad Th = T - Tn$$

Con estos valores se ajusta el tiro del remolcador según las rpm del eje y el P/D teniendo en cuenta que los pares producidos no excedan del par máximo soportado por el motor. Las revoluciones del eje se multiplicarán por un factor de 0.96 para obtener el tiro máximo un poco antes de alcanzar las rpm máximas mejorando así el rendimiento en navegación libre.

El rendimiento mecánico se fija en 0,9152 teniendo en cuenta una sala de máquinas en el centro del buque, la existencia del embrague, eje cardan y la reductora alojada en el interior del propulsor, estando la cámara de máquinas en el centro del buque.

Con el objetivo de alcanzar las 52 toneladas de tiro se barajaran tres motores posibles:

- MAK 9M 20, 2320 BHP, 1000 RPM
- CATERPILLAR 3606, 2481 BHP, 1000 RPM
- WÄRTSILÄ 9L20, 2200 BHP, 1000 RPM

Finalmente se opta por el motor WÄRTSILÄ, debido a que la potencia entregada al freno se adecua a la requerida por el remolcador, además es el candidato más ligero de los tres con 11.6 toneladas frente a las 14.8 del MAK y las 15.68 del CATERPILLAR.

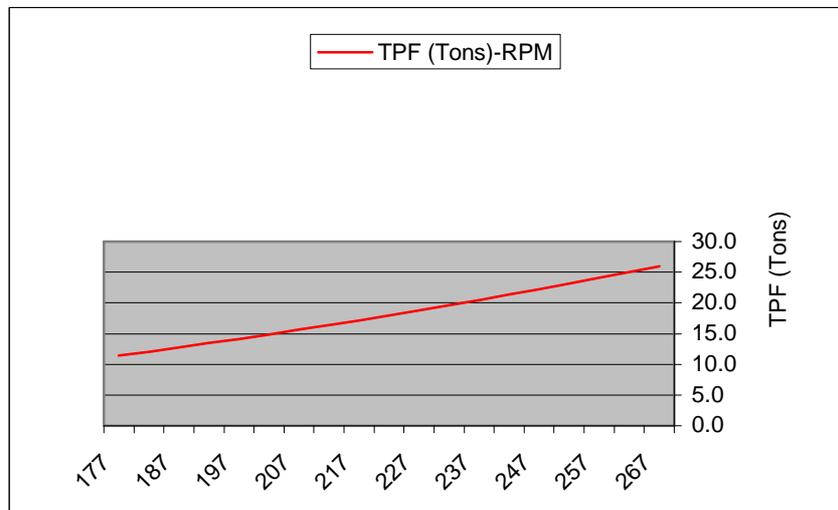
El par máximo soportado por el motor elegido es el siguiente:



$$Q_{\max} = \frac{DHP \cdot 716.2}{n} = \frac{2200 \cdot 0.9152 \cdot 716.2}{267} = 5404.712$$

Los resultados obtenidos del análisis se expresan en la siguiente tabla:

n	0.96n	Q	P/D	KQ	KT	KTn	T (Kg)	TPF (Tons)
267	256	4865.864	0.952	0.03960767	0.48679626	0.2472162	26001.601	26.002
262	252	4685.328	0.952	0.03960767	0.48679626	0.2472162	25036.876	25.037
257	247	4508.205	0.952	0.03960767	0.48679626	0.2472162	24090.389	24.090
252	242	4334.495	0.952	0.03960767	0.48679626	0.2472162	23162.138	23.162
247	237	4164.198	0.952	0.03960767	0.48679626	0.2472162	22252.124	22.252
242	232	3997.313	0.952	0.03960767	0.48679626	0.2472162	21360.346	21.360
237	228	3833.841	0.952	0.03960767	0.48679626	0.2472162	20486.806	20.487
232	223	3673.782	0.952	0.03960767	0.48679626	0.2472162	19631.502	19.632
227	218	3517.136	0.952	0.03960767	0.48679626	0.2472162	18794.435	18.794
222	213	3363.902	0.952	0.03960767	0.48679626	0.2472162	17975.605	17.976
217	208	3214.081	0.952	0.03960767	0.48679626	0.2472162	17175.011	17.175
212	204	3067.674	0.952	0.03960767	0.48679626	0.2472162	16392.654	16.393
207	199	2924.678	0.952	0.03960767	0.48679626	0.2472162	15628.534	15.629
202	194	2785.096	0.952	0.03960767	0.48679626	0.2472162	14882.651	14.883
197	189	2648.926	0.952	0.03960767	0.48679626	0.2472162	14155.004	14.155
192	184	2516.169	0.952	0.03960767	0.48679626	0.2472162	13445.595	13.446
187	180	2386.825	0.952	0.03960767	0.48679626	0.2472162	12754.422	12.754
182	175	2260.894	0.952	0.03960767	0.48679626	0.2472162	12081.485	12.081
177	170	2138.375	0.952	0.03960767	0.48679626	0.2472162	11426.786	11.427





Como se aprecia en la gráfica para una potencia de 2200 BHP, una hélice de P/D = 0.952 de la serie Ka 4-70 con tobera 19 A, da un valor máximo de tiro a punto fijo de 26.002 toneladas a 256 rpm. Como se disponen de doble línea de ejes y dos motores de 2200 BHP, el valor total del tiro que proporciona dicho sistema es de 52.004 toneladas de tiro, valor que se ajusta al de 52 toneladas de las especificaciones del proyecto, además de ser un tiro adecuado para las operaciones de atraque y remolque de grandes portacontenedores y cargueros que atracan en distintos puertos.

4.- MOTOR

Según la especificación de proyecto el sistema de propulsión del buque debe estar formado por dos propulsores azimutales. Para su accionamiento, el buque dispondrá de dos motores principales Diesel semilentos de cuatro tiempos.

Según el estudio comparativo con buques similares y analizando las distintas posibilidades que el mercado de motores ofrece, se determinó una potencia de los motores principales en **1620 KW (2200 BHP)** cada uno, a 1000 r.p.m. En el capítulo 1 “Dimensionamiento y formas” se determinó, tras el análisis de la base de datos y en una primera aproximación, que la potencia necesaria para obtener 52 toneladas de tiro a punto fijo para dos hélices en tobera azimutales puede estimarse entre 2860 y 3120 KW. La potencia instalada en el buque después de los cálculos correspondientes es de 3240 KW un poco por encima de la estimada inicialmente, estos motores accionarán también las bombas contraincendios y estarán acopladas mediante sendas multiplicadoras.

Las razones para instalar motores de cuatro tiempos son:

- Comparativa con buques de características similares
- Menor empacho
- Menor peso

En función de la potencia necesaria se ha seleccionado el motor WÄRTSILÄ 9L20, **1620 KW (2200 BHP)** a 1000 rpm.

Este motor pertenece a la serie 20 de WÄRTSILÄ, motores que se mueven entre 720 y 1000 rpm, es decir son motores semilentos. Se trata de un motor turboalimentado y postenfriado. El motor seleccionado entrega 1620 kW a 1000 rpm, para lo cual trabaja en régimen CSR (Continuous Service Rating), esto es régimen de servicio continuo, régimen para el cual no existen limitaciones de funcionamiento.

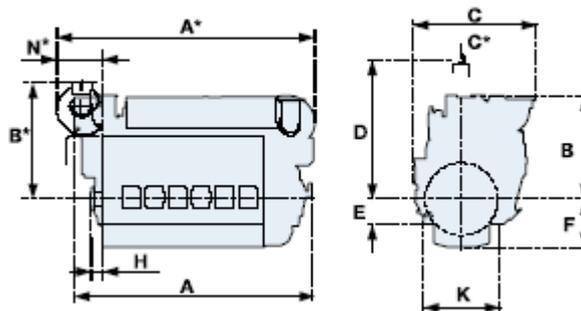


El buque se proyecta para que sus motores propulsores utilicen gasoil y no combustibles pesados poco extendidos en buques de reducido tamaño como es este que nos ocupa.

Las características técnicas del motor seleccionado serán las siguientes:

Número de cilindros	9
Disposición de cilindros	En Línea
Diámetro de cilindro	200 mm
Carrera de pistón	280 mm
Velocidad del pistón	9.3 m / s
Consumo combustible (100%)	184 g/kWh
Presión media indicada	24.6 bar

Dimensiones principales y peso:



Principales dimensiones (mm) y peso en seco (toneladas)							
Motor	A*	A	B*	B	C*	C	D
9L20	4299	4076	1614	1449	1756	1713	1800
	E	F	H	K	N*	Peso	
	325	624	155	980	696	11.6	

Los motores deben cumplir con lo dispuesto en la parte 5 del reglamento del Lloyd's.

Según las especificaciones del motor elegido, el combustible utilizado es *“marine diesel oil”*.



Al tener el buque clasificación UMS, éste irá dotado de un sistema de mando único Micropilot mediante el que se controlan simultáneamente los motores principales y los propulsores azimutales desde el Puente. Esta forma permite que todos los parámetros de propulsión y maniobra (régimen de revoluciones y dirección) de cada uno de los propulsores puedan controlarse individualmente o por medio del mando Micropilot de palanca única.

5.- TRANSMISIÓN

La elección del sistema de transmisión viene condicionada en general por la previa elección del sistema motor y del sistema propulsor.

La salida del motor, donde se acopla directamente el eje, está orientada a proa, el eje termina en un embrague por presión de aceite de la marca TWINDISC, entre la entrada en la cabeza del AQUAMASTER y el embrague la transmisión se realiza por medio de un eje cardan.

Una transmisión de potencia en Z se compone de dos transmisiones en ángulo de 90°, con dos sistemas de engranajes, uno en la zona alta (se denominará engranaje alto) y otro en la zona baja (engranaje bajo).

Estos engranajes reducirán las revoluciones del motor principal a las del propulsor. Con este sistema no es necesario el uso de reductoras externas. El factor de reducción del modelo AQUAMASTER instalado es de 3.748 entre 1.

Además, con este sistema propulsivo, tampoco es necesario el uso de timón (con su servo motor de accionamiento), debido a que el giro de la hélice es azimutal (360° sobre un eje vertical), lo que permite direccionar el empuje.

Cada motor irá acoplado al propulsor por medio de un embrague de fricción MCD-3000-4HD TWINDISC. El embrague permite el trabajo de los motores principales sin accionamiento del propulsor azimutal. En caso de operaciones contraincendio al exterior se embragaran los propulsores entregando la potencia máxima de los motores principales a las multiplicadoras acopladas de las bombas contraincendio, quedando una potencia mínima para gobierno, para el acercamiento y el alejamiento del buque al objetivo.



Deberá cumplir con lo dispuesto en la parte 5, capítulo 6 del reglamento del Lloyd's.

ESTIMACIÓN DE LOS DIÁMETROS

Para D (diámetro del eje de cola) (apartado 3.5):

$$D \geq 100 k \left(\frac{P}{R} \left[\frac{560}{\sigma + 160} \right] \right)^{\frac{1}{3}} = 130mm$$

$$K = 1,22$$

$$R = 1000r.p.m.$$

$$P = MCR (kw) = 1620$$

$$\sigma = 600N / mm^2$$

Teniendo en cuenta las reglas del Lloyd's el diámetro mínimo permitido de la línea de ejes será de 130 mm. El diámetro de los ejes será de:

$$D_1 = 200 \text{ mm}$$

La doble línea de ejes se puede ver con detalle en el plano de disposición de sala de máquinas, plano nº 03.3, en la parte del proyecto correspondiente a los planos.

CAPÍTULO 3

DISPOSICIÓN

GENERAL



1.-INTRODUCCIÓN

La disposición general del buque será la que se presenta en el 03.1 Plano de Disposición General.

Las formas de la carena serán las adecuadas para alojar convenientemente los propulsores de gran rendimiento, estando previamente experimentadas en buques similares.

El buque dispone de una cubierta principal corrida, con brusca y arrufo. Sobre esta cubierta se dispone de espacio para la habilitación.

Encima de la cubierta de la cubierta principal irá situada la caseta del Puente de Gobierno, que tendrá los cuatro costados de cristales para dotarle así de una visión panorámica de 360°.

La cámara de Máquinas irá en el centro de la eslora, como viene siendo habitual en este tipo de buques.

En la zona de popa se sitúan:

- Sobre la cubierta principal el gancho y el chigre de remolque
- Bajo dicha cubierta el pañol de popa.

En la zona de proa se dispone:

- La habilitación
- Los equipos de amarre y fondeo sobre la cubierta principal.
- Bajo la cubierta principal un pañol y un taller.

A lo largo del contorno del buque se dispondrán cintones de protección formados por un perfil de caucho y adosados al casco mediante pletinas de acero soldadas a éste, a las que se atornillarán mediante pernos galvanizados.



En proa llevará defensa vertical y en popa defensa cilíndrica de goma maciza y de una sola pieza.

2.- ELEMENTOS ESTRUCTURALES

2.1.- CUADERNAS

La separación entre cuadernas se establece por comparación con otros buques similares. Se puede decir que en este tipo de buques el espaciado tipo está comprendido entre 600 y 610 mm. En el caso del buque de proyecto se ha optado por una separación de 600 mm a lo largo de toda la eslora.

La cuaderna de construcción cero se ha situado en la primera sección empezando por la popa.

2.2.- BULÁRCAMAS

En el capítulo correspondiente a la resistencia estructural se justifica el empleo de una bulárcama cada tres claras de cuaderna.

2.3.- MAMPAROS TRANSVERSALES

Los mamparos estancos transversales del forro del casco y la cubierta principal constituyen la envuelta y la subdivisión que hacen posible que el buque conserve su integridad estanca y sea capaz de superar situaciones de emergencia derivadas de averías graves en su obra viva.

De acuerdo con la reglamentación del Lloyd's todos los barcos deben tener como mínimo un mamparo de colisión y un mamparo de pique de popa, así como un mamparo estanco a cada lado de la cámara de máquinas delimitándola.



Según el Capítulo 3 Parte 3 Sección 4, para buques de características similares al nuestro se requiere un total de 4 mamparos.

- mamparo de colisión, o del pique de proa (cuaderna 45)
- mamparo estanco a proa del espacio de máquinas (cuaderna 40)
- mamparo estanco a popa del espacio de máquinas (cuaderna 14)
- mamparo de pique de popa (cuaderna 5)

Dichos mamparos se extenderán hasta la cubierta continua más alta, que en este caso coincide con la cubierta de francobordo.

3.- CUBIERTAS

El buque dispone de las siguientes cubiertas:

3.1.- CUBIERTA PRINCIPAL

La altura de la cubierta principal es de 4,2 m en la cuaderna maestra, es una cubierta a la intemperie, corrida desde la popa hasta la proa. Sobre esta cubierta se encuentran los elementos que forman el equipo de remolque, así como la grúa y la superestructura.

Los equipos de remolque se sitúan en crujía, a popa de la cuaderna maestra, junto con la grúa. Dentro de la superestructura y sobre la cubierta principal se encuentra la habitación (cuaderna 25-41), en la cual se dispone de cocina, comedor, tres camarotes, dos de ellos dobles y uno triple, aseos, así como un tronco de escalera de bajada a la Cámara de Máquinas.

Los equipos de fondeo se encuentran a proa sobre la cubierta principal. A su vez los equipos de amarre se distribuyen a lo largo del perímetro de la cubierta principal.



3.2.- CUBIERTA DE PUENTE

La cubierta de puente se sitúa encima de la cubierta de botes, extendiéndose desde la cuaderna 23 hasta la 32. En esta cubierta está situado el puente.

El Puente de Gobierno goza de una gran visibilidad, al estar dotado de cristales en todo su perímetro. Los cristales se dispondrán inclinados, para reducir la posibilidad de deslumbramiento por la luz reflejada desde el mar, mejorando así la visibilidad en determinadas condiciones. En el techo se instalarán portillos acristalados, para permitir la visión con gran elevación, lo cual puede ser necesario cuando el buque se encuentre próximo a un buque de gran francobordo.

Será posible acceder al techo del Puente por medio de escalas de gato adosadas. En esta zona se instalarán los equipos auxiliares de ayuda a la navegación y comunicaciones, así como dos monitores de C.I. de gran capacidad.

3.3.- CUBIERTA DE TECHO PUENTE

Sobre la cubierta del techo del puente se encuentra el palo de luces que porta todas las luces reglamentarias, además de los siguientes elementos: Palos de sujeción de antenas de equipos de comunicación y ayuda a la navegación, proyector de búsqueda controlado desde el interior del puente, bitácora, radiobaliza y proyectores de cubierta.

3.4.- CUBIERTA DE BOTES

Esta cubierta está situada sobre la cubierta principal, formando parte de la superestructura y se extiende desde la cuaderna 18 hacia proa hasta la cuaderna 40. A la misma se accede exteriormente desde la cubierta principal e interiormente desde la habitación y desde el puente.

En esta cubierta están situados el pañol de bomberos y lucha contra incendios, el bote y balsas de salvamento.



A esta altura terminan los tubos de exhaustación (chimeneas) de los motores principales y auxiliares.

4.- ZONA DE TRABAJO

El buque de proyecto es un buque de servicio. A proa de la cámara de máquinas existe un pañol y un taller. En esta bodega se estiban elementos de respeto así como diversas herramientas para trabajos en el taller. A popa de cámara de máquinas el buque cuenta con otro pañol, en el cual se estiban pertrechos y útiles para la maniobra.

En lo que se refiere a la zona de trabajo, ésta se sitúa sobre la cubierta principal, a popa del equipo de remolque. Esta zona de trabajo dispone de una amplia superficie para realizar las labores de remolque. Para ello cuenta con los medios de remolque necesarios, como son el chigre, el gancho de remolque y la guía del cable, esta disposición se encuentra detallada en el Plano de Disposición del Gancho y Guía de Remolque.

También en la zona de trabajo a popa, pegada a la habilitación y a babor se instala una grúa para facilitar las tareas de carga y descarga tanto de equipos como de víveres.

Para el desembarque de agua en esta zona, así como en otros sitios óptimos en el resto de la cubierta principal existen imbornales en la amurada.

El puente de gobierno se sitúa en la cubierta de puente y desde ella se podrán realizar las siguientes labores: control del buque, gobierno del buque, comunicaciones interiores y exteriores, además de control de la maniobra de remolque.

Los equipos de ayuda a la navegación y control, estarán situados en una consola a proa del Puente. Para el control del buque se situarán en esta consola los repetidores e indicadores de los siguientes servicios: contraincendios, achique, lastre, propulsión, auxiliares, electricidad, remolque y fondeo. De este modo, una sola persona desde el Puente puede tener control de todo el buque.

La zona de fondeo se encuentra a proa de la cubierta principal. El molinete de anclas se encuentra en crujía y próximo al mamparo de proa de la acomodación, siendo visible desde el Puente de Gobierno. El molinete permite levar las dos anclas y cuenta



con un cabirón que se puede emplear, una vez desembragado de la cadena, para la maniobra de amarre.

5.- CÁMARA DE MÁQUINAS

Las recomendaciones más destacables que se aprecian son:

- El espacio ocupado por la maquinaria ha de ser el mínimo posible y debe disponer de accesos adecuados para la instalación, operación y servicio de la maquinaria.
- Las interferencias provocadas por la maquinaria para la operatividad del buque ha de ser mínima o nula.

La cámara de máquinas está emplazada en la mitad de la eslora, práctica habitual en este tipo de buques. Se extiende desde la cuaderna 14 hasta la cuaderna 40, estando limitada tanto a proa como a popa por mamparos estancos. Disponiendo del espacio suficiente para albergar tanto los motores principales como los auxiliares, cuerpo superior de los AQUAMASTER, y demás equipos instalados a bordo como bombas, planta de tratamiento de aguas fecales, enfriadores, separadores, compresores, cuadros eléctricos y colectores.

Se accede tanto a la zona de proa como a la zona de popa de la cámara de máquinas por medio de una escalera y a la zona de popa mediante una escotilla situada en el costado de babor que servirá posteriormente para evacuación de algún equipo de la cámara de máquinas.

La tapa del doble fondo está situado a 1000 mm por encima de la línea base según se justifica en el cuaderno correspondiente a la resistencia estructural.

Guardacalor

Por el guardacalor discurrirán las exhaustaciones de los motores principales y auxiliares de la cámara de máquinas. Este conducto ha de estar perfectamente aislado.



Las chimeneas se han dispuesto de modo que reduzcan al mínimo el cono de sombra sobre el puente de gobierno.

6.- TANQUES

A continuación se detalla las características de todos los tanques del buque en proyecto, su disposición, y capacidad para cada tanque, las distancias están referidas desde la cuaderna 0, la línea base y crujía.

6.1.- TANQUES DE LASTRE

Estos tanques se utilizan con el fin de mantener en todo momento las mínimas condiciones de estabilidad, para la navegación con seguridad. Para mayor eficacia, estos tanques han de estar dispuestos a proa o a popa y próximos a la zona de manga máxima, para, de esta forma, dar mayor par con la menor cantidad de lastre.

Los tanques de lastre han de permanecer llenos o vacíos totalmente, porque sino el efecto de superficie libre podría ser muy perjudicial.

Los tanques de lastre de los que dispone el buque en proyecto son:

- Tanque de lastre del pique de proa
- Tanque de lastre del pique de popa

La capacidad total de agua de lastre del buque en proyecto será de 82,94 m³.

Pique de popa

Se trata de un tanque situado a popa de la cámara de máquinas que se extiende desde la cuaderna 0 hasta la 5. Exteriormente está limitado por el casco y a proa está limitado por el mamparo de colisión de popa. Tiene una capacidad total de 35,47 m³.



Pique de proa

Se trata de un tanque situado entre las cuadernas 45 y 50. Está limitado por su parte exterior por el casco y por su parte interior por el pique de proa. Su capacidad total es de 47,47 m³.

6.2.- TANQUES DE COMBUSTIBLE

Los tanques de combustible del buque en proyecto son un total de 12, siendo dos de ellos de servicio diario.

Los tanques de combustible y aceite disponen de tuberías de aireación, permitiendo la entrada y salida de aire en operaciones de llenado y durante consumo, evitando sobrepresiones y depresiones. Si se produce un sobrellenado, el fluido escapa por la tubería de aireación hasta el tanque de reboses. Se disponen a lo largo de la eslora de la siguiente manera:

- Dos tanques simétricos de doble fondo (**Nº 15**) situados a popa de la cámara de máquinas. Se extienden de la cuaderna 8 a 14. Su capacidad es de 15,04 m³.
- Dos tanques simétricos laterales (**Nº 11**) situados a popa de la cámara de máquinas. Comprendidos entre las cuadernas 12 y 14, tienen una capacidad de 6,96 m³.
- Un tanque de reboses (**Nº 05**) situado a babor entre las cuadernas 14 y 17. Existe a estribor un tanque simétrico a éste (**Nº 05**), su contenido es de combustible. La capacidad de estos tanques es de 2,21 m³.
- Dos tanques laterales simétricos (**Nº 04**) en la cámara de máquinas que van de la cuaderna 17 a 27. Su capacidad es de 15,18 m³.
- Dos tanques laterales simétricos (**Nº 03**) en la cámara de máquinas situados entre las cuadernas 27 y 38. Tienen una capacidad de 19,01 m³.
- Dos tanques de doble fondo simétricos (**Nº 02**) a proa de la cámara de máquinas situados entre las cuadernas 40 y 45. Su capacidad es de 15,42 m³.

6.3.- TANQUE DE DISPERSANTE



Se trata de un tanque lateral (**Nº 14**) situado en babor entre las cuadernas 8 y 9 con una capacidad total de 1,87 m³.

6.4.- TANQUES DE ACEITE

Son cuatro tanques, todos ellos situados en la cámara de máquinas dispuestos de la siguiente manera:

- Tanque de doble fondo (**Nº 10**) de aceite para servicio hidráulico. Situado a estribor entre las cuadernas 22 y 24. Su capacidad es de 2,30 m³.
- Tanque de doble fondo (**Nº 08**) de aceite para lubricación del motor. Situado en babor entre las cuadernas 22 y 26. Su capacidad es de 4,55 m³.
- Tanque de doble fondo (**Nº 07**) de aceite sucio de lubricación del motor. A estribor y comprendido entre las cuadernas 25 y 28, con una capacidad de 3.32 m³.
- Tanque de doble fondo (**Nº 06**) de aceite para los AQUAMASTER. situado a babor entre las cuadernas 26 y 28. Tiene una capacidad de 2,2 m³.

6.5.- TANQUES DE ESPUMÓGENO

La clasificación del buque en proyecto ha de ser FF1 para prestar servicio contra incendios a otros buques por medio de monitores que lanzan agua mezclada con espuma.

Se dispondrán dos tanques de espumógeno en el lateral de Cámara de Máquinas, bajo el puente. De esta forma se facilita el flujo de espumógeno a las lanzaderas.

Los tanques se disponen uno a cada banda. El tanque situado a babor (**Nº 12**) se encuentra emplazado entre las cuadernas 9 y 12, y tiene una capacidad de 7,7 m³. A su vez, el tanque situado en el costado de estribor (**Nº 13**) va de la cuaderna 8 a la 12, y cuenta con una capacidad de 9,58 m³.



6.6.- TANQUES DE AGUA DULCE

Los tanques de agua dulce se emplean para satisfacer el consumo de la tripulación, así como el circuito de refrigeración de los motores principales y auxiliares.

Se trata de dos tanques simétricos verticales (N° 16) situados a popa entre las cuadernas 5 y 7. Estos tanques tienen una capacidad de 13.36 m³.

6.7.- TANQUE DE LODOS

Se trata de un tanque (N° 09) situado a estribor en la sala de máquinas, entre las cuadernas 24 y 25.

6.8.- RESUMEN DE TANQUES Y VOLÚMENES

Nombre	Peso (T)	Densidad (T/m ³)	TCG (m)	VCG (m)	LCG (m)	Volumen (m ³)
01PIQUEPROA	48.7	1.025	0	3.86	27.49f	47.47
02TDFP.P	13.4	0.87	-1.87	1.41	24.67f	15.42
02TDFP.S	13.4	0.87	1.87	1.41	24.67f	15.42
03TLM.P	16.5	0.87	-5.04	2.54	18.78f	19.01
03TLM.S	16.5	0.87	5.04	2.54	18.78f	19.01
04TLM.P	13.2	0.87	-5.04	2.61	12.91f	15.18
04TLM.S	13.2	0.87	5.04	2.61	12.91f	15.18
05TLDO.S	1.9	0.87	4.36	1.77	9.41f	2.21
05TLRE.P	1.9	0.87	-4.36	1.77	9.41f	2.21
06TAQDF.P	2	0.924	-1.02	0.53	16.2f	2.2
07TASDF.S	3.1	0.924	1.02	0.53	15.89f	3.32
08TAMDF.P	4.2	0.924	-1.02	0.52	14.39f	4.55
09TLDF.S	1.2	1.025	1.02	0.52	14.7f	1.13
10TAHDF.S	2.1	0.924	1.02	0.51	13.8f	2.3
11TLPSD.P	6.1	0.87	-3.92	2.91	7.82f	6.96
11TLPSD.S	6.1	0.87	3.92	2.91	7.82f	6.96
12TLPE.P	7.7	1	-3.82	3.22	6.36f	7.7
13TLPE.S	9.6	1	3.8	3.27	6.12f	9.58
14TLPD.P	2.1	1.14	-3.72	3.5	5.11f	1.87
15TFP.P	13.1	0.87	-1.35	1.13	6.74f	15.04



Nombre	Peso (T)	Densidad (T/m ³)	TCG (m)	VCG (m)	LCG (m)	Volumen (m ³)
15TFP.S	13.1	0.87	1.35	1.13	6.74f	15.04
16TVP.P	13.4	1	-1.71	3.07	3.62f	13.36
16TVP.S	13.4	1	1.71	3.07	3.62f	13.36
17PIQUEPOPA	36.4	1.025	0	3.49	1.89f	35.47

Capacidades Generales (m ³)	
Combustible	147.64
Lastre	82.94
Agua Dulce	26.72
Dispersante	1.87
Espumógeno	17.28
A. Hidraulico	2.30
Lodos	1.13
A. Aquamaster	2.20
A. Lubricante	4.55
A. Sucio	3.32

7.- HABILITACIÓN

Las recomendaciones más destacables que aparecen son:

- Los espacios de la habitación no se encontrarán en el primer 5 % de la eslora total del buque, ni por debajo de la flotación de verano.
- Los espacios de la habitación estarán perfectamente separados de los espacios de carga y máquinas.
- Se emplearán materiales ignífugos, en especial las escalas y accesos.
- Aislados de: ruido, calor, olor y condensaciones.
- Cada tripulante dispondrá de 2,8 m² en su camarote.
- La altura mínima de los camarotes será 1,93 m.
- Debe haber al menos un lavabo, un w.c. y una ducha por cada 8 tripulantes.
- El comedor debe estar próximo a la cocina y equipado con el número de asientos necesarios para que coman a la vez toda la tripulación.
- Debe existir un hospital en buques cuya tripulación exceda de 12 personas.
- Debe haber una lavandería y espacio para secado de la ropa.
- La temperatura mínima en los espacios de habitación debe ser 21 °C.
- El Capitán y el oficial de Máquinas deben disponer de habitación propia.



7.1.- ZONAS DE HABITABILIDAD

La zona de habitación de la cubierta principal consta de: dos camarotes dobles (uno para el Capitán y otro para el Jefe de máquinas) y uno triple (marineros), todos ellos con lavabo propio. Una zona de aseos provista de un plato de ducha, un w.c. y dos lavabos, una cocina y un salón-comedor.

En general los muebles serán de estructura de aluminio, pudiendo ser también de madera tratada con tratamiento ignífugo.

En los armarios, se dispondrá un espacio de fácil acceso para el chaleco salvavidas.

En el interior de los armarios se dispondrán barras para colgar ropa, perchas y espacios para cajones.

Las sillas y sillones tendrán trincas amarradas a la armadura por su parte baja y al piso. Las mesas y muebles pesados se fijarán a la cubierta o al mamparo.

Se dispondrán cortinas en los portillos.

7.2.- ALOJAMIENTOS

Alojamientos del Capitán y del Jefe de Máquinas

En cada uno de los dos camarotes se dispondrán los siguientes elementos:

- Una litera con cajones en la parte inferior
- Una mesa de escritorio
- Una silla
- Un librero
- Un armario reglamentario
- Un lavabo



Alojamiento de Marinería

En el camarote triple se dispondrá de los siguientes elementos:

- Una litera en cuya parte inferior se situarán otra cama extraíble.
- Un armario reglamentario.
- Un lavabo
- Una mesa de escritorio
- Una silla
- Un librero

Salón-comedor

El buque dispondrá de un salón-comedor que tendrá los siguientes muebles:

- Una mesa
- Dos bancos, uno a cada lado de la mesa
- Un armario
- Un televisor

Pasillos

Los pasillos de alojamientos y comedor deben cumplir las siguientes condiciones mínimas:

Anchura de los pasillos principales para servicios de alojamiento: 0,90 m

Altura de los techos, sin obstrucciones en las zonas de paso: 2,0 m



7.3.- LOCALES SANITARIOS

La zona de aseos está provista de un plato de ducha, un w.c. y dos lavabos, además cada camarote cuenta en su interior con un lavabo individual.

7.4.- COCINA

En la instalación de equipo y mobiliario, se evitarán bordes cortantes, esquinas y rebabas que puedan ocasionar heridas al personal o averías a los equipos.

Se proveerán muebles de cocina, de acero inoxidable así como las estanterías y repisas que sean necesarias.

Se instalará un extractor de humos con recoge grasas.

Dentro de la cocina se encuentra la despensa, que dispone del espacio suficiente para almacenar los víveres necesarios para la tripulación, así como un frigorífico para aquellos víveres que requieran de frío para su conservación.

Lista de elementos de cocina

- Una cocina con cuatro fuegos y horno, eléctricos.
- Una freidora
- Una trituradora de basura
- Un microondas
- Un frigorífico
- Un fregadero
- Un cubo de desperdicios
- Un tostador



8.- SERVICIO DE ACCESO

Este servicio incluye todos aquellos elementos que permiten a la tripulación desplazarse por todo el buque de un compartimento a otro de la forma más directa posible y en todas condiciones meteorológicas.

Los elementos que se incluyen en el servicio de acceso son:

Escalas

Las escalas instaladas en las escotillas serán fácilmente desmontables para facilitar las descargas de materiales y equipos.

Se pondrán pasamanos en todas las escalas y sobre las cubiertas de intemperie o que conduzcan a ellas y en todas las escalas inclinadas interiores.

El ancho de los peldaños estará comprendido entre 203 y 279 mm, con una separación entre éstos de no más de 216 mm.

El ángulo de inclinación debe ser menor de 50°.

Las escalas están construidas con material incombustible y los peldaños estarán revestidos con material antideslizante.

Puertas, escotillas y tapas de registro

Las puertas estructurales, escotilla y tapas de registro se normalizarán en la medida de lo posible lo que respecta a tamaños, tipos, herrajes, accesorios, etc. para facilitar reparaciones, cambios de frisas y necesidades de respeto. Se proveerá cada cierre con los medios necesarios (topes, trincas, amortiguadores, etc.) para evitar que golpeteen.

Todas las puertas, escotillas y tapas así como sus respectivas marcas y brazolas serán proyectadas y construidas de forma que sean lo más ligeras posible, compatible con la necesidad de estanqueidad y rigidez.



Las puertas de acceso entre a los espacios de la acomodación tendrán un ancho de 64 cm. Las que dan acceso a las zonas de aseo serán de una anchura de 60 cm.

Las puertas de acceso a los espacios situados en la cubierta principal serán estancas al agua. También serán estancas al agua las puertas situadas en los mamparos estancos de subdivisión. Éstas serán de accionamiento hidráulico con control local.

Por encima de la cubierta principal, las puertas serán estancas a la intemperie. Las bisagras de las puertas estarán situadas en la parte de proa de las mismas, de forma que el viento y los golpes de mar tiendan a cerrarlas.

Las tapas de las escotillas de acceso serán de acero, con trincas y frisas flexibles. Las brazolas deberán cumplir con los requisitos de las reglas del Lloyd's. Su altura se fija en 600 mm.

El acceso a los tanques y espacios secos se hará a través de registros que tendrán una abertura de 500 mm de diámetro o equivalente.

Acceso a compartimentos

- **Cámara de máquinas:** el acceso se realiza de las siguientes formas:
 1. Desde la cubierta principal, mediante una entrada situada en la popa de la superestructura.
 2. Desde la habitación, a través de una escalera situada al pasillo principal.
 3. Desde el taller a través de una puerta.
 4. Desde el pañol de popa través de una puerta.

- **Pañol de lucha contra incendios:**
 1. Desde el puente bajando las escaleras.
 2. Desde el interior de la habitación subiendo las escaleras próximas al comedor.



- **Puente:**

1. Entrando en la habitación, subiendo por las escaleras próximas al comedor pasando primero por el pañol contraincendios.

- **Taller:**

1. Desde Cámara de Máquina a través de una puerta.
2. Desde la habitación bajando por las escaleras situadas al final del pasillo.

CAPÍTULO 4

TEORÍA

DEL

BUQUE



1.- INTRODUCCIÓN

En el presente cuaderno se procede a calcular las características hidrostáticas, carenas rectas, del buque en proyecto, a partir de las formas modelizadas en el programa de diseño naval Autoship, se obtienen las tablas hidrostáticas para los calados probables del buque para un trimado cero, se considera el casco desnudo, sin apéndices y cerrado hasta la cubierta principal. Los apéndices se tendrán en cuenta en el capítulo 9 “Situaciones de Carga y Estabilidad”.

Se detallan las curvas KN a partir de las formas modelizadas para los desplazamientos probables del buque para un trimado cero, considerando el casco desnudo, sin apéndices y cerrado hasta la cubierta principal.

Se calcula el francobordo de acuerdo con el “Convenio Internacional sobre líneas de carga de 1966” de la organización Marítima Internacional y posteriormente el arqueo.

Cartilla de Trazado

Cna.	L.A. 0	L.A. 1/2	L.A. 1	L.A. 2	L.A. 3	L.A. 4	L.A. 5	L.A. 6	L.A. 7
0	0	0	0	0	0	0	0	741	1560
1/2	0	0	0	0	305	1063	1747	2398	3022
1	0	0	0	790	1623	2179	2766	3329	3861
1 1/2	0	0	675	1989	2498	3042	3575	4068	4463
2	0	702	1792	2762	3290	3807	4261	4615	4860
3	0	2200	3416	4150	4620	4916	5101	5228	5330
4	657	3128	4448	5155	5310	5394	5447	5479	5495
5	0	3222	5003	5457	5478	5483	5488	5492	5497
6	0	2658	5163	5425	5454	5471	5485	5495	5500
7	0	1672	4630	5246	5305	5344	5378	5412	5446
8	0	0	1921	4398	4633	4766	4880	4980	5062
8 1/2	0	0	0	3205	3804	4046	4252	4439	4592
9	0	0	0	826	2202	2732	3104	3431	3724
9 1/2	0	0	0	0	0	604	1163	1644	2125
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0



2.- CARENAS RECTAS

En el presente apartado se procede al cálculo de algunos parámetros y coeficientes de la carena que se usan más adelante en el desarrollo del proyecto, sobre todo en los cálculos de estabilidad en las distintas condiciones de carga a estudiar. Teniendo en cuenta esto, se han efectuado los cálculos para un rango de calados que pretenden abarcar las posiciones de equilibrio del buque en las futuras situaciones de carga.

En las tablas de resultados del presente apartado aparecen, en función del calado, los siguientes parámetros y coeficientes de la carena:

- DISP = Desplazamiento en toneladas.
- LCB = Posición longitudinal del centro de carena relativo a la perpendicular de popa en metros.
- VCB = Posición vertical del centro de carena relativo a la línea base en metros
- LCF = Posición longitudinal del centro del área de la flotación relativo a la perpendicular de popa.
- TPC = Toneladas por centímetro de inmersión.
- MTC = Momento para trimar un centímetro en t*m/cm.
- WS = Superficie mojada del casco en metros cuadrados.
- KML = Altura del metacentro longitudinal sobre la línea base en metros.
- KMT = Altura del metacentro transversal sobre la línea base en metros.
- WPA = Área de la flotación en metros cuadrados.
- CB = Coeficiente de bloque.
- CP = Coeficiente prismático.
- CM = Coeficiente de la maestra.
- CF = Coeficiente de la flotación.

En los cálculos se ha tomado como densidad de agua salada $1,025 \text{ t/m}^3$.

Se adjunta también los datos hidrostáticos representados gráficamente con las curvas que reflejan, con regla de escalas, los parámetros y coeficientes anteriores en abscisas y el calado en ordenadas. Se han incluido todas las curvas en dos gráficos, de modo que seleccionando un calado que corresponda a una de las situaciones de equilibrio que pueda presentar el buque, basta con trazar una paralela al eje de abscisas por dicho calado para que el corte con las curvas dé directamente el parámetro o parámetros buscados con su escala correspondiente.



2.1.- CURVAS HIDROSTÁTICAS (TRIMADO = 0 m)

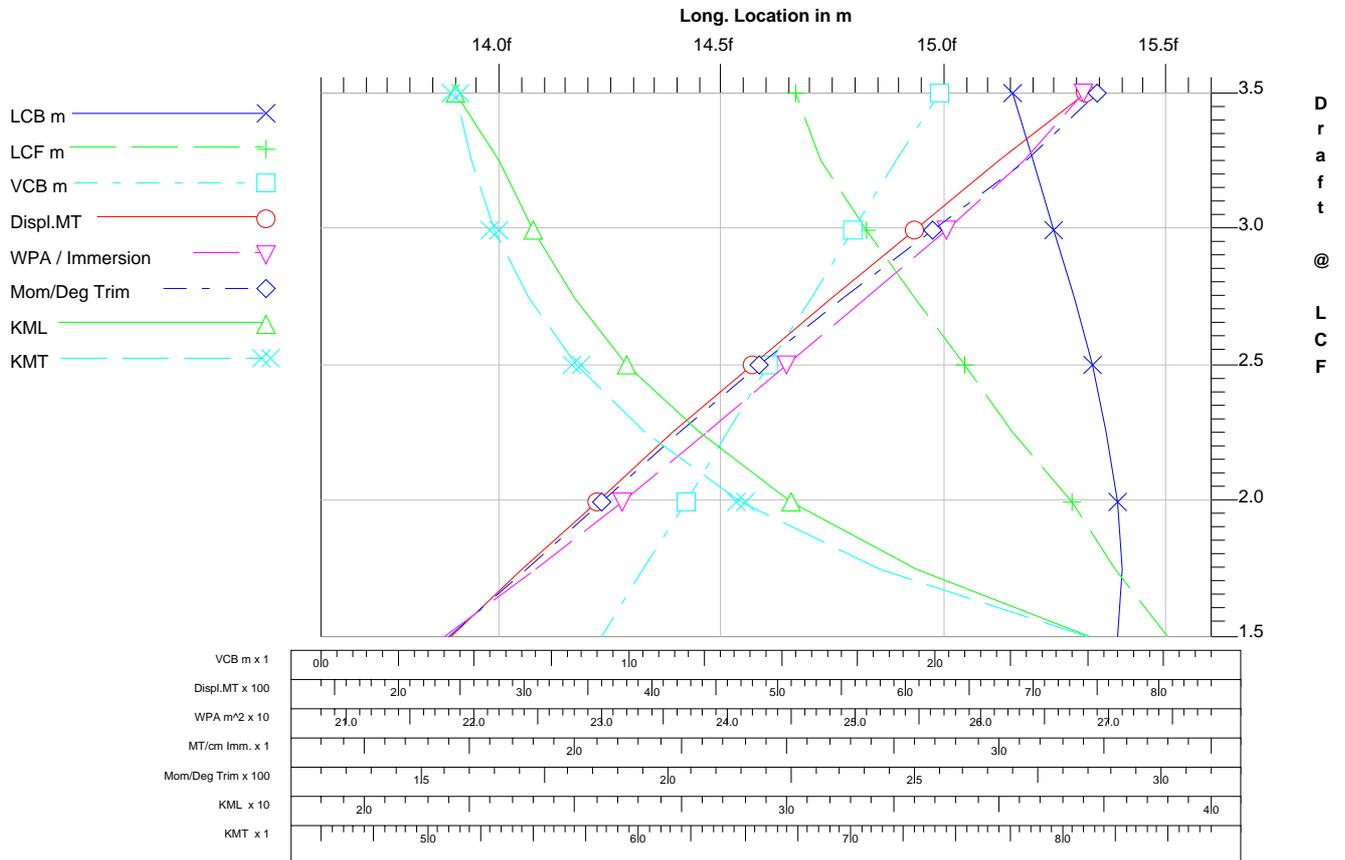
Calados desde la línea base.

Trimado: 0.00 deg., Sin escora, VCG = 0.000

Calado (m)	Displ (T)	LCB (m)	VCB (m)	LCF (m)	TPC (T/cm)	MTC (T*m/deg)	KML (m)	KMT (m)
1,50	240	15,39	0,91	15,50	2,23	155,69	37,13	8,12
1,55	251	15,39	0,94	15,48	2,25	158,78	36,18	7,88
1,60	263	15,40	0,97	15,46	2,26	161,89	35,30	7,67
1,65	274	15,40	0,99	15,43	2,27	164,90	34,47	7,48
1,70	285	15,40	1,02	15,41	2,29	168,03	33,72	7,30
1,75	297	15,40	1,05	15,39	2,30	171,24	33,03	7,13
1,80	309	15,40	1,07	15,37	2,32	173,93	32,30	6,98
1,85	320	15,40	1,10	15,35	2,33	177,06	31,68	6,84
1,90	332	15,40	1,13	15,33	2,35	180,15	31,10	6,71
1,95	344	15,39	1,16	15,31	2,36	183,28	30,55	6,59
2,00	356	15,39	1,18	15,28	2,37	186,45	30,05	6,47
2,05	367	15,39	1,21	15,26	2,39	189,71	29,58	6,37
2,10	379	15,38	1,24	15,23	2,40	192,50	29,07	6,27
2,15	391	15,38	1,27	15,20	2,41	195,79	28,65	6,18
2,20	404	15,37	1,29	15,18	2,43	199,09	28,26	6,10
2,25	416	15,37	1,32	15,15	2,44	202,45	27,90	6,02
2,30	428	15,36	1,35	15,13	2,46	205,85	27,55	5,95
2,35	440	15,35	1,38	15,10	2,47	209,25	27,23	5,88
2,40	453	15,34	1,40	15,09	2,48	211,98	26,83	5,82
2,45	465	15,34	1,43	15,07	2,49	215,26	26,51	5,76
2,50	478	15,33	1,46	15,05	2,51	218,55	26,21	5,70
2,55	490	15,32	1,49	15,02	2,52	221,86	25,93	5,65
2,60	503	15,32	1,51	15,00	2,53	225,24	25,66	5,60
2,65	516	15,31	1,54	14,98	2,55	228,66	25,41	5,55
2,70	528	15,30	1,57	14,96	2,56	232,09	25,17	5,51
2,75	541	15,29	1,60	14,93	2,57	235,56	24,94	5,47
2,80	554	15,28	1,62	14,91	2,58	239,08	24,72	5,44
2,85	567	15,27	1,65	14,89	2,60	242,65	24,52	5,40
2,90	580	15,26	1,68	14,87	2,61	246,27	24,33	5,37
2,95	593	15,26	1,71	14,85	2,62	249,90	24,14	5,34
3,00	606	15,25	1,73	14,83	2,64	253,55	23,96	5,31
3,05	619	15,24	1,76	14,80	2,65	257,24	23,79	5,29
3,10	633	15,23	1,79	14,78	2,66	260,95	23,63	5,26
3,15	646	15,22	1,82	14,76	2,67	264,72	23,47	5,24
3,20	659	15,21	1,84	14,74	2,69	268,53	23,33	5,22
3,25	673	15,20	1,87	14,72	2,70	272,37	23,19	5,20
3,30	686	15,19	1,90	14,70	2,71	276,23	23,05	5,19
3,35	700	15,18	1,93	14,68	2,72	280,14	22,93	5,17
3,40	714	15,17	1,95	14,70	2,73	281,06	22,56	5,16
3,45	727	15,16	1,98	14,69	2,74	284,45	22,40	5,14
3,50	741	15,16	2,01	14,66	2,75	286,65	22,16	5,13



Propiedades Hidrostáticas





2.2.- COEFICIENTES DEL CASCO (TRIMADO = 0 m)

Calados desde la línea base

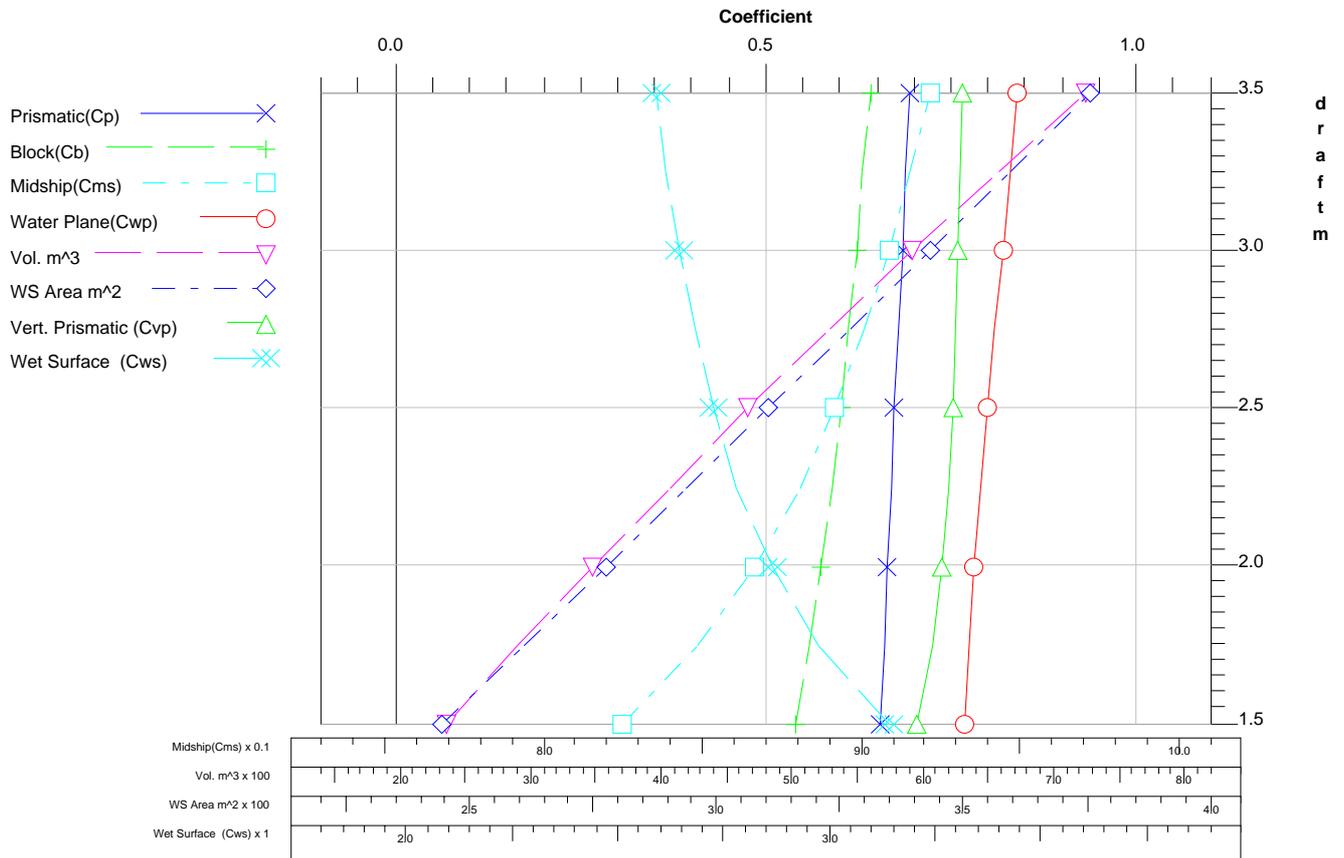
Sin trimado. Sin escora

Calado m	Volumen m ³	Coeficientes				Ws Area m ²
		CP	CB	CM	CF	
1,50	234,40	0,654	0,539	0,824	0,767	244,23
1,55	245,31	0,655	0,543	0,830	0,769	247,41
1,60	256,31	0,656	0,548	0,835	0,770	250,67
1,65	267,38	0,657	0,551	0,839	0,771	253,99
1,70	278,52	0,658	0,555	0,844	0,772	257,32
1,75	289,74	0,658	0,558	0,848	0,773	260,64
1,80	301,02	0,659	0,562	0,852	0,774	264,52
1,85	312,37	0,660	0,565	0,856	0,775	267,96
1,90	323,79	0,661	0,568	0,860	0,777	271,21
1,95	335,28	0,662	0,571	0,863	0,778	274,38
2,00	346,85	0,662	0,574	0,866	0,779	277,54
2,05	358,48	0,663	0,576	0,869	0,781	280,70
2,10	370,17	0,664	0,579	0,872	0,782	283,95
2,15	381,91	0,665	0,582	0,875	0,784	287,22
2,20	393,73	0,666	0,585	0,878	0,786	290,48
2,25	405,61	0,667	0,587	0,880	0,788	293,72
2,30	417,56	0,668	0,590	0,883	0,790	296,96
2,35	429,58	0,669	0,592	0,885	0,792	300,18
2,40	441,66	0,670	0,594	0,887	0,793	303,85
2,45	453,79	0,671	0,597	0,889	0,795	307,17
2,50	465,99	0,673	0,599	0,891	0,797	310,48
2,55	478,25	0,674	0,602	0,893	0,799	313,78
2,60	490,58	0,675	0,604	0,895	0,802	317,10
2,65	502,97	0,676	0,606	0,897	0,804	320,40
2,70	515,42	0,677	0,609	0,899	0,806	323,69
2,75	527,93	0,678	0,611	0,901	0,808	326,97
2,80	540,51	0,679	0,613	0,902	0,810	330,25
2,85	553,15	0,680	0,615	0,904	0,812	333,53
2,90	565,85	0,681	0,617	0,905	0,815	336,81
2,95	578,62	0,682	0,619	0,907	0,817	340,06
3,00	591,45	0,683	0,621	0,908	0,819	343,31
3,05	604,34	0,684	0,623	0,910	0,821	346,54
3,10	617,30	0,685	0,624	0,911	0,823	349,77
3,15	630,31	0,686	0,626	0,913	0,825	353,00
3,20	643,39	0,687	0,628	0,914	0,827	356,22
3,25	656,53	0,688	0,629	0,915	0,829	359,43
3,30	669,74	0,689	0,631	0,917	0,831	362,63
3,35	683,00	0,689	0,633	0,918	0,833	365,83
3,40	696,30	0,691	0,635	0,919	0,833	369,09
3,45	709,64	0,692	0,637	0,920	0,836	372,30



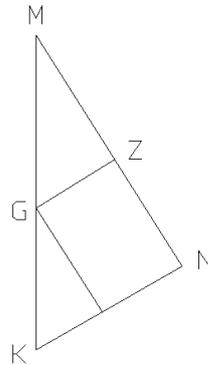
3,50	723,03	0,694	0,639	0,921	0,837	375,55
------	--------	-------	-------	-------	-------	--------

Coeficientes del Casco



3.- CARENAS INCLINADAS

Los brazos GZ varían con el ángulo de escora, aumentando con éste hasta alcanzar un valor máximo. Para mayores ángulos de inclinación, GZ disminuye hasta anularse, ángulo denominado límite de estabilidad. Si sigue aumentando la escora, GZ se hace negativo. Llegados a este punto el brazo adrizante deja de hacer su función y contribuye a escorar más el buque.



La posición vertical del centro de gravedad del buque se calcula en el capítulo 8 “Estimación de pesos y centro de gravedad”, sin embargo su valor exacto no se conocerá hasta que se realice la prueba de estabilidad.

- 1) Para la estabilidad inicial($\theta < 10^\circ$):

$$GZ = GM * \text{sen}\theta$$

$$\text{Mto. Adrizante} = \Delta * GZ = \Delta * GM * \text{sen}\theta$$

- 2) Para estabilidad a grandes ángulos:

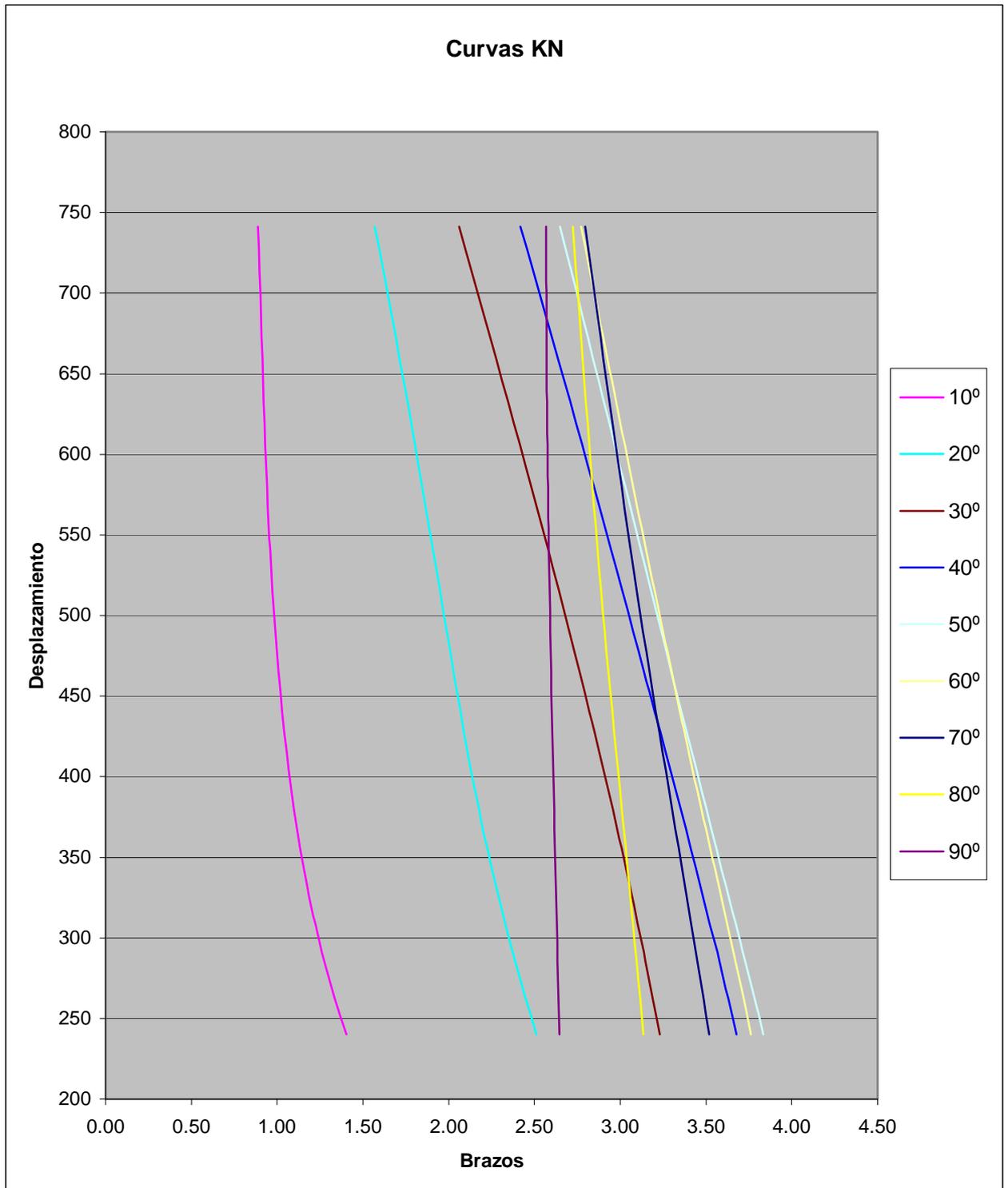
$$GZ = KN - KG * \text{sen}\theta$$

$$\text{Mto. Adrizante} = \Delta * GZ = \Delta * (KN - KG * \text{sen}\theta)$$

A continuación se detallan las curvas KN de 5 a 60 grados de escora obtenidas a partir de las formas modelizadas para los desplazamientos probables del buque para un asiento cero de la línea base, considerando el casco desnudo, sin apéndices y cerrado hasta la cubierta principal.



Calado	Δ (T)	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1.50	240	1.405	2.512	3.231	3.678	3.834	3.763	3.518	3.136	2.645
1.55	251	1.369	2.480	3.210	3.654	3.809	3.741	3.501	3.126	2.643
1.60	263	1.336	2.448	3.189	3.629	3.783	3.720	3.485	3.116	2.640
1.65	274	1.305	2.417	3.168	3.604	3.756	3.697	3.468	3.106	2.638
1.70	285	1.276	2.388	3.147	3.578	3.729	3.673	3.450	3.096	2.635
1.75	297	1.248	2.359	3.125	3.551	3.702	3.649	3.433	3.085	2.633
1.80	309	1.223	2.330	3.103	3.523	3.674	3.625	3.415	3.075	2.630
1.85	320	1.198	2.303	3.080	3.496	3.645	3.600	3.397	3.064	2.628
1.90	332	1.176	2.276	3.057	3.468	3.617	3.576	3.378	3.054	2.625
1.95	344	1.154	2.250	3.033	3.440	3.589	3.551	3.360	3.043	2.623
2.00	356	1.135	2.225	3.008	3.412	3.560	3.526	3.341	3.032	2.620
2.05	367	1.116	2.200	2.983	3.383	3.531	3.500	3.322	3.021	2.617
2.10	379	1.099	2.177	2.957	3.353	3.503	3.475	3.303	3.010	2.615
2.15	391	1.083	2.154	2.931	3.323	3.475	3.450	3.285	2.999	2.612
2.20	404	1.069	2.131	2.904	3.294	3.446	3.424	3.266	2.988	2.610
2.25	416	1.055	2.110	2.877	3.264	3.417	3.399	3.247	2.977	2.607
2.30	428	1.042	2.089	2.849	3.233	3.387	3.374	3.227	2.965	2.604
2.35	440	1.030	2.069	2.821	3.202	3.357	3.349	3.208	2.954	2.602
2.40	453	1.019	2.048	2.792	3.170	3.328	3.324	3.189	2.943	2.599
2.45	465	1.008	2.028	2.763	3.139	3.298	3.300	3.171	2.931	2.597
2.50	478	0.999	2.009	2.733	3.108	3.269	3.275	3.152	2.920	2.594
2.55	490	0.990	1.989	2.703	3.076	3.239	3.250	3.133	2.909	2.593
2.60	503	0.981	1.969	2.673	3.044	3.210	3.225	3.115	2.898	2.591
2.65	516	0.973	1.949	2.642	3.011	3.180	3.200	3.097	2.888	2.588
2.70	528	0.966	1.929	2.611	2.979	3.151	3.175	3.079	2.877	2.586
2.75	541	0.959	1.909	2.579	2.946	3.121	3.150	3.061	2.868	2.584
2.80	554	0.952	1.888	2.547	2.913	3.090	3.125	3.043	2.858	2.582
2.85	567	0.946	1.867	2.514	2.879	3.060	3.100	3.025	2.848	2.580
2.90	580	0.941	1.846	2.481	2.846	3.029	3.076	3.008	2.838	2.579
2.95	593	0.935	1.825	2.448	2.812	2.998	3.051	2.990	2.829	2.577
3.00	606	0.930	1.803	2.414	2.777	2.967	3.026	2.973	2.819	2.576
3.05	619	0.926	1.782	2.380	2.743	2.936	3.001	2.955	2.810	2.574
3.10	633	0.922	1.760	2.346	2.708	2.905	2.976	2.938	2.800	2.573
3.15	646	0.918	1.737	2.311	2.673	2.874	2.951	2.920	2.791	2.572
3.20	659	0.914	1.714	2.276	2.637	2.842	2.926	2.902	2.781	2.572
3.25	673	0.910	1.691	2.241	2.601	2.811	2.900	2.885	2.772	2.571
3.30	686	0.907	1.668	2.205	2.565	2.779	2.875	2.867	2.762	2.570
3.35	700	0.903	1.644	2.169	2.529	2.747	2.850	2.849	2.753	2.570
3.40	714	0.898	1.619	2.134	2.492	2.715	2.824	2.831	2.743	2.569
3.45	727	0.893	1.595	2.098	2.456	2.683	2.798	2.813	2.734	2.569
3.50	741	0.887	1.569	2.061	2.418	2.650	2.772	2.795	2.725	2.569





4.- CÁLCULO DE FRANCOBORDO

El cálculo de francobordo se realiza según el Reglamento de Francobordo anexo al Convenio Internacional sobre líneas de Carga de 1966. Según este reglamento se denomina francobordo a la distancia medida verticalmente hacia abajo, en el centro del buque, desde el canto de la línea de cubierta de francobordo hasta el canto alto de la línea de carga correspondiente, la cual se define por la intersección del casco con la superficie del mar para unas condiciones de carga determinadas. [Capítulo I, regla 3, 8]

La asignación del francobordo mínimo a cualquier buque se hace considerando los siguientes aspectos del buque, cuya influencia es manifiesta de cara a que el buque presente una navegabilidad suficiente:

- a) Que el buque posea una estructura adecuada, con suficiente resistencia, para soportar todos los viajes posibles.
- b) Que su estabilidad sea adecuada para todos los servicios que deba prestar.
- c) Que posea un casco completamente estanco al agua desde la quilla hasta la cubierta de francobordo, y estanco a las condiciones meteorológicas desde la cubierta de francobordo hacia arriba.
- d) Que posea una plataforma de trabajo lo suficientemente alta respecto a la superficie del mar que permita moverse en ella, estando a la intemperie, con cualquier estado del mar.
- e) Que posea un volumen suficiente, llamado reserva de flotabilidad, sobre la línea de flotación de manera que el buque no se vea en peligro de irse a pique

Se define asimismo como cubierta de francobordo “la cubierta completa más alta expuesta a la intemperie y a la mar”. [Capítulo I, regla 3, 9].

A continuación se pasa a definir los términos usados en el cálculo de francobordo:

- Eslora: el 96 % de la eslora total de una flotación, situada al 85% del puntal mínimo de trazado medido desde el canto alto de la quilla o bien la distancia



entre la cara de proa de la roda y el eje de la mecha del timón si es superior”.
[Capítulo I, regla 3, 1]

Se tomarán las perpendiculares en los extremos de proa y popa de L. La perpendicular de proa siempre se situará en la cara de proa de la roda en la flotación en que se mida la eslora.

El centro del buque se situará en la mitad de L.

- Manga (B): será la manga máxima del buque, medida en el centro del mismo.
- Puntal de trazado: será la distancia vertical medida desde el canto alto de la quilla hasta el canto alto del bao de la cubierta de francobordo en el costado.
- Puntal de francobordo (D): será el puntal trazado en el centro del buque más el espesor de la plancha de trancañil.
- Superestructura: será una construcción cubierta dispuesta encima de la cubierta de francobordo, que se extienda de banda a banda del buque o cuyo forro lateral no esté separado del forro del costado más de un 4 % de la manga.

CLASIFICACIÓN

Según la regla 27, apartado 5 del capítulo III del Reglamento de Francobordo, el buque en proyecto es un buque de Tipo B, puesto que no ha sido proyectado para llevar cargas líquidas a granel como se les exige a los de Tipo A.

DATOS DE PARTIDA

- | | |
|---|---------|
| • Manga de trazado (B) | 11.00 m |
| • Puntal mínimo de trazado | 4.20 m |
| • Puntal de francobordo (D) | 4.208 m |
| • Calado (85 % Puntal mínimo) | 3.57 m |
| • Eslora de francobordo (96 % I_1) (L) | 28.02 m |

FRANCOBORDO TABULAR

Según la regla 27, apartado 6 del Capítulo III, a los buques de Tipo B que en emplazamientos de Clase 1 tengan escotillas dotadas de tapas que cumplan con las prescripciones de las reglas 15, apartado 7 o 16, es decir, que fundamentalmente sean estancas a la intemperie, se les asignarán francobordos basados en la tabla B de la regla



28, excepto los casos previstos en los párrafos 7) a 10) para buques de eslora superior a 100 metros.

Con la eslora de francobordo ($L = 28.02$ m) se entra en la tabla B interpolando:

Eslora L (m)	Francobordo (mm)
28	233
29	242

Francobordo tabular: 233 mm

CORRECCIÓN POR PUNTAL

De acuerdo con la regla 31 del capítulo III, previamente se ha de hallar el Puntal de Francobordo (D), el cual se define en la regla 3, 6, como el puntal de trazado en el centro del buque más el espesor de la plancha de trancanil de la cubierta de francobordo si existe, más otra cantidad en el caso de que estuviera forrada la cubierta.

Puntal de francobordo = 4208 mm

Cuando D excede de $L/15$ el Francobordo deberá aumentarse en $(D-L/15) R$ mm:

Dado que el valor de D es superior a $L/15 = 1868$ mm, el francobordo deberá aumentarse en la cantidad:

$$(D-L/15) R = (4.208 - 1.868) 58.375 = 137 \text{ mm}$$

Siendo $R = L/0.48$ para buques con $L < 120$ m. $R = 58.375$

Corrección por puntal: + 137 mm



Según la regla 34 y 35 del reglamento de francobordo, este buque no tiene superestructura, la última cubierta corrida y cerrada es la principal. Por lo que es necesario realizar la corrección del francobordo tabular para buques de esloras inferiores a los 100 m (regla 29), debido a que; $E/L = 0.00 > 0.35$, siendo E, longitud efectiva de la superestructura es nula. El francobordo tabular se deberá incrementar en la siguiente cantidad:

$$7.5(100-L)(0.35-E/L) = 7.5(100-28.02)(0.35) = 189 \text{ mm}$$

CORRECCIÓN POR COEFICIENTE DE BLOQUE

El coeficiente de bloque que ha de calcularse es el correspondiente a un desplazamiento para un calado del 85% del puntal de trazado. En este caso $C_b = 0.651$, con lo cual no habrá que realizar corrección por coeficiente de bloque, ya que este es menor que 0.68.

No es necesaria la corrección por coeficiente de bloque.

REDUCCIÓN POR SUPERESTRUCTURAS

No existe corrección por superestructuras debido a que el buque no tiene. La última cubierta cerrada y continua es la cubierta principal.

ARRUFO

Se calculan las curvas de arrufo normal y arrufo real según la regla 38 del presente reglamento. No existen excesos de altura de las superestructuras de proa y popa.

Situación	Ord. real	F.S.	Producto
PPp	590	1	590
1/6 L PPp	266	3	798
1/3 L PPp	55	3	165
1/3 L PPr	240	3	720
1/6 L PPr	770	3	2310
PPr	1633	1	1633



Situación	Ord. Normal	F.S.	Producto
PPp	484	1	484
1/6 L PPp	215	3	645
1/3 L PPp	54	3	162
1/3 L PPr	108	3	324
1/6 L PPr	430	3	1290
PPr	968	1	968

Reducción por exceso de arrufo. El arrufo real es mayor que el normal tanto a proa como a popa, pero al carecer de superestructura, no se realiza descuento alguno al francobordo.

FRANCOBORDO DE VERANO

Se va a realizar un cálculo del francobordo de verano, que de acuerdo con la regla 40, es el francobordo tabular modificado con las correcciones pertinentes:

- Francobordo tabular = + 233
- Corrección por $E/L < 0.35$ = + 189
- Corrección por coeficiente de bloque = nulo
- Corrección por Puntal = + 137
- Corrección por superestructura = nulo
- Corrección por arrufo = nulo
- Corrección por altura de proa = nulo

Francobordo de verano: 559 mm.

CÁLCULO DE LA ALTURA DE LA PROA

Según la regla 39, 1 se define la altura de proa como “la distancia vertical en la perpendicular de proa, entre la flotación correspondiente al francobordo de verano asignado y al asiento de proyecto, y el canto alto en el costado, de la cubierta expuesta”.

La altura mínima de proa para buques con eslora inferior a 250 m se calcula según la fórmula:



$$56 \cdot L \left(1 - \frac{L}{500} \right) \left(\frac{1,36}{C_B + 0,68} \right)$$

Donde $L = 28.02$ m y el valor del coeficiente de bloque no puede ser inferior a 0.68, por lo que en nuestro caso se tomará este último valor ya que $C_B = 0.651$.

Con esto obtenemos un valor de la altura exigida en proa de 1481 mm, por lo que el buque en proyecto satisface este requerimiento, ya que tiene una altura de 2200 mm.

CÁLCULO DE FRANCOBORDOS MÍNIMOS

Los cálculos de los francobordos mínimos se encuentran detallados en el apartado siguiente, en el impreso correspondiente de la Marina Mercante.

4.1.- FRANCOBORDO (FORMATO MARINA MERCANTE)





ESTADO ESPAÑOL

DIRECCIÓN GENERAL DE LA MARINA MERCANTE
INSPECCION GENERAL DE BUQUES

CÁLCULO DEL FRANCOBORDO

NOMBRE DEL BUQUE:

PROYECTO FIN DE CARRERA

REMOLCADOR DE PUERTO DE 52 TONELADAS DE TIRO

TIPO A	TIPO B	X	CON FRANCOBORDO		reducido aumentado	MADERA	
Nombre del Buque <i>REMOLCADOR DE PUERTO DE 52 TONELADAS DE TIRO</i>		Señal distintiva	Nacionalidad y puerto de Matrícula <i>Española. De La Luz y De Las Palmas</i>		Tonelaje bruto	Fecha de Construcción	
Astillero constructor y nº de construcción		Clasificación: <i>LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING + 100 A1 "TUG" + FF1 + LMC, UMS</i>					
		Calado de escantillonado: 3.57 m					
Puntal mínimo de trazado:		4.20 m					
Eslora en la flotación correspondiente al 85% del puntal mínimo de trazado					Total x 0,96..... =	28.02 m.	
					al eje de la mecha del timón =	26.00 m.	
Eslora de francobordo: 28.02 m.		Manga: 11.00 m.	Puntal (en el centro del buque): 4.2 m.				
PUN TAL DE FRANCOBORDO (D)			CORRECCION POR PUN TAL				
Puntal de trazado..... =		4200 mm.	Puntal tabular = (L/15)..... =		1868 mm.		
Plancha de trancanil..... =		8 mm.	(a) Si D es mayor que el puntal tabular (D - puntal tabular) R..... =		233 mm.		
Forro de madera en cubierta intemperie.. = T x [(L-S)/L]		_____ mm.	(b) Si D es menor que el puntal tabular (si se permite) (Puntal tabular - D) R..... =		_____ mm.		
Puntal de francobordo (D)..... =		4208 mm.	Limitada por superestructuras:		NO		
REDUCCION POR SUPERESTRUCTURAS							
	Longitud media cubierta (S) m	Corrección por anchura	Altura mm.	Corrección por altura	Longitud efectiva (E) m	Altura normal de superestructura mm.	
Castillo.....						Altura normal de saltillo mm.	
Puente.....						Reducción por superestructura completa mm.	
Toldilla.....							
Saltillo.....						Longitud efectiva del saltillo limitada a 0,6 L:	
Tronco a popa..						0.00	
Tronco a proa...						Porcentaje cubierto S/L =	
TOTAL.....						0.00	
						" " E/L =	
BUQUE DE TIPO A		BUQUE DE TIPO B			Línea I	Línea II	MADERA
Porcentaje de la tabla.....		Porcentaje de la tabla.....					
		Corregido por castillo menor de 0,07 L..					
Reducción.....		Interpolación por puente menor de 0,2 L					



		Reducción.....		0	
CORRECCIÓN POR ARRUFO					
Excesos de altura de las superestructuras de proa y popa					
		Real (mm)	Normal (mm)	Diferencia (y)	
Toldilla o saltillo en la PPr		0	0	0	1/3 x 0 x 0 / 0 = 0 mm
Castillo en la PPr.....		0	0	0	1/3 x 0 x 0 / 0 = 0 mm
Situación	Ordenada Real (mm)	F.S.	Producto	Ordenada de	
PPp.....	590	1	590	Arrufo normal, a popa x 8/3 =	129 mm.
1/6 L desde PPp..	266	3	798	Ordenada de	
1/3 L desde PPp..	55	3	165	Arrufo normal, a proa x 8/3 =	2580 mm.
Suma =		1553		Total 3870	
+ (16 x sPp.) =		0			
Suma de arrufo virtual =		1553		Relación arrufo real	{ a popa = 1.204
Suma admisible =		1553		arrufo normal	{ a proa = 1.807
Longitud de superestructura cerrada que cubre 0,1 L en el centro del buque					
1/3 L desde PPr..	240	3	720	L	
1/6 L desde PPr..	770	3	2310	a popa = 0	
P.Pr.....	1633	1	1633	a proa = 0	
Suma =		4663		Corrección = $\frac{\text{Diferencia entre las sumas de productos}}{16} = (0,75 - \frac{S}{2L})$	
+ (16 x Spr.) =		0			
Suma de arrufo virtual =		4663		= 110 mm	
Suma admisible =		4663		Limitada por razón de la superestructura central: SI	
Total =		6216		Limitada a la concesión máxima: NO	
				Concesión máxima = 0 mm	
COEFICIENTE DE BLOQUE					
Volumen de trazado (excluidos henchimientos) a un calado de trazado del 85% del puntal mínimo de trazado:					
Coefficiente de bloque para usar con las tablas: 0.651					
FRANCOBORDO TABULAR Y RESUMEN DE LAS CORRECCIONES (mm.)					
	TIPO A		TIPO B		TIPO
FRANCOBORDO TABULAR					233
Corrección por longitud de superestructuras < 0,35 L			189		
Corrección por C.B.			0		
Otras correcciones	+	-	+	-	+
Puntal			137		
Superestructuras				0	
Arrufo				0	
Altura de proa, etc. (Véase abajo)					
Posición de la línea de cubierta					
Estabilidad					
Escantillones, eslora inundable					
Francobordo de verano (mm.) =				559	
ALTURA DE PROA					
Altura exigida... =	1481	mm			
Altura real..... =	2200	mm			
Calado máximo = Puntal (D) + Arrufo en la P.Pr. + Altura del castillo en la P.Pr. - Altura de proa exigida.					
=	4208	+	1633	+	2200 = 3641 mm
Reducción para francobordo tropical e incremento para francobordo de invierno y de Atlántico Norte, invierno			Reducción para agua dulce		
			TIPO B	MADERA	
TIPO B			MADERA		Desplazamiento en agua salada con la flotación en carga de verano, Δ (T)= 780.03
Puntal a la cubierta de francobordo..... =	4208	mm	=	mm	
Francobordo de verano..... =	559	mm	=	mm	
Calado de trazado (d)..... =	4200	mm	=	mm	
Espesor de la quilla..... =	11	mm	=	mm	Toneladas por cm.



Calado bajo la quilla..... =	2800	mm	=	mm	de inmersión en la		
Reducción para francobordo tropical..... =	76	mm	=	mm	flotación en carga		
Incremento para francobordo de invierno.... =	76	mm	=	mm	de verano, T..... =	2.78	
Incremento para f.b. de Atlántico Norte, inv =	126	mm	=	mm	Reducción($\Delta/4T$) =	70	mm
FRANCOBORDOS ASIGNADOS DESDE LA LINEA DE CUBIERTA							
Línea de cubierta	0	mm. por debajo de la cara superior	$\left[\begin{matrix} \text{de la cubierta} \\ \text{del ferro} \end{matrix} \right]$	de	$\left[\begin{matrix} \text{acero} \\ \text{madera} \end{matrix} \right]$	0	Prolongada hasta el costado.
Francobordo desde la línea de cubierta				Líneas de carga. Situación respecto a la de verano			
Agua dulce tropical		mm.					mm. sobre la de verano
Agua dulce	489	mm.		70	mm.	“	“
Tropical	483	mm.		76	mm.	“	“
Verano	559	mm.					
Invierno	635	mm.		76	mm.	bajo la de verano	
Atlántico Norte, Invierno	685	mm.		126	mm.	“	“
Francobordo desde la línea de cubierta para madera				Líneas de carga. Situación respecto de la de verano para madera			
Agua dulce tropical (madera)							
Agua dulce	“	mm.					mm. sobre el centro del anillo
Tropical	“	mm.					mm. sobre la de verano, madera
Verano	“	mm.					mm. “ “
Invierno	“	mm.					mm. “ “
Atlántico Norte, Invierno	“	mm.					mm. bajo la de verano, madera

5.- CÁLCULO DEL ARQUEO

Para su determinación se aplica el “*Convenio Internacional sobre arqueo de buques del 23 de Junio de 1969 (Londres)*”.

Según este reglamento el arqueo de un buque comprende el arqueo bruto y el arqueo neto.

El “Arqueo bruto” es la expresión del tamaño total del buque, determinada de acuerdo con las disposiciones del presente Convenio.

El “Arqueo neto” es la expresión de la capacidad utilizable de un buque, determinada de acuerdo con las disposiciones del presente Convenio.

A continuación se pasa a definir los términos usados en el cálculo del arqueo:

- Manga (B): será la manga máxima del buque, medida en el centro del mismo.
- Puntal de trazado: será la distancia vertical medida desde el canto alto de la quilla hasta la cara inferior de la cubierta superior en el costado.
- La cubierta superior es la cubierta completa más alta expuesta a la intemperie y a la mar, dotada de medios permanentes de cierres estancos



de todas las aberturas en la parte expuesta de la misma, y bajo la cual todas las aberturas en los costados del buque estén dotadas de medios permanentes de cierre estanco. En un buque con una cubierta superior escalonada se tomará como cubierta superior la línea más baja de la cubierta expuesta a la intemperie y su prolongación paralelamente a la parte más elevada de dicha cubierta.

- Son espacios cerrados todos los limitados por el casco del buque, por mamparos fijos o móviles y por cubiertas o techos que no sean toldos permanentes o móviles.
- Por pasajero se entiende toda persona que no sea el capitán y los miembros de la tripulación u otras personas empleadas o contratadas para cualquier labor de a bordo necesaria para el buque, y un niño menor de un año.
- Los espacios de carga que deben incluirse en el cálculo del arqueo neto son los espacios cerrados adecuados para el transporte de la carga que ha de descargarse del buque a condición de que estos espacios hayan sido incluidos en el cálculo del arqueo bruto.

6.1.- ARQUEO BRUTO

El arqueo bruto (GT) se calcula aplicando la siguiente fórmula de acuerdo con la Regla 3:

$$GT = K_1 V$$

Siendo:

V = Volumen total de todos los espacios cerrados del buque (m³), incluyendo los apéndices.

- Volumen bajo la cubierta principal = 1005 m³
- Volumen bajo la cubierta de botes = 197 m³
- Volumen bajo la cubierta del puente = 75 m³
- Volumen del puente = 44 m³
- Volumen de los apéndices = 12 m³

$$V = 1333 \text{ m}^3$$



$$K_1 = 0.2 + 0.02 \log_{10} V = 0.262$$

$$\underline{\underline{\text{ARQUEO BRUTO} = 350 \text{ GT}}}$$

6.2.- ARQUEO NETO

El arqueo neto se calcula según la expresión proporcionada por la Regla 4:

$$NT = K_2 \cdot V_c \cdot \left(\frac{4 \cdot d}{3 \cdot D} \right)^2 + K_3 \cdot \left(N_1 + \frac{N_2}{10} \right)$$

Siendo:

- V_c = Volumen total de los espacios de carga
- $K_2 = 0,2 + 0,02 \log_{10} V_c$
- D = Puntal de trazado en el centro del buque
- d = Calado de trazado en el centro del buque
- $N_1 = N_2$ = número de pasajeros

Al no embarcar carga, ni pasaje, el arqueo neto debería ser nulo, sin embargo, de acuerdo con dicha regla el arqueo neto (NT) no debe tomarse inferior a 0.3 GT, por lo que:

$$\underline{\underline{\text{ARQUEO NETO} = 105 \text{ NT}}}$$

CAPÍTULO 5

RESISTENCIA

ESTRUCTURAL



1.- CRITERIOS DE CÁLCULO

Para el cálculo de la estructura resistente del barco en proyecto se emplea el reglamento de Lloyd's Register of Shipping, en adelante LRS, siguiendo la normativa necesaria para alcanzar la cota 100 A1 tug indicada en la especificación del proyecto. En principio no será necesario emplear materiales distintos del acero al carbono **NAVAL A** de límite elástico 230 N/mm^2 , carga de rotura 490 N/mm^2 y alargamiento del 22%, ya que en este tipo de barcos no es habitual que problemas de peso o de estabilidad o de resistencia obliguen a emplear materiales más livianos como el aluminio o materiales de mayor resistencia como aceros de alto límite elástico. Ello permite que la construcción sea más económica debido a la diferencia de precio entre estos materiales y a la diferencia del coste de mano de obra.

El proceso de escantillonado será el expuesto a continuación:

Se parte de las indicaciones particulares que para alcanzar la cota **100 A1 TUG** se presentan en la Parte 4, capítulo 3 del reglamento del LRS.

En ellas se indica que para alcanzar dicha cota deberán seguirse las indicaciones generales para el escantillonado de buques que se presentan en las Partes 3 y 4 del citado reglamento, con las siguientes particularidades:

- Además de los planos generales requeridos deberá añadirse información sobre la estructura de soporte y el polín del equipo de remolque.
- En caso de existir skeg o patín o estructura similar que pueda actuar de soporte del peso del buque en caso de varada también se adjuntará información sobre el mismo.
- También deberá incluirse información sobre la disposición del sistema de remolque, incluyendo líneas de acción, magnitudes y puntos de aplicación de las fuerzas de remolque en el equipo.
- Detalles de la resistencia de rotura de los componentes del equipo de remolque.

Además deben considerarse todas aquellas reglas que por la eslora del buque en proyecto (30 metros) no le son aplicables, básicamente en relación con los criterios y exigencias de resistencia longitudinal.

Una vez presentadas estas normas de tipo básico se pasa a continuación a explicar el planteamiento seguido en el proceso de escantillonado.



2.- PLANTEAMIENTO DEL PROCESO

Se ha realizado con la normativa aplicable una hoja de cálculo que nos permite determinar los escantillones mínimos requeridos, espesores de planchas del forro y de mamparos, módulos resistentes de refuerzos primarios y secundarios, y áreas mínimas de dichos elementos.

Además de presentar la citada hoja, en la que se recoge el escantillonado de todos los elementos de la estructura, tanto en el cuerpo central como en popa y proa, se va a desarrollar con mayor detenimiento el estudio del escantillonado requerido por la cuaderna maestra.

El proceso de cálculo de la estructura de acuerdo con el reglamento del LRS exige definir en primer lugar el módulo resistente de la sección maestra, a pesar de ser ésta desconocida, para a partir de este valor definir un coeficiente que aplicar en las fórmulas para el cálculo de los escantillones de los elementos que conforman dicha sección maestra, y que se define a partir del valor máximo que alcanza la tensión σ debida al momento flector que actúa sobre el casco resistente, comparándolo con el valor máximo permitido en función del material empleado.

Este coeficiente, que se denomina en el reglamento “Factor de reducción local”, viene definido en la Pt 3, Ch 4,5 del reglamento del LRS que a continuación se presenta.

Pt 3 Ship Structures

Pt 3, Ch 4 Longitudinal Strength

Pt 3, Ch 4,5 Hull Bending Strength

Pt 3, Ch 4,5.7 Local reduction factors

5.7 Local reduction factors

5.7.2 Where the maximum hull vertical bending stress at deck or keel is less than the permissible combined stress, σ , reductions in local scantlings within $0,4L$ amidships may be permitted. The reduction factors applicable in Part 4 are defined as follows:

For hull members above the neutral axis

$$F_d = (\sigma D / \sigma)$$

For hull members below the neutral axis



$$F_b = (\sigma B / \sigma)$$

In general the values of σD and σB to be used are the greater of the sagging or hogging stresses, and F_d and F_b are not to be taken less than 0.67 for plating and 0.75 for longitudinal stiffeners.

El valor de la tensión σ máxima permitida se define en la Pt 3 Ch 4,5 y en el caso de estructuras de acero de límite elástico normal vale 175 N/mm^2 . A continuación se presenta la citada regla:

*LR Rule Books Lloyds Registers Published Rules and Regulations
LR SHIP Lloyds Registers Rules and Regulations for the Classification of
Ships
Pt 3 Ship Structures
Pt 3, Ch 4 Longitudinal Strength
Pt 3, Ch 4,5 Hull Bending Strength*

5.6 Permissible hull vertical bending stresses

5.6.1 *The permissible combined (still water plus wave) stress for hull vertical bending, is given by:*

(a) *Within 0,4L amidships*

$$\sigma = (175 / kL) \text{ N/mm}^2 = (17.84 / kL) \text{ kgf/mm}^2$$

El proceso se convierte de esta manera en un proceso iterativo.

Se va a iniciar este proceso tomando para F_d y F_b los valores mínimos definidos en la regla antes presentada como punto de partida ya que opiniones expertas en el cálculo de la estructuras de este tipo de buque nos indican que normalmente no existen en estos buques problemas de resistencia estructural, por lo que las tensiones generadas suelen ser incluso menores que las que obligarían a tomar estos valores mínimos.

Con dicho valor (0.67 para planchas y 0.75 para refuerzos longitudinales) se realiza el cálculo y una vez completado se comprueba si el valor del coeficiente antes definido es adecuado, si no es así se deberá cambiar dicho coeficiente, usando el que corresponda a la sección maestra así definida, y volver a iniciar el proceso hasta alcanzar una solución satisfactoria.



La siguiente consideración a realizar es qué elementos deben incluirse en el cálculo del módulo resistente de la cuaderna maestra.

Este aspecto viene definido en la Pt 3, Ch 3,4 del reglamento del LRS donde se indica que deberán considerarse todos los elementos longitudinales que sean continuos.

Además se define también la cubierta última que debe incluirse en este cálculo, que en nuestro caso particular será la cubierta principal ya que de acuerdo al reglamento no pueden considerarse como resistentes ni la superestructura ni el castillo de proa, en este caso no se podrá considerar resistente la superestructura, ya que este buque carece de castillo de proa.

La citada regla se expone a continuación:

LR Rule Books Lloyds Registers Published Rules and Regulations
LR SHIP Lloyds Registers Rules and Regulations for the Classification of
Ships
Pt 3 Ship Structures
Pt 3, Ch 3 Structural Design

Section 3 . Structural idealization

.../...

3.4 Calculation of hull section modulus

3.4.1 All continuous longitudinal structural material is to be included in the calculation of the inertia of the hull midship section, and the lever z is, except where otherwise specified for particular ship types, to be measured vertically from the neutral axis to the top of keel and to the moulded strength deck line at the side. The strength deck is to be taken as follows:

(a) Where there is a complete upper deck and no effective superstructure, the strength deck is the upper deck.

(b) Where the upper deck is stepped, as in the case of raised quarterdeck ships, or there is an effective superstructure on the upper deck, the strength deck is stepped as shown in Fig. 3.3.4.



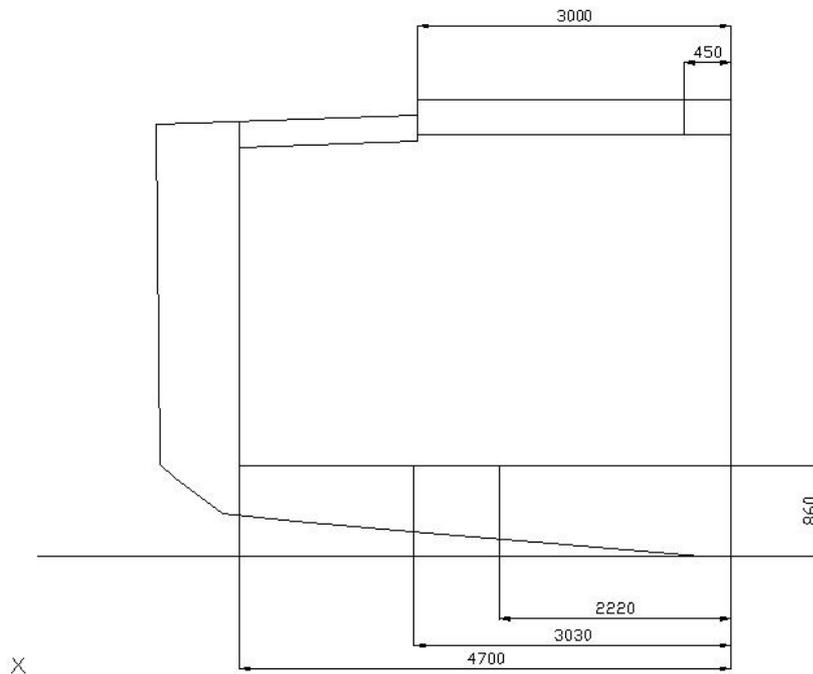
3.4.2 *An effective superstructure is one which exceeds $0,15L$ in length and extends inside the midship $0,5L$ region. Superstructure decks less than 12 m in length are not to be considered as strength deck.*

Por último debe señalarse que ya en el capítulo 3 “Disposición General” se indicó que se había elegido una separación entre refuerzos secundarios de 600 mm. Al ser un buque de estructura de doble costado las bularcamas serán iguales que las secciones normales con el añadido de una plancha de 8 mm entre el refuerzo interior y exterior del costado, con dos aligeraciones de 600 x 350 mm como muestra el plano 05.1, las bularcamas estarán situadas en la zona central del buque en las secciones 17, 20, 23, 29, 32, 35 y 38 las planchas de las bularcamas en las secciones 16, 26 y 40 serán mamparos estancos, que además de cumplir con su función estructural, dividirán los tanques laterales de combustible. Estos valores se han escogido en base a valores y disposiciones estructurales utilizadas en este tipo de buques, y por su adecuación a la disposición general realizada. Todos los espesores de las planchas y refuerzos, así como los módulos e inercias de los últimos, cumplen con la normativa del LRS.

Una vez planteado el problema pasamos a definir la geometría de la sección a escantillonar.

3.- ESCANTILLONADO DE LA CUADERNA MAESTRA

La sección maestra del barco en proyecto responde a la geometría del cuerpo hidrocónico definido, en el que se dispone en primer lugar de un doble fondo cuya altura hemos establecido en el cuaderno 3 “Disposición General” en 0.860 metros. Esta medida se estableció por comparación por buques similares y en función del tamaño de los motores, valor válido según lo establecido en el reglamento del LRS y justificado en este capítulo en lo correspondiente al cálculo de la altura mínima del doble fondo. Para el cálculo se tienen en cuenta todos aquellos refuerzos y planchas que atraviesen longitudinalmente la cuaderna maestra. Teniendo en cuenta todo esto la sección que vamos a escantillonar presenta el siguiente esquema en mm:



A continuación se analizan cada uno de los elementos de dicha sección:

3.1.- DOBLE FONDO.

3.1.1.- ALTURA DEL DOBLE FONDO

Como se señaló anteriormente la altura del doble fondo ya se definió en el capítulo 3 “Disposición General”, pero queda por comprobar que esta elección se ajusta a lo que marca el reglamento del LRS.

Vamos primeramente a realizar esta comprobación.

El valor de la altura mínima permitida del doble fondo se presenta en la Pt 4 Ch 1, en ella se especifica que en barcos con estructura transversal como es el caso que nos ocupa, el valor de la altura central del doble fondo no puede ser menor que el definido por la siguiente fórmula:



$$dDB = 28B + 205(T)^{1/2} \text{ mm}$$

En el caso del proyecto que se está desarrollando $B = 11 \text{ m}$ y $T = 3.57 \text{ m}$, sustituyendo en la fórmula se obtiene:

$$dDB = 695.34 \text{ mm}$$

Valor inferior a los 860 mm establecidos, con lo que se comprueba la validez de esta decisión.

A continuación se presenta la regla a la que se ha remitido para este cálculo:

LR Rule Books Lloyds Registers Published Rules and Regulations
LR SHIP Lloyds Registers Rules and Regulations for the Classification of
Ships
Pt 4 Ship Structures
Pt 4, Ch 1 General Cargo Ships

Section 8 Double bottom structure

.../...

8.2.5 This Section provides for longitudinal or transverse framing in the double bottom, but for ships exceeding 120 m in length and for ships strengthened for heavy cargoes, longitudinal framing is, in general, to be adopted. For the additional requirements for ships specially strengthened for heavy cargoes, see Ch 7, 1.3.

.../...

8.3 Girders

8.3.1 The centre girder is to have a depth of not less than that given by:

$$dDB = 28B + 205(T)^{1/2} \text{ mm}$$

nor less than 650 mm. The centre girder thickness is to be not less than:

$$t = (0,008dDB + 4) (k)^{1/2} \text{ mm}$$



nor less than 6.0 mm. The thickness may be determined using the value for dDB without applying the minimum depth of 650 mm.

8.3.2 In transversely framed ships where the breadth, B , does not exceed 10 m, no side girders are required, and one vertical stiffener is to be fitted to the floors on each side, about midway between the centreline and the margin plate. One side girder is to be fitted where the breadth, B , exceeds 10 m but does not exceed 20 m, and for greater breadths two girders are to be fitted on each side of the centreline. The non-watertight side girders are to extend as far forward and aft as practicable and are to have a thickness not less than:

$$t = (0,008dDB+1) (k)^{1/2} \quad \text{mm}$$

nor less than 6.0 mm.

8.3.3 Vertical stiffeners are to be fitted at every bracket floor (see 8.5.7), and are to have a depth not less than the depth of the tank top frame or 150 mm, whichever is the greater. For ships with a length, L , less than 90 m, stiffeners are to have a depth of not less than $1,65L$ mm with a minimum of 50 mm. The thickness is to be as required for the girder. Watertight side girders are to have a thickness 1 mm greater than required by 8.3.2 for non-watertight side girders. Where the double bottom tanks are interconnected with side tanks or cofferdams, the thickness is to be as for deep tanks (see 9.2.1) with h , in metres, measured to the highest point at the side tank or cofferdam.

3.1.2.- REFORZADO DEL DOBLE FONDO

Además como puede apreciarse en esta regla se define también el escantillonado de las vagras del doble fondo.

En primer lugar debe disponerse una vagra central cuyo espesor viene definido en la regla anterior por la expresión:

$$t=(0,008dDB+4) (k)^{1/2} \text{ mm}$$

Donde $dDB = 860$ mm y $k=1$ con lo que $t = 9.56$ m



Además deben disponerse una vagra en cada costado ya que $B > 10$ pero $B < 20$ m, estas vagras deberán extenderse longitudinalmente tanto como sea posible y tener un espesor mínimo deducido de la fórmula:

$$t = (0,008dDB + 1) (k)^{1/2} \text{ mm}$$

Con lo que para estas se tiene $t = 6.56 \text{ mm}$

Por motivos de disposición general de sala de máquinas se disponen dos vagras de doble fondo a cada banda, aunque solo es necesario una, ya que, $10 \text{ m} < B < 20 \text{ m}$, para que coincidan de esta manera con los polines de los motores principales. Estas se sitúan a 2220 mm y 3030 mm desde crujía. Entre la segunda y la tercera se sitúan los polines de los motores principales. A 4700 mm se encuentra el mamparo lateral longitudinal que hace de doble forro y divide los tanques laterales de gas-oil de la cámara de máquinas.

3.1.3.-ESPESOR DE LA TAPA DEL DOBLE FONDO

Se va a seguir en este apartado lo indicado en la Pt 4 Ch 1,8.4 del reglamento. En esta se indica que para barcos de estructura transversal el espesor de la tapa de doble fondo se calcula a partir de

$$t = (0.00136(s+660)(k^2LT)^{1/4} \text{ mm}$$

Operando se obtiene:

$$t = 6.5 \text{ mm} > 5.4 \text{ mm}$$

La regla aplicada es la siguiente

Pt 4 Ship Structures

Pt 4, Ch 1 General Cargo Ships

Pt 4, Ch 1,8 Double Bottom Structure

Pt 4, Ch 1,8.4 Inner bottom plating and stiffening



Section 8 Double bottom structure

8.4 Inner bottom plating and stiffening

8.4.1 The thickness of the inner bottom plating in the holds is to be not less than:

$$t = (0.00136(s+660)(k^2LT)^{1/4} \text{ mm}$$

nor less than 6,5 mm in holds and 7,5 mm under hatchways if no ceiling is fitted.

3.2.- ESTRUCTURA DE LA CUBIERTA RESISTENTE.

3.2.1 PLANCHAS DE CUBIERTA.

La definición del escantillonado de las planchas de la cubierta resistente se presenta en la Pt 4 Ch 1,4.2 del reglamento del LRS. En dicha regla se presenta en la tabla 1.4.1 la siguiente formulación:

Para las planchas fuera de la línea de las aberturas en cubiertas el espesor deberá ser el mayor de los siguientes:

$$t = 0,001 * s_1 * f_1 * (0,083 * L_1 + 10) \sqrt{F_D / K_L}$$

$$t = 0,001 * s_1 * \sqrt{L * K} + 2,5$$

Donde:

- s_1 es la separación entre refuerzos secundarios (600 mm)
- $f_1 = 1/1+(s/1000S)^2 = 0.948$ (teniendo en cuenta espacios entre refuerzos primarios y entre refuerzos secundarios)



- L_1 es la eslora de escantillonado, será la eslora en la flotación de calado de verano, pero no tiene que tomarse mayor de 190 metros, en nuestro caso $L = 27.945$ m
- F_d es el ya mencionado factor de reducción local en la cubierta, que hemos tomado en primera aproximación 0,67
- k_L es un factor de material, en este caso 1 por ser el correspondiente al acero usado.

Con todo esto, se obtienen los siguientes valores de t:

$$t = 5.67 \text{ mm}$$

$$t = 5.73 \text{ mm}$$

Luego obtenemos: **$t = 5.73 \text{ mm}$**

Para las planchas dentro de la línea de las aberturas la formulación aplicable, que se presenta en la misma tabla, es la siguiente:

$$t = 0,00083 * s_1 * \sqrt{L * k} + 1,5$$

Donde todos los símbolos han sido ya antes explicados.

Pero en ningún caso puede aceptarse $t < 6,5 \text{ mm}$.

Sustituyendo se obtiene:

$$t = 4,13$$

Luego debemos adoptar **$t = 6,5 \text{ mm}$** .

Como anteriormente se presenta a continuación la regla aplicada en este cálculo.

LR Rule Books Lloyds Registers Published Rules and Regulations



LR SHIP Lloyds Registers Rules and Regulations for the Classification of Ships

Pt 4 Ship Structures

Pt 4, Ch 1 General Cargo Ships

Pt 4, Ch 1,4 Deck Structure

Pt 4, Ch 1,4.2 Deck Plating

4.2 Deck plating

4.2.1 *The thickness of strength/weather deck plating in the midship region is to comply with the requirements of Table 1.4.1. Outside the line of openings the thickness is also to be that necessary to give the hull section modulus required by Pt 3, Ch 4,5.*

3.2.2.- LONGITUDINALES DE CUBIERTA (Esloras)

De acuerdo con lo señalado en la Pt 4 Ch 1,4.4 del reglamento del LRS los longitudinales de cubierta deben satisfacer los requerimientos de módulo expuestos en la tabla 1.4.6.

En dicha tabla se dan, para la cubierta resistente, y en zonas que no sean tanques, suponiendo una carga uniformemente distribuida la siguiente formulación para el módulo resistente de los refuerzos:

$$Z = 4,75 * S * k * H_g * l_e^2$$

Donde:

- S es el espaciado entre refuerzos primarios, 2550 mm.
- k es el factor del material, 1.
- H_g es la altura de carga equivalente que encontramos definida en la tabla 3.5.1 en la Pt 3 Ch 3,5.1 como $H = 1,2 + 2,04 E$
- E es el llamado factor de corrección por altura de la plataforma, que se obtiene a partir de la expresión $E = ((0,0914 + 0,003L) / (D - T)) - 0,15$, pero siempre entre 0 y 0,147. En nuestro caso obtenemos $E = 0,12$ que se encuentra en el rango señalado.



- l_e es la longitud de los refuerzos longitudinales. Es menor que la longitud entre baos fuertes, por el efecto de las consolas de unión, pero como no definimos este aspecto nos quedamos en principio por el lado más desfavorable y tomamos $l_e = 2.4$ m.

Operando se obtiene un valor para Z de:

$$Z = 101.96 \text{ cm}^3$$

Además en la misma tabla se define también el valor de la inercia mínima del refuerzo, como $I = 1,85 * l_e * Z / k$ donde todo es ya conocido.

Operando se obtiene:

$$I = 452.71 \text{ cm}^4$$

La regla a la que se ha hecho referencia es la siguiente:

Pt 4 Ship Structures

Pt 4, Ch 1 General Cargo Ships

Pt 4, Ch 1,4 Deck Structure

Pt 4, Ch 1,4.4 Deck Supporting Structure

4.4 Deck supporting structure

4.4.1 Girders and transverses supporting deck longitudinals and beams, also hatch side girders and hatch end beams, are to comply with the requirements of Table 1.4.6. In general, transverses, webs or frames of increased scantlings (see Table 1.6.2) are to be arranged in way of hatch end beams and deck transverses, and these are to be in line with the double bottom floors where practicable. Equivalent transverse ring scantling arrangements will be considered.



3.3.- ESTRUCTURA DEL COSTADO

3.3.1 PLANCHAS DE COSTADO

La formulación para el escantillonado de las planchas de costado la encontramos en la Pt 4 Ch 1,5.4. La formulación aplicable aparece en la tabla 1.5.3 y es la siguiente:

- **Para las planchas de la traca de cinta:**

La mayor de:

$$t = 0,001 * s_1 * f_1 (0,083 * L_1 + 10) \sqrt{F_D / k_L}$$

$$t = 0,001 * s_1 \sqrt{Lk} + 2,5$$

Donde:

- s_1 es el espaciado entre refuerzos secundarios, 600 mm, pero no debe ser menor de 700mm o de $470 + L/0,6$ (el que sea menor). En nuestro caso $L = 27.945$ m, luego no debe ser menor de 516.58 mm, luego 600 mm es un valor adecuado.
- $f_1 = 1 / (1 + (s/1000S)^2) = 0,98$.
- L_1 será la eslora en la flotación de calado de verano, pero no tiene que tomarse mayor de 190 metros, en nuestro caso $L = 27.045$ m.
- F_D es el ya mencionado factor de reducción local en la cubierta, que hemos tomado en primera aproximación 0,67.
- k_L es el factor de material, 1

Con todo ello operamos y tenemos:

$$t = 5.93 \text{ mm}$$

$$t = 5.67 \text{ mm}$$



Luego para esta primera traca de cinta del costado el espesor a poner será de cómo mínimo 5.93 mm.

- Para las planchas en D/4 desde la regala la formulación aplicable es la siguiente:

$$t = 0,00085 * s_1 * f_1 (0,083 * L_1 + 10) \sqrt{F_D / k_L}$$

$$t = 0,0042 * s_1 \sqrt{h_{T1} k}$$

Donde todos los símbolos son los mismos que se han explicado antes, excepto h_{T1} que es:

$$h_{T1} = T + C_W \text{ pero no mayor de } 1,36T$$

Donde:

- $T = 3.57$ m
- C_W se define en Pt 4 Ch 1,5.1 como la altura de ola, en metros, y se obtiene de:

$$C_W = 7,71 \times 10^{-2} L e^{-0,0044L}$$

Operando tenemos:

$$C_W = 1.905 \text{ m}$$

$h_{T1} = 3.57 + 1.905 = 5.475$ m, usamos $h_{T1} = 1.36 * 2.5 = 4.855$ m, ya que $T + C_W$ es un valor mayor que éste.

$$t = 5.04 \text{ mm}$$

$$t = 5.55 \text{ mm}$$

Luego en este caso el espesor mínimo a disponer será de **5.55 mm**.



- Planchas dentro de D/4 desde la mitad del puntal.

La formulación a aplicar es en este caso:

$$t = 0,001 * s_1 (0,059 * L_1 + 7) \sqrt{F_M / k_L}$$

$$t = 0,0051 * s_1 \sqrt{h_{T1} k}$$

Donde nuevamente ya se ha descrito el valor de cada símbolo excepto el de F_M que es el mayor de F_B y F_D , como ambos valen 0,67, $F_M = 0,67$

Operando obtenemos

$$t = 4.25 \text{ mm.}$$

$$t = 6.74 \text{ mm.}$$

Luego en este caso t deberá ser mayor de **6.74 mm.**

- Para las planchas dentro de D/4 desde la base (excluyendo el pantoque) la formulación aplicable es:

$$t = 0,00085 * s_1 * f_1 (0,083 * L_1 + 10) \sqrt{F_B / k_L}$$

$$t = 0,0056 * s_1 \sqrt{h_{T2} k / (1,8 - F_B)}$$

Donde el único valor aun no descrito es h_{T2} que se define como $T + 0,5C_W$ pero no mayor de 1,2 T

$$T + 0,5C_W = 4.523 \text{ m}$$

$$1,2 T = 4.284 \text{ m}$$



Luego $h_{T2} = 4.284$ m, con lo que podemos operar obteniendo:

$$t = 5.04 \text{ mm.}$$

$$t = 6.54 \text{ mm.}$$

Luego en este caso deberá ser t mayor de 6.54 mm.

La regla que se ha considerado en este cálculo es la que se expone a continuación:

Pt 4 Ship Structures

Pt 4, Ch 1 General Cargo Ships

Pt 4, Ch 1,5 Shell Envelope Plating

Pt 4, Ch 1,5.4 Side Shell

5.4 Side shell

5.4.1 In the midship region, the thickness of side shell and sheerstrake plating including the sides of bridge superstructures is to be not less than the values given by Table 1.5.3, but may be required to be increased locally on account of high shear forces in accordance with Pt 3, Ch 4,6.

3.4.- ESTRUCTURA DEL FONDO Y PANTOQUE

3.4.1.- PLANCHAS DE FONDO Y PANTOQUE

La formulación aplicable se obtiene de la tabla 1.5.2, en la Pt 4 Ch 1,5.3 del reglamento del LRS, y es la siguiente:

$$t = 0,001 * s_1 * f_1 * (0,056 * L_1 + 16,7) \sqrt{F_B / K_L}$$

$$t = 0,0063 * s_1 * \sqrt{h_{T2} * k / (1,8 - F_B)}$$

(el mayor de ambas)



- s_1 es el espaciado entre refuerzos secundarios, 600 mm, pero no debe ser menor de 700mm o de $470+L/0,6$ (el que sea menor). En nuestro caso $L = 27.945$ m luego no debe ser menor de 538,7, luego 600 mm es un valor adecuado.
- $f_1=1/1+(s/1000S)^2 = 1,910$.
- L_1 es la eslora de escantillonado, pero no mayor de 190 m, en nuestro caso 27.945.
- F_B es el ya mencionado factor de reducción local en el fondo, que hemos tomado en primera aproximación 0,67.
- k_L es el factor de material, 1.
- $h_{t2} = T+0,5C_w$ pero no mayor de 1,2 $T = 4.284$ m.

Operando:

$$t = 8.16 \text{ mm}$$

$$t = 7.84 \text{ mm}$$

Las planchas de fondo y pantoque deberán tener un espesor mayor de 8.16 mm.

La regla empleada en este caso es la siguiente:

Pt 4 Ship Structures

Pt 4, Ch 1 General Cargo Ships

Pt 4, Ch 1,5 Shell Envelope Plating

Pt 4, Ch 1,5.3 Bottom Shell and Bilge

5.3.1 In the midship region the thickness of bottom shell plating to the upper turn of bilge is to be that necessary to give the hull section modulus required by Pt 3, Ch 4,5, and is to be not less than the minimum values given by Table 1.5.2.

El reforzado longitudinal (vagras) es el ya definido cuando se describió el doble fondo.



3.5.- MAMPARO LONGITUDINAL

3.5.1.- PLANCHAS DE MAMPARO

Ya se señaló al describir la sección maestra que se está escantillonando que se dispone un mamparo longitudinal a 4.700 m de la línea de crujía, para definir el espesor de las planchas requerido para dicho mamparo se emplea lo señalado en la Pt 4 Ch 1,9.5. En dicha regla que más adelante se expondrá se remite a la tabla 1.9.1, donde se indica, para mamparos estancos, la siguiente formulación:

$$t = 0,004*s*ft*(h_4k)^{1/2}$$

Donde

- s es el espaciado entre refuerzos secundarios, 600 mm
- $ft = 1$
- h_4 se obtiene de la figura 3.5.2 en la Pt 3 Ch 3,5.3 y se relaciona con la altura a la que se disponga la ventilación del tanque, que vamos a disponer 1 metro por encima de la cubierta.
- $k = 1$

Operando se obtiene:

$$t = 4,62 \text{ mm}$$

Pero la regla indica que este espesor no podrá ser nunca menor de 5,5 mm, luego este será el mínimo requerido.

3.5.2.- REFUERZOS DEL MAMPARO

La definición del módulo resistente requerido de los refuerzos del mamparo aparece también en la misma tabla 1.9.1



$$Z = \frac{s * k * h_4 * l_e^2}{71 * \gamma * (\omega_1 + \omega_2 + 2)}$$

Donde

- s es el espaciado de refuerzos secundarios, 600 mm
- k es el factor del material, 1.
- h_4 se obtiene de la figura 3.5.2 de la Pt 3 Ch 3,5.3 y se relaciona con la altura a la que se disponga la ventilación del tanque, que vamos a disponer 1 metro por encima de la cubierta.
- l_e es la longitud de los refuerzos longitudinales. Es menor que la separación entre dichos refuerzos, por el efecto de las consolas de unión, pero como no definimos este aspecto nos quedamos en principio por el lado más desfavorable y tomamos $l_e = S = 2,44$ m.
- $\omega_1 = \omega_2 = 1$ si se acepta como detalle constructivo el detalle tipo (e) de la figura 1.9.1
- $\gamma = 1,4$ según se indica en la propia tabla 1.9.1 para secciones no corrugadas

Con todo esto operando:

$$Z = 32.25 \text{ cm}^3$$

La regla empleada en estos dos apartados es la siguiente

Pt 4 Ship Structures

Pt 4, Ch 1 General Cargo Ships

Pt 4, Ch 1,9 Bulkheads

Pt 4, Ch 1,9.2 Watertight and Deep Tank Bulkheads

9.2.1 The scantlings of watertight and deep tank bulkheads are to comply with the requirements of Tables 1.9.1 to 1.9.3. Where bulkhead stiffeners support deck girders, transverses or pillars over, the requirements of 4.4.11 are also to be satisfied.



3.6.- QUILLA PLANA

Se emplea lo señalado en la Pt 4 Ch 1,5.2. En ella se remite a la tabla 1.5.1 de donde se obtiene la siguiente formulación:

Para la manga de la quilla plana, $b = 70B$ mm

Operando con $B = 11$, obtenemos $b = 770$ mm

Para el espesor de la quilla plana se debe emplear lo señalado en la tabla 1.5.2 de la misma regla ya que el espesor a aplicar será el obtenido más un incremento de 2mm, formulación aplicable también a las planchas del fondo. Se obtiene:

$$t = 11,49 \text{ mm.}$$

4.- COMPROBACION DEL MODULO DE LA MAESTRA

En el apartado anterior se obtuvo los espesores mínimos requeridos por el LRS para cada elemento estructural, para el cálculo del módulo longitudinal de la cuaderna maestra se utilizan los perfiles y espesores de planchas comerciales o contruados para tal fin que terminarán usándose en la construcción del buque. Debemos ahora verificar la validez de estos escantillones, en primer lugar comprobando que las tensiones que se generan son lo suficientemente pequeñas para que los valores de F_D y F_B elegidos sean correctos, y en segundo lugar estudiando si el módulo más desfavorable en la sección maestra es mayor que el módulo mínimo que establece el reglamento.



4.1.- ANÁLISIS DE LAS TENSIONES GENERADAS.

Se presenta a continuación una tabla en la que se recoge el cálculo del módulo longitudinal resistente de la cuaderna maestra definida.

Elementos	Alto (m)	Ancho (m)	Area (m ²)	Y (m)	Mto est (m ³)	A*Y ² (m ⁴)	Ipp (m ⁴)
Planchas							
Plancha Quilla	0.012	0.700	0.008	0.006	0.000	2.33E-07	7.76E-08
Plancha Fondo	0.010	3.888	0.039	0.200	0.008	1.55E-03	3.24E-07
Plancha Pantoque	0.478	0.010	0.005	0.638	0.003	1.95E-03	9.12E-05
Plancha Costado	3.265	0.008	0.026	2.325	0.061	1.41E-01	2.32E-02
Mamparo Lateral	3.800	0.008	0.030	2.550	0.078	1.98E-01	3.66E-02
Plancha Cubierta	0.008	2.500	0.020	4.303	0.086	3.70E-01	1.07E-07
Plancha Cub. Interior	0.006	3.000	0.018	4.450	0.080	3.56E-01	5.40E-08
Plancha Doble Fondo	0.008	4.650	0.037	0.877	0.033	2.86E-02	1.98E-07
Vagras							
Vagra Central	0.860	0.010	0.009	0.430	0.004	1.59E-03	5.30E-04
Vagra 2220	0.697	0.018	0.013	0.510	0.006	3.28E-03	5.08E-04
Vagra 3030	0.627	0.018	0.011	0.546	0.006	3.36E-03	3.70E-04
Esloras							
Eslora 450	0.300	0.008	0.002	4.200	0.010	4.23E-02	1.80E-05
	0.010	0.100	0.001	4.050	0.004	1.64E-02	8.33E-09
Eslora 3000	0.300	0.008	0.002	4.150	0.010	4.13E-02	1.80E-05
	0.010	0.100	0.001	4.000	0.004	1.60E-02	8.33E-09
Totales			0.222	0.450	1.547	0.061	

De esta tabla se obtiene los siguientes datos sobre la cuaderna maestra del buque en proyecto:

Área total (cm ²) =	4446	Fibra más alejada (m) =	2.426
Mto. Estático (cm ² xm ²) =	9000	Carga de rotura (N/mm ²) =	235
Mto. Inercia (cm ² xm ²) =	30931	Módulo Secc. cubierta (m ³) =	0.524
Altura Eje Neutro (m) =	2.024	Módulo Secc. fondo (m ³) =	0.628
Mto.I. E. N. (cm ² xm ²) =	12715	Módulo Secc. Mínimo (m ³) =	0.058
Puntal (m) =	4.450		Pt3 Ch4,5.4



A continuación deben calcularse los momentos flectores aplicables, la formulación empleada es la que se indica en la Pt 3 Ch 4,5.2 que a continuación se expone:

LR Rule Books Lloyds Registers Published Rules and Regulations
LR SHIP Lloyds Registers Rules and Regulations for the Classification of Ships
Pt 3 Ship Structures
Pt 3, Ch 4 Longitudinal Strength
Pt 3, Ch 4,5 Hull Bending Strength
Pt 3, Ch 4,5.2 Design Vertical Wave Bending Moments

5.2 Design vertical wave bending moments

5.2.1 The appropriate hogging or sagging design hull vertical wave bending moment at amidships is given by the following:

$$M_w = f_1 f_2 M_{wo}$$

where

C_b is to be taken not less than 0,60

C_1 is given in Table 4.5.1

$C_2 = 1$, (also defined in 5.2.2 at other positions along the length L)

$f_1 =$ ship service factor. To be specially considered depending upon the service restriction and in any event should be not less than 0,5. For unrestricted sea-going service $f_1 = 1,0$

$f_2 = -1,1$ for sagging (negative) moment

$f_2 = (1,9 C_b / (C_b + 0,7))$ for hogging (positive) moment

$M_{wo} = 0,1 C_1 C_2 L^2 B (C_b + 0,7) \text{ kN m}$

$(0,0102 C_1 C_2 L^2 B (C_b + 0,7) \text{ tonne-f m})$

Consideration will be given to direct calculations of long-term vertical wave bending moments, see 2.6.

A continuación se van a detallar los valores particulares al proyecto que nos ocupa de cada uno de los parámetros expuestos:



$$\begin{aligned}C_b &= 0.60 \\C_1 &= 0.0412L+4 = 5.151 \\C_2 &= 1 \\f_1 &= 1 \\f_2 &= -1.1 \quad \text{para arrufo} \\f_2 &= 0.877 \quad \text{para quebranto} \\M_{w0} &= 5752.433 \text{ KNxm.} \\M_w &= -6327.676 \text{ KNxm. Para arrufo.} \\M_w &= 5044.441 \text{ KNxm. Para quebranto.}\end{aligned}$$

Con estos datos podemos calcular las tensiones máximas que se generarían en la estructura sometida a estos momentos flectores.

La tensión máxima se sufre en la condición de arrufo en las fibras más alejadas, que coinciden con la cubierta de escantillonado:

$$\sigma_c = M_w/Z_c = 10072.862 \text{ KN/m}^2$$

Según el reglamento la tensión máxima permitida es $175/k_L \text{ N/mm}^2$

En nuestro caso $k_L = 1$, luego $\sigma_{\max} = 175000 \text{ KN/m}^2$

F_c y F_f (factores de reducción local en cubierta y fondo) $\ll 0.67$, se obtienen de la relación σ_c/σ y σ_f/σ , lo cual de validez al cálculo.

$$\begin{aligned}\sigma_c/\sigma &= 10072.862/175000 = 0.0576 \ll 0.67 \\ \sigma_f/\sigma &= 9624.386/175000 = 0.0550 \ll 0.67\end{aligned}$$

4.2.- MÓDULO RESISTENTE MÍNIMO DE LA SECCIÓN MAESTRA.

De acuerdo con la regla expuesta en Pt 3 Ch 4,5.4 el módulo resistente de la sección maestra debe ser mayor que el dado por la siguiente fórmula:



$$Z_{\min} = f_1 k_L C_1 L^2 B (C_b + 0,7) 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\text{Operando } Z_{\min} = 0.058 \text{ m}^3 < 0.524 \text{ m}^3 = Z_{\text{fondo}}$$

El módulo más desfavorable corresponde a las fibras del fondo, valor que es mayor que el módulo mínimo exigido por el LRS, por lo que también se satisface este criterio y se concluye que el escantillonado realizado es válido.

A continuación se presenta la norma empleada en este apartado.

LR Rule Books Lloyds Registers Published Rules and Regulations
LR SHIP Lloyds Registers Rules and Regulations for the Classification of Ships
Pt 3 Ship Structures
Pt 3, Ch 4 Longitudinal Strength
Pt 3, Ch 4,5 Hull Bending Strength
Pt 3, Ch 4,5.4 Minimum Hull Section Modulus

5.4 Minimum hull section modulus

5.4.1 The hull midship section modulus about the transverse neutral axis, at the deck or the keel, is to be not less than:

$$Z_{\min} = f_1 k_L C_1 L^2 B (C_b + 0,7) \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

and f_1 is to be taken not less than 0,5.

5.- ESCANTILLONADO DEL RESTO DE LA ESTRUCTURA RESISTENTE

Se presenta a continuación una tabla con los escantillonados obtenidos mediante una tabla de excel realizada a partir del reglamento del LRS de modo similar a como se ha expuesto el cálculo anterior.



En cada caso se indica la regla empleada en el cálculo, cabe señalar que se ha dividido el buque de acuerdo con lo indicado en el reglamento en tres zonas: Popa, zona central y proa.

También de acuerdo a lo indicado en el reglamento (Pt 3 Ch 3,2) la zona central ocupa $0,4 \cdot L$ mientras que las zonas de popa y proa se extienden cada una $0,3L$, ello aplicado al buque en proyecto significa que las zonas a distinguir son las siguientes:

- Zona de popa: Hasta la cuaderna 15.
- Zona central : De la cuaderna 15 a la cuaderna 35.
- Zona de proa: A partir de la cuaderna 35.

Primero se calcula el espesor o el módulo resistente y momento de inercia mínimo requerido por el Lloyd's Register of Shipping para cada plancha o refuerzo estructural del buque en proyecto, posteriormente se selecciona de un prontuario normalizado los perfiles con los que finalmente se construirá el buque y se les calcula el módulo y el momento con la plancha asociada, esto se realiza en una hoja de cálculo, las combinaciones utilizadas así como los valores obtenidos se presentan a continuación:

Angular L 90x9 mm asociado a chapa de 600x8 mm

	alto (cm)	ancho (cm)	A (cm ²)	Y (cm)	Mto Est (cm ³)	I (cm⁴)	Ipp (cm ⁴)
ala	0,90	9,00	8,10	9,35	75,735	708,122	0,547
alma	8,10	0,90	7,29	4,85	35,357	171,479	39,858
chapa	0,80	60,00	48,00	0,40	19,200	7,680	2,560
			63,39		130,292	887	42,965

$$\begin{aligned}
 E.N.(cm) &= 2,06 & Z (cm^3) &= 432 \\
 I EN (cm^4) &= 619 & & \\
 Fibra alejada (cm) &= 7,74 & \mathbf{Z (cm^3) = 115} &
 \end{aligned}$$

Perfil no comercial T 300x8/100x8 mm asociado a chapa de 600x8 mm

	alto (cm)	ancho (cm)	A (cm ²)	Y (cm)	Mto Est (cm ³)	I (cm⁴)	Ipp (cm ⁴)
ala	0,80	10,00	8,00	31,20	249,600	7787,520	0,427
alma	30,00	0,80	24,00	15,80	379,200	5991,360	1800,000
chapa	0,80	60,00	48,00	0,40	19,200	7,680	2,560
			80,00		648,000	13787	1802,987

$$\begin{aligned}
 E.N. (cm) &= 8,1 & Z (cm^3) &= 1702 \\
 I en E.N (cm^4) &= 8538 & & \\
 Fibra alejada (cm) &= 23,5 & \mathbf{Z (cm^3) = 587} &
 \end{aligned}$$



Angular L 70x7 mm asociado a chapa de 400x8 mm

	alto (cm)	ancho (cm)	A (cm ²)	Y (cm)	Mto Est (cm ³)	I (cm ⁴)	Ipp (cm ⁴)
ala	0,70	7,00	4,90	7,45	36,505	271,962	0,200
alma	6,30	0,70	4,41	3,95	17,420	68,807	14,586
chapa	0,80	40,00	32,00	0,40	12,800	5,120	1,707
			41,31		66,725	346	16,493

E.N. (cm) = 1,62 Z (cm³) = 214
 I en E.N (cm⁴) = 238
 Fibra alejada (cm) = 6,18 **Z (cm³) = 56**

Pletina 100x10 mm asociada a plancha de 500x11 mm

	alto (cm)	ancho (cm)	A (cm ²)	Y (cm)	Mto Est (cm ³)	I (cm ⁴)	Ipp (cm ⁴)
pletina	10,00	1,00	10,00	5,55	55,500	308,025	83,333
chapa	1,10	50,00	55,00	0,55	30,250	16,638	5,546
			65,00		85,750	325	88,879

E.N. (cm) = 1,32 Z (cm³) = 246
 I en E.N (cm⁴) = 212
 Fibra alejada (cm) = 9,78 **Z (cm³) = 33**

Angular L 60x6 mm asociado a chapa de 600x6 mm

	alto (cm)	ancho (cm)	A (cm ²)	Y (cm)	Mto Est (cm ³)	I (cm ⁴)	Ipp (cm ⁴)
ala	0,60	6,00	3,60	6,30	22,680	142,884	0,108
alma	5,40	0,60	3,24	3,30	10,692	35,284	7,873
chapa	0,60	60,00	36,00	0,30	10,800	3,240	1,080
			42,84		44,172	181	9,061

E.N.(cm) = 1,03 Z (cm³) = 176
 I EN (cm⁴) = 136
 Fibra alejada (cm) = 5,57 **Z (cm³) = 33**

Angular L 80x8 mm asociado a chapa de 600x8 mm

	alto (cm)	ancho (cm)	A (cm ²)	Y (cm)	Mto Est (cm ³)	I (cm ⁴)	Ipp (cm ⁴)
ala	0,80	8,00	6,40	8,40	53,760	451,584	0,341
alma	7,20	0,80	5,76	4,40	25,344	111,514	24,883
chapa	0,80	60,00	48,00	0,40	19,200	7,680	2,560
			60,16		98,304	571	27,785

E.N.(cm) = 1,63 Z (cm³) = 349
 I EN (cm⁴) = 410
 Fibra alejada (cm) = 7,17 **Z (cm³) = 80**

Perfil no comercial T 300x8/100x10 mm asociado a chapa de 600x8 mm

	alto (cm)	ancho (cm)	A (cm ²)	Y (cm)	Mto Est (cm ³)	I (cm ⁴)	Ipp (cm ⁴)
ala	1,00	10,00	10,00	31,30	313,000	9796,900	0,833
alma	30,00	0,80	24,00	15,80	379,200	5991,360	1800,000
chapa	0,80	60,00	48,00	0,40	19,200	7,680	2,560
			82,00		711,400	15796	1803,393



E.N. (cm) = 8,68 Z (cm³) = 1821
 I en E.N (cm⁴) = 9624
 Fibra alejada (cm) = 23,12 **Z (cm³) = 683**

Perfil no comercial T 200x8/100x10 mm asociado a chapa de 600x8 mm

	alto (cm)	ancho (cm)	A (cm ²)	Y (cm)	Mto Est (cm ³)	I (cm ⁴)	Ipp (cm ⁴)
ala	1,00	10,00	10,00	21,30	213,000	4536,900	0,833
alma	20,00	0,80	16,00	10,80	172,800	1866,240	533,333
chapa	0,80	60,00	48,00	0,40	19,200	7,680	2,560
			74,00		405,000	6411	536,727

E.N. (cm) = 5,47 Z (cm³) = 1171
 I en E.N (cm⁴) = 4194
 Fibra alejada (cm) = 16,33 **Z (cm³) = 393**

Pletina 75x10 mm asociada a plancha de 600x6 mm

	alto (cm)	ancho (cm)	A (cm ²)	Y (cm)	Mto Est (cm ³)	I (cm ⁴)	Ipp (cm ⁴)
pletina	7,50	1,00	7,50	4,35	32,625	141,919	35,156
chapa	0,60	60,00	36,00	0,30	10,800	3,240	1,080
			43,50		43,425	145	36,236

E.N. (cm) = 1,00 Z (cm³) = 145
 I en E.N (cm⁴) = 102
 Fibra alejada (cm) = 7,10 **Z (cm³) = 20**

Perfil no comercial T 200x8/100x8 mm asociado a chapa de 600x6 mm

	alto (cm)	ancho (cm)	A (cm ²)	Y (cm)	Mto Est (cm ³)	I (cm ⁴)	Ipp (cm ⁴)
ala	0,80	10,00	8,00	21,00	168,000	3528,000	0,427
alma	20,00	0,80	16,00	10,60	169,600	1797,760	533,333
chapa	0,60	60,00	36,00	0,30	10,800	3,240	1,080
			60,00		348,400	5329	534,840

E.N. (cm) = 5,81 Z (cm³) = 918
 I en E.N (cm⁴) = 3306
 Fibra alejada (cm) = 15,59 **Z (cm³) = 342**

Perfil no comercial T 200x6/100x8 mm asociado a chapa de 600x6 mm

	alto (cm)	ancho (cm)	A (cm ²)	Y (cm)	Mto Est (cm ³)	I (cm ⁴)	Ipp (cm ⁴)
ala	0,80	10,00	8,00	21,00	168,000	3528,000	0,427
alma	20,00	0,60	12,00	10,60	127,200	1348,320	400,000
chapa	0,60	60,00	36,00	0,30	10,800	3,240	1,080
			56,00		306,000	4880	401,507

E.N. (cm) = 5,46 Z (cm³) = 893
 I en E.N (cm⁴) = 3207
 Fibra alejada (cm) = 15,94 **Z (cm³) = 306**



Perfil no comercial T 75x10/100x10 mm asociado a chapa de 1100x6 mm

	alto (cm)	ancho (cm)	A (cm ²)	Y (cm)	Mto Est (cm ³)	I (cm ⁴)	Ipp (cm ⁴)
ala	1,00	10,00	10,00	8,60	86,000	739,600	0,833
alma	7,50	1,00	7,50	4,35	32,625	141,919	35,156
chapa	0,60	110,00	66,00	0,30	19,800	5,940	1,980
			83,50		138,425	887	37,970

E.N. (cm) = 1,66 Z (cm³) = 535
 I en E.N (cm⁴) = 658
 Fibra alejada (cm) = 7,44 **Z (cm³) = 119**

Finalmente se crea una tabla donde se distinguen las diferentes zonas a escantillonar por el LRS, dentro de las cuales se disponen todos los refuerzos existentes en esa parte del buque, el espesor de plancha o escantillón utilizado y la regla y/o la tabla del LRS por la cual fue calculado.

ZONA	ELEMENTO	T	Z	I	REGLA	Tabla	PERFIL	
POPA	Techo	PLANCHAS DE CUBIERTA PRINCIPAL	8			Pt3 Ch6,2.2	6.2.1	Plancha
		BAOS EN CUBIERTA PRINCIPAL		80	571	Pt4 Ch1,4.3	1.4.5	L 80x80x8
		ESLORAS DE CUBIERTA PRINCIPAL		683	15796	Pt3 Ch6,2.3	6.2.3	300x8/100x10
	Costado	PLANCHAS DE COSTADO	8			Pt3 Ch6,3.4	6.3.1	Plancha
		CUADERNAS (PIQUE DE POPA)		115	887	Pt3 Ch6,4.3	6.4.2	L 90x90x9
		CUADERNAS FUERA DEL PIQUE		115	887	Pt3 Ch6,4.3	6.4.2	L 90x90x9
		PLANCHA MAMPARO LONG. DOBLE FORRO	8			Pt4 Ch1,9.2	1.9.1	Plancha
		CUADERNAS DOBLE FORRO		115	887	Pt4 Ch1,9.2	1.9.1	L 90x90x9
		REFUERZO HORIZONTAL DOBLE FORRO		115	887	Pt4 Ch1,9.2	1.9.1	L 90x90x9
		REFUERZO HORIZONTAL MROS. ESTANCOS		115	887	Pt4 Ch1,9.2	1.9.1	L 90x90x9
	Fondo	PLANCHAS DE FONDO Y PANTOQUE	10			Pt3 Ch6,3.3	6.3.1	Plancha
		QUILLA	11			Pt4 Ch1,5.2	1.5.1	Plancha
		PLANCHAS TECHO DOBLE FONDO	8			Pt4 Ch1,8.4		Plancha
		VAGRA CENTRAL DOBLE FONDO	10			Pt4 Ch1,8.3		Plancha
		VAGRAS LATERALES DOBLE FONDO	8			Pt4 Ch1,8.3		Plancha
		VARENGA ALIGERADA DOBLE FONDO	8			Pt4 Ch1,8.5		Plancha
REFUERZO VERTICAL DOBLE FONDO			56	346	Pt4 Ch1,8.5		L 70x70x7	
CENTRO	Techo	PLANCHAS DE CUBIERTA PRINCIPAL	8			Pt4 Ch1,4.2	1.4.1	Plancha
		BAOS EN CUBIERTA PRINCIPAL		80	571	Pt4 Ch1,4.3	1.4.5	L 80x80x8
		ESLORAS DE CUBIERTA PRINCIPAL		683	15796	Pt4 Ch1,4.3	1.4.3	300x8/100x10
		PUNTALES	10			Pt4 Ch1,4.4	1.4.7	D 152.4x10
	Costado	PLANCHAS EN EL COSTADO	8			Pt4 Ch1,5.4	1.5.3	Plancha
		CUADERNAS (EN TANQUES)		115	887	Pt4 Ch1,6.3	1.6.2	L 90x90x9
		PLANCHA MAMPARO LONG. DOBLE FORRO	8			Pt4 Ch1,9.2	1.9.1	Plancha
		CUADERNAS DOBLE FORRO		115	887	Pt4 Ch1,9.2	1.9.1	L 90x90x9
		REFUERZO HORIZONTAL DOBLE FORRO		115	887	Pt4 Ch1,9.2	1.9.1	L 90x90x9
		REFUERZO HORIZONTAL MROS. ESTANCOS		115	887	Pt4 Ch1,9.2	1.9.1	L 90x90x9
		REFUERZO HORIZONTAL MROS. ESTANCOS		115	887	Pt4 Ch1,9.2	1.9.1	L 90x90x9
	Fondo	PLANCHAS DE FONDO Y PANTOQUE	10			Pt4 Ch1,5.3	1.5.2	Plancha
		QUILLA PLANA	11			Pt4 Ch1,5.2	1.5.1	Plancha
		PLANCHAS TECHO DOBLE FONDO	8			Pt4 Ch1,8.4		Plancha



ZONA	ELEMENTO	T	Z	I	REGLA	Tabla	PERFIL	
PROA	VAGRA CENTRAL DOBLE FONDO	10			Pt4 Ch1,8.3		Plancha	
	VAGRAS LATERALES D.F. (POLINES)	18			Pt4 Ch1,8.3		Plancha	
	VARENGA ALIGERADA DOBLE FONDO	10			Pt4 Ch1,8.5		Plancha	
	VARENGA EN CAJA DE MAR Y ADYACENTE	14			Pt4 Ch1,8.5		Plancha	
	REFUERZO VERTICAL DOBLE FONDO		33	325	Pt4 Ch1,8.5		/ 100x10	
	Techo	PLANCHAS DE CUBIERTA PRINCIPAL	8			Pt3 Ch5,2.2	5.2.1	Plancha
		BAOS EN CUBIERTA PRINCIPAL		80	571	Pt3 Ch5,2.3	5.2.4	L 80x80x8
		BAOS EN CUBIERTA PRINCIPAL (PIQUE PROA)		80	571	Pt3 Ch5,2.3	5.2.4	L 80x80x8
		ESLORAS DE CTA. PRINCIPAL (PIQUE PROA)		587	13787	Pt3 Ch5,2.3	5.2.3	300x8/100x8
		ESLORAS DE CUBIERTA PRINCIPAL		587	13787	Pt3 Ch5,2.3	5.2.3	300x8/100x8
	Costado	PLANCHAS EN EL COSTADO	8			Pt3 Ch5,3.5	5.3.1	Plancha
		CUADERNAS (PIQUE DE PROA)		115	887	Pt3 Ch5,4.3	5.4.2	L 90x90x9
		CUADERNAS (DETRÁS MRO. COLISIÓN)		115	887	Pt3 Ch5,4.3	5.4.2	L 90x90x9
		MAMPARO NO ESTANCO PAÑOL	6			Pt4 Ch1,9.4	1.4.8	Plancha
		REFUERZO MAMPARO NO ESTANCO PAÑOL		33	181	Pt4 Ch1,4.4	1.4.6	L 60x60x6
	Fondo	PLANCHAS FONDO Y PANTOQUE	10			Pt3 Ch5,3.4	5.3.1	Plancha
		QUILLA	11			Pt4 Ch1,5.2	1.5.1	Plancha
		TAPA DEL TANQUE	8			Pt3 Ch5,2.2	5.2.2	Plancha
		BAOS TAPA DEL TANQUE		115	887	Pt4 Ch1,4.4	1.4.6	L 90x90x9
		ESLORAS TAPA DEL TANQUE		587	13787	Pt4 Ch1,4.4	1.4.6	300x8/100x8
		PLANCHAS PISO DEL TANQUE	8			Pt3 Ch5,5.4	5.2.2	Plancha
		VAGRA CENTRAL (FONDO)	20			Pt3 Ch5,5.4	5.2.2	Plancha
		MAMPARO ESTANCO CRUJÍA	8			Pt4 Ch1,9.2	1.9.1	Plancha
		REFUERZO MAMPARO ESTANCO CRUJÍA		115	887	Pt4 Ch1,9.2	1.9.1	L 90x90x9
		VAGRA LATERAL	10			Pt3 Ch5,5.4	5.2.2	Plancha
VARENGA INTERNA (PATÍN VARADA)		25			Pt4 Ch3,1.3		Plancha	
VARENGA EXTERNA (CUADERNA PANTOQUE)		8			Pt3 Ch5,5.4	5.2.2	Plancha	
VARENGA NORMAL		8			Pt3 Ch5,5.4	5.2.2	Plancha	
GENERAL		MAMPAROS ESTANCOS Y EN TANQUES	8			Pt4 Ch1,9.2		Plancha
		MAMPAROS NO ESTANCOS	6			Pt4 Ch1,9.4	1.4.8	Plancha
	MAMPAROS GUARDACALOR	6			Pt3 Ch8,2.1		Plancha	
	REFUERZOS MAMPAROS GUARDACALOR		56	346	Pt3 Ch8,2.2		L 70x70x7	
	BULARCAMA GUARDACALOR (CNA. 21)		342	5329	Pt3 Ch8,2.2		200x8/100x8	
	PLANCHAS COSTADO DE SUPERESTRUCTURA	6			Pt3 Ch8,2.1		Plancha	
	PLANCHAS CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA	6			Pt3 Ch8,2.1		Plancha	
	TRANSVERSALES EN SUPERESTRUCTURA		56	346	Pt3 Ch8,2.4	1.4.4	L 70x70x7	
	ESLORAS Y BAOS FUERTE EN SUP. ESTCRA.		393	6411	Pt4 Ch1,4.3	1.4.6	200x8/100x10	
	BAO FUERTE (CNA. 27) EN PISO DEL PUENTE		306	4880	Pt3 Ch8,2.4	1.4.4	200x6/100x8	
	ESLORAS EN EL TECHO DEL PUENTE		119	887	Pt3 Ch8,2.4	1.4.4	75x10/100x10	
	BAOS EN EL TECHO DEL PUENTE		20	145	Pt3 Ch8,2.4	1.4.4	/75x10	
	BAOS FUERTES CUBIERTA		683	15796	Pt4 Ch1,6.4	1.6.3	300x8/100x10	
	CARTELAS Y CONSOLAS	8			Pt3Ch10,3.4		Plancha	



6.- ESTUDIOS ESTRUCTURALES LOCALES

Según el LRS, parte 4, capítulo 3, sección 1, apartado 3, Información Requerida, aparte de la información y los planos correspondientes al estudio estructural general del buque, se deben proporcionar los planos de los siguientes objetos si están presentes en el buque para ser sometidos a aprobación.

- Estructura de soporte del equipo de remolque.
- Skegs, defensas de los propulsores o cualquier otra estructura que soporte el peso del barco durante la varada.

La estructura de soporte del equipo de remolque se encuentra detallada en el plano 05.6 “Soporte del Equipo de Remolque”

Las dimensiones y espesores de las planchas y refuerzos del Skeg o quillote de popa se detallan en el plano 05.5 “Quillote de Popa”, así como el patín de proa se detalla en el plano 05.4 “Patín de Proa”.

Ambas estructuras deberán ser capaces de soportar el peso del remolcador durante la varada del remolcador. El apoyo más desfavorable es el patín de proa y la carga ponderada usada en su cálculo es el desplazamiento del buque en el calado de escantillonado, 606 toneladas, por lo que se comprobará la resistencia de la estructura si está soportando la carga en su componente más débil.

El patín de proa consta de 3 patas verticales inclinadas hacia el interior 76.6°, cada una de estas patas deberá soportar 101 toneladas a compresión excéntrica, lo que se traduce como compresión acompañada de flexión.

El método utilizado es un método común, obtenido de los apuntes de la asignatura Resistencia de Materiales, donde se deberá verificar la siguiente ecuación:

$$\sigma^* = N \cdot \frac{\omega}{A} + \frac{M^*}{W_c} \leq \sigma_u$$

Donde en las expresiones anteriores son:



- A El área de la sección
- λ Esbeltez mecánica en el plano
- ω Coeficiente de pandeo correspondiente a dicha esbeltez
- W_c Módulo resistente de la sección relativos al borde de compresión
- N^* Esfuerzo normal ponderado en valor absoluto
- M^* Momento flector máximo ponderado en valor absoluto a 0.4 l.

CAPÍTULO 6

EQUIPOS

Y

SERVICIOS



1.- INTRODUCCIÓN

Para consultar con detalle los cálculos de las potencias de los distintos consumidores, puede verse en el Cuaderno 07 “Planta Eléctrica”.

Entre los servicios auxiliares de Cámara de Máquinas se encuentran principalmente:

- Servicio de combustible
- Servicio de lubricación
- Servicio de refrigeración
- Servicio de aire comprimido

Cada motor dispone de conexiones para bombas de reserva eléctricas de todos sus auxiliares, dispuestos para entrada automática al fallo de la principal con indicación y alarma en Puente y Cámara de Máquinas.

Asimismo, las bombas de desplazamiento positivo tendrán válvulas de seguridad para limitar la presión de descarga a la de diseño del sistema.

Cálculo de la potencia de las bombas y de los motores eléctricos de accionamiento.

- **Bombas**

La potencia en el eje de una bomba será:

$$P_b = \frac{p \cdot Q}{3600 \cdot \mu_m}$$

Donde **p** es la presión de trabajo en **kPa**

Q es el caudal en **m³/h**

μ_m rendimiento mecánico

P_b es la potencia al eje en **kW**



- **Motores eléctricos**

La potencia absorbida por el motor eléctrico vendrá dada por la siguiente expresión:

$$P_e = \frac{P_b}{\mu_e}$$

Siendo μ_e rendimiento eléctrico.

Ahora bien, para tomar un factor de seguridad que tenga en cuenta las vibraciones, variaciones de caudal, sobrecargas, sobrecalentamientos, tomaremos un motor con una potencia nominal igual a la potencia eléctrica multiplicada por un factor K:

<i>Bombas centrifugas y alternativas</i>		<i>Bombas de tornillo</i>	
<i>Pe (kW)</i>	<i>K</i>	<i>Caudal (m³/h)</i>	<i>K</i>
<i>Mayor de 55</i>	1,1	Mayor de 60	1,05
<i>Entre 18 y 55</i>	1,13	Menor de 60	1,1
<i>Entre 5,5 y 18</i>	1,16		
<i>Entre 3 y 5,5</i>	1,2		
<i>Menor de 3</i>	1,25		

$$P_n = P_e \cdot K$$

Cálculo de la potencia de los ventiladores

La potencia absorbida por el motor eléctrico de un ventilador la calcularemos de la siguiente forma:

$$P_e = \frac{P \cdot Q}{3600 \cdot \mu_m \cdot \mu_e}$$

donde la **P** la tendremos en **kPa**

Q en m³/h

μ_m rendimiento mecánico, igual a 0,5 en axiales y 0,6 en centrífugos



μ_e rendimiento eléctrico

Para el valor nominal del motor tomaremos los siguientes factores de seguridad

Caudal (m³/h)	K
Mayor 20000	1,1
Menor 20000	1,15

Los rendimientos utilizados en los cálculos de las potencias de las bombas y motores eléctricos son los recomendados por IZAR y son los siguientes:

o **Rendimientos mecánicos:**

<i>Bombas centrífugas</i>		<i>Bombas de husillos</i>	
<i>Caudal (m³/h)</i>	<i>Rendimiento</i>	<i>Caudal (m³/h)</i>	<i>Rendimiento</i>
<i>Mayor de 500</i>	0,77	Mas de 250	0,5
<i>Entre 300 y 500</i>	0,75	Entre 200 y 250	0,49
<i>Entre 100 y 300</i>	0,71	Entre 125 y 200	0,48
<i>Entre 30 y 100</i>	0,65	Entre 60 y 125	0,47
<i>Entre 2 y 30</i>	0,6	Entre 30 y 60	0,46
<i>Menor de 2</i>	0,4	Entre 10 y 30	0,45
		Entre 5 y 10	0,44
		Entre 1,5 y 5	0,42
		Entre 0,5 y 1,5	0,4

<i>Bombas alternativas</i>	
<i>Potencia hidráulica (kW)</i>	<i>Rendimiento</i>
<i>Mas de 150</i>	0,8
<i>Entre 75 y 150</i>	0,75
<i>Entre 35 y 75</i>	0,7
<i>Entre 15 y 35</i>	0,65
<i>Entre 7 y 15</i>	0,6
<i>Entre 3 y 7</i>	0,55



○ **Rendimientos eléctricos:**

<i>Potencia en el eje (kW)</i>	<i>Rendimiento</i>
<i>Más de 45</i>	0,92
<i>Entre 25 y 45</i>	0,91
<i>Entre 15 y 25</i>	0,9
<i>Entre 7 y 15</i>	0,88
<i>Entre 5 y 7</i>	0,86
<i>Entre 3,5 y 5</i>	0,83
<i>Entre 1,5 y 3,5</i>	0,80
<i>Entre 0,4 y 1,5</i>	0,73
<i>Menor 0,4</i>	0,7

2.- EQUIPO DE AMARRE Y FONDEO

2.1.- NUMERAL DE EQUIPO

Los medios de fondeo, amarre y remolque se calculan partiendo del numeral del equipo, que se obtiene de acuerdo con las reglas del Lloyd's Register para remolcadores en su sección 7.1.5. capítulo 1, parte 3. Obteniendo un numeral de equipo correspondiente a la letra "G".

$$EN = G$$

2.2.- ANCLAS Y CADENAS

De acuerdo con la tabla 13.7.1. y 13.7.2. del capítulo 13, parte 3 el equipo de fondeo debe cumplir con lo siguiente:

- Anclas: Se exigen dos
- Ancla de espía: no se exige
- Peso de cada ancla: 570 kg



Anclas

Son anclas de leva sin cepo

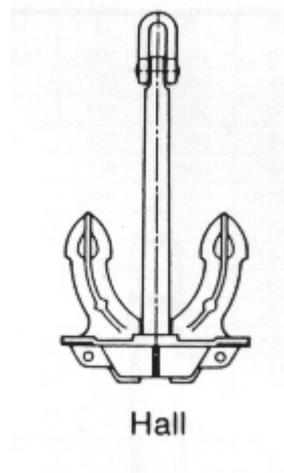
- N° de anclas 2
- Masa de cada ancla 570 kg.

Un ancla de leva sin cepo permite introducir su caña en el escobén, quedando en una posición fácil para su trinca.

Existen varios tipos de ancla de leva sin cepo entre los que se encuentran:

- Tipo Hall, con una característica interesante en el caso de que se ejerzan esfuerzos de tracción sobre ella.
- Tipo Danforth, con gran poder de agarre.

El tipo de ancla elegido para este buque es el HALL .



Cadenas

El tamaño de los eslabones que forman la cadena se define a partir del diámetro del redondo con el cual se ha formado el eslabón. La longitud del eslabón es seis veces el diámetro y su anchura 3,6 veces el diámetro. Los eslabones se unen durante su fabricación para formar lo que se denomina un largo de cadena o grillete. Estos tienen normalmente una longitud de 27,5 metros o 15 brazas.



Se instalarán cadenas de eslabones con concreto para anclas de leva de las siguientes características:

- | | |
|----------------|---------------------------|
| ▪ Largo total | 302,5 m |
| ▪ N° de largos | 11 (cada largo es 27,5 m) |
| ▪ Calidad | Acero suave U1 |
| ▪ Diámetro | 20,5 mm |

Los largos de cadena se empalman con un eslabón de patente Kenter, por lo que todos los eslabones serán normales. Si se hubiese empleado un grillete de unión, éste debería tener en sus extremos un eslabón final y un eslabón grueso. El primer largo de la cadena se une al grillete del ancla por medio de un grillete giratorio para evitar que la cadena tome vueltas por efecto del ancla.

2.3.- MOLINETE

Se dispondrá un molinete de accionamiento eléctrico biancla, puesto que se va a emplear cadenas de eslabones pequeños o medianos ($d < 74$ mm). El molinete tendrá dos barbotenes, donde engranan las cadenas de ambas anclas y dos capirones para maniobras de amarre y auxiliares. Cada barbotén lleva un embrague para que cada cadena y el capirón trabajen con independencia, y un freno de tipo cinta.

Hay tres fases diferentes en la forma de trabajar el molinete:

- | | |
|---------------------------------|---|
| 1) Haciendo el ancla | Movimiento del buque desde su posición inicial hasta que se coloca casi encima del ancla. |
| 2) Despegue del ancla del fondo | Desde que la cadena empieza a garrear por el fondo hasta que deja de apoyarse en éste. |
| 3) Levado del ancla y la cadena | Desde que el ancla despegue del fondo hasta que queda estibada en el escobén. |

Para calcular la potencia del molinete se considera únicamente la tercera fase del izado del ancla y la cadena. El esfuerzo requerido se logra dotando al molinete de una velocidad más corta que durante el período de izado, para obtener mayor tracción (la velocidad de leva de las cadenas suele oscilar entre [8-12] m /min). El molinete debe



tener potencia para llevar el peso del ancla y tres largos de cadena a una velocidad de 10 m/min.(0,167 m/s).

La potencia viene dada por:

$$P = \frac{0,87 \cdot (P_c + P_a) \cdot v \cdot e}{60 \cdot 75 \cdot r}$$

- P_c Peso de tres o cuatro largos de cadena = $4 \cdot 550$ kg
El peso o el volumen de un largo de cadena se pueden calcular en la tablas del libro “Equipos y Servicios” en función del diámetro de la cadena.
- P_a Peso del ancla fuera del agua = 570 kg
- v Velocidad de izado = 10 m/min
- r Rendimiento mecánico del molinete $[0,5 / 0,7] = 0,6$
- e Poder de agarre del ancla $[1,5 / 2,5] = 2$

$$P = 14,17 \text{ CV} \Rightarrow P = 15 \text{ CV}$$

Como el molinete es biancla habrá de ser capaz de izar a la vez las dos anclas y las dos cadenas, por lo que tendrá como potencia:

- Carga de trabajo 30 CV (22,38 kW)
- $\eta_{\text{eléctrico}}$ 0,85
- $P_{\text{requerida}}$ 26,32 kW

2.4.- ESTOPOR

Entre el molinete y el escobén se coloca un estopor de rodillos que muerde la cadena del ancla reteniéndola e impidiendo que la tensión de ésta ejerza una acción directa sobre el molinete y haciendo firme la cadena al buque. Debe retener la cadena tanto en navegación como cuando el buque esté fondeado.

Se va a emplear un estopor de rodillo. Éste tiene la ventaja de que disminuye el rozamiento de la cadena en la boca del escobén. Por contra, requieren una mayor longitud del escobén ya que el grillete giratorio de la cadena no debe llegar al rodillo.



2.5.- ESCOBÉN

Para determinar el diámetro mínimo del interior de la bocina del escobén se emplea la siguiente fórmula empírica:

$$D = [(100-d) \cdot 0,03867 + 7,5] \cdot d$$

- D Diámetro de la bocina del escobén (mm)
- d Diámetro del redondo del que se ha partido para la fabricación del eslabón.

$$D_{\text{interior mínimo}} = 217 \text{ mm}$$

La construcción del escobén deberá estar reforzada para soportar el rozamiento de la cadena y evitar los daños que pueda producir el ancla. Además deberá tener la forma adecuada para que el ancla no se mueva debido a los efectos de la mar y a los movimientos del buque.

2.6.- DIMENSIONAMIENTO DE LA CAJA DE CADENAS

Cada una de las mitades en que se divide la caja de cadenas se construye con forma de paralelepípedo de base cuadrada, a efectos prácticos de comodidad y facilidad de construcción, aunque diversos ensayos realizados demuestran que la cadena ocupa un volumen mínimo cuando se halla estibada en el interior de un cilindro de base circular.

La fórmula, deducida de distintas pruebas, que usualmente se emplea para la determinación de las dimensiones de la caja de cadenas es la siguiente:

$$V = 0,082 \cdot d^2 \cdot L \cdot 10^{-4} = 0,7 \text{ m}^3$$

- V Volumen aparente ocupado por la cadena (m³)
- d Diámetro del redondo del que se ha partido para la fabricación del eslabón = 20.5 mm
- L Longitud de la cadena = 192,5 m



Para calcular la altura de la caja de cadenas se procede de la siguiente forma.

$$h_o = V/L_{th}^2 = 0,645 \text{ m}$$

Donde L_{th} -> distancia entre barbotenes del molinete=1,085 m

Es necesario que la altura determinada por este procedimiento se incremente 1,6 m (1,2 m para la caída de la cadena + 0,4 m para el drenado). Por tanto:

$$H = 0,645 + 1,6 = 1,032 \text{ m}$$

2.7.- CABOS DE AMARRE

De acuerdo con la tabla 13.7.1 y 13.7.3. del Lloyd's se ha de cumplir:

➤ Cabos de amarre

▪	Número	2
▪	Longitud mínima unitaria	120 m
▪	Carga de Rotura mínima	58,8 kN

Para cobrar de las estachas de proa se utilizará el molinete, una vez desembagada la corona del barbotén, trabajando sobre el capirón. En popa serán manejadas por medio de un cabrestante.

2.8.- BITAS Y GUIAS

Se dispondrán de la siguiente forma:

- En proa se situarán una bita de remolque y dos bitas de amarre con rolines de maniobra una a cada banda, con las correspondientes guías en la amurada.
- En la parte de popa se emplazarán, al igual que en proa, dos bitas de amarre y una de remolque.

Se dimensionarán según la norma de AESA.



2.9.- CINTÓN Y DEFENSAS

A lo largo del contorno del buque se dispondrán cintones de protección formados por un perfil de caucho y adosados al casco mediante pletinas de acero soldadas a éste, a las que se atornillarán mediante pernos galvanizados.

2.10.- GATERAS

Tienen la finalidad de guiar las amarras desde los puntos donde se han hecho firmes fuera del buque, hasta las bitas colocadas sobre cubierta. Su número suele coincidir con el número de bitas o puede superarlo, en nuestro caso hay 4.

La condición imprescindible que debe reunir toda gatera para amarras es la de tener los cantos donde pueda apoyar el cabo de forma redondeada, a fin de disminuir la presión por unidad de superficie entre gatera y cabo.

2.11.- GRÚA DE CARGA

La grúa será de gran utilidad para diversas maniobras en cubierta. Situada en popa y a una banda, aprovechando de este modo la longitud de su brazo extensible. Sus características, así como su capacidad de carga dependiendo de la longitud de su brazo, son las siguientes:

MARCA	CYTECMA
MODELO	CK-1100/25 FC
POTENCIA	15 KW

Longitud del brazo (m)	Peso máximo izado (Kg)
3,30	3000
4,30	2200
6,20	1500
8,00	1050



3.- SERVICIO DE REMOLQUE

De acuerdo con la especificación de proyecto el buque debe dar un Tiro a Punto Fijo de 52 toneladas. En función del tiro requerido se dimensionarán todos los elementos del equipo de remolque.

3.1.- CABLE DE REMOLQUE

El cable de remolque se dimensionará de forma que tenga una **carga de rotura superior a dos veces el Tiro a Punto Fijo requerido**, según se indica en la tabla 13.7.1 del capítulo 13, parte 3 del reglamento del Lloyd's. El cable de remolque debe tener una gran resistencia a la tracción y a la corrosión, junto con una buena flexibilidad y alargamiento.

El comportamiento del cable en unas determinadas condiciones de carga depende de varios factores:

- El número de cordones en el cable
- El número de alambres en cada cordón
- La carga de rotura de los alambres
- El tipo de alma
- El proceso de conformado empleado

La tendencia actual, en lo que se refiere a grandes requerimientos de Tiro, es el empleo de cordones WARRINGTON SEALE con alma de acero (IWRC).

Marca	BEXCOLINE
Modelo	COMPO 099
Diámetro	80 mm.
Carga de rotura	116 Ton.
Longitud del cabo	200 m.

3.2.- CHIGRE DE REMOLQUE

Para el dimensionamiento del chigre se ha considerado que su tracción sobre freno sea dos veces el Tiro a Punto fijo.



La maquinilla de remolque se compone de un estibador automático, que es una guía móvil que desplazándose horizontalmente frente a la maquinilla, ordena el cable en un tambor en sucesivas capas bien dispuestas, evitando que cada capa se mezcle con la anterior o posterior. Está equipado con un sistema de monitorización de la tensión en el cable y embrague neumático. Está accionado por un motor hidráulico y se podrá manejar tanto desde el puente como desde un control local, junto al chigre, en una caja estanca con tres rangos de velocidad, que varían de cero a un valor máximo con retorno automático de la palanca de control a la posición de parada. Dispone de freno y embrague manual y remoto electrohidráulico.

El modelo elegido, fabricado por **Karmoy**, cuenta con las siguientes características:

- Tiro y velocidad.

1. Fuerza de retención al freno 100 Tn.
 2. Características dinámicas en la 1ª capa diámetro 500 mm.
 - -Tiro 25 Toneladas a 13 m/min.
 - -Tiro 10 Toneladas a 33 m/min.
 - -Tiro 5,5 Toneladas a 58 m/min.
 3. Características dinámicas a medio carretel, diámetro 700 mm.
 - Tiro 18 Toneladas a 18 m/min.
 - Tiro 7 Toneladas a 46 m/min.
 - Tiro 4 Toneladas a 81 m/min.
 4. Características dinámicas de la última capa, diámetro 910 mm.
 - Tiro 14 Toneladas a 23 m/min.
 - Tiro 4 Toneladas a 81 m/min.
 - Tiro 3 Toneladas a 108 m/min.
- Capacidad del carretel: 400 m. con cable de 42 mm. de diámetro
 - Potencia absorbida por las bombas: 100 CV. Cada una.
 - Embrague carretel: accionamiento manual.
 - Para la fijación del carretel cuando actuamos con el cabezal, se realiza por medio de un freno manual sencillo.

El Polín del chigre de remolque será todo de acero, con una carga de rotura mínima de 500 toneladas.



3.3.- GANCHO DE REMOLQUE

El gancho de remolque irá situado a popa junto al chigre de remolque. Será suministrado por FERRI VIGO-ESPAÑA. Tendrá una carga de prueba de 108 toneladas y un disparo automático de 63 toneladas.

Para su correcto funcionamiento, montaje, conservación y mantenimiento, se adjuntará la información suficiente y necesaria que abajo se describe.

Descripción del equipo

Características técnicas:

- Carga máxima de trabajo.....63 Tn.
- Radio máximo del gancho.....1,26 m.
- Armado manual a distancia.....AUTOMÁTICO.
- Disparo manual a distancia.....LOCAL O AUTOMÁTICO.
- Disparo automático por escora límite.....0-10 seg. y 0-20⁰.
- Presión hidráulica máxima de trabajo.....160 bar.
- Tensión del motor eléctrico.....380 Vca.
- Tensión del equipo eléctrico.....24 V/CC.
- Peso aprox.mado.....625 Kp.

Componentes principales

Está constituido esencialmente por el gancho propiamente dicho y el soporte de dicho gancho en cubierta, unidos entre si a través de un bulón y tuerca.

Equipo electrohidraulico para disparo y rearme

Compuesto por dos equipos, uno de presión y otro de disparo y emergencia que incluyen:

EQUIPO DE PRESIÓN

- Grupo motor-bomba para conexión a 380 Vca.
- Acumulador hidráulico.
- Presostato
- Manómetro



EQUIPO DE DISPARO Y EMERGENCIA

- Bomba manual de emergencia
- Electroválvula doble.
- Depósito de aceite.
- Palanca de disparo de emergencia.

Equipo eléctrico de disparo automático por escora límite

El equipo consiste en un armario eléctrico estanco, previsto para conexión a 24 V. en corriente continua y compuesto de los siguientes elementos:

- Un interruptor general
- Un piloto “en tensión”, situado en la puerta del armario.
- Dos ampollas de mercurio, detectoras de nivel, situadas en sendos soportes graduados.
- Un relé temporizador con mando de reglaje del tiempo de conexión.
- Una regleta de bornas para conexión a la tensión de entrada, a la electroválvula del panel hidráulico y a las botoneras de disparo.

Instalación y montaje

- Situar el soporte del gancho de remolque sobre la plancha base de refuerzo de cubierta, de tal forma que la línea de tiro coincida con el eje longitudinal del soporte.
- Puntar el soporte del gancho de remolque sobre la plancha base.
- Montar el gancho en el soporte.
- Comprobar que con el gancho totalmente abierto no toca la uña sobre cubierta y puede girar libremente el recorrido que se halla previsto a las bandas.

Instalación el equipo hidráulico de maniobra hidráulica

- Situar el EQUIPO DE PRESIÓN bajo cubierta.
- Situar el EQUIPO DE DISPARO Y EMERGENCIA en cubierta, protegido de la intemperie, cerca del gancho de remolque, desde donde se puede ver la maniobra de disparo.
- Conectar mediante tuberías y latiguillos apropiados el EQUIPO DE PRESIÓN con el EQUIPO DE DISPARO Y EMERGENCIA.
- Conectar mediante tuberías y latiguillos apropiados los racores de salida del panel deL EQUIPO DE DISPARO Y EMERGENCIA, con los racores del gancho de remolque.



- Llenar los depósitos de aceite del grupo motor-bomba del EQUIPO DE PRESIÓN y del EQUIPO DE DISPARO Y EMERGENCIA.
- Conectar los latiguillos del gancho al racor del soporte giratorio de modo que vayan ambos paralelos.
- Conectar la alimentación 3 x 380V x 50 Hz. a las bombas del arrancador del motor. Al dar corriente comprobar el sentido de giro del motor.

Instalación del equipo eléctrico de disparo por escora límite y de las botoneras.

- El armario debe situarse necesariamente en el sentido de babor a estribor, de tal manera que su puerta quede mirando a proa o a popa; sólo en esta posición las ampollas de mercurio podrán detectar correctamente la escora del buque.
- Por medio del botón graduado situado en el relé temporizador se regulará el tiempo máximo que se debe permitir al buque permanecer por encima de la escora ajustada, antes de producirse el disparo del gancho.
- Colocar la botonera doble “disparo armado”, próxima al gancho. Colocar la botonera simple “disparo” en el puente de gobierno.
- Colocar las botoneras de disparo automático por escora límite, y conectar desde éste las dos bobinas de la electroválvula del panel hidráulico.
- Conectar la corriente de 24V/CC. Al armario eléctrico de disparo y alas bornas de la caja estanca del panel hidráulico.

Maniobras del gancho de remolque

Una vez efectuados el montaje e instalación de los diversos elementos que componen el equipo de remolque y conectada la alimentación eléctrica del sistema, automáticamente se pone en funcionamiento la bomba hidráulica por estar el acumulador descargado y, por tanto, el presostato cerrando el circuito eléctrico del motor de la bomba.

Alcanzada la presión de trabajo del acumulador (160 bar), marcada por el manómetro, el presostato se abre y la bomba se para. Por tanto disponemos en todo momento de energía hidráulica acumulada para realizar las maniobras del gancho. Al pulsar uno de los botones de “disparo” voluntariamente o al cerrarse el circuito por la acción de una escora peligrosa, se activa la electroválvula y da paso a la presión hidráulica acumulada, procediendo al disparo del mismo.

Pulsando uno de los botones de “armado” se activa la electroválvula dando paso al fluido hidráulico, produciéndose el cierre del gancho.

En caso de una emergencia puede dispararse el gancho actuando manualmente sobre el capuchón de la electroválvula, por medio de la palanca de disparo de emergencia, retirando previamente el pasador que la bloquea y puede recargarse el acumulador hidráulico con la bomba manual.



Funcionamiento general

El funcionamiento general del gancho de remolque, se reduce a su armado a distancia por botón del mando eléctrico, y a su disparo a distancia por botones de mando eléctrico, automático por escora límite o de emergencia manual.

Al bajar la presión en el acumulador por el consumo de las maniobras o por fugas internas del circuito hidráulico, el presostato da tensión a las bornas del panel hidráulico, el motor del grupo hidráulico se pondrá en marcha automáticamente, cargando el acumulador hasta la presión de 160 bar. En este momento el presostato corta la alimentación y la bomba se para. Cuando la presión cae por debajo de 150 bar, la motobomba se pone en marcha, repitiéndose el ciclo cuantas veces se requiera para mantener la presión.

En caso de emergencia, si faltase la corriente al equipo, hay que vigilar que no baje la presión del acumulador de 110 bar. Si así ocurriese ir recargando por medio de la bomba manual de emergencia hasta la presión de trabajo de 160 bar.

Proceso de armado a distancia

Para armar el gancho pulsar uno de los botones de “armado” con lo cual se activará la bobina de la electroválvula, haciendo salir el vástago del cilindro, manteniendo el gatillo sobre la palanca del gancho, lo que impide que éste se abra al ser solicitado por el tiro del remolcador.

Disparo a distancia

Para disparar el gancho a distancia pulsar uno de los botones “disparo” que activará la bobina de la electroválvula, con lo cual la presión hidráulica hará cerrar el cilindro, produciéndose el disparo.

Disparo en caso de emergencia

Para disparar el gancho a falta de corriente, retirar el pasador y accionar la palanca de disparo de emergencia, sobre el capuchón izquierdo de la bobina de la electroválvula.

Disparo automático por escora límite

Al sobrepasar el ángulo de escora ajustado a cualquiera de las bandas, el detector de nivel correspondiente establece contacto y excita el relé temporizado, el cual comienza a contar el tiempo regulado antes de cerrar sus contactos; si durante este tiempo el remolcador se recupera, el detector de nivel corta el contacto, el relé se desexcita y no sucede nada. Pero si transcurre el tiempo permitido sin que el ángulo de



escora disminuya, el relé temporizado cierra su contacto con lo que excítale relé REV, el cuál da tensión a la electroválvula del equipo hidráulico y se produce el disparo del gancho.

3.4.- CONTROL

Se instalarán dos puestos de control, uno situado en el puente de gobierno y otro localmente en las proximidades del chigre de remolque.

Las funciones principales serán:

- Control de velocidad de largado y recogida
- Control del embrague
- Manómetro de presión
- Pulsador de arranque y parada
- Parada de emergencia
- Zafado de emergencia

4.- SERVICIO DE BALDEO Y CONTRAINCENDIO

Se seguirá la normativa del Capítulo II del SEVIMAR (SOLAS 74/78), enmiendas de 1981 a 1983, las reglas de la Administración Española aplicables en este caso y lo estipulado por la Sociedad de Clasificación Lloyd's Register.

Los principios fundamentales del SEVIMAR, en materia de prevención de incendios son:

- División del buque mediante mamparos transversales estancos que ofrecen adecuada resistencia estructural y aislamiento térmico.
- Separación entre alojamientos y resto del buque mediante mamparos límite.
- Uso restringido de materiales combustibles.
- Detección, contención y extinción de los incendios en las zonas de origen.
- Protección de acceso a posiciones para combatir el incendio y rutas de escape.
- Disponibilidad inmediata de medios extintores.



De acuerdo con el reglamento del SEVIMAR el buque de proyecto pertenece al grupo III, Clase T [“Remolcadores, lanchas, gabarras, dragas, etc. que salen al mar”], que llevarán los mismos medios de contraincendios que los de las clases Z o X de su mismo tonelaje bruto.

Por tanto, será de aplicación los requisitos que aparecen en el Capítulo II-2 “Construcción, prevención, detección y extinción de incendios”.

Tanto el servicio de baldeo como el de contraincendios comparten un sistema de tuberías común. Del mismo colector principal, que recorre todo el buque, correspondiente al servicio de baldeo parten ramales contraincendios a las cubiertas, así como a la cámara de máquinas.

Se dispondrán tres tomas de baldeo en proa: una para el baldeo general y dos para los escobenes, utilizando las bombas asignadas a los servicios generales.

El esquema de este servicio puede contemplarse en el plano denominado: **“Esquema de tubería de baldeo y C.I.”**

4.1.- BOMBAS CONTRAINCENDIO

De acuerdo con el Solas en su Capítulo.II-I, regla 4-2-2.2, en los buques de carga las bombas contraincendios, excepto la de emergencia si la hubiere, deberán proporcionar un caudal de agua que exceda en al menos 1/3 del caudal que debe evacuar cada una de las bombas de sentinas, no siendo necesario que exceda de 180 m³/h.

Así, cada una de las bombas de contraincendios prevista, excepto la de emergencia, tendrá una capacidad no inferior al 80 % de la capacidad total requerida dividida por el número total de las bombas exigidas, no siendo nunca menor que 25 m³/h.

Según la Administración Española la presión en las bocas CI no será inferior a 0,25 N/mm² en buques de menos de 1000 TRB.

Teniendo en cuenta que el caudal de las bombas de sentinas utilizadas en operaciones de achique es de 40 m³/h, el caudal que deben proporcionar las bombas de C.I será de:



$$Q = \frac{40 \cdot (1 + 1/3)}{2} = 26,7 \text{ m}^3 / \text{h}$$

El barco llevará dos bombas Contraincendios al propio buque (que son las mismas que las de baldeo) .Las bombas tendrán una presión de descarga de 4 Ka.

Se han seleccionado las siguientes bombas:

Tipo	AZCUE VM50/20
Caudal	44/73 m ³ / h
Presión	40 Pa
Altura manométrica	40/15

4.2.- COLECTOR CONTRA INCENDIO

Bastará que el diámetro interior del colector y de las tuberías de contra incendios sea suficiente para un caudal de agua de 140 m³/h con una presión en las bocas contra incendios de aproximadamente 25 Pa.

El diámetro final del colector contra incendios es de 80 mm. Apreciándose en diferentes esquemas, como el de lastre y sentinas y esquema de tubería y baldeo contra incendios.

4.3.- TUBERÍAS Y BOCAS CONTRA INCENDIO

Las tuberías y bocas estarán situadas de modo que se les pueda acoplar fácilmente las mangueras.

El número de bocas contra incendios ha de ser suficiente para conectar las mangueras y poder dirigir un chorro a cualquier punto del buque. Debe haber por lo menos una boca contra incendios en cámara de máquinas.

El número y la distribución de las bocas serán tales que por lo menos dos chorros de agua no procedentes de la misma boca (uno de ellos lanzado por una manguera de una sola pieza) puedan alcanzar cualquier parte normalmente accesible a la tripulación mientras el buque navega.



Por tanto, el buque en proyecto dispondrá de cuatro bocas:

- Dos en cámara de máquinas, una a cada banda.
- Dos en cubierta, situadas una a cada banda.

4.4.- MANGUERAS CONTRA INCENDIO

Al ser el buque en proyecto de menos de 1000 toneladas de arqueo bruto, el número de mangueras será aquel que la Administración considere oportuno. Cada manguera está provista de una lanza y de los acoplamientos necesarios. Serán de materiales no perecederos aprobados por la Administración .

Se instalará una válvula por cada manguera C.I., de modo que en pleno funcionamiento de las bombas C.I se pueda desconectar cualquiera de las mangueras.

El buque dispondrá de un total de cuatro mangueras de 15 m:

- Dos en cubierta
- Dos en cámara de máquinas.

4.5.- CONEXIÓN INTERNACIONAL A TIERRA

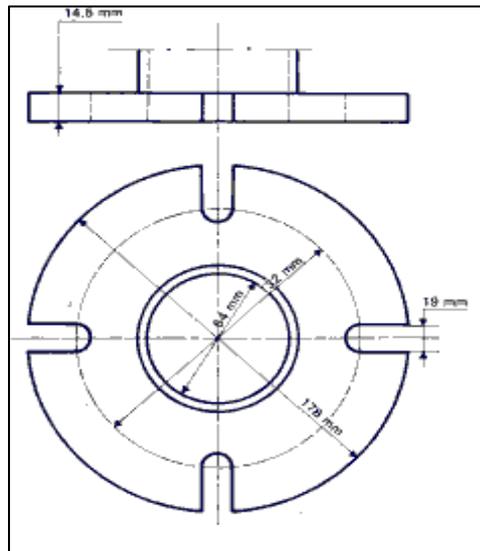
Se dispondrá de una conexión internacional a tierra.

Las bridas para la conexión internacional a tierra, exigida a bordo en virtud del capítulo II-2 del SEVIMAR, se ajustarán a las dimensiones normalizadas que se especifican, con un diámetro exterior de 178 mm y un diámetro interior de 64 mm:

Descripción	Dimensiones
Diámetro exterior	178 mm
Diámetro interior	64 mm
Diámetro del círculo de pernos	132 mm
Espesor de la brida	14,5 mm, como mínimo
Pernos y tuercas	4 juegos, 16 mm de Ø y 50 mm de longitud



Esta conexión será de un material adecuado para una presión de $10,5 \text{ kg/cm}^2$, cuya brida por un lado será plana y por el otro llevará permanentemente unido un acoplamiento que se adapte a las bocas contraincendios y a las mangueras del buque. La conexión se guardará a bordo con una junta de cualquier material adecuado para una presión de 105 Pa.



4.6.- DISPOSITIVOS DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS EN CÁMARA DE MÁQUINAS

De acuerdo con el Capítulo II, regla 7.2, los **espacios de categoría A** (son los espacios y los troncos de acceso a estos espacios que contienen: motores de combustión interna utilizados para la propulsión principal, motores de combustión interna utilizados para fines distintos de la propulsión principal, si esos motores tienen una potencia conjunta no inferior a 375 kW) estarán provistos de:

- Uno de los siguientes sistemas de extinción de incendios:
 - Un sistema de gas que cumpla con lo dispuesto en la regla 5.
 - Un sistema de espuma de alta expansión que cumpla con lo dispuesto en la regla 9.
 - Un sistema aspersor de agua a presión que cumpla con lo dispuesto en la regla 10.
- Por lo menos un equipo extintor portátil de aire/espuma que cumpla con lo dispuesto en la regla 6.4



- En cada uno de estos espacios habrá extintores de espuma de un tipo aprobado, de 45 l de capacidad como mínimo, o modelos equivalentes.

En el caso del buque de proyecto, el único espacio de categoría A para máquinas es la cámara de máquinas.

Sistema fijo de extinción de incendios de gas

En el caso del buque de proyecto, el único espacio de categoría A es la cámara de máquinas y el sistema seleccionado para extinción de incendios es el de sistema de gas.

Se instalará en la cámara de máquinas un sistema fijo de extinción por CO₂. El control de dicho sistema estará ubicado fuera de la cámara de máquinas y se instalarán las correspondientes alarmas visuales y sonoras y los dispositivos para parar los ventiladores de la cámara de máquinas desde fuera de máquinas.

Para el cálculo de las botellas de CO₂ necesarias a bordo, calculamos el 35% del volumen de CCMM y el 30% del volumen de CCMM + Guardacalores, tomando el mayor de ambos, para el cálculo de las mismas.

El CO₂, ocupa un volumen de 0,56 m³/kg y cada botella de CO₂ será de 45 kg, así tenemos:

$$V = V_{CCMM} \cdot 0,35 = 474 \cdot 0,35 = 166 \text{ m}^3$$

$$V = (V_{CCMM} + V_{GUARDACALOR}) \cdot 0,30 = (474 + 60,75) \cdot 0,30 = 160,425 \text{ m}^3$$

Por lo que el volumen, para los cálculos será de 160,425 m³, que se corresponden con $\frac{160,425}{0,56} = 286,47$ kg, repartidos en $\frac{286,47}{45} \cong 7$ botellas de CO₂.

Por tanto el pañol de botellas de CO₂, tendrá 7 botellas del mismo, conectadas a un circuito.



Detectores contraincendios

El barco llevará en Cámara de Máquinas 3 detectores de humo, y uno más en la entrada del pañol bajo en puente de gobierno.

- Un **sistema de detección de incendios** y un **sistema de alarma** en todos aquellos espacios susceptibles de originarse un fuego. El sistema de detección de incendios y alarma deberá cumplir con lo dispuesto en la regla 13 del SEVIMAR. Los detectores serán de dos tipos: de calor y de humos. Todo el sistema debe estar monitorizado por medio de un panel de control situado en el puente de gobierno. Las alarmas conectadas a los detectores de humo saltarán cuando la densidad de humo exceda en un 12,5% y las de los detectores de calor se activarán antes de que la temperatura exceda de 78 °C y ante un incremento superior a 1°C/min.

4.7.- DISPOSITIVOS DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS EN LOS ESPACIOS DE ACOMODACIÓN Y SERVICIO

El sistema de detección de incendios y alarma deberá cumplir con lo dispuesto en la regla 13 del SEVIMAR.

- En los espacios de alojamiento y de servicio y puestos de control, habrá dos extintores portátiles de CO₂ (extintores portátiles son aquellos cuyo peso, cargados, no excede de 25 kg) siendo fácilmente maniobrados y transportados en mano, por cada espacio, en cada cubierta y entre cada dos mamparos estancos o resistentes al fuego de tipo “A”. Los extintores empleados a bordo deberán cumplir la reglamentación específica de la Administración española, así como lo dispuesto referente a éstos en las reglas del SEVIMAR y el reglamento del Lloyd’s. Los extintores portátiles estarán ubicados en los siguientes lugares:
 - 1 extintor de CO₂, de 6 kg en el puente de gobierno.
 - 1 extintor de CO₂, de 6 kg en el local de los propulsores azimutales, es decir, en cámara de máquinas.
 - 1 extintor de polvo seco de 20 kg en cámara de máquinas.
 - 1 extintor portátil de polvo seco de 10 kg en cámara de máquinas.
 - 1 extintor portátil de polvo seco de 5 kg en pasillo de la habitación.
 - 1 extintor portátil de polvo seco de 5 kg en el comedor.



4.8.- EQUIPO DE BOMBERO

De acuerdo con la regla 17 del SEVIMAR (apartado 3), todos los buques llevarán a bordo por lo menos dos equipos de bombero. Para la notación de clase FF1, el Lloyd's Register exige que existan a bordo cuatro equipos de bombero.

El equipo de bombero deberá cumplir con las especificaciones del apartado 1 de la regla 17.

El equipo constará del siguiente material:

- Indumentaria protectora e impermeable.
- Botas y guantes no electroconductores.
- Casco rígido.
- Lámpara eléctrica de seguridad con batería para más de tres horas.
- Un hacha.
- Un equipo respiratorio.

4.9.- PLANOS DE LUCHA CONTRA INCENDIO

De acuerdo con la regla 20 del SEVIMAR, se dispondrán planos de disposición general con la siguiente información:

- Situación de los puestos de control
- Divisiones clase "A"
- Divisiones clase "B"
- Sistema de detección de incendios
- Disposición de rociadores
- Disposición de extintores
- Disposición de medios de acceso
- Sistema de ventilación

4.10.- INTEGRIDAD AL FUEGO DE MAMPAROS Y CUBIERTA

Todos los mamparos y cubiertas tendrán como integridad mínima al fuego la indicada en las tablas 44.1 y 44.2 (Regla 44 del SEVIMAR). El buque cumplirá con la parte "c" del capítulo II-2 del SOLAS (protección contra incendios: Método III C).

Requisitos a cumplir por una **División de Clase A**:



- Es aquella que está formada por mamparos y cubiertas de acero u otro material equivalente.
- Está reforzada.
- Impide paso de humo y llamas en un ensayo estándar de exposición al fuego de una hora de duración.
- Está aislado de tal modo que la cara no expuesta no supere los 139 °C por encima de la temperatura inicial, ni puntualmente más de 180°C en los intervalos siguientes:

A60	60 minutos
A30	30 minutos
A15	15 minutos
A0	0 minutos

Requisitos a cumplir por una **División de Clase B:**

- Es aquella que está formada por mamparos y cubiertas de acero u otro material equivalente.
- Está reforzada.
- Impide paso de humo y llamas en un ensayo estándar de exposición al fuego de media hora de duración.
- Está aislado de tal modo que la cara no expuesta no supere los 139 °C por encima de la temperatura inicial, ni puntualmente más de 225°C en los intervalos siguientes:

B15	15 minutos
B0	0 minutos

5.- SERVICIO CONTRAINCENDIO EXTERIOR

De acuerdo con la especificación de proyecto, el buque habrá de ir equipado con un sistema de lucha contraincendios exterior del que se requiere básicamente:

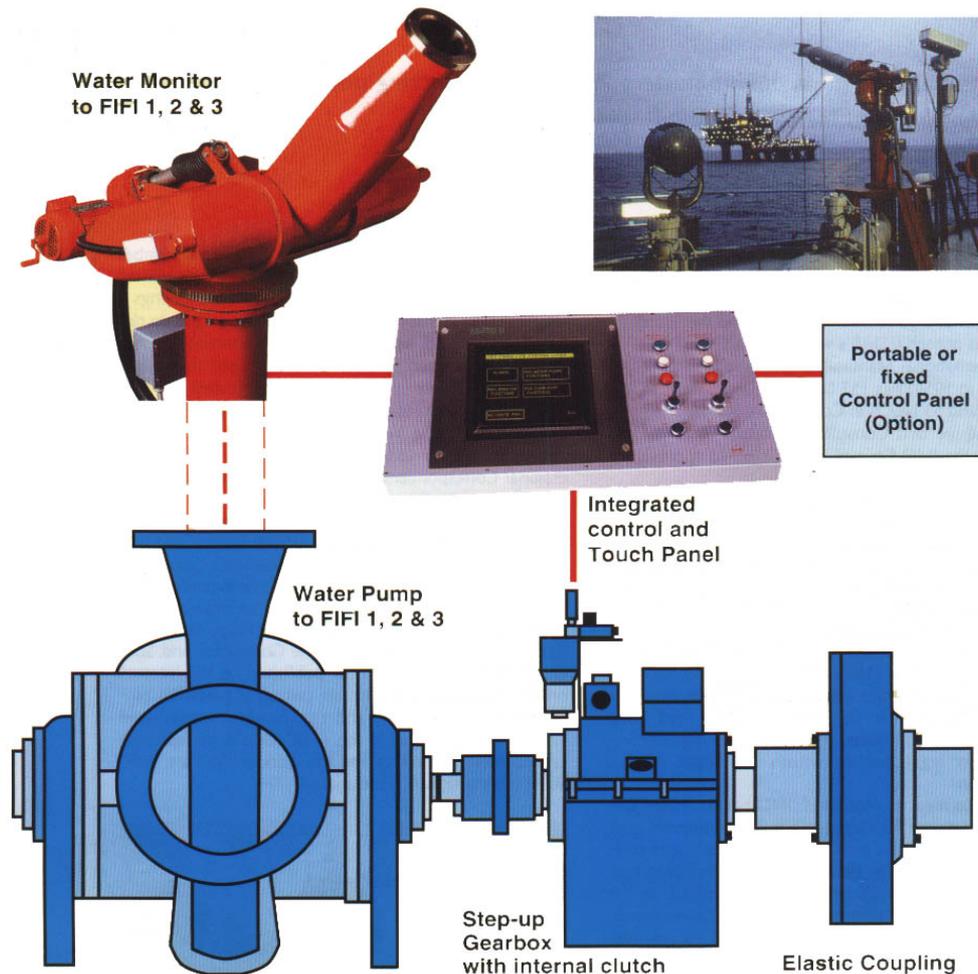
- Bombas de FF 1 acopladas a motores con embragues.
- Monitores de FF 1 de agua/espuma.

F-F1 es una notación de clase asignada por el Lloyd's a aquellos buques que cumplen con los requisitos de la Parte 7 capítulo 3 del Reglamento, provistos del equipo de lucha C.I exterior descrito en la siguiente tabla.



EQUIPO	Clase 1
Capacidad mínima total de las bombas	2400 m ³ /h
Nº mínimo de bombas	2
Nº mínimo de monitores	2
Capacidad de descarga por monitor	1200 m ³ /h
Altura mínima del chorro de los monitores	45 m
Alcance mínimo del chorro	120 m
Capacidad mínima de F.O para los monitores	24 horas
Nº de conexiones de manguera a cada costado	4
Nº de equipos de bombero	4

Se ha recurrido a la casa fabricante KVAERNER que posee una gran experiencia en sistemas de lucha C.I. Además, los principales equipos tales como monitores, bombas etc., son fabricados por la propia casa lo que asegura una completa integración de todos ellos.





El esquema general de la instalación propuesto puede consultarse en el plano 06.02 Esquema Contraincendios Exterior.

El sistema consta básicamente de lo siguiente:

- ***Sistema de extinción de incendios***

Integrado por:

- Un monitor de agua.
- Un monitor de agua-espuma.
- Dos bombas principales de C.I.
- Válvulas.

- ***Sistema de autoprotección "Water spray system"***

Se extraerá una parte del caudal del ramal principal que será enviado a los diversos difusores repartidos con el fin de proteger las superficies verticales del casco.

5.1.- MONITORES DE AGUA Y ESPUMA

El sistema FF-1 cuenta con un monitor de agua y un monitor de agua-espuma.

- Monitor de agua

Los monitores de agua son de trayectoria de flujo único. Los monitores están diseñados para ser accionados electrohidráulicamente por control remoto, y disponen de un volante de emergencia de accionamiento manual. Los materiales utilizados son acero inoxidable y bronce.

En los monitores de agua uno de los principales objetivos de diseño es suavizar el flujo antes de su entrada en la lanza, ya que al proceder de la bomba en un régimen muy turbulento es preciso pasarlo a un régimen laminar antes de su entrada en la boquilla principal al final de la lanza. Para ello, se colocan filtros de flujo al comienzo y al final de la lanza, aunque la experiencia ha demostrado que el mejor desarrollo de flujo se consigue con un diseño de boquilla en forma de cono, de ahí su diseño.



Las características del monitor de agua son las siguientes:

Marca	KVAERNER-EUREKA
Modelo	EF 211 E
Capacidad	1200 m ³ / h
Altura manométrica	135 m.c.a.
Altura mínima del chorro	45 m
Alcance del chorro	120 m



- Monitor de agua-espuma:

Este remolcador tiene sistema de extinción de incendio por medio de espuma con proporcionador al 3% y 6% con capacidad a bordo de 20 m³ de espumógeno.

Las características del monitor son las siguientes:

Marca	KVAERNER-EUREKA
Modelo	EF 211 E
Capacidad	1200 m ³ /h
Altura manométrica	135 m.c.a.
Alcance del chorro	120 m

5.2.- BOMBAS PRINCIPALES CONTRA INCENDIO

El número mínimo de bombas exigido por la Sociedad de Clasificación es de dos, que es el número de bombas que proporciona el suministrador. Las bombas dispondrán de tomas de mar independientes, de acuerdo con el apartado 2.2. del capítulo 3, parte 7 del reglamento de Lloyd's, que deben practicarse en la estructura del buque tan bajas como sea posible para evitar la formación de hielo o la introducción de sustancias



(aceite, combustible, etc.) que por su naturaleza suelen hallarse próximas a la superficie del mar.

Las características de las bombas son las siguientes:

BOMBA N° 1

Marca	KVAERNER-EUREKA
Modelo	250 X 350 OGF
Caudal	1500 m ³ / h
Altura manométrica	135 m.c.a.
Presión	135 Pa
Revoluciones	1800 r.p.m.
Potencia consumida	709 kW

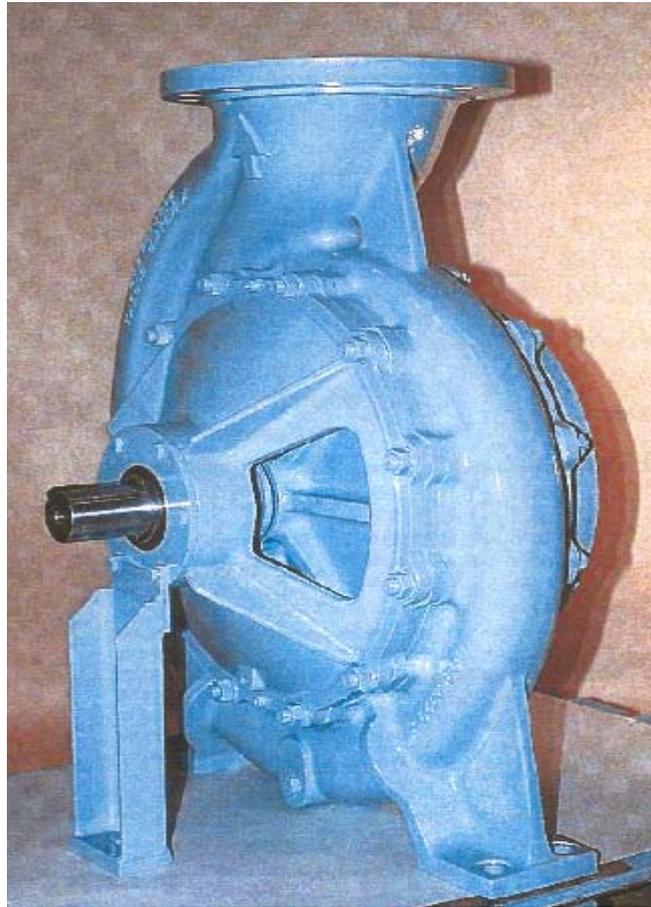
BOMBA N° 2:

Marca	KVAERNER-EUREKA
Modelo	250 X 350 OGF
Caudal	1200 m ³ / h
Altura manométrica	135 m.c.a.
Presión	135 Pa
Revoluciones	1800 r.p.m.
Potencia consumida	560 kW

Las bombas son centrífugas de doble aspiración y una sola etapa.

Dado que el tipo de propulsión permite trabajar al motor a revoluciones constantes, es posible conseguir que durante las operaciones de lucha contra incendios la carga de trabajo se pueda distribuir entre la propulsión y el accionamiento de las bombas, a través de una caja de engranajes, manteniendo constante la velocidad de giro. Por lo tanto las bombas serán accionadas por los motores propulsores. El acoplamiento entre ambos se realiza mediante una toma de fuerza (multiplicadora).

El material es aleación de Níquel, Aluminio y Bronce y el eje es de acero inoxidable. El empleo de Bronce-Aluminio-Níquel tanto en el cuerpo de la bomba como en el impulsor, elimina los efectos de la corrosión, erosión y cavitación.



5.2.1- TOMAS DE FUERZA

Los propulsores mediante un sistema de embrague por fricción permiten el acoplamiento de las bombas contraincendio. Según la especificación de proyecto, el buque tiene clasificación FF-1. Esto implica el tener dos bombas contraincendios con una capacidad mínima de las bombas de 2400 m³/h. que irán acopladas, mediante sendas tomas de fuerza, a los motores propulsores.

Así se dispondrá en cada motor una multiplicadora que permitirá accionar las bombas de C.I. exterior. Las multiplicadoras tendrán las siguientes características:

Marca	HYTEK
Tipo	FGC-420-360HC
Revoluciones	900/1800 r.p.m.
Potencia	745 kw



La potencia total de las bombas será por lo tanto 1269 kW. Mientras dure la operación de C.I. exterior, el buque sigue estando en plenas condiciones de funcionamiento, pues cuenta con una potencia residual suficiente como para maniobrar el buque, posicionarlo y mantenerlo contra la acción de las fuerzas exteriores.



5.3.- VÁLVULAS

En el sistema contraincendios existen tres tipos de válvulas:

- Válvula de entrada de agua salada.

Existen dos válvulas de este tipo, una por cada bomba. Son válvulas de mariposa con un actuador neumático y equipada con control de emergencia manual. El actuador será de doble acción, para posición de abierto y cerrado. El modelo de válvula es Gibson BLKI LUG PN 16 y la tubería es de clase DN500 PN 16.

- Válvula de salida de la bomba contraincendios.

Existen, al igual que en el caso anterior dos válvulas de este tipo. Son válvulas de mariposa con un actuador neumático y equipada con control de emergencia manual. El actuador será de doble acción, para posición de abierto y cerrado. El modelo de válvula es Gibson BVKA PN 25 y la tubería es de clase DN400 PN 25

- Válvula By-pass de la bomba contraincendios.

Existen, al igual que en el caso anterior dos válvulas de este tipo.



5.4.- SISTEMA DE AUTOPROTECCIÓN

Para buques que han de operar en las proximidades de grandes fuegos, es conveniente la protección contra el calor radiado por dicho fuego, lo cual se consigue por medio de un sistema conocido como "*water spray*" que debe proporcionar una lluvia de agua sobre las superficies externas verticales expuestas del casco, incluyendo las casetas y por encima de los monitores, así como las áreas de cubierta bajo las cuales están los espacios de máquinas

El sistema tiene una capacidad total de 2700 m³ /h .

La casa KVAERNER suministra todo el sistema de acuerdo con los requerimientos de clase.

5.5.- SISTEMA DE CONTROL

El Sistema de Control eléctrico de los monitores y las cajas multiplicadoras incluye:

- Un panel de control para montaje sobre pared de 220V/380V x 380V/440V
- Un panel de control para las cajas multiplicadoras con control de embrague y alarmas por alta temperatura y/o baja presión de aceite.
- Un panel con palanca de mano " joy-stick" fijo y/o portátil (con 2 conexiones macho/hembra a pared), que dispone de todas las funciones necesarias para el accionamiento y movimiento de los monitores, así como la regulación de los cañones de agua y de espuma, parada de emergencia etc. Este panel es ligero (aprox. 7 kg) y va equipado con una correa que facilita el manejo y el transporte por parte de un tripulante, permitiéndole elegir la mejor posición para operar, gracias a los 8 m de cable flexible de que dispone.



El barrido azimutal y la elevación de los monitores están regulados por un sistema electrohidráulico denominado “ Power Pack” . Las características de este sistema son las siguientes:

Marca	KVAERNER
Modelo	2-VP-15-5
Capacidad	2x12 l / min
Presión de trabajo	130-160 bar
Peso	180 kg
Nº de bombas	2 bombas Sauer Daikin/ Jv
Potencia consumida	5 kW
Capacidad tanque de aceite	50 l

6.- EQUIPO DE GOBIERNO

El equipo de gobierno de este remolcador está formado por el mismo sistema propulsor: **Aquamaster Azimuth thrusters**. Todos los parámetros de propulsión y maniobra de cada uno de los propulsores pueden controlarse individualmente o por medio de un mando **Aquapilot** de palanca única situado en el Puesto.

Palanca de control combinada.

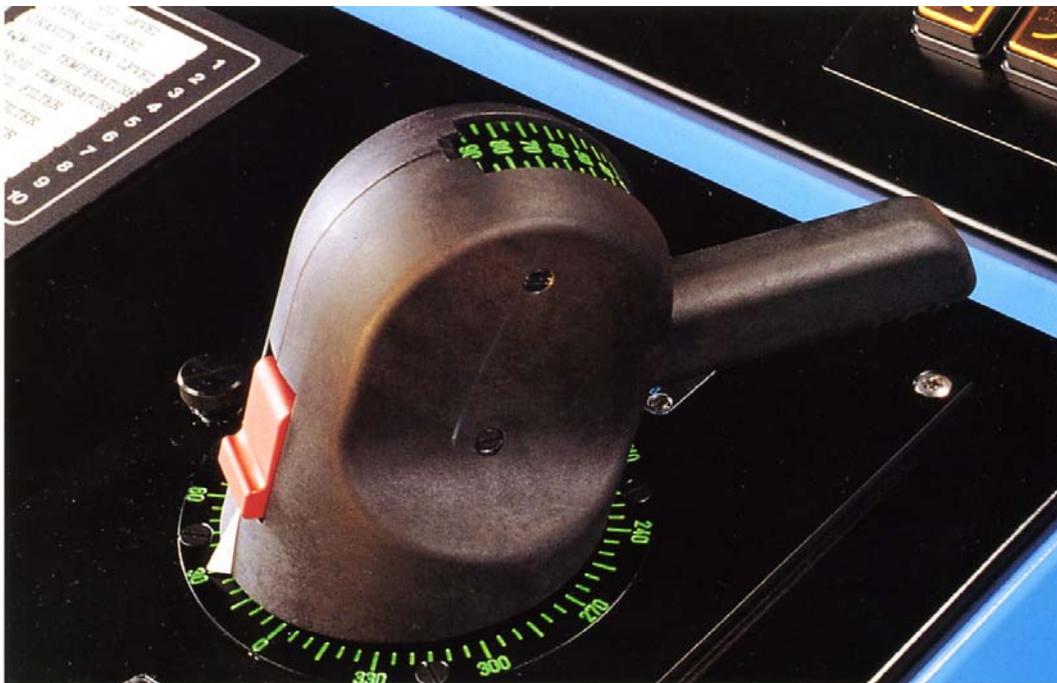
La palanca de control combinada permite tener todo el control del Aquamaster en una sola mano.

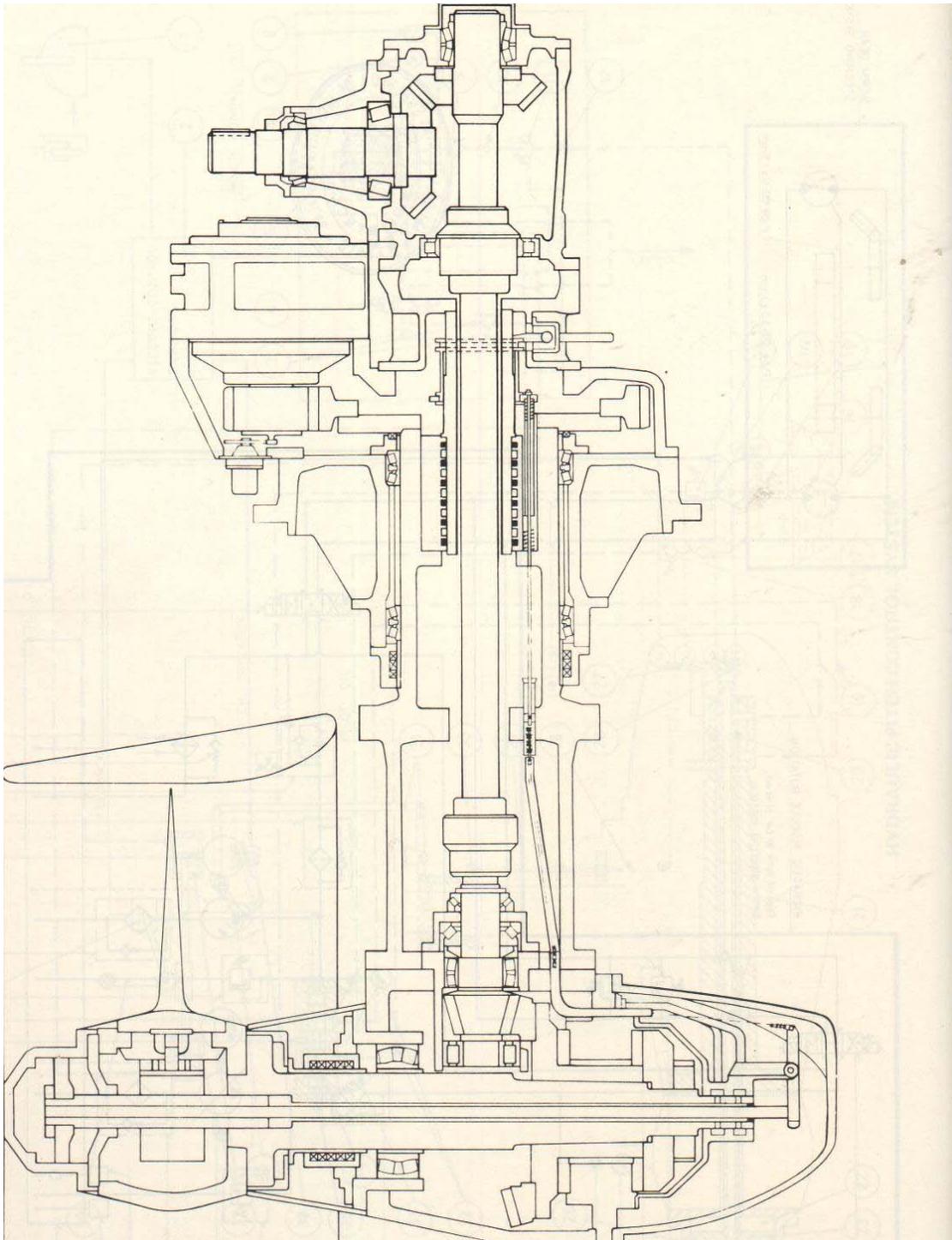
- Control continuo sobre la dirección de la tobera, permitiendo un giro de 360°.



- Control sobre el embrague, mediante unos interruptores en el mismo mando (Aquapilot), que nos permite embragar para accionamiento de bombas C.I.
- Control de la velocidad (motor principal), inclinando la palanca hasta 90°.

Todas estas acciones que realizamos sobre el Aquamaster; Velocidad (r.p.m.), giro (grados) y acción sobre el embrague, cuentan con monitorización en unos paneles situados al lado de la palanca de control (Aquapilot).







7.- SERVICIO DE COMBUSTIBLE

En el buque en proyecto, tanto para los motores principales como los auxiliares, se utilizará combustible ligero o destilado (marine diesel oil).

Las líneas de tuberías de los motores principales y de los auxiliares serán independientes.

Las especificaciones del combustible son las indicadas en la siguiente tabla:

Viscosidad a 38°C	máx / min (cSt)	20/1,4
Densidad a 15°C	máx [kg/m ³]	850
Contenido de agua y sedimentos	máx[%]	0,1
Contenido en Azufre	máx[%]	0,5
Contenido en cenizas	máx[% masa]	0,02
Nº de cetano	min	40
Contenido de carbono de los residuos	máx [%]	0,35
Flash point	min[°C]	60
Punto de goteo	Verano máx[°C] Invierno máx[°C]	6 0

El servicio de combustible se va a dividir en los siguientes sistemas:

1. Sistema de almacenamiento
2. Sistema de trasiego
3. Sistema de alimentación

Se deberá cumplir con lo dispuesto en la Parte 5, Capítulo 14, sección 4 del reglamento del Lloyd's.

7.1.- SISTEMA DE ALMACENAMIENTO

La entrada de combustible al buque se efectuará por gravedad desde la cubierta y a cada banda, pasando por un filtro simple hasta el piano de válvulas, donde se controla a qué tanque habrá de dirigirse.

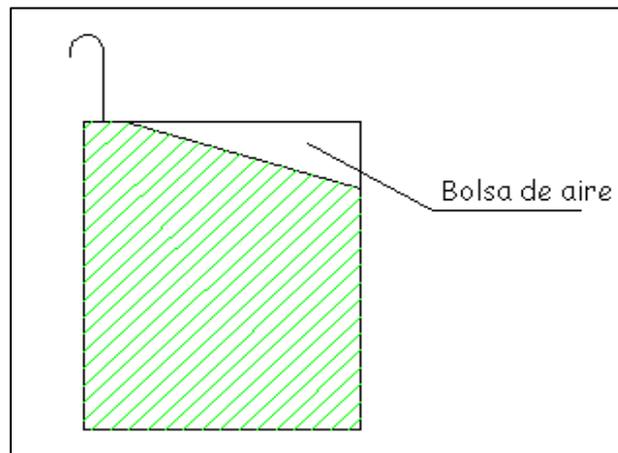


Los diámetros de cada tubería, colector de reboses, tipo de válvulas, tomas de combustible, etc. Figuran en el plano denominado: “Esquema de combustible”, incluido en el Tomo II.

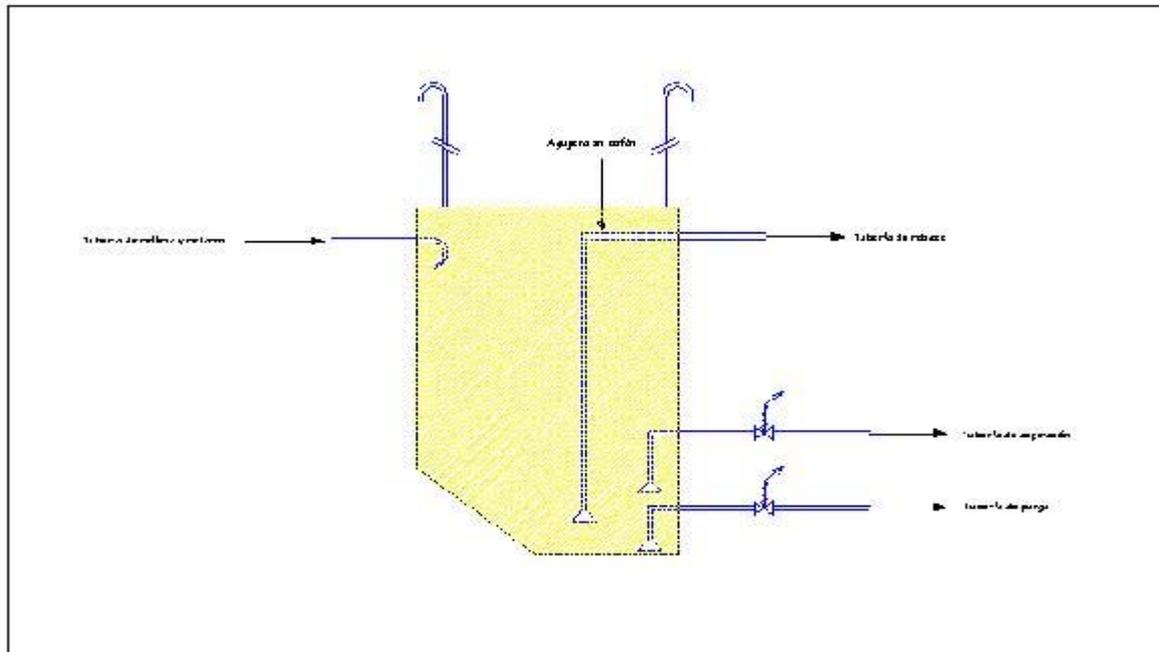
El buque dispone de 10 tanques de almacenamiento de combustible más dos tanques de servicio diario, situados la mayoría en Cámara de Máquinas. Los tanques de servicio diario se sitúan a cada banda de la Cámara de Máquinas. Su disposición puede verse en el Tomo II, en el plano: “Disposición de tanques”.

Todos los tanques disponen de:

- Tuberías de relleno.
- Tubería aireación (con pantalla antillamas). Con el fin de evitar la posible presurización del tanque cuando el buque tiene asiento, se dispondrá en cada tanque dos tuberías de aireación, una en la parte de proa y la otra en la parte de popa. Su sección será un 25% mayor que la tubería de relleno.
- Alarmas de bajo y alto nivel
- Niveles.
- Grifo de purgas que descargarán a embudos que llevarán las purgas al tanque de lodos
- Tuberías de rebose.
- Tapa cerrada con pernos y una válvula de cierre rápido.



En la siguiente figura se puede observar la disposición típica de un tanque de almacenamiento:



Disposición de un tanque de almacenamiento

Los tanques de almacenamiento estarán directamente comunicados con los de servicio diario mediante la bomba de trasiego de combustible, ya que al consumir combustible destilado no es necesario un tanque de sedimentación.

Según la especificación del proyecto el buque ha de tener una autonomía de 6 días al 100 % de MCR (1800 kW por motor). Para esta potencia, obtenemos una velocidad de 12 nudos, lo que equivale a 144 horas de autonomía. Al ser el consumo del motor de 193 g/ kW x h y considerando que debido a los auxiliares el consumo de combustible se incrementa en un 25 %, tenemos que la capacidad de combustible total es:

$$Capacidad(m^3) = \frac{2 \cdot 1800 \cdot 144 \cdot 193}{850000} \times 1,25 = 147,1 m^3$$

La capacidad total de los tanques es de 147,64 m³, luego hay suficiente combustible para satisfacer la autonomía especificada.

Los tanques de servicio diario están situados uno en babor y otro en estribor. Estos tanques deben tener una capacidad suficiente para atender la demanda durante 26 horas, según se indica en el libro "Introducción al diseño de Cámara de Máquinas".



Teniendo en cuenta esto, se obtiene que la capacidad de los tanques de servicio diario para atender la demanda durante 26 horas es de 14 m³. Dado que los tanques dispuestos en el buque de proyecto tienen una capacidad total de 13,92 m³, su capacidad es ligeramente inferior, pero suficiente para atender a las demandas.

7.2.- SISTEMA DE TRASIEGO

El sistema de trasiego permite trasvasar el combustible de un tanque de almacenamiento a otro o de un tanque de almacenamiento a los tanques de servicio diario.

Las tuberías del sistema se diseñarán tal que la velocidad del fluido en su interior sea inferior a 1,5 m/s.

El sistema constará de los siguientes equipos:

- Purificadora de combustible
- Electrobomba de trasiego
- Bomba manual

7.3.- PURIFICADORA DE COMBUSTIBLE

El fabricante del motor aconseja que la purificadora de gasoil tenga una capacidad igual al consumo horario del motor más un 20%. En este caso y teniendo en cuenta el consumo nominal que da el fabricante para este motor a plena potencia, que sería 193 gr-kW/h. En esta caso la depuradora de gasoil seleccionada sería una ALFA LAVAL MAB 104 con una capacidad aproximada de 2000 l/h. La depuradora de gasoil puede trabajar de dos formas, bien trasegando directamente el gasoil desde los tanques almacén o bien circulando el gasoil del tanque diario previamente llenado con la bomba de trasiego anteriormente definida.

La separadora será accionada por un motor eléctrico. Dispondrá de una bomba de aspiración y descarga, de desplazamiento positivo y flujo constante, y no necesitará de un precalentamiento previo, dada la reducida viscosidad del gas-oil a temperatura ambiente. La salida de los residuos se realiza por gravedad al tanque de lodos. Las características de la separadora seleccionada son las siguientes:



Marca	ALFA LAVAL
Tipo	MAB 104B
Capacidad estimada separadora	200 l / h
Potencia motor eléctrico	2 kW

7.4.- ELECTROBOMBA DE TRASIEGO

Las bombas de combustible deberán ser de desplazamiento positivo, bien de engranajes o bien de husillos con comunicación de aspiración y retorno a través de una válvula de seguridad integrada. La bomba de trasiego será una electrobomba que permita el llenado de uno de los tanques diarios en aproximadamente 2 horas.

La bomba seleccionada tendrá las siguientes características:

Tipo	AZCUE BT-IL 60D2
Capacidad	10,2 m ³ /h
Presión	2 bar
Caudal	15 m ³ /h
Rend. Eléct.	0,73
Rend. bomba	0,45
Potencia requerida	1,9 kW

7.5.- BOMBA MANUAL

Se instalará un bomba manual de reserva de 1 m³/h y 2 bar.

7.6.- TANQUE DE REBOSES DE COMBUSTIBLE

Los reboses de todos los tanques y las pérdidas en bombas irán al tanque de reboses. Éste comunica con los de servicio diario mediante la bomba de trasiego.

7.7.- SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

El combustible almacenado en los tanques de servicio diario reunirá las condiciones necesarias para su consumo en el motor. Las características que quedan por ajustar son el caudal, la presión y la viscosidad a la entrada del motor. Estas tres



características vienen fijadas por el fabricante del motor y constan en la información técnica facilitada por éste.

La viscosidad viene impuesta por las necesidades de inyección. El marine diesel oil tiene una viscosidad inferior a la impuesta por las necesidades de inyección por lo que no es necesario ningún tipo de calentamiento en los circuitos de alimentación.

El caudal está impuesto por el consumo del motor y por las necesidades de recirculación.

La presión viene impuesta por dos condiciones: por un lado asegurar que las bombas de inyección no trabajen en aspiración, y por otro, asegurar que a la temperatura exigida para obtener la viscosidad de entrada del motor no se presenten problemas de gasificación o evaporación.

El sistema de alimentación se va a dividir en dos subsistemas:

- **Subsistema interno:** Está formado por los elementos del sistema de alimentación que forman parte al propio motor.
- **Subsistema externo:** Formado por los elementos del sistema de alimentación situados entre el tanque de servicio diario y el motor

7.7.1.- SUBSISTEMA INTERNO

Motores principales

Comprende los siguientes equipos internos:

- Filtro dúplex de 5 micras. En la descarga de la bomba el propio motor instala un filtro doble de 5 micras, que protegerá al motor de las partículas más pequeñas que puedan dañar los inyectores.
- Bombas de alimentación acopladas a los motores: Los motores principales accionan sus propias bombas de alimentación de gas-oil.
- Sistema directo de inyección con unidad de inyectores individuales, que combina elementos de bombeo, medida e inyección en una unidad montada en la cabeza del cilindro.



- Regulador de presión en el circuito de retorno

Motores Auxiliares

No se disponen datos de su disposición interna.

7.7.2.- SUBSISTEMA EXTERNO

El esquema básico se compone de:

- Tanques de Servicio Diario de Combustible.
- Electrobomba de reserva de alimentación. El buque contará con una electrobomba de reserva de alimentación de gasoil por motor principal.

Tipo	AZCUE 1 YE
Capacidad	0,7 m ³ / h
Presión	4 bar
Rend. Eléct.	0,80
Rend. Bomba	0,42
Potencia requerida	1.5 kW

- Filtros finos tipo dúplex (con cartuchos de papel recambiables). En la aspiración de la bomba de alimentación se colocará un filtro de 178 micras, según recomendaciones del fabricante. Dicho filtro se denominará primario y protegerá la bomba de baja.
- Sistema de tuberías. A él se hace referencia en el plano: “Esquema de combustible”, que se encuentra en el Tomo II.
- En caso de trabajar el buque en lugares con temperaturas bajas sería necesario la instalación de un precalentador de gasoil.

8.- SERVICIO DE LUBRICACIÓN

Se deberá cumplir con lo dispuesto en la sección 8, Parte 5, Capítulo 14 del reglamento del Lloyd's.



Las principales funciones que debe cumplir el aceite lubricante son:

- Reducción de los rozamientos y desgastes
- Refrigeración de componentes
- Sellado entre aros de pistón y camisas
- Prevención de corrosiones a altas y bajas temperaturas

Además debe ser capaz de neutralizar subproductos desfavorables de la combustión y debe reunir propiedades detergentes y dispersantes.

El aceite deberá reunir una serie de requisitos:

- El tipo de aceite será de viscosidad clase SAE 40.
- Deberá tener la clasificación CF de API
- Para la familia de motores de la serie Wärtsila 20 que utilizan MDO se requiere un TBN de diez veces el contenido de azufre en % del peso. En nuestro caso sería de 5. Aún así Wärtsila asegura un mejor resultado con un nivel de TBN entre 10 y 15.

Debido a que no se dispone de suficientes datos de los motores auxiliares, en esta sección se va a realizar el estudio del servicio de lubricación de los motores principales.

El modelo de motor seleccionado anteriormente permite utilizar un sistema de cárter seco o cárter húmedo. En este tipo de buque generalmente se utilizan los motores de cárter húmedo sobre todo debido a consideraciones de empacho, puesto que el sistema que utiliza el cárter seco obliga a tener un tanque de unos 1000 l, más una bomba de circulación y otra de engrase con sus correspondientes reservas. En este caso al constar la instalación de dos motores todo se vería lógicamente duplicado. A parte de consideraciones de empacho en cámara de máquinas y complicación de uso, el sistema con cárter húmedo es el estandarizado por el fabricante.

El servicio de lubricación se va a dividir en dos sistemas:

- Sistema de almacenamiento
- Sistema de lubricación de los motores principales



8.1.- SISTEMA DE ALMACENAMIENTO

El buque dispone de los siguientes tanques de aceite:

- Tanque almacén.
- Tanque de aceite sucio

En el Tomo II: “Plano de tanques”, se puede apreciar la disposición de los tanques de aceite existentes.

El llenado de los tanques de aceite se realizará por gravedad desde la cubierta.

8.2.- SISTEMA DE LUBRICACIÓN DE LOS MOTORES PRINCIPALES

El sistema de lubricación se va a dividir en dos subsistemas:

- **Subsistema de lubricación interno:** compuesto por los elementos del sistema dentro del motor.
- **Subsistema de lubricación externo:** compuesto por los elementos del sistema externos al motor.

8.2.1.- SUBSISTEMA DE LUBRICACIÓN INTERNO

El sistema de lubricación interno de cada motor está diseñado para suministrar aceite filtrado a 380 KPa y 85 °C bajo cualquier condición operativa del motor. El sistema de lubricación comprende básicamente:

- Una **bomba de lubricación principal:** de engranajes y dimensionada para proporcionar suficiente flujo incluso a bajas velocidades. ($p = 3,8 \text{ bar}$, $Q = 52,1 \text{ m}^3/\text{h}$ a 900 rpm.). Está accionada por el motor.
- **Filtros principales:** el módulo de filtros contiene una pantalla de succión de 650 micras situada en la aspiración de la bomba de lubricación y 2 filtros finales de 20 micras cambiables durante la operación del motor.
- **Enfriadores:** dos enfriadores de tipo “haz tubular”. El enfriamiento se produce por el circuito de refrigeración.
- **Termostatos:** el sistema consta de cuatro termostatos que controlan la temperatura de entrada del aceite (85 °C)



- **Válvula reguladora de presión:** regula la presión del aceite de lubricación.
- **Filtro centrifugo.**

8.2.2.- SUBSISTEMA DE LUBRICACIÓN EXTERNO

Cada motor debe tener su sistema de lubricación independiente.

Recomendaciones:

- Las tuberías de aspiración deben ser lo más cortas posible con el fin de evitar problemas de cavitación en las bombas, así como reducir las pérdidas de carga en la línea.
- En los puntos más altos del circuito se deberán disponer conexiones para aireación, mientras que en los puntos más bajos se deberán situar las conexiones para drenaje.
- El diámetro será el adecuado para que la velocidad del fluido sea menor de 1,5 m/s

El esquema básico puede consultarse en el Tomo II, con el nombre de: “Esquema de aceite lubricante”. El cual dispone básicamente de:

- Un **tanque de servicio por motor.** Cada motor dispone de un cárter húmedo.
- Un **tanque de lodos.** El aceite sucio es descargado a dicho tanque por gravedad.
- **Sistema de separación** (filtro, bomba, calentador y separadora) con entrada y salida desde los cárteres.

La separadora de aceite lubricante se dimensionará para operar de forma continua. La separadora de aceite aspirará directamente del cárter del motor y tendrá una capacidad de 1000 l/h. Sus características son:

Marca	ALFA LAVAL
Tipo	MAB 104
Capacidad estimada separadora	1000 l / h
Potencia motor eléctrico	1,2 kW



En caso de depurar el aceite antes de tener el aceite a temperatura de régimen unos 85°C, se instalará un precalentador para conseguir un funcionamiento correcto de la separadora de aceite.

La bomba de suministro al separador será movida directamente por el separador.

- **Electrobombas de lubricación de reserva** en serie con un filtro de cartuchos. Se dispondrá de una bomba de reserva de lubricación para cada motor, que de acuerdo con la casa fabricante de los motores habrá de tener como características:

Tipo	AZCUE BT-LH 80 T2
Capacidad	38 m ³ / h
Presión	8 bar
Rend. Eléct.	0,46
Rend. bomba	0,88
Potencia requerida	15 kw

Dicha bomba irá provista de una válvula de control de la presión.

En este sistema no existe una demanda continua, sino que el cárter de cada uno de los motores se rellena de forma periódica.

- **Bomba manual de reserva de 1 m³/h y 2 bar.**

9.- SERVICIO DE REFRIGERACIÓN

Se deberá cumplir con lo dispuesto en la sección 17, Parte 5, Capítulo 14 del reglamento del Lloyd's.

9.1.- SERVICIO DE REFRIGERACIÓN Y CIRCULACIÓN DE AGUA SALADA

9.1.1.- GENERAL

El agua de mar tiene como función principal servir de fuente fría en todos los procesos térmicos que se desarrollan en la Cámara de Máquinas. Tiene la ventaja de ser abundante, barata y con gran capacidad calorífica, y los inconvenientes de no mantenerse



constante su temperatura (ya que tiene variaciones de hasta 30°C) y que es corrosiva, lo que obliga a proteger el acero.

El agua de mar tiene otros muchos usos a bordo. Sin ser exhaustivos se pueden citar; lastre, contraincendios, baldeo, sanitarios, etc.

9.1.2.- REFRIGERACIÓN

Debido a los inconvenientes que ya hemos citado del agua de mar (alta corrosión y poca estabilidad de temperaturas) se utilizan para la refrigeración de los equipos **sistemas de refrigeración centralizados**, que consisten en un circuito corto de agua de mar, en el que se intercala un intercambiador de calor en el cual el fluido secundario es agua dulce, que será quien lleve la refrigeración a los puntos donde sea necesaria. Las ventajas de este sistema son el abaratamiento de las conducciones y el permitir regular con restricción el flujo. Los inconvenientes de este sistema centralizado son que al necesitar un salto térmico adicional, se necesitan temperaturas superiores de refrigeración e intercambiadores adicionales. El sistema es más caro, pero requiere un menor mantenimiento.

Debido a las condiciones de trabajo de este tipo de buque que opera principalmente en puerto, puede encontrarse navegando con numerosos restos o desperdicios o incluso en una película oleaginosa. El modo más adecuado de refrigerar es el convencional, basado en enfriadores que están alimentados por el agua que aspiran las bombas de las tomas de mar situadas en el fondo del buque, lo que permite asegurar que en los conductos de refrigeración no aparecerán productos oleaginosos que por su naturaleza se encuentran en la superficie del mar. No se han utilizado intercambiadores de calor basados en la convección natural, por la menor fiabilidad en el escenario descrito anteriormente debido al riesgo de que se pierda capacidad de intercambio por interposición de una película grasa, a pesar de la ventaja de poseer mayor simplicidad al eliminar las bombas de agua en el circuito.

Las principales ventajas de una refrigeración centralizada son:

- Las conducciones resultan más económicas
- Permitir regular con restricción de flujo
- Menor mantenimiento.
- No se producen corrosiones ni depósitos de sal en el motor.
- Mejor aprovechamiento de la fuente fría



El circuito de refrigeración de agua de mar está compuesto por bombas, intercambiadores de calor y la comunicación entre ambos. Las bombas serán centrífugas no autoaspirantes y de eje vertical siempre que sea posible. Los enfriadores serán de placas y su material acero inoxidable.

El esquema básico de una refrigeración centralizada es el siguiente:

- Servicio de refrigeración y circulación de agua dulce:
 - Circuito externo.
 - Circuito interno de los motores principales.
- Servicio de refrigeración y circulación de agua salada.

9.1.3.-CIRCUITO DE AGUA SALADA

El circuito de agua salada está formado básicamente por:

- Un grupo de bombeo
- Un grupo de enfriamiento
- Descarga al mar

El sistema se va a diseñar para las peores condiciones:

- En aguas tropicales (32°C).
- Funcionamiento a plena carga del conjunto de las instalaciones a refrigerar.

El **Wärtsila 9L20** utiliza un sistema de refrigeración que se basa en circular agua dulce suministrada por dos bombas, accionadas por el mismo motor, por los diferentes enfriadores. Una bomba se encarga de circular agua dulce por el enfriador de aire de carga y enfriador de aceite y la otra por el enfriador de agua de camisas. El caudal total de agua dulce se hace circular posteriormente por un enfriador donde es enfriada por agua salada. Cada circuito, aire de carga, aceite y agua de camisas se controlan por termostáticas independientes. Para este cometido cada motor propulsor incorpora una bomba de agua salada.



➤ **Tomas de mar: cajas, filtros, válvulas y colectores**

Para el sistema de refrigeración el buque dispondrá de dos tomas de mar situadas en el fondo plano, en crujía, una por Babor y otra por Estribor, en la zona de popa de la Cámara de Máquinas, simétricas y comunicadas entre sí por un colector.

Las tomas de mar consisten en una abertura practicada en el casco protegida con una rejilla, colocada a paño con las chapas del forro. La rejilla será de material anticorrosivo (bronce o acero inoxidable) y se atornilla al casco con tornillos de material anticorrosivo cosidos con alambre de seguridad. Interiormente tienen la estructura de un cajón con diversas penetraciones. Deberán tener una aireación hasta cubierta que permita la evacuación de bolsas de aire.

Contigua a la toma de mar se coloca una válvula de compuerta que permita aislar la caja de la Cámara de Máquinas en caso necesario. Después se dispone un filtro de canastilla y a continuación una contra-válvula. A partir de este punto se instala el colector de agua de mar que comunica con la toma de mar del otro costado del buque, así se asegura la selección de una u otra toma de mar.

En el colector que une las dos tomas de mar se sitúan las aspiraciones de todas las bombas. Como norma, las aspiraciones deberán situarse de menor a mayor, es decir las tomas de bombas pequeñas y con poca capacidad de aspiración deberán situarse próximas a las cajas de mar y las mayores próximas al centro del colector.

En el centro del colector deberá disponerse una válvula de aislamiento colocando las válvulas de aspiración de las bombas duplicadas a uno y otro lado del colector. Ambos tipos de válvulas (de aspiración y de aislamiento) son de globo pues introducen menos pérdida de carga. Por otra parte, todos los injertos del colector irán provistos de una válvula de cierre inmediata al colector.

Las tomas de mar suministran a los servicios generales de baldeo y contraincendios, lastre y achique y sanitarios.

Las bombas de C.I. exterior deben disponer de tomas de mar independientes, de acuerdo con el apartado 3.2.1, capítulo 3, parte 7 del Lloyd's, que deben practicarse en la estructura del buque tan bajas como sea posible para evitar la formación de hielo o la introducción de sustancias (aceite, combustible, etc.) que por su naturaleza suelen hallarse próximas a la superficie del mar (apartado 2.2.1.).



Las cajas habrán de dimensionarse adecuadamente, teniendo en cuenta la aspiración mayor que corresponde a la de las bombas de C.I. exterior.

➤ **Enfriadores**

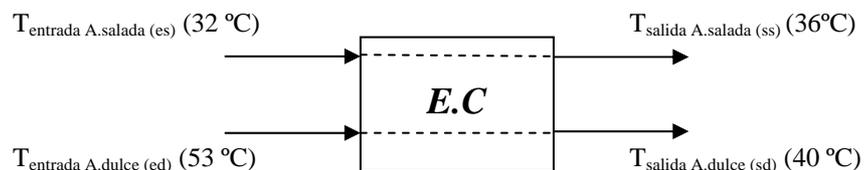
En virtud del concepto de redundancia aplicado al buque de proyecto y de la seguridad requerida, los enfriadores del sistema de refrigeración centralizada estarán duplicados.

Como se ha dicho anteriormente los enfriadores elegidos serán de placas y acero inoxidable. Este tipo de enfriadores permite la subdivisión de la capacidad total en dos grupos sin un aumento de coste considerable y al mismo tiempo permite una posible ampliación de la capacidad sin más que aumentar el número de placas. Para su dimensionamiento se considerarán las necesidades de refrigeración de los cilindros y del aire de carga de los dos motores principales y de los auxiliares, así como otras necesidades de refrigeración. Estos elementos representan más del 90 % de las necesidades que cubre el sistema centralizado de refrigeración.

Para el cálculo de los enfriadores se considera la condición más desfavorable (una temperatura de proyecto del agua salada de 32°C), pero dado que durante la navegación del buque la temperatura del mar normalmente es inferior a la misma (entre 19° y 21° en el puerto de Las Palmas), las necesidades de caudal se verán reducidas. El intercambiador de calor proporciona una temperatura de salida de agua dulce de 40 °C para la siguiente condición:

- Temperatura máxima de agua de mar esperada(32 °C)

Esquema básico del sistema enfriador central (E.C)



El proceso de dimensionamiento de los enfriadores es el siguiente:

- Cálculo de la temperatura del agua dulce a la salida de los motores auxiliares y principales.



- Cálculo de la temperatura del agua dulce a la entrada del enfriador.
- Cálculo del calor a disipar en los enfriadores
- Cálculo del flujo total de agua salada

De forma general, se va a utilizar la siguiente relación:

$$Q_{\text{disipar}} = m \cdot C_e \cdot (T_{\text{salida}} - T_{\text{entrada}}) = \phi \cdot \rho \cdot C_e \cdot (T_{\text{salida}} - T_{\text{entrada}})$$

Q_{disipar} = Calor a disipar al fluido (W)

ϕ = Flujo (m^3/s)

ρ = Densidad del fluido (kg/m^3)

Agua dulce = 1000

Agua salada = 1025

C_e = Calor específico del fluido (J / kg·K):

Agua dulce = 4180

Agua salada = 3950

T = Temperatura del fluido ($^{\circ}\text{K}$)

Al no disponer de datos suficientes de los motores y por comparativa con buques similares, se estimarán los valores del calor a disipar al fluido y del flujo.

A continuación se describen algunas de las características de los enfriadores existentes en la cámara de máquinas:

-Enfriador agua dulce del motor principal:

- **APV N25 MGS** de 32600 Kg/h.

-Enfriador aceite embrague del propulsor:

- **Twin Disc PM-9190-BU** de 260 kw.

-Enfriador aceite del propulsor **Aquamaster**: suministrado por Aquamaster e integrado en la unidad propulsora, no se conocen más detalles.

➤ **Bombas de Agua Salada**

Cada motor propulsor acciona una bomba de agua salada que es la encargada de suministrar el agua salada a los correspondientes intercambiadores de calor que enfrían



el agua de refrigeración de los motores principales y de los auxiliares. La bomba tendrá las siguientes características: 160 m³/h a 2,5 bar.

Las electrobombas de reserva de agua salada para refrigeración de motores propulsores serán de 160 m³/h a 2,5 bar.

Estas bombas serán centrífugas no autoaspirantes de eje vertical, con rodete y carcasa de material resistente a la corrosión. Los ejes y guarniciones serán inoxidable.

Las bombas seleccionadas poseen las siguientes características:

Tipo	AZCUE VM-100/33
Capacidad	160 m ³ / h
Presión	2,5 bar
Rend. Eléct.	0,91
Rend. Bomba	0,75
Potreq	25,8 kw

Bomba de agua salada para refrigeración del aceite del propulsor:

Tipo	AZCUE
Capacidad	30 m ³ / h
Presión	1,5 bar
Rend. Eléct.	0,91
Rend. Bomba	0,75
Potreq	15 kw

El esquema correspondiente al servicio de refrigeración de agua salada se encuentra en el plano 06.05 “Esquema refrigeración de agua salada”.

9.2.- SERVICIO DE REFRIGERACIÓN Y CIRCULACIÓN DE AGUA DULCE

9.2.1.-GENERAL

Los circuitos de refrigeración de cilindros tanto de los motores principales como de los auxiliares, por su especial configuración, han de ser refrigerados con agua dulce.



Para evitar que en la aspiración de la bomba del circuito cerrado puedan producirse condiciones de vacío, se conecta a un punto próximo a la aspiración un tanque alto que con su carga estática garantiza que en ningún momento la presión sea inferior a la atmosférica, lo que podría traer consigo la evaporación del agua y la inmediata pérdida de refrigeración del motor.

Los servicios principales a los que afecta la refrigeración centralizada son:

- Refrigeración de los enfriadores de aire de carga, de los cilindros y del circuito de aceite de los motores principales y auxiliares.
- Refrigeración del aceite hidráulico
- Refrigeración sistema hidráulico propulsores azimutales.
- Refrigeración sistema hidráulico de accionamiento de maquinillas de remolque.
- Refrigeración de los compresores de aire de arranque
- Refrigeración del compresor de aire de la unidad de aire acondicionado.

La refrigeración de cada motor se realiza recirculando agua del circuito general externo de agua dulce, mientras que el resto de los sistemas son refrigerados directamente por el agua procedente del enfriador común integrado en la refrigeración centralizada.

El agua destinada a los circuitos de refrigeración habrá de sufrir un tratamiento con adición de sustancias inhibidoras de la corrosión. El circuito de refrigeración es cerrado.

El esquema básico se compone de:

- Enfriadores centrales.
- Bombas de agua de circulación.
- Comunicaciones entre ambos.

9.2.2.-REFRIGERACIÓN DEL MOTOR PRINCIPAL

De todos los circuitos refrigerados por el sistema centralizado, los circuitos de agua a cilindros y los de refrigeración de aire de carga pueden llegar a representar el 90% de las necesidades totales. Teniendo en cuenta esto, se va a realizar una breve descripción de los elementos que constituyen el circuito interno de refrigeración de los motores principales, de acuerdo con lo dispuesto en el libro de proyecto del motor.



El sistema de refrigeración proporciona las siguientes temperaturas:

- Una temperatura nominal del agua de refrigeración de 32 °C (38 °C máxima) para el enfriador de aire de carga y para el de aceite.
- Una temperatura del agua de refrigeración de los cilindros de 90°C para el bloque de cilindros.
- Una temperatura del aceite de lubricación de los cojinetes de 85°C.

El sistema controla la temperatura por medio de válvulas termostáticas.

9.2.3.-ELEMENTOS DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

El circuito de refrigeración de agua dulce se muestra en el esquema titulado:” Esquema refrigeración agua dulce motores principales”. Incluido en el Tomo II.

Los elementos que constituyen los circuitos son:

Bombas de circulación de agua dulce

Este motor cuenta con dos bombas de agua dulce: una suministra agua dulce al llamado circuito de baja temperatura que engloba la refrigeración de aire de admisión y de aceite y otra para el circuito de alta temperatura que es el circuito de refrigeración de agua de camisas. Las bombas de circulación son centrífugas y engranadas. Cada sistema tiene su válvula termostática que controla la temperatura correcta de funcionamiento.

Electrobomba de reserva de los motores principales

- Las características de esta bombas son:

Tipo	AZCUE VM-50/33
Capacidad	36 m3 / h
Presión	3 bar
Rend. Eléct.	0,9
Rend. bomba	0,65
Potreq	20 kw

Enfriador de placas

APV BANER K-26900.



Enfriador de aceite de lubricación

Forma parte del circuito de baja temperatura.

Válvula termostática del circuito de alta

Tiene una temperatura de ajuste de 90°C

Válvula termostática del circuito de baja

Controla la temperatura del agua en la entrada del circuito de baja (32 °C)

Pre calentador eléctrico agua dulce motores principales.

El fabricante del motor recomienda un calentador de 24 KW.

Aireaciones

Para evitar el embolsamiento de aire se disponen aireaciones conectadas con el tanque de compensación

Enfriador del agua de refrigeración

APV N25 MGS

Se debe tener en cuenta que para el cálculo de los enfriadores se ha considerado una temperatura de agua de mar que en raras ocasiones se va a encontrar el buque. Lo normal es que la temperatura del agua de mar sea de varios grados por debajo de la de proyecto, con lo que el salto térmico entre el circuito de agua dulce y el de agua salada puede incrementar significativamente su valor.

Tanques de Compensación

Las principales funciones de estos tanques son:

- Compensar las pérdidas de agua dulce del sistema de refrigeración.
- Ser un dispositivo de ventilación
- Proporcionar la presión estática necesaria para las bombas de circulación del agua dulce de refrigeración. De ahí que las conexiones de este tanque con el



circuito se encuentren próximas a la aspiración de las bombas, garantizando que en ningún momento la presión sea inferior a la atmosférica.

Tuberías

Para el dimensionamiento de las tuberías se debe considerar una velocidad del fluido de 1,5-2,5 m/s en las tuberías de aspiración y una velocidad de 2,5-3 m/s en las tuberías de descarga.

En el punto más alto del sistema se dispondrá de una conexión para aireación, mientras que en el punto más bajo se dispondrá una conexión para drenaje.

10.- SERVICIO DE AIRE COMPRIMIDO

Se debe cumplir con lo dispuesto en la parte 5, capítulo 2, sección 8 del reglamento del Lloyd's.

El buque contará con un sistema de aire comprimido que permita el número de arrancadas mínimo reglamentado por la Sociedad de Clasificación de uno de los motores principales. Aunque este es el principal servicio de aire comprimido del buque, éste se empleará para otras aplicaciones como pueden ser el disparo rápido del gancho de remolque, tifón, limpieza de tomas de mar, embrague propulsores azimutales y servicios varios de taller.

Por lo tanto el servicio de aire comprimido se va a dividir en:

- Servicio de aire de arranque
- Servicio de aire de servicios

10.1.- SERVICIO DE AIRE DE ARRANQUE

Este servicio tiene como finalidad el efectuar el arranque de los motores principales y auxiliares. La presión nominal del aire de entrada es de 1225 kpa. El tiempo de arranque en condiciones ambientes de 25° C es de 5 a 7 segundos. Para una evaluación inicial del aire de arranque se considera una caída de presión entre la botella y la entrada de aire de 200 kpa. Está constituido por:

- Botellas de aire de arranque
- Válvula reductora de presión



- Electrocompresores
- Un motocompresor de emergencia
- Un separador de agua/aceite
- Tuberías de distribución

10.1.1.- BOTELLAS DE AIRE DE ARRANQUE

Las botellas tienen como función principal acumular el aire para permitir el arranque de los motores. Las botellas dispondrán de válvulas separadas para cada uno de los servicios y una comunicación entre ellas. Éstas son:

- Válvula de salida a distribución
- Una válvula de purga para la eliminación del agua de condensación
- Una válvula de seguridad.
- Válvula de relleno
- Manómetros
- Presostatos para arranque de los compresores en automático.

Contando con que la bomba de prelubricación es de accionamiento eléctrico y utilizando los datos que nos da el fabricante de los motores principales, la capacidad mínima de cada una de las dos botellas de aire comprimido es de 560 l, conteniendo aire a 300 Pa, para conseguir las 6 arrancadas por botella que exige la Sociedad de Clasificación, al ser el motor no reversible. El propio motor cuenta con reductora de presión, filtro lubricador y válvulas de seguridad y arranque.

10.1.2.- COMPRESORES DE AIRE DE ARRANQUE

El trabajo del compresor consiste en aspirar el aire a la presión atmosférica y comprimirlo hasta la presión de 30 Kg/cm², lo cual se llevará a cabo en dos etapas con un enfriamiento intermedio. Cada etapa dispondrá una válvula de seguridad proporcionada y ajustada, de forma que la acumulación de presión con la válvula de descarga cerrada no exceda de la presión de trabajo máxima en un 10 %.

De acuerdo con el Lloyd's se deberá disponer de al menos dos compresores de aire de arranque capaces de llenar las botellas de aire de arranque en una hora desde la presión atmosférica hasta la presión requerida para el número de arranques indicados anteriormente. Con el fin de poder arrancar los motores auxiliares en la condición de "buque muerto", se dispone un compresor de aire de emergencia accionado por un motor diesel de arranque manual.



Para el llenado de las botellas de aire de arranque se dispondrá de dos compresores de pistones refrigerados por aire de las siguientes características:

Tipo	ABC VA 70 A-E-PC
Capacidad	564,00 L/M
R.P.M.	625
Presión	300 Pa
Pot. Motor diesel	7,50 C.V.

10.1.3.- MOTO COMPRESOR DE EMERGENCIA

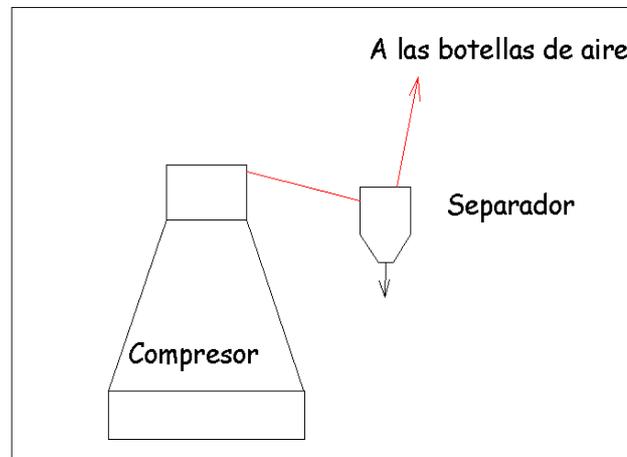
Se instalará un motocompresor accionado por un motor diesel de arranque manual.

El motocompresor de emergencia seleccionado tiene las siguientes características:

Tipo	ABC VA 30 DITER
Capacidad	288,00 L/M
R.P.M.	500
Presión	300 Pa
Pot. Motor diesel	7,20 C.V.

10.1.4.-SEPARADOR DE AGUA Y ACEITE

Se situará un separador de agua/aceite en la tubería que une el compresor y las botellas de aire. Dichas tuberías de aire de arranque están siempre trazadas con cierta pendiente y poseen un drenaje manual en los puntos más bajos.



10.2.- AIRE DE SERVICIO

El aire de servicio es usado, entre otras cosas, para:

- Disparo rápido del gancho de remolque.
- Embrague de propulsores azimutales
- Limpieza de tomas de mar
- Tomas de taller (herramientas neumáticas)
- Tifón

Algunos de estos servicios utilizan aire a 700 kPa para lo cual es necesario instalar una reductora, así como los necesarios filtros lubricadores y secadores. Este aire es tomado a través de la reductora, del servicio de aire de arranque, y se distribuye a los consumidores por medio de tuberías y válvulas con conexiones rápidas.

El esquema referente a este servicio lo encontramos en el Tomo II con el nombre de: "Esquema de aire comprimido".

11.- VENTILACIÓN Y EXTRACCIÓN EN CÁMARA DE MÁQUINAS



11.1.- SERVICIO DE VENTILACIÓN

El aire en la cámara de máquinas cumple básicamente dos funciones: suministrar el oxígeno necesario para la combustión en motores y refrigerar el ambiente. En cámara de máquinas similares a la nuestra la aportación de aire debe hacerse por medios mecánicos. Estos medios mecánicos aseguran la aportación de aire fresco en cantidades suficientes y la extracción del aire viciado.

El aire se suministra por medio de ventiladores centrífugos. Parte de él se inyecta directamente a la cámara y parte es dirigido en conductos a los puntos de consumo.

El sistema de ventilación y extracción se compone básicamente de:

- Un servicio de impulsión forzada mediante electroventiladores.
- Un servicio de extracción natural a través del guardacalor.

11.1.1.-SERVICIO DE IMPULSIÓN

El servicio de impulsión consta de los siguientes elementos:

- Electroventiladores de impulsión
- Conductos de distribución del aire

11.1.1.1.-ELECTROVENTILADORES

Para el cálculo del caudal de aire necesario para la ventilación de la cámara de máquinas, utilizaremos dos caminos diferentes, calcularemos por un lado el volumen de aire necesario para disipar el calor irradiado por el motor y los auxiliares y por otro lado calcularemos el caudal necesario para alimentar el motor de aire y a la vez renovar el aire de la cámara de máquinas al menos 30 veces a la hora, tomando la cifra mayor.

1) Aire necesario para disipar el calor irradiado

El dato que nos da el fabricante del motor es una radiación del mismo de 150 kW, para añadirle la de los auxiliares la aumentamos un 25% y por último habrá que añadir el calor emitido por los equipos eléctricos. Su valor se calcula de acuerdo a la norma que indica que cuando falten datos se tome el 10% de la potencia de los generadores. Por lo



tanto se ha de disipar un total de aproximadamente 190 kW. Tomando un salto de temperatura en el aire de 12,5 K° tenemos:

$$C = \frac{Q}{Pe \cdot c \cdot \Delta T}$$

Donde:

- Q es calor a disipar 190 kW
- Pe: Peso específico del aire, tomamos 1,16 kg/m³
- c: Capacidad calorífica del aire 1010 J/kgK
- ΔT salto de temperatura en K°

Por lo tanto tenemos 12,97 m³/s es decir, 46692 m³/h.

2) Caudal necesario para la combustión de las máquinas y renovación del aire de Cámara de Máquinas

Las necesidades de alimentación del motor principal son de 18436 m³/h por cada motor, suponemos igualmente un consumo de aire de auxiliares de un 25% del motor principal, quedando el consumo de aire total en 46000 m³/h. Por otro lado debemos renovar el aire de la Cámara de Máquinas al menos 30 veces a la hora, como tenemos un volumen de la misma de 552 m³, son necesario 16560 m³/h, sumando por tanto un total de 62562 m³/h, vamos a montar por razones de mercado dos ventiladores de 32000 m³/h, por lo tanto el caudal total será de **64000 m³/h** que cumple de sobra con nuestras necesidades mínimas. La presión de trabajo será de 350 Pa.

Los dos electroventiladores serán de baja presión y tendrán como características:

- Capacidad 32000 m³/h
- Presión . 350 Pa
- Rendimiento mecánico 0,5
- Rendimiento eléctrico 0,88
- Potencia requerida 8 kW

11.1.1.2.-.-CONDUCTOS DE DISTRIBUCIÓN

Parte del aire procedente de los ventiladores se inyecta directamente en la cámara de máquinas y parte es dirigido en conductos a los puntos de consumo.



El suministro del aire de ventilación se realiza a través de conductos con descargas distribuidas en toda la cámara de máquinas de forma que no haya zonas sin ventilación. Los conductos tendrán la sección necesaria para evitar pérdidas de carga excesivas y las bocas se dimensionarán para evitar un excesivo nivel de ruidos.

11.1.2.-SERVICIO DE EXTRACCIÓN

Según el apartado anterior y una vez elegidos los electroventiladores obtenemos una renovación de aire en Cámara de Máquinas de:

- Volumen de la cámara de máquinas 552 m^3
- Caudal de aire inyectado en la cámara $2 \times 32.000 \text{ m}^3/\text{h}$
- Caudal de aire consumido por los motores $36872 \text{ m}^3/\text{h}$
- Caudal de aire consumido por los MMAA: $9218 \text{ m}^3/\text{h}$

$$\frac{\phi_{inyectado} - \phi_{consumido}}{V_{CC.MM}} = 34$$

Se obtienen 34 renovaciones de aire por hora.

11.1.3.-CONDUCTOS DE EXHAUSTACIÓN

La tubería de exhaustación se monta en la salida de la turbosoplante de cada motor de combustión interna. La salida de exhaustación de la turbosoplante del motor principal es de sección rectangular con un área circular equivalente de 311 mm de diámetro.

En la pieza de transición se coloca directamente una junta elástica para compensar la expansión térmica y proteger a la turbosoplante de vibraciones. La tubería de exhaustación se soportará además mediante puntos fijos y deslizantes, teniendo en cuenta la expansión térmica.



Las características principales de la tubería de exhaustación son:

- Los codos de esta tubería habrán de tener radios 1,5 veces superiores al diámetro de la misma.
- Lleva aislamiento protegido por una lámina metálica.
- Se diseñará de forma que la pérdida de carga que se produzca sea inferior a la recomendada por el fabricante del motor.
- Lleva una válvula de drenaje para prevenir la entrada de agua de lluvia en el motor en el punto más bajo posible.
- La velocidad máxima de los gases de escape será de 50 m/s.

En cada conducto de exhaustación se dispondrá un silencioso de 35 dB.

12.- SERVICIO ACHIQUE DE SENTINAS

Se deberá cumplir lo dispuesto en la parte 5, capítulo 13 del reglamento del Lloyd's.

Este servicio tiene como función la de eliminar el agua que se haya podido acumular en compartimentos situados por debajo de la cubierta de francobordo o espacios por encima de la cubierta de francobordo que están provistos de puertas estancas al agua.

De acuerdo con el apartado parte 5, capítulo 13, 3.1. del Lloyd's *el buque deberá disponer de una instalación eficaz de bombas que tenga las aspiraciones y los medios de achique adecuados para que el agua situada en cualquier compartimento o cualquier sección estanca del mismo, pueda ser extraída por lo menos a través de una aspiración cuando el buque esté sin diferencia de calados y adrizado, o con una escora no superior a 5°.*

12.1.- ASPIRACIONES

ASPIRACIONES DE ACHIQUE EN LOS ESPACIOS DE MÁQUINAS

De acuerdo con el apartado del Lloyd's parte 5, capítulo 13, 4 debe verificarse que el agua pueda ser extraída, por lo menos, a través de dos aspiraciones:

- *Aspiración primaria*



Se trata de un sistema que consiste en montar una red de tuberías que unan las aspiraciones con el colector principal desde donde aspiran las bombas de achique.

- ***Aspiración directa***

Se trata de montar una tubería que una directamente las aspiraciones con la bomba de achique sin pasar por el colector, caso de que éste quede inutilizado.

En la parte 5, capítulo 13, apartado 4.6 del Lloyd's se indica la necesidad de dotar además una aspiración de emergencia de sentinas en Cámara de Máquinas. En el caso de fallo de los sistemas anteriores mencionados debe ser posible achicar por medio de la bomba de refrigeración principal de agua, la cual deberá tener una aspiración directa a la sentina. La válvula de este sistema será de husillo de no retorno y deberá tener un vástago de longitud suficiente para que el volante de maniobra esté colocado, al menos, 460 mm por encima de la plancha del fondo de Cámara de Máquinas.

ASPIRACIONES EN OTROS ESPACIOS

a) Tanques

Todos los tanques, incluidos los del doble fondo, que sean de lastre, combustible u otro tipo de carga líquida, deben estar provistos de un sistema de tuberías que permita el achique de estos espacios.

b) Cofferdams

Se instalará un sistema de tuberías similar al anterior que permita el achique de estos espacios. En este caso la aspiración será realizada desde el colector principal de sentinas.

c) Piques de proa y popa.

Estas zonas están dedicadas a tanques de lastre. Cada una deberá estar provista de una bomba de succión.

d) Caja de cadenas

El sistema de achique consta de una bomba manual autoaspirante o de una electrobomba de aspiración.



12.2.- CÁLCULO DE DIÁMETROS INTERIORES

12.2.1.-COLECTOR PRINCIPAL

El diámetro del colector principal de sentinas del que aspiran las bombas de achique y al que se une la red de tuberías de máquinas y otros espacios queda definido por la siguiente fórmula, de acuerdo con SEVIMAR y la Sociedad de Clasificación en su apartado P5, C13, 5.1:

$$d_m = 1,68 \cdot \sqrt{L \cdot (B + D)} + 25 \geq 59,67 \text{ mm}$$

- d_m Diámetro interior de la tubería del colector principal de sentinas (mm)
- L Eslora entre perpendiculares = 28,02 m
- B Manga del buque = 11 m
- D Puntal del buque a la cubierta de francobordo = 4,2 m

$$d_m = 59,67 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad d_{b \text{ teórico}} = 59,67 \text{ mm}$$

En la tabla 12.2.4. de la parte 5 del reglamento del Lloyd's el espesor mínimo para tuberías de sentinas de acero es 4.5 mm. Si atraviesa un tanque de combustible, el espesor debe ser de 6.3 mm.

Se toma el tubo comercial de 88,9 mm de diámetro exterior con un espesor de 4.5 mm. Por tanto el diámetro interior del tubo es:

$$d = 79,9 \text{ mm}$$

Para un espesor de 6,3 mm el diámetro interior será de 79.9 mm.

12.2.2.- RAMALES A ESPACIOS DE MÁQUINAS

El diámetro interior de la tubería de cada ramal debe cumplir con los requisitos del Lloyd's en su apartado P5, C13, 5.2:

$$d_b = 2,15 \cdot \sqrt{C \cdot (B + D)} + 25$$



- d_b Diámetro interior del ramal de aspiración de sentina (mm)
- C Eslora del compartimento = 15,6 m
- B Manga del buque = 11 m
- D Puntal del buque a la cubierta de francobordo = 4,2 m

$$d_b = 58,10 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad d_{b \text{ teórico}} = 58.10 \text{ mm}$$

Se toma el tubo comercial de 76,1 mm de diámetro exterior con un espesor de 4,5 mm. Por tanto el diámetro interior del tubo es:

$$d_b = 67,1 \text{ mm}$$

Si la tubería atraviesa un tanque de combustible, el espesor debe incrementarse hasta 6.3 mm (diámetro reforzado según las reglas del Lloyd's), con lo que la tubería tiene un diámetro interior de 63,5 mm.

12.2.3.-ASPIRACIONES DIRECTAS DE SENTINA

De acuerdo con el Lloyd's en la parte 5, capítulo 13, apartado 5.3 dichas aspiraciones en la cámara de máquinas deberán tener un diámetro no inferior al requerido para el colector principal. Por tanto, la tubería de acero seleccionada para las aspiraciones directas tendrá el siguiente diámetro interior:

$$d = 79,9 \text{ mm}$$

12.2.4.-ASPIRACIÓN DE EMERGENCIA

La aspiración de emergencia de sentinas de la cámara de máquinas, según el apartado 4.6 de la parte 5, capítulo 13 del reglamento del Lloyd's, que será conducida a las bombas principales de agua de refrigeración y deberá tener un diámetro no inferior al diámetro del orificio de aspiración de esta bomba, en el caso de los buques a motor.



12.2.5.-RAMALES DE LA CAJA DE DISTRIBUCIÓN

Según el Lloyd's en el apartado P5, C13, 5.5, el área de cada ramal de tubería secundaria que una el colector principal con una caja de válvulas de distribución de sentinas no deberá ser inferior a la suma de las áreas de las dos tuberías mayores de aspiración secundaria que entren en la caja de válvulas, pero no tendrá que ser superior a la del colector principal.

12.2.6.-ELECTROBOMBAS DEL SERVICIO DE ACHIQUE

De acuerdo con la parte 5, capítulo 13, apartado 6.1 del Lloyd's, en los buques que no son de pasaje deben instalarse al menos dos unidades de bombeo de achique de sentinas, en la zona de Cámara de Máquinas. Por lo menos una de estas bombas será independiente de las máquinas de propulsión.

Cada unidad consistirá en una o más bombas conectadas al colector de sentinas.

De acuerdo con la parte 5, capítulo 13, apartado 6.3 el caudal de las bombas será tal que se pueda imprimir al agua en el colector principal de sentinas una velocidad mínima de 122 m/min:

$$Q = \frac{5,75 \cdot d_m^2}{10^3}$$

- Q Capacidad (m³/h)
- d_m Diámetro interior del colector principal de sentinas (mm)

$$Q = 36,7 \text{ m}^3/\text{h}$$

Por tanto, se instalarán dos electrobombas de servicios generales centrífugas con sistema de autocebado automático en la Cámara de Máquinas. Las bombas tendrán las siguientes características:

Tipo	AZCUE CA-80/15
Capacidad	40 m ³ / h
Presión	4 bar
Rend. Eléct.	0,86
Rend. Bomba	0,65
Potreq	9 kW



Este servicio incluye la instalación de una bomba de achique del tanque de lodos, que habrá de tener las siguientes características:

Tipo	AZCUE AF-55/IT-25-PB
Capacidad	5 m ³ / h
Presión	1.5 bar
Rend. Eléct.	0,73
Rend. Bomba	0,6
Potreq	1,5 kW

12.2.7.-PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA DE MAR

El Anexo I del MARPOL 73/78 y sus posteriores enmiendas reglamentan las condiciones en que pueden ser vertidas al mar las aguas procedentes del achique de sentinas y lastre. Las medidas consideradas en el proyecto son:

- Para la descarga de residuos procedentes de las sentinas de máquinas se instalará una brida internacional.
- Disposición de un tanque de residuos.
- Disposición de un equipo separador, a través del cual se hará circular el agua de achique de sentinas de la cámara de máquinas.
- Se instalará un sistema de vigilancia y control con registro continuo y parada automática con alarma del contenido de hidrocarburos en PMM.

Se dispondrán cuatro pocetes de sentina con una capacidad unitaria de 70 l.

El caudal del separador debe ser tal que se puedan vaciar los pocetes en media hora. Por tanto:

$$Q = (70 \times 4)/0,5 = 560 \text{ l/h}$$

El separador elegido es FACET CPS-SB MKIII con capacidad de 1 m³/h.

El esquema correspondiente a este servicio puede consultarse en el plano 06.08 Esquema Achique y Lastre.



13.- SERVICIO DE LASTRE

Se deberá cumplir lo dispuesto en el capítulo 12 de la Parte 5 del reglamento del Lloyd's.

Este servicio tiene como finalidad el llenado y achique de los tanques de lastre. El buque de proyecto dispone de un tanque de lastre en popa y de un tanque en proa. La misión de ambos tanques (pique de proa y pique de popa) es la de lastrar el buque para conseguir un calado y un trimado óptimo, cumpliendo así las condiciones de estabilidad. Este lastre será prácticamente fijo, y las correcciones en el calado y escora, se corregirán trasegando combustible de unos tanques a otros a medida que éste se va consumiendo.

Las tuberías que forman la red de servicio de los tanques de lastre se disponen de forma tal que todos los tanques a los que den servicio puedan ser completamente llenados o achicados, para lo cual será necesario instalar dos sistemas de tuberías independientes, uno para achicar y llenar el tanque de agua y otro segundo para dar salida y/o entrada al aire y, de esta forma permitir al agua ocupar o vaciar el tanque sin que esté sometido a más presión de la debida.

13.1.- CIRCUITO DE LASTRADO

Este circuito está formado por los siguientes elementos:

- Bombas de lastre
- Red de tuberías

13.1.1.-BOMBAS DE LASTRE

Las bombas de lastre que se emplean en este servicio son conocidas como “bombas de servicios generales”, que son usadas para el servicio de achique de sentina y contraincendio interior. Pero no de manera conjunta, es decir, una bomba para cada servicio, una de ellas para lastre y contraincendio, y la segunda para el achique de sentinas. Sólo en caso de extrema necesidad, podrá usarse la bomba destinada al achique de sentinas para el servicio contraincendio.

Dado que los tanques de lastre tienen una capacidad total de 82,94 m³, el tiempo necesario para el lastrado/achique es de 2 horas.



13.1.2.- RED DE TUBERÍAS

En la determinación del diámetro interior de la tubería habrá que considerar las normas generales sobre la velocidad de circulación de los fluidos por el interior de las tuberías. Así pues la sección dependerá de la capacidad de las bombas que se apliquen al servicio de lastre.

Como las bombas de este servicio son las mismas que las correspondientes al servicio de achique, para el circuito de lastre se tomará un diámetro de tubería igual al del colector principal de achique.

$$D_{\text{interior}} = 79,9 \text{ mm} \quad e=4.5 \text{ mm}$$

13.2.- CIRCUITO DE AIREACIÓN Y REBOSE

Se deberá cumplir lo dispuesto en la sección 10, Capítulo 13 de la parte 5 del reglamento del Lloyd's.

Teniendo en cuenta que el buque puede navegar tanto con trimado a popa como a proa, se dispondrán dos tuberías de aireación, una en la zona de proa y la otra en la parte de popa del tanque.

La sección de estas tuberías debe ser como mínimo un 25% superior a la de las tuberías de llenado. Por tanto su diámetro interior mínimo será de 89,33 mm. Se dispone una tubería de 101,6 mm de diámetro exterior y un espesor de 4.5 mm.

14.-SERVICIO DE ACCESO.

Este servicio incluye todos aquellos elementos que permiten a la tripulación desplazarse por todo el buque de un compartimento a otro de la forma más directa posible y en todas condiciones meteorológicas.

Los elementos que se incluyen en el servicio de acceso son:



14.1.-ESCALAS

Las escalas interiores para acceso a las distintas cubiertas, cámara de máquinas y pañoles, así como las exteriores de acceso a la cubierta de la superestructura serán metálicas, compuestas de gualderas de llanta de acero y pasos de entramado de tipo normalizado.

Las escalas instaladas en las escotillas serán fácilmente desmontables para facilitar las descargas de materiales y equipos.

Se pondrán pasamanos en todas las escalas y sobre las cubiertas de intemperie o que conduzcan a ellas y en todas las escalas inclinadas interiores.

El ancho de los peldaños estará comprendido entre 203 y 279 mm, con una separación entre éstos de no más de 216 mm.

Las escalas, en la medida de lo posible, estarán dispuestas en sentido longitudinal, con una inclinación entre 35° y 45°, no siendo en ningún caso superior a 50°.

Las escalas están construidas con material incombustible y los peldaños estarán revestidos con material antideslizante.

14.2.-PUERTAS, ESCOTILLAS Y TAPAS DE REGISTRO

Las puertas estructurales, escotillas y tapas de registro se normalizarán en la medida de lo posible lo que respecta a tamaños, tipos, herrajes, accesorios, etc. para facilitar reparaciones, cambios de frisas y necesidades de respeto. Se proveerá cada cierre con los medios necesarios (topes, trincas, amortiguadores, etc.) para evitar que golpeteen.

Todas las puertas, escotillas y tapas así como sus respectivas marcas y brazolas serán proyectadas y construidas de forma que sean lo más ligeras posible, compatible con la necesidad de estanqueidad y rigidez.



Las puertas de acceso entre a los espacios de la acomodación tendrán un ancho de 64 cm. Las que dan acceso a las zonas de aseo serán de una anchura de 60 cm.

Las puertas de acceso a los espacios situados en la cubierta principal serán estancas al agua. También serán estancas al agua las puertas situadas en los mamparos estancos de subdivisión. Éstas serán de accionamiento hidráulico con control local y control remoto en el puente

Por encima de la cubierta principal, las puertas serán estancas a la intemperie. Las bisagras de las puertas estarán situadas en la parte de proa de las mismas, de forma que el viento y los golpes de mar tiendan a cerrarlas.

Las tapas de las escotillas de acceso serán de acero, con trincas y frisas flexibles. Las brazolas deberán cumplir con los requisitos de las reglas del Lloyd's. Su altura se fija en 600 mm.

El acceso a los tanques y espacios secos se hará a través de registros que tendrán una abertura de 500 mm de diámetro o equivalente.

Las puertas de acceso entre a los espacios de la acomodación tendrán un ancho de 66 cm. Las que dan acceso a las zonas de aseo serán de una anchura de 61 cm.

14.3.- ACCESO A COMPARTIMENTOS

Taller y pañol de proa:

- Se accede bajando la escalera existente al final del pasillo de la habitación.
- Desde sala de máquinas, por la escalera a proa de la misma.

Cámara de máquinas: el acceso se realiza de las siguientes formas:

- Desde la cubierta principal por una escotilla situada a popa.
- Desde el guardacalor.
- Desde la habitación a través de una escalera al final del pasillo principal.
- Desde el taller a través de una puerta.



Puente:

- Desde la zona de camarotes por una escalera interior junto al pasillo principal.
- Desde la cubierta principal, por el exterior, subiendo por la cubierta de botes y desde ahí por cualquiera de las escalas que hay en cada banda.

Pañol de popa:

- Desde el guardacalor.

15.-EQUIPOS DE SALVAMENTO

Se aplican los requisitos del capítulo III del convenio SEVIMAR, siendo nuestro buque del Grupo III Clase T. Éstos son los mismos que para la Clase Z (buques de carga de más de 500 TRB excepto tanques).

15.1.-EMBARCACIONES DE SUPERVIVENCIA

Bote salvavidas:

Se instalará a bordo un bote de rescate que cumplirá con las condiciones de la regla 47. El bote tendrá 3.725 m de eslora, homologado, provisto de todo su equipo reglamentario y que podrá arriarse con todo su equipo por medio de un pescante giratorio de brazo sencillo y accionamiento manual, con elevación asistida. Estará propulsado con un motor fueraborda de gasolina de suficiente potencia.

Las funciones de esta embarcación serán: evacuación, salvamento de náufragos, recogida de hombre al agua, lancha de buceadores, transporte de personal, etc.





Balsas de salvamento:

Al ser la eslora menor de 85 m, se dispondrán dos balsas salvavidas autoinflables con capacidad total cada una para ocho tripulantes, estibadas adecuadamente a cada banda, con todo el equipo necesario.

15.2.- DISPOSITIVOS INDIVIDUALES DE SALVAMENTO

Aros salvavidas:

Llevará cuatro aros salvavidas. Dos con rabiza de 27,5 m, uno en cada costado y los otros dos con luces de encendido automático y repartidos por igual en ambas bandas.

Estarán forrados de lona y rellenos de material incombustible.

Chalecos salvavidas:

Llevará 7 chalecos en los alojamientos y 8 en cajas metálicas en las inmediaciones de las balsas.

Trajes de supervivencia:

Consistirá en 6 trajes de inmersión sin aislamiento.

15.3.- EQUIPO PIROTÉCNICO

Señales de socorro:

Doce cohetes o proyectiles que lancen una luz roja brillante con paracaídas y dos fumígenas flotantes. Llevará un aparato lanzador orientable.

Aparato lanzacabos:

Será capaz de lanzar un cabo a una distancia de al menos 230 metros con precisión aceptable y llevará como mínimo 4 cohetes y 4 cabos.



15.4.- OTROS

Bandera y código de señales:

Al ser un buque de más de 100 T.R.B., deberá ir provisto de un juego de banderas y publicaciones del Código Internacional de Señales de la O.M.I., bandera de tamaño n 3 (0,914 x 0,762).

Radiotelefonos bidireccionales:

Llevará dos radioteléfonos portátiles bidireccionales.

Transpondedor de radar:

Llevará un respondedor de radar estibado en una balsa.

Tabla de señales salvamento:

El buque llevará un ejemplar de cada una de las Tablas A y B en el Puente, protegidas por un marco de cristal y un ejemplar de las tablas B en cada balsa de salvamento, estibadas con el resto del equipo.

Botiquín:

El barco estará dotado de un botiquín homologado tipo 2 y una guía médica.

Radiobaliza:

El buque llevará una radiobaliza homologada por SOLAS.

Todo este equipo de salvamento al que hacemos referencia, viene contemplado en el “Plano de seguridad” del proyecto.



16.- SERVICIO ANTIPOLUCIÓN

16.1.- DISPERSANTE

Se dispone a bordo de un tanque almacén de dispersante situado a babor y a popa de la sala de máquinas, con un volumen total de 1,87 m³.

El control de dosificación de dispersante se efectúa automáticamente desde el puente. Mediante unos tangones giratorios y sus correspondientes difusores, se dosifica el caudal para una correcta distribución en la superficie del mar. En función de la velocidad del buque se puede regular la cantidad de dispersante bombeado hasta un caudal de 2,5 m³/h. Los rociadores van alimentados por una bomba de agua salada de 10 m³/h a 5 bar. de presión y una bomba dosificadora de líquido dispersante con capacidad de hasta 2 m³/h a 2,5 bar. de presión. Estas bombas se encuentran en Cámara de Máquinas.

17.- SERVICIOS DE HABILITACIÓN

17.1.- ACOMODACIÓN

El buque en proyecto debe disponer de espacio suficiente para alojar una tripulación de siete personas.

La tripulación será alojada en tres camarotes amplios y confortables, siendo dos de ellos doble y uno triple. En el proyecto de la habilitación se ha buscado conjugar los requisitos de máxima seguridad con un alto nivel de confort y adecuado aspecto exterior. En la siguiente figura se puede observar uno de los camarotes:



La habitación se encuentra alojada sobre la cubierta principal, distribuida del siguiente modo:

La zona de habitación consta de tres camarotes, una zona de aseos provista de un plato de ducha, un w.c. y dos lavabos, una cocina y un comedor.

En general los muebles serán de estructura de aluminio, pudiendo ser también de madera tratada con tratamiento ignífugo.

En los armarios, se dispondrá un espacio de fácil acceso para el chaleco salvavidas. En el interior de los armarios se dispondrán barras para colgar ropa, perchas y espacios para cajones.

Las sillas y sillones tendrán trincas amarradas a la armadura por su parte baja y al piso.

Las mesas y muebles pesados se fijarán a la cubierta o al mamparo.

Se dispondrán cortinas en los portillos.

Todos los materiales empleados serán ignífugos y no desprenderán gases tóxicos.



17.2.- ACONDICIONAMIENTO DE LA HABILITACIÓN

El sistema de acondicionamiento de aire consta básicamente de los siguientes equipos:

- Una unidad acondicionadora del aire (AHU) donde se mezcla el aire que proviene del exterior con el aire procedente de la recirculación.
- Un sistema de extractores independientes que actúan en los siguientes espacios:
 - Aseos
 - Cocina
 - Comedor
 - Pasillos
 - Camarotes
 - Puente

17.3.- VENTILADORES DE EXTRACCIÓN

El cálculo del caudal de ventilación de los alojamientos, comedor, cocina, etc., lo hacemos por cálculo de renovaciones de aire necesarias y por volumen de locales. Para el cálculo de volumen de aire de los diferentes locales se han ignorado por completo el volumen ocupado por los mobiliarios por lo que las renovaciones reales son algo mayores.

Local	Volumen	Renovaciones	Caudal
Puente	38,34	20,0	766,8
Camarote capitán (1+2)	17,49	15,0	262,35
Camarote J. Máquinas (1+1)	15,48	15,0	232,2
Camarote 1+1	15,48	15,0	232,2
Pasillo c.principal	21,06	15,0	315,9
Aseo con ducha	11,47	15,0	172,05
Aseo con W.C.	11,47	15,0	172,05
Cocina	17,95	20,0	359
Comedor	21,6	20,0	432
		TOTAL	2944,55



Quedando un caudal necesario de 2945 m³/h, montaremos dos ventiladores de 3000 m³/h cada uno capaz de realizar el servicio por separado de modo completo. La presión de trabajo será de 150 Pa. La potencia será 1,1 kW al eje por ventilador. La potencia nominal del motor será 2,1 kW.

17.4.- VENTILACIÓN EN PAÑALES

La ventilación en los pañales será natural.

17.5.- AIRE ACONDICIONADO.

17.5.1.- CÁLCULO DEL AIRE ACONDICIONADO.

Para el cálculo del aire acondicionado haremos las siguientes suposiciones: la temperatura exterior será de 40 °C y en rejilla tendremos que tener 4 grados menos que en el local y en la central 4 menos que en la rejilla.

Vamos a recircular el aire, renovando un tercio del mismo con lo que la temperatura de entrada en la central será igual a:

$$T_M = 1/3 \cdot T_{EXTERIOR} + 2/3 \cdot T_{LOCAL}$$

Tomaremos una temperatura exterior de 40 °C

Y el calor necesario será:

$$q = \frac{C}{3600} \cdot \rho_{aire} \cdot C_e \cdot (T_{CENTRAL} - T_M)$$

donde:

C es el caudal de aire (Volumen por renovaciones) en m³/h

ρ_{aire} es la densidad del aire en kg/m³

C_e es el calor específico del aire en J/kgK



LOCAL	Volumen	Renovaciones	Q (m ³ /h)	T _{LOCAL}	T _M	T _{CENTRAL}	q (w)
Alojamientos/WC	71	20	1420	19	26	11	-7.708825
Pasillos	17.49	15	262.35	18	25,3	10	-1.4527172
Salón-comedor	15.48	15	232.2	21	27,3	13	-1.2017298
Cocina	21.06	15	315.9	17	24,7	9	-1.7949727
Puente de gobierno	11	15	172	21	27,3	13	-0.890429
						TOTAL	-13.048673

Por lo que debemos quitarle al aire 13,5 kW.

Todos los alojamientos y el puente se climatizaran con un sistema de aire acondicionado marca ELYTE con batería eléctrica y electrocompresor marca MANEUROP SM 180 tipo hermético para invierno y verano, con conductores aislado a todos los locales como comedor, camarotes y puente, de 13,62 kW de potencia. El buque dispone de un electrocompresor de emergencia análogo al anterior.

17.6.- COCINA

- Una cocina con cuatro fuegos y horno, eléctricos de 6 kW
- Una freidora de 1,5 kW
- Un microondas de 1 kW
- Una trituradora de basura de 1 kW
- Un frigorífico de 0,3 kW
- Una batidora-mezcladora de 1 kW
- Un fregadero.
- Un cubo de desperdicios
- Un tostador de 0,5 kW

Quedando por tanto la potencia total del equipo de cocina en 11,3 kW.

18.- SERVICIOS SANITARIOS

Este sistema está compuesto por un servicio de agua dulce y un servicio de agua salada.



18.1.- SERVICIO DE AGUA DULCE

Da servicio a la cocina, a los lavabos y las duchas, y está compuesto por:

18.1.1.- TANQUES DE AGUA DULCE

Según las especificaciones del proyecto el buque tiene una autonomía de 6 días, lo que supone un total de 144 horas.

Los tanques de agua dulce se hallan situados a proa con una capacidad total de 26,72 m³:

- | | |
|-------------------------|-----------------------------|
| ▪ Consumo estimado | 200 litros/día y tripulante |
| ▪ Número de tripulantes | 7 |

El consumo estimado de la tripulación para la autonomía especificada es de 8,4 m³. Se comprueba que los tanques de agua tienen capacidad suficiente para la autonomía exigida. Se considera que no se necesitará un equipo potabilizador, sino que se embarcará el agua de tierra.

El esquema correspondiente a este servicio lo encontramos en el tomo II, con el nombre: “Esquema de alimentación sanitaria”.

18.1.2.- EQUIPOS HIDRÓFOROS

Se elegirá un equipo de presión con acumulador de la marca AZCUE con una capacidad que supere las máximas necesidades posibles de consumo y una presión capaz de llevar el agua dulce desde el tanque almacén a todos los servicios. Se opta, mediante comparativa a otros buques similares, por montar un acumulador de presión AZCUE de 100 L. con una bomba AZCUE BO-19/20 de 2 m³/h de caudal y 3 bar de presión.

18.1.3.-BOMBA MANUAL DE RESERVA DE AGUA DULCE

El buque dispone de una bomba manual de reserva de a.d GEIDA.



18.1.4.-CALENTADOR ELÉCTRICO

El calentador eléctrico es de la marca HOTWATER. Este fabricante recomienda, para un buque con una tripulación igual o inferior a 7 personas un calentador de 50 litros y 2,5 kw.

18.2.-SERVICIO DE AGUA SALADA

Da servicio a los inodoros de los aseos y está compuesto por:

18.2.1.-EQUIPOS HIDRÓFOROS

Se dispondrá un equipo análogo al de agua dulce, que aspirará de la toma de mar, y se dimensionará de forma análoga a como se ha realizado con la bomba de agua dulce. En este caso habría que considerar la altura de bomba respecto a la línea base que es de 1,462 m. Al estar sobredimensionada la altura manométrica el equipo anterior es válido.

18.3.-PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES/NEGRAS

En el cálculo de la capacidad de la planta se sigue el siguiente criterio:

- Se calcula la producción media de efluente por hora.
- Se estima un coeficiente punta de consumo. El valor de este coeficiente varía normalmente entre 3 y 5.
- La capacidad de la planta deberá ser la producción media del efluente por hora multiplicada por el coeficiente punta.

Para 7 tripulantes con un consumo de 200 l/día por persona y un coeficiente punta de consumo de cuatro bastará con una planta de tratamiento de:

$$\text{Capacidad} = (7 \times 200 \times 4/24) = 233 \text{ l/día}$$

La planta elegida de tipo químico, marca y modelo FACET RF-200-M 760 l/día 0,6 kg/día.



19.- SERVICIO DE NAVEGACIÓN Y COMUNICACIONES

19.1.- EQUIPO DE AYUDA A LA NAVEGACIÓN Y COMUNICACIONES EXTERIORES

Se pueden definir como el *conjunto de equipos y sistemas que, por medio de dispositivos electrónicos, facilitan que la navegación marítima se realice con las mejores condiciones de seguridad y precisión.*

El campo de estas ayudas a la navegación queda limitado a dos grandes aspectos: saber dónde está el buque (y cómo se mueve) y conocer qué es lo que le rodea.

En el Puente de Gobierno se instalarán paneles y consolas para el control y gobierno de los diferentes sistemas.

Aparatos radioeléctricos:

- La **estación radiotelefónica** deberá cumplir con todo los requisitos que exige el Capítulo IV de SOLAS para este tipo de instalaciones y las enmiendas desde 1981 a 1995, así como el sistema Global de Socorro y Seguridad Marítima (GMDSS). El equipo radiotelefónico se instalará en la parte más alta del Puente de Gobierno, protegido en lo posible contra ruidos que puedan perturbar la correcta percepción de los mensajes y señales. La estación de telecomunicaciones GMDSS “Sailor” para área A3 incluye:
 - 2 Radioteléfonos VHF RT2048 de 500 W cada uno.
 - 2 Receptores de guardia canal 70 con DSC RM2042 de 125 W cada uno.
 - 1 Radioteléfono BLU OM/OC P2000 de 250 W PEP
 - 1 Receptor de guardia BLU OM/OC con DSC RM2150 de 500 W
 - 1 Receptor de exploración con módem telex y DSC RM2151 de 600 W
 - 1 Emisor-receptor INMARSAT-C H2995B de 250 W

Estará configurada en un módulo de estación compacta duplicada, con teclado, monitor e impresora.

Además de lo anterior para cumplir con Sistema Global de Socorro y Seguridad Marítima (GMDSS) llevará:

1. Receptor de sintonía fija (SOS) de 500 W



- Modelo: “SAILOR” R501
- Frecuencia: 2182 KHz
- 2. Emisor receptor portátil de VHF con GMDSS de 125 W
 - Llevará dos unidades “SAILOR” SP3110 de emergencia para VHF con versión GMSS.
- 3. Receptor NAVTEX:
 - Llevará un receptor ICS IC-5 NAV de 100 W
- 4. Radiobaliza satelitaria para GMDSS
 - Llevará una radiobaliza “KANNAD” 406-WH
- 5. Respondedor de radar:
 - Llevará un respondedor de radar para GMDSS “LOKATA” 9-IM SART

La estación radiotelefónica tendrá un consumo total de 5 kW.

Receptor de navegación (vía satélite) GPS:

- Llevará un receptor de navegación para GPS TRIMBLE NT 100 de 100 W homologado por SOLAS.
- Receptor facsímil de cartas meteorológicas:
- Llevará un receptor “FURUNO” tipo FAX-207 con preamplificador de 100 W

Sonda:

- Se instalará un ecosonda “FURUNO” FCV-581 con un consumo de 200 W homologada por SOLAS.

Radar:

- Se instalará un radar “FURUNO” FR-8111 de alcance 72 millas y otro FR-1731 de 42 millas. Con un consumo de 1000 W.
- Piloto automático:
- Se instalará un piloto automático “ROBERTSON” AP-9 MK3 con un consumo de 150 W

Compás giroscópico:

- Llevará una giroscópica digital “KHV” AGD-3



Reloj:

- Se instalará un reloj de funcionamiento seguro, firmemente montado en una posición tal, que toda su esfera pueda ser observada fácilmente desde el puesto de trabajo radiotelefónico.
- Generador automático de alarma:
- Incorporado en el transmisor.

Teniendo por tanto la instalación de comunicaciones exteriores y ayuda a la navegación un consumo global de 6400 W

Equipo de material náutico (Clase “T” viajes largos):

- 1 compás magistral con reflexión en el Puente
- 1 compás magnético de respeto, intercambiable con el magistral
- 1 alidada acimutal
- 1 corredera de hélice
- 1 sextante (DAVIS MARRK 15)
- 2 cronómetros (COMUS y M 942)
- 1 cronógrafo contador de bolsillo.
- 1 transportador
- 1 compás de puntas
- 1 regla de 40 cm o reglas paralelas
- 1 megáfono
- 1 prismático nocturno (7x50)
- 1 prismático diurno
- Cartas náuticas, libros de faros y derroteros de los mares en que navegue.
- 1 bocina de niebla o presión manual
- 1 barómetro
- 1 termómetro instalado en garita o abrigo termométrico.
- 1 campana de niebla, mayor de 5 kg. de peso.
- 1 código internacional señales
- 1 lámpara de señales
- Tablas de señales de salvamento.

19.2.- COMUNICACIONES INTERIORES

- Un microteléfono VHF con altavoz en el camarote del capitán de 100 W
- Un altavoz de VHF en el pasillo de camarotes en cubierta principal de 100W
- Un tifón neumático MK-75/350
- Telégrafo de ordenes a máquinas tipo botonera de 40 W
- Un sistema de intercomunicaciones “AMPLIDAM” de 80 W



- Un equipo de teléfono autogenerado de 3 estaciones.
- Un sistema de timbres de alarma de 60 W

Con un consumo global de 480 W, tomaremos 500 W.

20.- SERVICIO DE ALUMBRADO

A bordo de este buque se encontrarán diferentes instalaciones de alumbrado:

- Iluminación interior
- Luces de navegación y señales
- Proyector

A continuación determinaremos la potencia eléctrica necesaria para estas instalaciones.

20.1.-ALUMBRADO INTERIOR

El alumbrado general a 220 V se alimentará de un transformador de 380/220.

Los puntos de luz interiores serán de tipo fluorescentes tanto en los alojamientos como en la cámara de máquinas, pañoles y puente.

La potencia eléctrica consumida es de 11 kW y su cálculo se realiza en el cuaderno que hace referencia a la planta eléctrica.

20.2.-LUCES DE NAVEGACIÓN

Es un servicio vital y dispuesto de tal forma que pueda asegurarse su suministro de energía en cualquier estado de navegación.

Habrá doble juego de luces de navegación a proa y popa ya que este remolcador podrá navegar en sentido avante por popa.

Deben poder alimentarse desde dos líneas diferentes, dispuestas de tal manera que el cambio de una a otra se pueda realizar con extrema rapidez. Una de ellas procederá del cuadro de socorro y otra del cuadro principal, en el caso de que estén interconectados dichos cuadros.



❑ Buque navegando hacia proa:

En el palo del techo del puente, llevará una LUZ BLANCA BRILLANTE dispuesta de manera que proyecte su luz sin interrupción en un sector de horizonte de 20 cuartas de la rosa (225°), 10 cuartas a cada banda del buque. Esta luz será visible con noche oscura y atmósfera clara, por lo menos desde 5 millas.

En la cubierta Puente y en Estribor, llevará una LUZ VERDE, dispuesta de manera que se proyecte de un modo ininterrumpido en un sector del horizonte de 10 cuartas de la rosa (112°). Esta luz será visible al menos a una distancia de 2 millas.

En el costado de babor, llevará una LUZ ROJA, de las mismas características que la de estribor.

Las luces laterales verde y roja irán provistas de pantallas colocadas entre la luz y el buque en la parte de crujía, que avancen al menos 0,91 m a proa de la luz, de forma que sean visibles desde la proa hasta 22,5 grados a popa a través de su costado respectivo. Las pantallas estarán pintadas de negro mate.

❑ Buque navegando hacia popa:

En el palo del techo del puente, llevará una LUZ BLANCA BRILLANTE, mirando hacia popa, de las mismas características y posición que la luz que mira hacia proa.

En la cubierta botes en Estribor, llevará una LUZ ROJA y en babor una VERDE, de las mismas características de la de navegación hacia proa.

❑ Luces sin gobierno

Cuando el buque esté sin gobierno, llevará de noche y en el palo, dos luces rojas, dispuestas verticalmente y con una separación entre ellas de dos metros, de modo que sean visibles en todas direcciones al menos a 2 millas, de día dos globos negros de 0,6 metros de diámetro separados entre ellos no más de 1,5 metros.

❑ Luces de remolque

Cuando el buque este remolcando a otro exhibirá:

1. Dos luces de tope en línea vertical. Cuando la longitud del remolque medido desde la popa del buque hasta el extremo de popa del remolque, sea superior a 200 m,



exhibirá tres luces de tope, según una línea vertical. Sus características serán las mismas que las de tope navegando y su alcance de 2 millas.

2. Las luces de costado
3. Una luz de alcance hacia popa
4. Una luz de remolque en línea vertical y a 2 metros por encima de la luz de alcance hacia popa.
5. Una marca bicónica en el lugar más visible, cuando la longitud del remolque sea superior a 200 metros.

Las características de la luz de remolque serán las mismas que las de la luz de alcance pero amarilla con visibilidad de 2 millas.

❑ Luces de alcance

El buque cuando este en movimiento llevará a popa una LUZ BLANCA provista de pantallas y constituida e instalada de modo que se proyecte en forma ininterrumpida sobre un sector del horizonte de 12 cuartas de rosa (135°), o sea 6 cuartas a cada banda a partir de la popa. Esta luz será visible a una distancia mínima de 2 millas y se colocará a la misma altura aproximadamente que las luces de costado.

Cuando navegue hacia popa, llevará a proa del puente, una LUZ BLANCA similar a la de alcance por popa.

❑ Luz de fondeo y varada

Este buque cuando esté fondeado, llevará de noche en el palo de luces una luz blanca visible en todo el horizonte desde una distancia mínima de 2 millas.

De día y cuando esté fondeado, llevará en la parte delantera y donde mejor se vea, un globo negro con un diámetro no inferior 0,6 m.

Cuando este varado, llevará de noche en el palo la luz de fondeado, además de las dos rojas descritas en luces sin gobierno.

De día y cuando esté varado, llevará en el palo, tres globos negros de un diámetro no inferior a 0,6 m y separados entre ellos no más de 1,5 metros.



❑ Señales sonoras

Aunque no sean luces se van a tratar en este apartado por la ligazón existente con las luces de navegación. El buque irá previsto de un silbato eficaz, que suene por medio de aire comprimido y situado de manera que el sonido no pueda ser interceptado por ningún obstáculo, una corneta de niebla que sea sonada por medios mecánicos, y una campana; la corneta y la campana serán suficientemente sonoras.

Con niebla, nevando, fuertes chubascos, brumas, así como cualquier otra circunstancia que disminuya la visibilidad las señales descritas en este artículo se harán del modo siguiente:

1. Cuando este navegando: Sonido prolongado con intervalo de 2 minutos como mucho.
2. Cuando esté fondeado: repicará la campana durante 5 segundos, cada minuto.
3. Cuando este varado deberá repicar la campana cada 5 segundos, precedida y seguida de 3 golpes separados y distintos de la campana.
4. Cuando este en faenas (navegando o fondeado), deberá emitir a intervalos no superiores a un minuto, tres sonidos consecutivos: 1 prolongado, seguido de dos breves

❑ Luces supletorias

El buque llevará dos lámparas eléctricas alimentadas por pilas que permitirán duración de luz normal durante 6 horas y un respeto de cada lámpara de pila y bombillas.

❑ Proyector de señales

Llevará un proyector de señales, eficaz, que satisfaga las condiciones de las normas de la Regla 11 del Capítulo V, el cual no deberá alimentarse exclusivamente de la fuente principal de energía eléctrica del barco.

Quedando por tanto las siguientes luces de navegación:

- 1 luz (doble) Tope navegación hacia proa: blanca
- 1 luz (doble) Tope navegación hacia popa: blanca
- 2 Luces de remolque: blanca
- 1 Luz de fondeo y varada: blanca
- 2 luces sin gobierno y varadas: Rojas



- 1 Luz maniobra restringida: Blanca
- 1 Luz Morse
- 1 Luz (doble) de Alcance navegación hacia proa: Blanca
- 1 Luz (doble) de Alcance navegación hacia popa: Blanca
- 1 Luz (doble) de remolque: amarilla
- 1 Luz (doble) de costado navegando hacia proa: roja
- 1 Luz (doble) de costado navegando hacia popa: roja
- 1 Luz (doble) de costado navegando hacia proa: verde
- 1 Luz (doble) de costado navegando hacia popa: verde

Suponiendo cada lámpara de 40 W, la potencia instalada es de 1500 W.

20.3.-ALUMBRADO EXTERIOR

El alumbrado del exterior será del tipo estanco con lámparas incandescentes de 60 W y pantallas fluorescentes (60W) distribuidas como sigue:

- 2 Luces estancas con lámpara incandescente a proa del la superestructura (120 W)
- 2 Luces estancas con lámpara incandescente costado de babor (120 W)
- 1 Pantalla luz estanca sobre puerta habilitación costado de babor (60 W)
- 2 Luces estancas con lámpara incandescente costado de estribor (120 W)
- 1 Pantalla luz estanca sobre puerta habilitación costado de estribor (60 W)
- Se dispondrán además de 5 focos exteriores de 1000 W y uno de 500W distribuidos para alumbrados con trabajos nocturnos.
- Además incorporara dos focos de búsqueda de 1000 W cada uno.

Tenemos un consumo total de alumbrado exterior de 480 W y 7500 W con foco de trabajo.

20.4.-ALUMBRADO DE EMERGENCIA

Se compondrá de luces incandescentes situadas en los lugares vitales del buque, que se alimentarán de un grupo de baterías de 24 V, que podrá mantener los puntos del alumbrado de emergencia durante 8 horas como mínimo. Estas luces se encenderán automáticamente al faltar la alimentación general a 220 V. Todas las líneas y cuadros de estos servicios serán independientes del sistema de alumbrado general e irán rotuladas claramente. En el puente se dispondrá el cuadro de alumbrado de emergencia y un cargador de baterías alimentado a 220 V.



Se instalarán los siguientes puntos de luz:

- 1 en puente de gobierno
- 4 en acomodación
- 2 en cámara de máquinas
- 2 para las balsas
- 1 para el bote de rescate

El consumo total estimado es de 5 kW.

21.- SISTEMA DE PROTECCIÓN DEL CASCO

21.1.- PINTURA

El tratamiento de superficies y la aplicación de las imprimaciones, se ha realizado de acuerdo con las instrucciones del fabricante, Hempel, con el siguiente esquema (los espesores se refieren a la pintura seca):

21.1.1.- OBRA VIVA

Preparación SA-2, dos manos de capas base y dos de antifouling convencional. El tratamiento durará unos 2 años y medio entre varadas. El espesor mínimo es de 425 micras.

21.1.2.- OBRA MUERTA Y SUPERESTRUCTURA

La pintura es similar a la de la obra viva, pero se sustituye el antifouling con dos manos de esmalte. El espesor mínimo es de 275 micras.

21.1.3.- INTERIORES

Lleva una imprimación previa y una terminación convencional de 80 micras excepto las zonas que están cubiertas, que no llevan la terminación.



21.1.4.- TANQUES DE LASTRE

Estos tanques reciben una preparación de la superficie y una aplicación de pintura dirigida a un intervalo de mantenimiento inferior a 5 años. La preparación de superficies se realiza mediante limpieza por chorreo de arena hasta alcanzar el grado SA-2, con dos capas de epoxy modificado y un espesor total de 200 micras.

21.1.5.- TANQUES DE ESPUMÓGENO Y DISPERSANTE

Se realiza una limpieza por chorreo de arena hasta alcanzar el grado SA-2, con dos capas de pintura especial epoxy para tanques y un espesor mínimo de 200 micras.

21.1.6.- TANQUES DE COMBUSTIBLE Y ACEITE

Estos tanques llevan una capa de epoxy Hempel Hempadur 1540.

21.1.7.- CUBIERTA

Se pinta con cuatro manos formadas por dos capas base y dos de recubrimiento, una de ellas antideslizante. El espesor mínimo es de 550 micras.

21.1.8.- CAJA DE CADENAS

Lleva una capa de solución bituminosa con un espesor mínimo de 150 micras.

21.1.4.- HABILITACIÓN

Lleva dos capas, la segunda de ellas de esmalte en color.

20.2.- PROTECCIÓN CATÓDICA

Esta protección se puede realizar por ánodos de sacrificio o por corriente impresa.



Se empleará protección catódica por ánodos de sacrificio donde la corriente polarizante la suministran los ánodos que se desgastan en beneficio de la estructura (cátodo) que permanece inalterable. Los más utilizados son los de zinc, que no es necesario controlar y que además suministran una corriente continua y eficiente. Los ánodos de zinc serán suministrados por ZINETI.

CAPÍTULO 7

PLANTA

ELÉCTRICA



1.- INTRODUCCIÓN

La planta eléctrica de un buque está compuesta esencialmente por:

- La **planta generadora**, que transforma la energía mecánica en eléctrica.
- **Cuadro de distribución principal**, permite el accionamiento, acoplamiento y selección de los generadores correspondientes.
- La **red de distribución**, que enlaza el cuadro principal con las estaciones y subestaciones de distribución.
- Los **elementos que consumen** esta energía eléctrica (consumidores).

La importancia de la planta eléctrica dentro de un buque es muy grande, debido a que de ella se alimentan gran cantidad de consumidores, los cuales se pueden dividir en:

- Alumbrado
- Fuerza y calefacción
- Servicios e instalaciones especiales

Las tres fuentes de energía eléctrica son las siguientes:

- La planta principal, compuesta por dos o más generadores, con capacidad para funcionamiento en paralelo y para suministrar la potencia necesaria en las distintas condiciones de operación, aún con uno fuera de servicio.
- La de emergencia, constituida generalmente por un pequeño grupo diesel-generador, dimensionado para atender a los consumidores de emergencia y, en algunos casos, para atender a las necesidades en puerto.
- La transitoria, a base de baterías recargables, que puede estar centralizada o distribuida para cada consumidor o grupo de consumidores. Su misión es proporcionar continuidad a los sistemas electrónicos vitales.

Para la realización de este cuaderno ha de considerarse la reglamentación del Lloyd's en la parte 6, capítulo 2 así como la reglamentación de SEVIMAR capítulo II,1, parte C.



2.- SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Según el reglamento de la Sociedad de clasificación Lloyd's en la sección 5, capítulo 2, parte 6, los sistemas de distribución de energía pueden ser:

- a) Corriente continua:
 - Dos conductores

- b) Corriente alterna:
 - Monofásica con dos conductores
 - Trifásica con tres conductores
 - Trifásica con cuatro conductores (tres más el neutro)

Las **tensiones máximas** admitidas por el Lloyd's (apartado 5.1.3.) tanto para corriente alterna como para corriente continua son:

	FUERZA	ALUMBRADO Y CALEFACCIÓN	COCINA
Máxima tensión (V)	15000	250	500

2.1.- SELECCIÓN DEL TIPO DE CORRIENTE

El tipo de corriente a adoptar será alterna por las ventajas que presenta frente a la continua, de las que se pueden resaltar las siguientes:

- Menor peso y empacho, muy importante cuando el espacio y el peso es limitado.
- Menor coste económico, tanto en la compra como en el mantenimiento.
- Posibilidad de tensiones mayores, y por tanto menor intensidad, por lo que será necesaria una sección menor de cable.
- Mayor seguridad de funcionamiento al no tener colectores en los motores de inducción y alternadores.



- Facilidad para transformar la tensión mediante el uso de transformadores estáticos.
- Mayor compatibilidad con la corriente en el puerto.

La corriente alterna presenta por otro lado el inconveniente de que los motores de este tipo de corriente son más difíciles de regular en su velocidad y tienen un menor par de arranque que los motores de inducción. Esto queda resuelto con los motores de doble jaula. Además, la mayoría de los equipos funcionan a velocidad constante, y cuando no sea el caso usaremos motores de rotor bobinado.

2.2- SELECCIÓN DE LA TENSIÓN DE DISTRIBUCIÓN Y DE LA FRECUENCIA

Se nos presentan dos posibilidades en cuanto a las características de la corriente a emplear. Podemos elegir entre 380 V y 50 Hz. ó 440 V. y 60 Hz. Nos vamos a decidir por 380 V y 50 Hz para la red de fuerza, por las siguientes razones:

- Una mayor compatibilidad con los puertos españoles y en general con los puertos europeos.
- Una mayor oferta en cuanto a equipos puesto que es corriente que también existe en tierra.
- El cableado tendrá que ser de mayor sección, pero la reducción de la misma es solo del orden de un 16% en sección y de un 8 % en radio, ya que al tratarse de un barco de tan corta eslora no es representativo. Además que es bastante posible que una vez realizado el calculo de sección tengamos que ir al mismo cable al no haber en el mercado cable de todos los radios.

El valor más usual para la red de alumbrado y pequeños consumidores es 220 V en monofásica, obtenida a partir de la de fuerza por medio de transformadores.

Se dispondrá además de una red de corriente continua de 24 V, que alimentará las luces de navegación, las luces de señales, las luces de morse, los aparatos de navegación y comunicaciones y el motor de arranque del generador de emergencia. Esta corriente será obtenida a partir de baterías de acumuladores, que se cargan de la red de 380 V mediante rectificadores.

Por tanto, se dispondrá:



Servicios	Tipo de Corriente	Distribución
Instalaciones de fuerza	Alterna Trifásica	380 V / 50 Hz
Alumbrado	Alterna Monofásica	220 V / 50 Hz
Emergencia	Continua	24 V

3.- CONSUMIDORES

Se calcularán las potencias eléctricas requeridas por los diferentes consumidores. En el caso de que no se disponga de datos suficientes, su consumo se determinará por medio de la extrapolación de otros buques.

Agruparemos los consumidores de la siguiente forma:

- Auxiliares de propulsión
- Trasvase y purificación de combustible y aceites.
- Equipo antipolución y contra incendios
- Equipos especiales
- Auxiliares de casco
- Ventilación y aire acondicionado.
- Equipo de maniobra y gobierno.
- Fonda y Habitación
- Equipos de navegación y comunicaciones.
- Resto de consumidores
- Iluminación

3.1.- ALUMBRADO

A bordo de este buque se encontrarán diferentes instalaciones de alumbrado:

- Iluminación interior
- Luces de navegación y señales
- Proyector



A continuación determinaremos la potencia eléctrica necesaria para estas instalaciones.

3.1.1.- ILUMINACIÓN INTERIOR

Se puede diferenciar tres tipos de alumbrado:

1. **Normal**, está alimentado por los generadores principales del buque y su función es la de alumbrar los diferentes locales. La tensión será de 220 V y se alimentará de uno de los transformadores 380/220 V. Los puntos de luz interiores serán de tipo fluorescente, tanto en alojamientos como en la Cámara de Máquinas, pañol y Puente.

2. **De socorro**, está alimentado por los generadores principales y baterías en caso de emergencia, y ha de iluminar: pasillos y escaleras, salidas de compartimentos estancos, puntos de reunión para el embarque de botes, indicadores de rutas de escape, estación de radio, compartimento del generador de emergencia, cámara de máquinas, puente de gobierno y comedor.

Se calcula el flujo luminoso que viene dado por la siguiente expresión:

$$L = \frac{E \cdot S \cdot F_d}{F_u}$$

L = Flujo luminoso o potencia de radiación luminosa (lúmen)

E = Iluminancia o intensidad de iluminación requerida por el tipo de local (lux). Se tomarán los valores recomendados en el libro “Electricidad aplicada al buque” D. Manuel Baquerizo Pardo que se reflejan en la siguiente tabla:



<i>Locales</i>	<i>E=iluminancia (lux)</i>	
	min	max
Camarote pasaje y oficialidad	200	250
Camarote tripulación	150	200
Camarote de lujo	250	300
Pasillo de pasaje	100	150
Pasillo tripulación	100	150
Local reunión pasaje	120	250
Local reunión tripulación	200	400
Local sanitario	200	250
Local servicio	250	300
Enfermería	500	1000
Puente descubierto	20	40
Puente de botes	10	20
Máquinas	300	450
Puesto de maniobra	500	750
Calderas	250	350
Túneles	100	150
Taller de montaje	1000	2000
Taller de maquinaria	500	1000
Sala de dibujo	750	1500
Oficina	400	750
Sala de espera	75	150

S = Superficie del local a iluminar (m²)

F_d = Factor de corrección, que tiene en cuenta la depreciación o envejecimiento de las lámparas y sus valores oscilan dependiendo del grado de suciedad de los locales:

1,25	Media
2,5	Alta

Se tomará F_d = 1,25

F_u = Factor de utilización del local iluminado, que expresa el rendimiento de la instalación y que se determina en función del valor K entrando en la tabla XXVIII del libro "Electricidad aplicada al buque" D. Manuel Baquerizo Pardo.

K es el índice del local y se calcula según la siguiente expresión:



$$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$$

- a Longitud del local (m)
- b Anchura del local (m)
- h Altura del local (m)

Una vez calculado el flujo luminoso, la **potencia eléctrica** se deduce empleando el concepto de rendimiento luminoso (lúmenes / Watio), valor característico de cada tipo de lámpara, que de un modo aproximado se pueden utilizar los siguientes valores:

Alumbrado fluorescente	0,03 W / lumen
Alumbrado incandescente	0,11 W / lumen



Espacios	S	a	b	h	E	K	Fd	Fu	L	Rend luminoso	Potencia
	(m ²)	(m)	(m)	(m)	(lux)				(lúmen)	(W/lúmen)	(W)
Puente	14.5	4.2	3	3	500	0.55302705	1.25	0.4	22656.25	0.03	679.69
Camarote 1+2	7.2	2.5	2.85	2.4	200	0.55490654	1.25	0.3	6000	0.03	180.00
Camarote 1+1	5.75	2	2.85	2.4	200	0.48969072	1.25	0.3	4791.67	0.03	143.75
Camarote 1+1	5.75	2	2.85	2.4	200	0.48969072	1.25	0.4	3593.75	0.03	107.81
Pasillo habitación	4.3	4,875	0.9	2.4	150	0.37493078	1.25	0.3	2687.5	0.03	80.63
Pasillo guardacalor	5.4	6	0.9	2.4	150	0.32608696	1.25	0.3	3375	0.03	101.25
Aseo ducha	4.59	1.8	2.55	2.4	250	0.43965517	1.25	0.3	4781.25	0.03	143.44
Aseo W.C.	4.97	1.95	2.55	2.4	250	0.46041667	1.25	0.3	5177.08	0.03	155.31
Cocina	9.06	3.9	2	2.4	250	0.60692771	1.25	0.4	7078.13	0.03	212.34
Comedor	7.65	3	2.55	2.4	300	0.57432432	1.25	0.5	5737.5	0.03	172.13
Guardacalor	20.25	3	6	3.5	150	0.61714286	1.25	0.3	12656.25	0.03	379.69
Pañol popa	21.6	4	6	2.1	250	1.07142857	1.25	0.3	22500	0.03	675.00
Pañol proa	8.4	3	2.8	2.6	250	0.55702918	1.25	0.4	6562.5	0.03	196.88
Taller	8.4	3	2.8	2.6	750	0.55702918	1.25	0.3	26250	0.03	787.50
Escalera Guardacalor	1.62	1.8	0.9	5.5	100	0.10909091	1.25	0.3	675	0.03	20.25
Cámara de máquinas	145	15.6	9.3	3.8	450	1,06	1.25	0.5	163125	0.03	4893.75
Potencia total (W)										8929.41	

3.1.2.-LUCES DE NAVEGACIÓN Y SEÑALES

La descripción detallada de las luces de navegación y señales se realiza en el capítulo 06 (apartado 20.2). La potencia total instalada para este servicio es de 1500 W.

3.1.3- ALUMBRADO EXTERIOR

El alumbrado del exterior será del tipo estanco con lámparas incandescentes de 60 W y pantallas fluorescentes (60W) con un consumo total con foco de trabajo de 7500 W. La descripción de este servicio se realiza en el cuaderno 06 (apartado 20.3).



3.1.4.-ALUMBRADO DE EMERGENCIA

Al igual que en los casos anteriores la descripción se realiza en el cuaderno 06 (apartado 20.4). Se estima un consumo de 5 kW.

3.2.- EQUIPO DE COMUNICACIONES Y AUXILIARES DE LA NAVEGACIÓN

La descripción detallada del equipo de comunicaciones y navegación se realizó en el cuaderno 06 (apartado 19). Se estima que el consumo de los equipos de navegación y comunicaciones es de 6.5 kW.

Dentro de este grupo se incluirá la potencia consumida por otros equipos tales como cargador de baterías, cuadro de servicios especiales, etc. Con un consumo total de 10,5 kW.

3.3.- CONSUMIDORES DE FUERZA, VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO.

El cálculo de los requerimientos de estos consumidores de fuerza se realizó en el capítulo 06. La potencia de cada consumidor puede verse en el resumen realizado al final de este capítulo.

4.-BALANCE ELÉCTRICO

En este apartado se calculará la potencia necesaria a bordo para poder alimentar a todos los consumidores, así como estimar la potencia probable que habrá de disponerse en cada estado de carga.

Cada estado de carga representa una situación, en la que el consumo de energía eléctrica por los distintos receptores se considerará prácticamente constante. Los estados de carga a tener en cuenta son:



- Navegación normal
- Maniobra
- Remolque
- Lucha contra incendios
- Lucha contra la contaminación
- Puerto
- Emergencia

Se tendrá en cuenta los distintos consumidores:

1) Instalaciones de fuerza:

- Auxiliares de la propulsión
- Trasvase y purificación de aceites y combustibles
- Contra incendios y antipolución
- Auxiliares de casco
- Equipos especiales
- Ventilación y aire acondicionado
- Resto de consumidores
- Equipos de maniobra y gobierno
- Fonda y habitación

2) Consumidores de 220 V:

- Iluminación interior y exterior
- Equipos de navegación y comunicaciones

En cada situación de carga, a cada consumidor se le asignará un **coeficiente de simultaneidad (K_u)** tomando valores con saltos normalizados (0, 0.2, 0.5 y 1) que permitan reflejar suficientemente distintas situaciones de trabajo. Estos valores se asignarán de la siguiente forma:

- Equipos que no sean empleados en esa condición de carga: $K_u = 0$
- Equipos con un uso eventual: $K_u = 0,2$
- Equipos con un uso periódico: $K_u = 0,5$
- Equipos con un uso continuo: $K_u = 1$



4.1.- NÚMERO Y POTENCIA DE LOS GENERADORES NECESARIOS

Una vez realizado el balance eléctrico se elige el estado que requiera mayor potencia a instalar para estimar la potencia mínima necesaria, así quedarán cubiertas todas las necesidades del buque en los diferentes estados de carga.

De acuerdo con el Lloyd's y el SEVIMAR (Parte I, regla 41) la planta eléctrica principal debe estar constituida, al menos, por **dos grupos generadores** para garantizar el servicio en caso de que falle uno.

Es de práctica generalizada distribuir la potencia total necesaria a la condición de carga más desfavorable en un número n de generadores de igual potencia, de tal forma que $(n-1)$ generadores puedan suministrar dicha potencia. De esta manera se dispone de un generador de reserva, el cual puede ser permutado circularmente con los demás, permitiendo el reposo periódico de los mismos. Si además dichos generadores son idénticos se reduce considerablemente el número de respetos necesarios.

Se debe comprobar el régimen de los generadores en las distintas situaciones de carga. Para modelos de motores diesel auxiliares convencionales puede considerarse, en principio, como valores admisibles del régimen entre el 70% y el 90% del MCR.

Del balance eléctrico se obtienen los siguientes resultados:

	NAV	MANIO.	REM	PUER	ANTI.	C.I.	EMER.
Potencia Total Necesaria(kW)	114.01	112.3	142.5	71.5	134.0	110.0	22.1
Margen error 5% (kW)	5.7	5.6	7.1	3.6	6.7	5.5	1.1
Potencia Total requerida (kW)	119.7	117.9	149.6	75.1	140.7	115.5	23.2
Potencia Aparente (KVA)	149.6	147.4	187.0	93.9	175.9	144.4	29.0
Potencia de servicio (kVA)	210	210	210	210	210	210	46
Grupos en Servicio	1	1	1	1	1	1	1
Régimen de servicio	0.71	0.70	0.89	0.45	0.84	0.69	0.63

El resumen detallado de todos los cálculos se encuentra al final de este cuaderno.



El margen se ha tomado teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- En todo cálculo se debe tomar un cierto margen de seguridad
- A lo largo de la vida de un buque, la potencia eléctrica instalada sufre constantemente pequeños pero continuos incrementos.

Para determinar la potencia de los generadores se considera la situación que requiere una mayor demanda. Ésta es la de remolque la cual requiere una potencia total de 187,0 kVA .

Los grupos auxiliares han sido suministrados por la empresa GUASCOR, S.A. A su vez los alternadores pertenecen a la casa INDAR. Las características de dichos grupos son las siguientes:

MOTOR GUASCOR-ALTERNADOR INDAR	
CARACTERÍSTICAS GENERALES	
VELOCIDAD	1500 R.P.M
PROTECCIÓN	IP23
AISLAMIENTO	CLASE H
FRECUENCIA	50 Hz
TENSIÓN	380 V
MOTOR	
TIPO	4 SCSA
POTENCIA MECÁNICA	165 kW
ALTERNADOR	
TIPO	LCB-280-L-4
POTENCIA ELÉCTRICA	168 kW
	210 kVA

Los motores auxiliares estarán montados sobre bancada única con suspensión elástica.



4.2.- FUNCIONAMIENTO DE LOS GENERADORES EN CADA SITUACIÓN.

Los generadores han sido dimensionados de tal forma que sólo uno de ellos satisfaga las necesidades de consumo eléctrico en cada situación. De este modo se cuenta con uno de respeto continuamente, además de permitirnos la posibilidad de repartir el desgaste de los mismos, prolongando así su periodo de vida.

4.2.1.- NAVEGACIÓN

	NAVEGACIÓN
Potencia Total Necesaria(kW)	138,76
Margen error 5% (kW)	6,9
Potencia Total requerida (kW)	145,7
Potencia Aparente (KVA)	182,1
Potencia de servicio (kVA)	210
Grupos en Servicio	1
Régimen de servicio	0,71



El régimen de funcionamiento es de un **71%**. Este régimen se encuentra dentro de los valores admisibles.

4.2.2.- MANIOBRA

	MANIOBRA
Potencia Total Necesaria(kW)	143,8
Margen error 5% (kW)	7,2
Potencia Total requerida (kW)	151,0
Potencia Aparente (KVA)	188,8
Potencia de servicio (kVA)	210
Grupos en Servicio	1
Régimen de servicio	0,70

El régimen de funcionamiento es de un **70%**. Este régimen se encuentra dentro de los valores admisibles.

4.2.3.- REMOLQUE

	REMOLQUE
Potencia Total Necesaria(kW)	159,8
Margen error 5% (kW)	8,0
Potencia Total requerida (kW)	167,8
Potencia Aparente (KVA)	209,7
Potencia de servicio (kVA)	258
Grupos en Servicio	1
Régimen de servicio	0,89

En esta situación se obtiene un régimen de funcionamiento del **89 %**. Este regimen es un poco alto, pero esta situación de carga es puntual. El buque no se encuentra continuamente remolcando. Por tanto es un valor admisible.



4.2.4.- PUERTO

	PUERTO
Potencia Total Necesaria(kW)	86,9
Margen error 5% (kW)	4,3
Potencia Total requerida (kW)	91,2
Potencia Aparente (KVA)	114,0
Potencia de servicio (kVA)	210
Grupos en Servicio	1
Régimen de servicio	0,45

En esta situación, empleando un generador, se obtiene un régimen de funcionamiento de **45 %**, valor un poco bajo, aunque se encuentra dentro de los valores admisibles.

Una solución económica a adoptar, bajo el consentimiento del Armador, sería la de instalar un pequeño generador diesel que satisficiera las necesidades eléctricas en puerto. Consiguiendo de esta manera un ahorro de combustible y una menor perturbación acústica.

4.2.5.- ANTIPOLUCIÓN

	ANTIPOLUCIÓN
Potencia Total Necesaria(kW)	179,7
Margen error 5% (kW)	9,0
Potencia Total requerida (kW)	188,6
Potencia Aparente (KVA)	235,8
Potencia de servicio (kVA)	210
Grupos en Servicio	1
Régimen de servicio	0,84

En este caso el régimen es del **84%**.



4.2.6.- CONTRAINCENDIOS

	C.I.
Potencia Total Necesaria(kW)	142,3
Margen error 5% (kW)	7,1
Potencia Total requerida (kW)	149,4
Potencia Aparente (KVA)	186,8
Potencia de servicio (kVA)	210
Grupos en Servicio	1
Régimen de servicio	0,69

En esta situación, se obtiene un régimen de funcionamiento del **69%**. Se encuentra por tanto dentro de los valores admisibles.

5.-PLANTA DE EMERGENCIA

Dado que el buque de proyecto es menor a 500 G.T. En dicho apartado no está sujeto a la normativa SOLAS. Por tanto, los motores auxiliares han de ser capaces de suministrar la energía eléctrica necesaria en caso de emergencia. Se procede conectando uno de los auxiliares en modo automático, de tal manera que cuando se produce una caída en la planta eléctrica, éste se pone en marcha.

En caso de emergencia, se dispondrá de un acumulador de baterías de 24V capaces de alimentar los servicios de alumbrado de emergencia (iluminación de escape), luces de navegación y señales, equipos de detección y alarma de incendios, los sistemas de comunicaciones interiores y señales. La potencia a suministrar en este caso es de 12,7 KW.

Esta fuente de energía se sitúa sobre la cubierta de botes ya que, según el reglamento del Lloyd's deberá estar en un compartimento situado por encima de la cubierta corrida más alta y distinto del que ocupa el cuadro de emergencia.



6.- CUADROS DE DISTRIBUCIÓN

La normativa referente a cuadros de distribución se encuentra en la Parte 6, Capítulo 2, sección 5.1.5. del reglamento del Lloyd's..

Los cuadros de distribución serán de tipo metálico, de chapa de acero pintada, estando, tanto las paredes como las puertas, conectadas a tierra eficazmente, con objeto de que actúen como pantalla ante las radiaciones electromagnéticas. El conjunto ha de ser de "frente muerto", es decir que ninguno de los elementos a los que pueda tocar el operador deben estar bajo tensión.

En el frente se situarán los elementos de interfase "hombre-máquina" como lámparas, interruptores, pulsadores, instrumentos de medida. En el interior se sitúan los elementos de aparamenta y las conexiones de los conductores.

La ventilación del cuadro será por convección natural existiendo para ello aberturas troqueladas o rejillas en la parte inferior y superior.

6.1.- CUADRO PRINCIPAL

La misión del cuadro principal es múltiple:

- Ser el punto de conexión de los distintos generadores a la red, incorporando su aparamenta de protección, medida y, en parte, de regulación.
- Alojarse los elementos del equipo de sincronización, reparto de cargas y protección general.
- Incorporar los elementos de distribución de primer nivel de la red, incluyendo sus instrumentos de medida y aparamenta de protección.
- Incorporar los convertidores de medida analógicos y digitales que sirven para transmitir el estado de la planta eléctrica al sistema de automatización.

El cuadro principal se situará en una plataforma intermedia frente al mamparo de proa de la Cámara de Máquinas. Consta básicamente de:

- Barras: sirven para realizar la conexión entre los módulos



- Interruptores principales: se trata de interruptores de potencia situados en el módulo de cada generador y conectados entre éste y las barras. Su misión es conectar y desconectar el generador de la red y, sobre todo, proteger al generador y al resto de la red.
- Módulo de sincronización: su misión es que la conexión de un grupo de barras, cuando ya están otros funcionando, se realice de forma suave.

6.2.- CUADRO DE MANIOBRA

Situado entre los dos grupos electrógenos, su función es la de asegurar que éstos no trabajen en paralelo, además de que la conexión se realice cuando uno de los dos esté sin tensión.

6.3.- CUADROS DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIOS

En el interior de los cuadros de distribución tan solo se incorporan las conexiones de derivación de cada circuito, con los elementos de protección y conexión correspondientes.

6.4.- CUADROS TERMINALES

Son los que se encuentran en el último nivel. Suelen alimentar una carga o grupo de cargas, cada una con sus circuitos de protección, mando y control .

6.5.- CUADRO DE CONEXIÓN A TIERRA

Su misión es permitir que el buque se alimente en puerto de la red terrestre, con todos los grupos parados. No está previsto que pueda funcionar en paralelo con ninguno de los grupos del buque y debe incorporar sistemas de conexión y protección normalizados.



7.- TRANSFORMADORES

Se deberá cumplir con lo dispuesto en la Parte 6, Capítulo 2, sección 9 del reglamento del Lloyd's. Se dispondrán al menos dos transformadores que suministren a los mismos servicios, de forma que en caso de fallo de uno de ellos, estos servicios continúen siendo operativos.

En el buque de proyecto se dispondrán dos transformadores para suministro de los consumidores de 220 V que se alimentan directamente del cuadro principal y de un acumulador de baterías para los consumidores de 220 V en caso de emergencia ya descrito anteriormente.

En el balance eléctrico para el cálculo de transformadores se resume a continuación:

	NAV	MANIO.	REM	PUER	ANTI.	C.I.	EMER.
Alumbrado	10	10	10	9,55	10	10	7,25
Equipo navegación y comunicaciones	8,2	8,2	8,2	7,38	8,2	8,2	4,88
Aparatos de cocina y lavandería	5	5	5	5	5	5	0
Potencia Total Necesaria(kW)	23,2	23,2	23,2	21,93	23,2	23,2	12,13
Margen error 5% (kW)	1,2	1,2	1,2	1,1	1,2	1,2	0,6
Potencia Total requerida(kW)	24,4	24,4	24,4	23,0	24,4	24,4	12,7
Potencia Aparente (KVA)	30,5	30,5	30,5	28,8	30,5	30,5	15,9

Las características de los transformadores son las siguientes:

- Principales: 380/220 V 40 KVA
- Emergencia :280/220 V 20 KVA



8.- DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA DE POTENCIA

8.1.-CABLES ELÉCTRICOS

La misión de los cables eléctricos es conectar dos puntos de una instalación, transportando entre ellos energía o información. Esta conexión se debe realizar con pérdidas bajas.

El dimensionamiento y elección del tipo de cables estará de acuerdo con lo dispuesto en el Reglamento del Lloyd's Parte 6, Capítulo 2, sección 10 y con la norma UNE-21-135.

En la disposición de los cables a bordo se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Un mínimo recorrido con objeto de reducir los costes de adquisición, instalación y las pérdidas.
- Unos recorridos y protección que reduzcan al máximo el riesgo de accidentes y que la alimentación a servicios esenciales no se interrumpa por un accidente localizado.
- Un recorrido compatible con otros servicios y una división en tramos que permita al máximo una construcción modular para el astillero.
- Procurar que no haya interferencia entre los cables de potencia y de señal.

Los conductores se dimensionarán para poder soportar el 100 % de la potencia generada por cada grupo. Se elegirán cables de aislante XLPE por ser estos los más frecuentes a bordo.

8.1.1.- CONDUCTORES GENERADORES-CUADRO PRINCIPAL.

La potencia aparente nominal de cada equipo alternador es de 210 kVA. Su intensidad nominal será por tanto:



$$I_n = \frac{S_g}{\sqrt{3} \cdot 380} = \frac{210}{\sqrt{3} \cdot 380} \cdot 1000 = 319 A$$

La combinación más adecuada resulta ser de 3 cables trifilares de (3x 38) cuya intensidad nominal es de 108 A.

Los planos del diseño unifilar se pueden ver en el plano 07.1 Esquema Unificar General.

Existe un cuadro de maniobra entre los dos grupos auxiliares, con los enclavamientos necesarios para que la conexión, en caso de emergencia, se realice cuando uno de los dos esté sin tensión. De la misma forma nos aseguramos que nunca van a trabajar en paralelo.

CAPÍTULO 8

ESTIMACIÓN

DE PESOS

Y

C.G.D.



1.- INTRODUCCIÓN

Para el proyecto de un buque es necesario conocer su desplazamiento, que por el Principio de Arquímedes es igual al peso del buque.

En el cálculo del desplazamiento se puede:

- Extrapolar los datos conocidos del Buque Base
- Método directo, calculando directamente los pesos que componen el buque
- Uso de alguna ecuación de desplazamiento o método de estimación

El desplazamiento del buque se descompone en: peso en rosca y peso muerto.

El peso en rosca es la suma de todos los pesos del buque listo para navegar, excluyendo carga, pasaje, tripulación, pertrechos y consumos, pero incluyendo fluidos en aparatos y tuberías. Los pesos excluidos del peso en rosca conforman el denominado peso muerto.

El peso y la posición del centro de gravedad de la rosca de un buque no se conocen exactamente hasta su puesta a flote, y es la realización de la experiencia de estabilidad la que proporciona estos valores.

Desglose del Peso en rosca:

a) Elementos de la estructura

- Fondos y dobles fondos (incluye pozos de sentinas)
- Mamparos transversales
- Mamparos longitudinales
- Tanques estructurales
- Cubiertas intermedias
- Bloque de popa (incluyendo codaste y arbotantes)
- Bloque de proa (incluye caja de cadenas)
- Forro exterior (incluye quillas de balance)
- Plataformas
- Brazolas de escotilla
- Troncos de acceso
- Cajas de tomas de mar



Amuradas
Cubiertas de habilitación
Mamparos exteriores de habilitación
Guardacalor
Mamparos interiores
Chimenea
Casetas de chigres

b) Sistemas auxiliares y maquinaria

Maquinaria propulsora
Línea de ejes, embrague,...
Propulsores Aquamaster
Sistema de combustible
Sistema de aceite
Sistema de aire comprimido de arranque y control
Sistemas de refrigeración
Sistema de generación de agua caliente
Grupos electrógenos principales
Sistema de lastre
Sistema de sentinas
Sistema de baldeo y contraincendios
Sistema sanitario de alimentación y descargas
Ventilación de cámara de Máquinas
Pañoles y talleres de Cámara de Máquinas
Cuadros eléctricos
Generadores acoplados a las líneas de ejes
Transformadores
Baterías
Grupos convertidores
Aparatos de alumbrado (excepto habilitación)

c) Elementos del equipo y habilitación

Elementos de madera del casco
Equipo de fondeo y amarre
Equipo de remolque
Equipo de navegación
Equipo de gobierno
Equipo de salvamento y contraincendios
Equipo de carga y manipulación
Cierres y accesos
Habilitación



$$\Delta = P_{\text{Rosca}} + P_{\text{Muerto}}$$

$$P_{\text{Rosca}} = P_{\text{Acero}} + P_{\text{Maquinaria}} + P_{\text{Eq.y Habilitación}}$$

$$P_{\text{Muerto}} = \text{Carga útil} + \text{Tripulación y pasaje} + \text{Pertrechos} + \text{Consumos}$$

2.- PESO DEL ACERO

2.1.- RESUMEN DEL PESO DEL ACERO

Para calcular el peso del acero se descompondrá el buque en sus elementos estructurales.

En la siguiente tabla se resume el peso del acero. Se ha considerado un incremento del 5% del peso debido a la soldadura.

	Peso (T)	Mto. LB (mT)	Mto. PP (mT)
Longitudinales	8,42	15,38	122,07
Transversales	36,32	70,73	558,73
Mamparos	40,96	88,36	580,04
Forro	58,50	173,31	828,36
Superestructura	20,37	157,29	350,10
Apéndices	5,31	-5,24	46,60
Total	169,88		
5% soldadura	8,49	499,84	2485,89
	Peso (T)	Zcg (m)	Xcg (m)
Acero	178,38	2,94	14,63



2.2.- ELEMENTOS LONGITUDINALES

Elemento	Cnas.	No	Dimensiones			Area (m ²)	Peso (Ton)	Xcdg (m)	Z cdg (m)	Mto LB	Mto. popa
			X (m)	Z (m)	e (mm)						
Vagras											
Central											
	[0,5]	1	3,000	2,300	8	6,90	0,43	1,80	3,10	1,34	0,78
	[5,7]	1	1,200	3,500	8	4,20	0,26	3,60	2,50	0,66	0,95
	[7,14]	1	3,600	1,700	8	6,12	0,38	6,60	1,10	0,42	2,54
	[14,30]	1	9,600	1,150	10	11,04	0,87	13,20	0,58	0,50	11,44
	[30,40]	1	6,000	1,150	10	6,90	0,54	21,00	0,78	0,42	11,37
	[40,45]	1	3,000	1,550	8	4,65	0,29	25,50	1,52	0,44	7,45
Roda											
	[45,50]	1	3,000	0,150	10	0,45	0,04	28,50	3,28	0,12	1,01
Lat. Interior											
	[7,14]	2	4,200	1,160	8	4,87	0,306	6,00	1,40	0,43	1,84
	[14,19]	2	3,000	0,720	14	2,16	0,237	10,20	0,50	0,12	2,42
	[19,40]	2	12,600	0,900	14	11,34	1,246	17,70	0,76	0,95	22,06
	[40,44]	2	2,400	0,500	11	1,20	0,104	25,20	0,91	0,09	2,61
	[38,45]	2	4,200	0,600	10	2,52	0,198	24,90	0,87	0,17	4,93
Lat. Exterior											
	[14,26]	2	7,200	0,920	14	6,62	0,728	10,80	0,69	0,50	7,86
	[26,40]	2	8,400	0,942	14	7,91	0,870	19,80	0,94	0,82	17,22

Elemento	Cuadernas	No	Dimensiones (mm)				Peso/m (Ton/m)	Longitud (m)	Peso (Ton)	Xcdg (m)	Zcdg (m)	Mto LB	Mto popa
			Ala	e	Alma	e							
Esloras													
	[7,17]	4	100	10	300	8	0,03	6,00	0,64	7,20	4,30	2,75	4,61
	[23,32]	4	100	10	300	8	0,03	5,40	0,58	16,50	4,60	2,65	9,51
	[32,39]	4	100	10	300	8	0,03	4,20	0,45	21,30	4,60	2,06	9,55

Elemento	Cuadernas	No	Dimensiones (mm)			Peso/m (Ton/m)	Longitud (m)	Peso (Ton)	Xcdg (m)	Z cdg (m)	Mto LB	Mto Per popa
			Ala	Alma	e							
Palmejares												
	[0,3]	2	80	80	8	0,01	1,80	0,04	0,90	4,20	0,15	0,03
	[0,2]	2	80	80	8	0,01	1,20	0,02	0,60	3,70	0,09	0,01
	[0,5]	2	80	80	8	0,01	3,00	0,06	1,50	3,20	0,19	0,09
	[48,50]	2	80	80	8	0,01	1,20	0,02	29,40	4,75	0,11	0,71
	[45,50]	2	80	80	8	0,01	3,00	0,06	28,50	3,90	0,24	1,72
	[45,49]	2	80	80	8	0,01	2,40	0,05	28,20	3,05	0,15	1,36

SUBTOTAL	Peso (T)	Mto LB	Mto PP
	8,42	15,38	122,07

2.3.- ELEMENTOS TRANSVERSALES

Elemento	Cna.	No	Dimensiones			Area (m ²)	Peso (Ton)	Xcdg (m)	Z cdg (m)	Mto LB	Mto Popa
			Y (m)	Z (m)	e (mm)						
Varengas											
	0	2	0,30	0,50	8	0,15	0,019	0,00	3,15	0,06	0,00
	1	2	0,90	0,70	8	0,63	0,079	0,60	2,89	0,23	0,05
	2	2	1,20	1,20	8	1,44	0,181	1,20	2,57	0,47	0,22
	3	2	1,50	1,70	8	2,55	0,320	1,80	2,39	0,76	0,58
	4	2	1,80	1,90	8	3,42	0,430	2,40	2,14	0,92	1,03
	5	2	2,10	1,90	8	3,99	0,501	3,00	1,88	0,94	1,50
	6	2	2,40	1,80	8	4,32	0,543	3,60	1,61	0,87	1,95
	7	2	2,70	2,50	8	6,75	0,848	4,20	1,78	1,51	3,56



Elemento Varengas	Cna.	No	Dimensiones			Area (m ²)	Peso (Ton)	Xcdg (m)	Z cdg (m)	Mto LB	Mto Popa
			Y (m)	Z (m)	e (mm)						
	8	2	2,80	1,29	8	3,61	0,454	4,80	0,84	0,38	2,18
	9	2	2,90	1,29	8	3,74	0,470	5,40	0,84	0,40	2,54
	10	2	3,00	1,29	8	3,87	0,486	6,00	0,84	0,41	2,92
	11	2	3,10	1,29	8	4,00	0,503	6,60	0,84	0,42	3,32
	12	2	3,20	1,29	8	4,13	0,519	7,20	0,84	0,44	3,74
	13	2	3,30	1,29	8	4,26	0,535	7,80	0,84	0,45	4,17
	14	2	3,40	1,29	8	4,39	0,551	8,40	0,84	0,46	4,63
	15	2	3,40	0,72	8	2,45	0,307	9,00	0,44	0,13	2,77
	16	2	3,60	0,72	8	2,59	0,326	9,60	0,44	0,14	3,13
	17	2	3,80	0,72	8	2,74	0,344	10,20	0,44	0,15	3,51
	18	2	4,00	0,72	8	2,88	0,362	10,80	0,44	0,16	3,91
	19	2	4,20	0,72	8	3,02	0,380	11,40	0,44	0,17	4,33
	20	2	4,40	0,72	8	3,17	0,398	12,00	0,44	0,17	4,77
	21	2	4,70	0,72	8	3,38	0,425	12,60	0,44	0,19	5,36
	22	2	4,70	0,72	8	3,38	0,425	13,20	0,44	0,19	5,61
	23	2	4,70	0,72	8	3,38	0,425	13,80	0,44	0,19	5,87
	24	2	4,70	0,72	8	3,38	0,425	14,40	0,44	0,19	6,12
	25	2	4,70	0,72	8	3,38	0,425	15,00	0,44	0,19	6,38
	26	2	4,70	0,72	8	3,38	0,425	15,60	0,44	0,19	6,63
	27	2	4,70	0,72	8	3,38	0,425	16,20	0,44	0,19	6,89
	28	2	4,70	0,72	8	3,38	0,425	16,80	0,44	0,19	7,14
	29	2	4,70	0,72	8	3,38	0,425	17,40	0,44	0,19	7,40
	30	2	4,70	0,72	8	3,38	0,425	18,00	0,44	0,19	7,65
	31	2	4,70	0,72	8	3,38	0,425	18,60	0,44	0,19	7,91
	32	2	4,70	0,72	8	3,38	0,425	19,20	0,66	0,28	8,16
	33	2	4,70	0,72	8	3,38	0,425	19,80	0,66	0,28	8,42
	34	2	4,70	0,72	8	3,38	0,425	20,40	0,66	0,28	8,67
	35	2	4,70	0,72	8	3,38	0,425	21,00	0,66	0,28	8,93
	36	2	4,70	0,74	8	3,47	0,436	21,60	0,75	0,33	9,41
	37	2	4,70	0,74	8	3,47	0,436	22,20	0,75	0,33	9,67
	38	2	4,70	0,74	8	3,47	0,436	22,80	0,75	0,33	9,93
	39	2	4,70	0,74	8	3,47	0,436	23,40	0,75	0,33	10,19
	40	2	4,00	1,80	8	7,20	0,904	24,00	1,20	1,09	21,70
	41	2	3,70	1,70	8	6,29	0,790	24,60	1,32	1,04	19,43
	42	2	3,50	1,60	8	5,60	0,703	25,20	1,38	0,97	17,72
	43	2	3,00	1,40	8	4,20	0,528	25,80	1,40	0,74	13,61
	44	2	2,50	1,30	8	3,25	0,408	26,40	1,45	0,59	10,78
	45	2	2,00	3,00	8	6,00	0,754	27,00	4,72	3,56	20,35
	46	2	1,50	2,90	8	4,35	0,546	27,60	2,81	1,54	15,08
	47	2	1,00	2,50	8	2,50	0,314	28,20	3,58	1,12	8,85
	48	2	0,50	1,55	8	0,78	0,097	28,80	3,51	0,34	2,80
	49	2	0,30	0,30	8	0,09	0,011	29,40	4,34	0,05	0,33

Elemento Ref. vert.	Cna.	No	Dimensiones			Peso/m (Ton/m)	Longitud (m)	Peso (Ton)	Xcdg (m)	Zcdg (m)	Mto LB	Momento Per popa
			Ala (mm)	Alma (mm)	e (mm)							
	0	4	70	70	7	0,008	0,50	0,02	0,00	3,15	0,05	0,00
	1	4	70	70	7	0,008	0,70	0,02	0,60	2,89	0,06	0,01
	2	4	70	70	7	0,008	1,20	0,04	1,20	2,57	0,10	0,04
	3	4	70	70	7	0,008	1,70	0,05	1,80	2,39	0,12	0,09
	4	4	70	70	7	0,008	1,90	0,06	2,40	2,14	0,13	0,14
	5	4	70	70	7	0,008	1,90	0,06	3,00	1,88	0,11	0,18
	6	4	70	70	7	0,008	1,80	0,06	3,60	1,61	0,09	0,20
	7	4	70	70	7	0,008	2,50	0,08	4,20	1,78	0,14	0,32
	8	4	70	70	7	0,008	1,29	0,04	4,80	0,84	0,03	0,19
	9	4	70	70	7	0,008	1,29	0,04	5,40	0,84	0,03	0,21
	10	4	70	70	7	0,008	1,29	0,04	6,00	0,84	0,03	0,24
	11	4	70	70	7	0,008	1,29	0,04	6,60	0,84	0,03	0,26
	12	4	70	70	7	0,008	1,29	0,04	7,20	0,84	0,03	0,29
	13	4	70	70	7	0,008	1,29	0,04	7,80	0,84	0,03	0,31
	14	6	70	70	7	0,008	1,29	0,06	8,40	0,84	0,05	0,50
	15	6	70	70	7	0,008	0,72	0,03	9,00	0,44	0,01	0,30
	16	6	70	70	7	0,008	0,72	0,03	9,60	0,44	0,01	0,32



Elemento Ref. vert.	Cna.	No	Dimensiones			Peso/m (Ton/m)	Longitud (m)	Peso (Ton)	Xcdg (m)	Zcdg (m)	Mto LB	Momento Per popa
			Ala (mm)	Alma (mm)	e (mm)							
	17	6	70	70	7	0,008	0,72	0,03	10,20	0,44	0,01	0,34
	18	6	70	70	7	0,008	0,72	0,03	10,80	0,44	0,01	0,36
	19	6	70	70	7	0,008	0,72	0,03	11,40	0,44	0,01	0,38
	20	6	70	70	7	0,008	0,72	0,03	12,00	0,44	0,02	0,40
	21	6	70	70	7	0,008	0,72	0,03	12,60	0,44	0,02	0,42
	22	6	70	70	7	0,008	0,72	0,03	13,20	0,44	0,01	0,44
	23	6	70	70	7	0,008	0,72	0,03	13,80	0,44	0,01	0,46
	24	6	70	70	7	0,008	0,72	0,03	14,40	0,44	0,01	0,48
	25	6	70	70	7	0,008	0,72	0,03	15,00	0,44	0,01	0,50
	26	6	70	70	7	0,008	0,72	0,03	15,60	0,44	0,01	0,52
	27	6	70	70	7	0,008	0,72	0,03	16,20	0,44	0,01	0,54
	28	6	70	70	7	0,008	0,72	0,03	16,80	0,44	0,01	0,56
	29	6	70	70	7	0,008	0,72	0,03	17,40	0,44	0,01	0,58
	30	6	70	70	7	0,008	0,72	0,03	18,00	0,44	0,01	0,60
	31	6	70	70	7	0,008	0,72	0,03	18,60	0,44	0,01	0,62
	32	6	70	70	7	0,008	0,72	0,03	19,20	0,66	0,02	0,64
	33	6	70	70	7	0,008	0,72	0,03	19,80	0,66	0,02	0,66
	34	6	70	70	7	0,008	0,72	0,03	20,40	0,66	0,02	0,68
	35	6	70	70	7	0,008	0,72	0,03	21,00	0,66	0,02	0,70
	36	6	70	70	7	0,008	0,74	0,03	21,60	0,75	0,03	0,74
	37	6	70	70	7	0,008	0,74	0,03	22,20	0,75	0,03	0,76
	38	6	70	70	7	0,008	0,74	0,03	22,80	0,75	0,03	0,78
	39	6	70	70	7	0,008	0,74	0,03	23,40	0,75	0,03	0,80
	40	6	70	70	7	0,008	1,80	0,08	24,00	1,20	0,10	1,99
	41	2	120	500	10	0,049	0,60	0,06	24,60	1,32	0,08	1,44
	42	2	120	500	10	0,049	0,60	0,06	25,20	1,38	0,08	1,47
	43	2	120	500	10	0,049	0,60	0,06	25,80	1,40	0,08	1,51
	44	2	120	500	10	0,049	0,60	0,06	26,40	1,45	0,08	1,54
	45	2	120	500	10	0,049	0,60	0,06	27,00	1,53	0,09	1,58
	46	2	120	500	10	0,049	0,60	0,06	27,60	1,61	0,09	1,61
	47	2	120	500	10	0,049	0,60	0,06	28,20	2,08	0,12	1,65
	48	2	120	500	10	0,049	0,60	0,06	28,80	2,98	0,17	1,68
	49	2	120	500	10	0,049	0,60	0,06	29,40	4,44	0,26	1,72

Elemento Cuadernas	Cna.	No	Dimensiones			Peso/m (Ton/m)	Longitud (m)	Peso (Ton)	Xcdg (m)	Zcdg (m)	Mto LB	Mto Popa
			Ala (mm)	Alma (mm)	e (mm)							
	0	2	90	90	9	0,013	1,05	0,03	0,00	3,98	0,11	0,00
	1	2	90	90	9	0,013	2,00	0,05	0,60	3,50	0,18	0,03
	2	2	90	90	9	0,013	2,00	0,05	1,20	3,50	0,18	0,06
	3	2	90	90	9	0,013	2,00	0,05	1,80	3,50	0,18	0,09
	4	2	90	90	9	0,013	2,00	0,05	2,40	3,50	0,18	0,12
	5	2	90	90	9	0,013	2,00	0,05	3,00	3,50	0,18	0,15
	6	4	90	90	9	0,013	2,00	0,10	3,60	3,50	0,36	0,37
	7	4	90	90	9	0,013	2,00	0,10	4,20	3,50	0,36	0,43
	8	4	90	90	9	0,013	2,03	0,10	4,80	3,52	0,36	0,50
	9	4	90	90	9	0,013	2,03	0,10	5,40	3,52	0,36	0,56
	10	4	90	90	9	0,013	2,03	0,10	6,00	3,52	0,36	0,62
	11	4	90	90	9	0,013	2,03	0,10	6,60	3,52	0,36	0,68
	12	4	90	90	9	0,013	2,03	0,10	7,20	3,52	0,36	0,74
	13	4	90	90	9	0,013	2,03	0,10	7,80	3,52	0,36	0,81
	14	4	90	90	9	0,013	2,89	0,15	8,40	2,34	0,34	1,23
	15	4	90	90	9	0,013	2,85	0,14	9,00	2,34	0,34	1,30
	16	4	90	90	9	0,013	2,80	0,14	9,60	2,35	0,33	1,37
	17	4	90	90	9	0,013	2,77	0,14	10,20	2,35	0,33	1,43
	18	4	90	90	9	0,013	2,73	0,14	10,80	2,35	0,33	1,50
	19	4	90	90	9	0,013	2,70	0,14	11,40	2,36	0,32	1,56
	20	4	90	90	9	0,013	2,67	0,14	12,00	2,37	0,12	1,63
	21	4	90	90	9	0,013	2,64	0,13	12,60	2,37	0,12	1,69
	22	4	90	90	9	0,013	2,61	0,13	13,20	2,38	0,32	1,75
	23	4	90	90	9	0,013	2,59	0,13	13,80	2,39	0,31	1,82
	24	4	90	90	9	0,013	2,57	0,13	14,40	2,40	0,31	1,88
	25	4	90	90	9	0,013	2,56	0,13	15,00	2,42	0,32	1,95



Elemento Cuadernas	Cna.	No	Dimensiones			Peso/m (Ton/m)	Longitud (m)	Peso (Ton)	Xcdg (m)	Zcdg (m)	Mto LB	Mto Popa
			Ala (mm)	Alma (mm)	e (mm)							
	26	4	90	90	9	0,013	2,55	0,13	15,60	2,44	0,32	2,03
	27	4	90	90	9	0,013	2,55	0,13	16,20	2,46	0,32	2,10
	28	4	90	90	9	0,013	2,56	0,13	16,80	2,49	0,32	2,18
	29	4	90	90	9	0,013	2,56	0,13	17,40	2,51	0,33	2,27
	30	4	90	90	9	0,013	2,57	0,13	18,00	2,54	0,33	2,35
	31	4	90	90	9	0,013	2,59	0,13	18,60	2,57	0,34	2,45
	32	4	90	90	9	0,013	2,61	0,13	19,20	2,60	0,35	2,55
	33	4	90	90	9	0,013	2,63	0,13	19,80	2,63	0,35	2,65
	34	4	90	90	9	0,013	2,66	0,14	20,40	2,67	0,36	2,76
	35	4	90	90	9	0,013	2,69	0,14	21,00	2,71	0,37	2,88
	36	4	90	90	9	0,013	2,75	0,14	21,60	2,76	0,39	3,02
	37	4	90	90	9	0,013	2,79	0,14	22,20	2,80	0,40	3,16
	38	4	90	90	9	0,013	2,83	0,14	22,80	2,84	0,41	3,28
	39	4	90	90	9	0,013	2,87	0,15	23,40	2,88	0,42	3,42
	40	4	90	90	9	0,013	2,92	0,15	24,00	2,91	0,43	3,57
	41	2	90	90	9	0,013	2,10	0,05	24,60	3,25	0,17	1,31
	42	2	90	90	9	0,013	2,10	0,05	25,20	3,25	0,17	1,35
	43	2	90	90	9	0,013	2,10	0,05	25,80	3,25	0,17	1,38
	44	2	90	90	9	0,013	2,10	0,05	26,40	3,25	0,17	1,41
	45	2	90	90	9	0,013	2,10	0,05	27,00	3,25	0,17	1,44
	46	2	90	90	9	0,013	2,10	0,05	27,60	3,25	0,17	1,47
	47	2	90	90	9	0,013	2,10	0,05	28,20	3,25	0,17	1,51
	48	2	90	90	9	0,013	2,10	0,05	28,80	3,25	0,17	1,54
	49	2	90	90	9	0,013	2,10	0,05	29,40	3,25	0,17	1,57

Elemento Baos	Cna.	No	Dimensiones			Peso/m (Ton/m)	Longitud (m)	Peso (Ton)	Xcdg (m)	Zcdg (m)	Mto LB	Mto Popa
			Ala (mm)	Alma (mm)	e (mm)							
	0	2	80	80	8	0,010	0,30	0,01	0,00	4,70	0,03	0,00
	1	2	80	80	8	0,010	0,90	0,02	0,60	4,70	0,09	0,01
	2	2	80	80	8	0,010	1,50	0,03	1,20	4,70	0,14	0,04
	3	2	80	80	8	0,010	2,00	0,04	1,80	4,65	0,19	0,07
	4	2	80	80	8	0,010	2,50	0,05	2,40	4,60	0,23	0,12
	5	2	80	80	8	0,010	2,90	0,06	3,00	4,50	0,26	0,17
	6	2	80	80	8	0,010	3,10	0,06	3,60	4,40	0,27	0,22
	7	2	80	80	8	0,010	3,30	0,07	4,20	4,40	0,29	0,28
	8	2	80	80	8	0,010	3,50	0,07	4,80	4,40	0,31	0,34
	9	2	80	80	8	0,010	3,70	0,07	5,40	4,40	0,33	0,40
	10	2	80	80	8	0,010	3,80	0,08	6,00	4,40	0,34	0,46
	11	2	80	80	8	0,010	4,00	0,08	6,60	4,20	0,34	0,53
	12	2	80	80	8	0,010	4,20	0,08	7,20	4,20	0,35	0,61
	13	2	80	80	8	0,010	4,40	0,09	7,80	4,20	0,37	0,69
	14	2	80	80	8	0,010	4,55	0,09	8,40	4,20	0,38	0,77
	15	2	80	80	8	0,010	4,70	0,09	9,00	4,20	0,40	0,85
	16	2	80	80	8	0,010	4,70	0,09	9,60	4,20	0,40	0,91
	17	2	80	80	8	0,010	1,70	0,03	10,20	4,20	0,14	0,35
	18	2	80	80	8	0,010	1,70	0,03	10,80	4,20	0,14	0,37
	19	2	80	80	8	0,010	1,70	0,03	11,40	4,20	0,14	0,39
	20	2	80	80	8	0,010	1,70	0,03	12,00	4,20	0,14	0,41
	21	2	80	80	8	0,010	1,70	0,03	12,60	4,20	0,14	0,43
	22	2	80	80	8	0,010	1,70	0,03	13,20	4,20	0,14	0,45
	23	2	80	80	8	0,010	1,70	0,03	13,80	4,20	0,14	0,47
	24	2	80	80	8	0,010	4,70	0,09	14,40	4,20	0,40	1,36
	25	2	80	80	8	0,010	4,70	0,09	15,00	4,20	0,40	1,42
	26	2	80	80	8	0,010	4,70	0,09	15,60	4,20	0,40	1,47
	27	2	80	80	8	0,010	4,70	0,09	16,20	4,20	0,40	1,53
	28	2	80	80	8	0,010	4,70	0,09	16,80	4,20	0,40	1,59
	29	2	80	80	8	0,010	4,70	0,09	17,40	4,20	0,40	1,64
	30	2	80	80	8	0,010	4,70	0,09	18,00	4,30	0,41	1,70
	31	2	80	80	8	0,010	4,70	0,09	18,60	4,35	0,41	1,76
	32	2	80	80	8	0,010	4,70	0,09	19,20	4,40	0,42	1,81
	33	2	80	80	8	0,010	4,70	0,09	19,80	4,45	0,42	1,87
	34	2	80	80	8	0,010	4,70	0,09	20,40	4,50	0,43	1,93



Elemento Baos	Cna.	No	Dimensiones			Peso/m (Ton/m)	Longitud (m)	Peso (Ton)	Xcdg (m)	Zcdg (m)	Mto LB	Mto Popa
			Ala (mm)	Alma (mm)	e (mm)							
	35	2	80	80	8	0,010	4,70	0,09	21,00	4,55	0,43	1,98
	36	2	80	80	8	0,010	4,70	0,09	21,60	4,60	0,43	2,04
	37	2	80	80	8	0,010	4,70	0,09	22,20	4,65	0,44	2,10
	38	2	80	80	8	0,010	4,70	0,09	22,80	4,70	0,44	2,15
	39	2	80	80	8	0,010	4,70	0,09	23,40	4,75	0,45	2,21
	40	2	80	80	8	0,010	4,00	0,08	24,00	4,80	0,39	1,93
	41	2	80	80	8	0,010	3,90	0,08	24,60	4,90	0,38	1,93
	42	2	80	80	8	0,010	3,70	0,07	25,20	5,00	0,37	1,87
	43	2	80	80	8	0,010	3,50	0,07	25,80	5,10	0,36	1,81
	44	2	80	80	8	0,010	3,30	0,07	26,40	5,15	0,34	1,75
	45	2	80	80	8	0,010	3,00	0,06	27,00	5,20	0,31	1,63
	46	2	80	80	8	0,010	2,50	0,05	27,60	5,30	0,27	1,39
	47	2	80	80	8	0,010	2,00	0,04	28,20	5,40	0,22	1,13
	48	2	80	80	8	0,010	1,50	0,03	28,80	5,45	0,16	0,87
	49	2	80	80	8	0,010	1,30	0,03	29,40	5,50	0,14	0,77

Elemento Bularcamas	Cna.	No	Dimensiones			Area (m^2)	Peso (Ton)	Xcdg (m)	Z cdg (m)	Mto LB	Mto Popa
			X (m)	Z (m)	e (mm)						
	17	2	2,77	0,66	8	1,83	0,230	10,20	2,35	0,54	2,34
	20	2	2,67	0,67	8	1,79	0,225	12,00	2,37	0,53	2,70
	23	2	2,59	0,69	8	1,79	0,224	13,80	2,39	0,54	3,10
	29	2	2,56	0,69	8	1,77	0,222	17,40	2,51	0,56	3,86
	32	2	2,61	0,68	8	1,77	0,223	19,20	2,60	0,58	4,28
	33	2	2,63	0,67	8	1,76	0,221	19,80	2,63	0,58	4,38
	34	2	2,66	0,66	8	1,76	0,221	20,40	2,67	0,59	4,50
	35	2	2,69	0,65	8	1,75	0,220	21,00	2,71	0,60	4,61

Elemento Bao Fuerte	Cna.	No	Dimensiones (mm)				Peso/m (Ton/m)	Longitud (m)	Peso (Ton)	Xcdg (m)	Zcdg (m)	Mto LB	Mto Popa
			Ala	e	Alma	e							
	17	2	100	10	300	8	0,027	4,7	0,25	10,20	4,20	1,05	2,56
	20	2	100	10	300	8	0,027	4,7	0,25	12,00	4,20	1,05	3,01
	23	2	100	10	300	8	0,027	4,7	0,25	13,80	4,20	1,05	3,46
	29	2	100	10	300	8	0,027	4,7	0,25	17,40	4,20	1,05	4,37
	32	2	100	10	300	8	0,027	4,7	0,25	19,20	4,40	1,10	4,82
	33	2	100	10	300	8	0,027	4,7	0,25	19,80	4,45	1,12	4,97
	34	2	100	10	300	8	0,027	4,7	0,25	20,40	4,50	1,13	5,12
	35	2	100	10	300	8	0,027	4,7	0,25	21,00	4,55	1,14	5,27

SUBTOTAL	Peso 36,32	Mto LB 70,73	Mto PP 558,73
-----------------	-----------------------	-------------------------	--------------------------

2.4.- MAMPAROS

Elemento Mamparos	Cnas.	No	Area m2	Espesor (mm)	Peso (Ton)	Xcdg (m)	Z cdg (m)	Mto LB	Mto Popa
Tranversales									
	5	2	6,97	8	0,87	3,00	3,50	3,06	2,62
	7	2	12,26	8	1,54	4,20	3,00	4,62	6,47
	8	2	3,81	8	0,48	4,80	3,21	1,54	2,30
	12	2	5,29	8	0,66	7,20	3,30	2,19	4,78
	14	2	27,07	8	3,40	8,40	2,92	9,93	28,56
	17	2	2,20	8	0,28	10,20	1,70	0,47	2,82
	26	2	3,60	8	0,45	15,60	2,85	1,29	7,06



Elemento Mamparos	Cnas.	No	Area m2	Espesor (mm)	Peso (Ton)	Xcdg (m)	Z cdg (m)	Mto LB	Mto Popa
	40	2	20,51	8	2,58	24,00	3,46	8,91	61,81
	45	2	8,13	8	1,02	27,00	3,55	3,63	27,57
Longitudinales									
	[0.5]	1	7,50	8	0,47	1,50	3,50	1,65	0,71
	[5.14]	2	21,6	8	2,71	5,70	2,20	5,97	15,46
	[7.14]	2	4,32	8	0,54	6,30	1,20	0,65	3,42
	[14.26]	2	30,24	8	3,80	12,00	2,20	8,36	45,58
	[26.40]	2	37,80	8	4,75	19,80	2,30	10,92	94,00
	[40.45]	2	8,67	8	1,09	25,50	3,65	3,97	27,77
	[45.50]	1	6,58	8	0,41	28,50	4,43	1,83	11,78

Elemento Planchas	Cnas.	No	Area m2	Espesor (mm)	Peso (Ton)	Xcdg (m)	Z cdg (m)	Mto LB	Mto Popa
Piso CCMM									
	[14,34]	1	111,60	8	7,01	14,40	1,10	7,71	100,92
	[34,40]	1	30,11	8	1,89	22,20	1,30	2,46	41,98
Piso Pañol Popa									
	[7,14]	1	25,20	8	1,58	6,30	1,88	2,97	9,97
Piso Pañol Proa									
	[40,45]	1	18,90	8	1,19	25,50	2,50	2,97	30,27
Tomas de Mar									
	[14,19]	2	3,30	14	0,73	9,90	0,55	0,40	7,18
	14	1	3,3	14	0,36	8,40	0,55	0,20	3,05
	17	1	3,3	14	0,36	10,20	0,55	0,20	3,70
	19	1	3,3	14	0,36	11,40	0,55	0,20	4,13
Sentinas									
	[22,28]	3	3,96	10	0,93	15,00	0,55	0,51	13,99
	22	1	4,62	10	0,36	13,20	0,55	0,20	4,79
	25	1	4,62	10	0,36	15,00	0,55	0,20	5,44
	28	1	4,62	10	0,36	16,80	0,55	0,20	6,09

Elemento Puntales	Cna.	No	Dimensiones		Peso/m	Longitud	Peso	Xcdg	Zcdg	Mto LB	Mto Popa
			D (m)	e (mm)	(Ton/m)	(m)	(Ton)	(m)	(m)		
	17	1	0,479	10	0,04	3,32	0,12	10,20	2,64	0,33	1,27
	23	1	0,479	10	0,04	3,76	0,14	13,80	2,98	0,42	1,95
	32	1	0,479	10	0,04	3,60	0,14	19,20	3,08	0,42	2,60

SUBTOTAL	Peso	Mto LB	Mto PP
	40,96	88,36	580,04

2.5.- FORRO

Elemento Planchas	Cuadernas	Número	Dimensiones			Area (m^2)	Peso (Ton)	Xcdg (m)	Zcdg (m)	Mto LB	Mto Popa
			X (m)	Z (m)	e (mm)						
Quilla											
	[0,5.450]	2	3,45	0,30	12	1,04	0,19	1,73	1,50	0,29	0,34
	[5.450,7.150]	2	0,90	0,30	12	0,27	0,05	3,90	0,61	0,03	0,20
	[7.150,13.450]	2	3,90	0,30	12	1,17	0,22	6,30	0,20	0,04	1,39
	[13.450,25.450]	2	7,20	0,30	12	2,16	0,41	11,85	0,00	0,00	4,82
	[25.450,40.150]	2	8,70	0,30	12	2,61	0,49	19,80	0,09	0,04	9,74
	[40.150,42.150]	2	1,20	0,30	12	0,36	0,07	24,75	0,48	0,03	1,68
Fondo											
	[1,5.450]	2	2,85	1,50	8	2,14	0,27	2,50	1,71	0,46	0,67
Interior	[5.450,7.150]	2	0,90	0,68	8	0,61	0,08	3,90	0,76	0,06	0,30



Elemento	Cuadernas	Número	Dimensiones			Area (m ²)	Peso (Ton)	Xcdg (m)	Zcdg (m)	Mto LB	Mto Popa
			X (m)	Z (m)	e (mm)						
Planchas											
Exterior	[5.450,7.150]	2	0,90	0,98	8	0,88	0,11	3,90	0,93	0,10	0,43
Interior	[7.150,13.450]	2	3,90	1,30	8	5,07	0,64	6,30	0,57	0,36	4,01
Exterior	[7.150,13.450]	2	3,90	1,05	8	4,10	0,51	6,30	0,73	0,38	3,24
Interior	[13.450,19.150]	2	3,30	2,28	8	7,51	0,94	9,90	0,17	0,16	9,34
Interior	[19.150,25.450]	2	3,90	2,73	8	10,63	1,33	13,50	0,16	0,22	18,02
Exterior	[13.450,25.450]	2	7,20	1,53	8	10,98	1,38	11,85	0,28	0,39	16,34
Interior	[25.450,40.150]	2	8,70	2,28	12	19,79	3,73	19,80	0,18	0,67	73,83
Exterior	[25.450,40.150]	2	8,70	1,85	12	16,10	3,03	19,80	0,38	1,16	60,04
Interior	[40.150,44.450]	2	2,70	1,20	8	3,24	0,41	25,50	0,68	0,28	10,38
Exterior	[40.150,44.450]	2	2,70	1,43	8	3,85	0,48	25,50	0,76	0,37	12,32
	[44.450,47.150]	2	1,50	1,75	8	1,31	0,16	27,35	1,26	0,21	4,51
Pantoque											
	[1,5.450]	2	2,85	1,83	8	5,20	0,65	2,50	2,05	1,34	1,63
	[5.450,7.150]	2	0,90	1,10	8	0,99	0,12	3,90	1,49	0,18	0,48
	[7.150,13.450]	2	3,90	1,08	8	4,19	0,53	6,30	1,10	0,58	3,32
	[13.450,25.450]	2	7,20	0,88	8	6,30	0,79	11,85	0,67	0,53	9,38
	[25.450,40.150]	2	8,70	0,70	8	6,09	0,76	19,80	0,67	0,51	15,15
	[40.150,44.450]	2	2,70	0,85	8	2,30	0,29	25,50	1,12	0,32	7,35
	[44.450,48.150]	2	2,10	0,95	8	2,00	0,25	27,90	1,81	0,45	6,99
Costado											
	[5.450,7.150]	2	0,90	1,50	8	1,35	0,17	3,90	2,29	0,39	0,66
	[7.150,13.450]	2	3,90	1,48	8	5,75	0,72	6,30	2,11	1,52	4,55
	[13.450,25.450]	2	7,20	1,45	8	10,44	1,31	11,85	1,75	2,30	15,54
	[25.450,40.150]	2	8,70	1,60	8	13,92	1,75	19,80	1,79	3,14	34,62
	[40.150,44.450]	2	2,70	1,85	8	5,00	0,63	25,50	2,37	1,49	16,00
	[44.450,48.150]	2	2,10	1,83	8	3,83	0,48	27,90	2,91	1,40	13,43
	[48.150,49.450]	2	0,90	3,45	8	1,55	0,19	29,40	4,54	0,89	5,73
Costado Alto											
	[0,5.450]	2	3,45	1,18	8	4,07	0,51	2,30	3,46	1,77	1,18
	[5.450,7.150]	2	0,90	1,35	8	1,22	0,15	3,90	3,44	0,52	0,60
	[7.150,13.450]	2	3,90	1,35	8	5,27	0,66	6,30	3,30	2,18	4,17
	[13.450,25.450]	2	7,20	1,30	8	9,36	1,18	11,85	3,08	3,62	13,93
	[25.450,40.150]	2	8,70	1,35	8	11,75	1,48	19,80	3,29	4,85	29,21
	[40.150,44.450]	2	2,70	1,38	8	3,71	0,47	25,50	3,93	1,83	11,89
	[44.450,48.150]	2	2,10	1,58	8	3,31	0,42	27,90	4,19	1,74	11,59
Cinta											
	[0,5.450]	2	3,45	0,93	25	3,19	1,25	1,73	4,30	5,39	2,16
	[5.450,7.150]	2	0,90	0,60	25	0,54	0,21	3,90	4,30	0,91	0,83
	[7.150,13.450]	2	3,90	5,75	25	22,43	8,80	6,30	4,20	36,93	55,45
	[13.450,25.450]	2	7,20	0,55	25	3,96	1,55	11,85	4,00	6,21	18,42
	[25.450,40.150]	2	8,70	0,55	25	4,79	1,88	19,80	4,17	7,83	37,19
	[40.150,44.450]	2	2,70	0,55	25	1,49	0,58	25,50	4,78	2,78	14,86
	[44.450,49.450]	2	3,00	0,55	25	1,65	0,65	28,35	5,19	3,36	18,36
Regala											
	[0,4.150]	2	2,55	1,15	8	2,93	0,37	1,28	5,19	1,91	0,47
	[4.150,9.450]	2	3,30	0,98	8	3,22	0,40	4,20	5,10	2,06	1,70
	[9.450,17.450]	2	4,80	0,98	8	4,68	0,59	8,25	4,89	2,87	4,85
	[17.450,24.450]	2	4,20	0,95	8	3,99	0,50	12,75	4,79	2,40	6,39
	[24.450,39.150]	2	8,70	1,00	8	8,70	1,09	19,20	4,90	5,35	20,98
	[39.150,47.450]	2	5,10	1,10	8	5,61	0,70	26,10	5,71	4,02	18,39
	[47.450,49.450]	2	1,20	1,15	8	1,38	0,17	29,25	6,25	1,08	5,07
Cub. Principal											
	[0,5]	1	Area 1		8	9,97	0,63	1,50	4,65	2,91	0,94
	[5,10]	1	Area 2		8	13,62	0,86	4,50	4,40	3,76	3,85
	[10,15]	1	Area 3		8	15,06	0,95	7,50	4,20	3,97	7,09
	[15,18]	2	1,80	4,70	8	8,46	1,06	9,90	4,20	4,46	10,52
	[18,40]	2	13,20	1,96	8	25,87	3,25	17,40	4,20	13,65	56,54
	[40,44]	1	Area 8		8	13,98	0,88	25,20	5,00	4,39	22,12
	[44,49]	1	Area 9		8	9,03	0,57	27,90	5,30	3,00	15,82
Piso Habitación											
	[24,36]	1	7,2	6,00	8	43,20	2,71	18,00	4,89	13,26	48,83
	[36,40]	1	2,40	5,40	8	12,96	0,81	22,80	4,89	3,98	18,56



SUBTOTAL	Peso	Mto LB	Mto PP
	58,50	173,31	828,36

2.6.- SUPERESTRUCTURA

Elemento	Cna	No	Area m2	Espesor (mm)	Peso (Ton)	Xcdg (m)	Zcdg (m)	Mto LB	Mto Popa
Mamparos									
Cubierta Principal									
Mro. Popa Guardacalor	18	1	14,40	6	0,68	10,95	6,09	4,13	7,43
Mro. Proa Guardacalor	24	1	14,40	6	0,68	14,33	6,09	4,13	9,72
Mro. Long. Costado	[18.24]	2	7,92	6	0,75	12,64	6,09	4,54	9,43
Mro. Popa Acomod.	25	1	14,40	6	0,68	15,23	6,09	4,13	10,33
Mro. Proa Acomod.	41	1	10,92	6	0,51	24,90	6,09	3,13	12,81
Mro. Long. Costado	[25.41]	2	22,05	6	2,08	20,06	6,09	12,65	41,67
Cubierta de Botes									
Mro. Popa Ventilación	23	1	11,7	6	0,55	13,66	8,64	4,76	7,53
Mro. Proa Ventilación	24	1	15,3	6	0,72	14,33	8,64	6,22	10,33
Mro. Popa Pañol	26	1	15,3	6	0,72	15,60	8,64	6,22	11,24
Mro. Proa Pañol	31	1	4,95	6	0,23	18,60	8,64	2,01	4,34
Mro. Long. Costado	[23.31]	2	11,81	6	1,11	16,20	8,64	9,61	18,02
Mro. Proa Pañol Plus	34	1	10,35	6	0,49	20,40	8,64	4,21	9,94
Mro. Long. Costado P.	[31.34]	2	2,16	6	0,20	19,50	8,64	1,76	3,97

Elemento	Cna	No	Dimensiones			Peso/m (Ton/m)	Long (m)	Peso (Ton)	Xcdg (m)	Zcdg (m)	Mto LB	Mto Popa
			Ala (mm)	Alma (mm)	e (mm)							
Refuerzos Verticales												
Cubierta Principal												
Mro. Popa Guardacalor	18	3	70	70	7	0,008	2,40	0,06	10,95	6,09	0,34	0,61
Mro. Proa Guardacalor	24	3	80	80	8	0,010	2,40	0,07	14,33	6,09	0,44	1,04
Mro. Long. Costado	[18.24]	12	70	70	7	0,008	2,40	0,22	12,64	6,09	1,35	2,80
Mro. Popa Acomod.	25	3	70	70	7	0,008	2,40	0,06	15,23	6,09	0,34	0,84
Mro. Proa Acomod.	41	2	70	70	7	0,008	2,21	0,03	24,90	6,09	0,21	0,85
Mro. Long. Costado	[25.41]	32	70	70	7	0,008	2,40	0,59	20,06	6,09	3,60	11,85
Cubierta de Botes												
Mro. Popa Ventilación	23	2	60	60	6	0,006	1,95	0,02	13,66	8,64	0,19	0,30
Mro. Proa Ventilación	24	3	70	70	7	0,008	2,55	0,06	14,33	8,64	0,51	0,84
Mro. Popa Pañol	26	3	70	70	7	0,008	2,55	0,06	15,60	8,64	0,51	0,92
Mro. Proa Pañol	31	3	70	70	7	0,008	0,83	0,02	18,60	8,64	0,16	0,35
Mro. Long. Costado	[23.31]	16	70	70	7	0,008	2,55	0,31	16,20	8,64	2,71	5,08
Mro. Proa Pañol Plus	34	3	70	70	7	0,008	1,73	0,04	20,40	8,64	0,34	0,81
Mro. Long. Costado P.	[31.34]	4	70	70	7	0,008	1,80	0,06	19,50	8,64	0,48	1,08
Puente												
Laterales Puente	[23.31]	10	90	90	9	0,013	2,00	0,25	16,20	10,91	2,78	4,12
Laterales Puente Sup.	[23.31]	10	90	90	9	0,013	0,66	0,08	16,20	12,21	1,02	1,36

Elemento	Cna	No	Dimensiones (mm)			Peso/m (Ton/m)	Long (m)	Peso (Ton)	Xcdg (m)	Zcdg (m)	Mto LB	Mto Popa
			Ala	Alma	e							
Baas												
Cubierta de Botes												
	18	1	80	80	8	0,010	6,00	0,06	10,80	7,30	0,44	0,65
	19	1	80	80	8	0,010	6,00	0,06	11,40	7,30	0,44	0,69
	20	1	80	80	8	0,010	6,00	0,06	12,00	7,30	0,44	0,72
	21	1	80	80	8	0,010	6,00	0,06	12,60	7,30	0,44	0,76
	22	1	80	80	8	0,010	6,00	0,06	13,20	7,30	0,44	0,80
	23	1	80	80	8	0,010	6,00	0,06	13,80	7,30	0,44	0,83
	24	1	80	80	8	0,010	6,00	0,06	14,40	7,30	0,44	0,87
	25	1	80	80	8	0,010	6,00	0,06	15,00	7,30	0,44	0,90
	26	1	80	80	8	0,010	6,00	0,06	15,60	7,30	0,44	0,94
	27	1	80	80	8	0,010	6,00	0,06	16,20	7,30	0,44	0,98



Elemento Baos	Cna	No	Dimensiones (mm)			Peso/m (Ton/m)	Long (m)	Peso (Ton)	Xcdg (m)	Zcdg (m)	Mto LB	Mto Popa
			Ala	Alma	e							
	28	1	80	80	8	0,010	6,00	0,06	16,80	7,30	0,44	1,01
	29	1	80	80	8	0,010	6,00	0,06	17,40	7,30	0,44	1,05
	30	1	80	80	8	0,010	6,00	0,06	18,00	7,30	0,44	1,09
	31	1	80	80	8	0,010	6,00	0,06	18,60	7,30	0,44	1,12
	32	1	80	80	8	0,010	6,00	0,06	19,20	7,30	0,44	1,16
	33	1	80	80	8	0,010	6,00	0,06	19,80	7,30	0,44	1,19
	34	1	80	80	8	0,010	6,00	0,06	20,40	7,30	0,44	1,23
	35	1	80	80	8	0,010	6,00	0,06	21,00	7,30	0,44	1,27
	36	1	80	80	8	0,010	6,00	0,06	21,60	7,30	0,44	1,30
	37	1	80	80	8	0,010	6,00	0,06	22,20	7,30	0,44	1,34
	38	1	80	80	8	0,010	6,00	0,06	22,80	7,30	0,44	1,37
	39	1	80	80	8	0,010	6,00	0,06	23,40	7,30	0,44	1,41
	40	1	80	80	8	0,010	6,00	0,06	24,00	7,30	0,44	1,45
	41	1	80	80	8	0,010	6,00	0,06	24,60	7,30	0,44	1,48
Puente												
	24	1	70	70	7	0,008	4,95	0,04	14,40	9,90	0,38	0,55
	25	1	70	70	7	0,008	4,95	0,04	15,00	9,90	0,38	0,57
	26	1	70	70	7	0,008	4,95	0,04	15,60	9,90	0,38	0,59
	27	1	70	70	7	0,008	4,95	0,04	16,20	9,90	0,38	0,62
	28	1	70	70	7	0,008	4,95	0,04	16,80	9,90	0,38	0,64
	29	1	70	70	7	0,008	4,95	0,04	17,40	9,90	0,38	0,66
	30	1	70	70	7	0,008	4,95	0,04	18,00	9,90	0,38	0,69
	31	1	70	70	7	0,008	4,95	0,04	18,60	9,90	0,38	0,71
	32	1	70	70	7	0,008	4,95	0,04	19,20	9,90	0,38	0,73
Techo Puente												
	23	1	70	70	7	0,008	3,45	0,03	13,80	12,50	0,33	0,37
	24	1	70	70	7	0,008	3,45	0,03	14,40	12,50	0,33	0,38
	25	1	70	70	7	0,008	3,45	0,03	15,00	12,50	0,33	0,40
	26	1	70	70	7	0,008	3,45	0,03	15,60	12,50	0,33	0,41
	27	1	70	70	7	0,008	3,45	0,03	16,20	12,50	0,33	0,43
	28	1	70	70	7	0,008	3,45	0,03	16,80	12,50	0,33	0,45
	29	1	70	70	7	0,008	3,45	0,03	17,40	12,50	0,33	0,46
	30	1	70	70	7	0,008	3,45	0,03	18,00	12,50	0,33	0,48
	31	1	70	70	7	0,008	3,45	0,03	18,60	12,50	0,33	0,49
	32	1	70	70	7	0,008	3,45	0,03	19,20	12,50	0,33	0,51
	33	1	70	70	7	0,008	3,45	0,03	19,80	12,50	0,33	0,53

Elemento Longitudinales	Cna.	No	Dimensiones (mm)			Peso/m (Ton/m)	Long (m)	Peso (Ton)	Xcdg (m)	Zcdg (m)	Mto LB	Mto Popa	
			Ala	e	Alma								e
Cubierta de Botes													
	[18,25]	2	100	10	300	8	0,027	4,20	0,22	12,60	7,30	1,64	2,82
	[25,32]	2	100	10	300	8	0,025	4,20	0,21	17,10	7,30	1,54	3,61
	[32,42]	2	100	10	300	8	0,025	6,00	0,30	22,20	7,30	2,20	6,69
Puente													
	[24,33]	2	100	10	200	8	0,019	5,40	0,20	22,50	9,90	2,01	4,58

Elemento Planchas	Cna.	No	Dimensiones			Area (m ²)	Peso (Ton)	Xcdg (m)	Zcdg (m)	Mto LB	Mto Popa
			X (m)	Y (m)	e (mm)						
Cta. De Botes											
	[18,36]	1	10,80	6,00	6	64,80	3,05	16,20	7,30	22,28	49,44
	[36,41]	1	5,00	5,50	6	27,50	1,30	23,10	7,30	9,46	29,92
Puente											
	[24,30]	1	3,60	4,95	6	17,82	0,84	16,20	9,90	8,31	13,60
	[30,32]	1	1,20	3,40	6	4,08	0,19	18,60	9,90	1,90	3,57
Techo Puente											
	[23,24]	1	0,60	2,50	6	1,50	0,07	14,10	12,50	0,88	1,00
	[24,29]	1	3,00	3,45	6	10,35	0,49	15,90	12,50	6,09	7,75
	[29,30]	1	0,60	2,50	6	1,50	0,07	17,70	12,50	0,88	1,25



SUBTOTAL	Peso	Mto LB	Mto PP
	20,37	157,29	350,10

2.7.- APÉNDICES

Elemento	Cnas.	No	Area m2	Espesor (mm)	Peso (Ton)	Xcdg (m)	Zcdg (m)	Mto LB	Mto Popa
Quillote									
Forro Lateral	[3,14]	2	20,46	10	3,21	5,10	-0,70	-2,25	16,38
Secciones	4	1	0,24	10	0,02	2,40	0,60	0,01	0,05
	5	1	0,72	10	0,06	3,00	-0,30	-0,02	0,17
	6	1	1,08	10	0,08	3,60	-1,00	-0,08	0,31
	7	1	1,02	10	0,08	4,20	-1,10	-0,09	0,34
	8	1	0,96	10	0,08	4,80	-1,20	-0,09	0,36
	9	1	0,96	10	0,08	5,40	-1,20	-0,09	0,41
	10	1	0,90	10	0,07	6,00	-1,30	-0,09	0,42
	11	1	0,90	10	0,07	6,60	-1,30	-0,09	0,47
	12	1	0,51	10	0,04	7,20	-0,65	-0,03	0,29
	13	1	0,18	10	0,01	7,80	-0,20	0,00	0,11
Tubo Popa	[3,5]	1	1,58	12	0,15	2,40	-0,59	-0,09	0,36
Tubo Proa	[12,14]	1	1,15	12	0,11	7,80	-1,00	-0,11	0,84
Plancha Fondo	[5,12]	1	1,26	25	0,25	5,10	-2,80	-0,69	1,26
Patín									
Tubos	[38,39]	1	2,29	12	0,22	23,10	-1,10	-0,24	4,98
	42	2	2,53	12	0,48	25,40	-0,94	-0,45	12,12
Fondo	[38,42]	2	2,02	10	0,32	24,40	-2,65	-0,84	7,75

SUBTOTAL	Peso	Mto LB	Mto PP
	5,31	-5,24	46,60

3.- PESO DE LA MAQUINARIA

En la siguiente tabla se detallan todos los pesos y centros de gravedad de toda la maquinaria del buque en proyecto:

PESO DE LA MAQUINARIA	Peso (T)	Dist. 0 (m)	Dist. LB (m)	Mto. 0 (mT)	Mto. LB (mT)
Propulsión y grupos eléctricos					
Motores principales(2)	23.20	15.00	2.23	348.00	51.74
Embragues(2)	2.70	17.50	2.10	47.25	5.67
Hélices y toberas(2)	29.00	20.20	0.00	585.80	0.00
Líneas de ejes(2)	0.60	16.60	1.80	9.96	1.08
Grupos eléctricos(3)	4.34	28.00	2.10	121.52	9.11
Multiplicadoras(2)	3.00	11.56	1.90	34.68	5.70
Servicio de combustible					
Bomba de trasiego	0.20	12.20	1.50	2.44	0.30
Purificadora de combustible	0.20	15.10	2.00	3.02	0.40
Bomba respeto combustible(2)	0.50	12.20	1.50	6.10	0.75
Bomba manual respeto	0.02	12.20	1.50	0.24	0.03
Servicio de lubricación					



Bomba respeto lubricación(2)	0.50	13.00	1.50	6.50	0.75
Purificadora de aceite	0.25	10.90	2.00	2.73	0.50
Bomba manual respeto	0.02	12.50	1.50	0.25	0.03
Bomba prelubricación(2)	0.24	12.50	1.50	3.00	0.36
Calentador(2)	0.70	13.70	2.00	9.59	1.40
Servicio de refrigeración					
Bombas respeto circuito AT(2)	0.15	11.96	1.50	1.79	0.23
Bombas respeto circuito BT(2)	0.15	13.53	1.50	2.03	0.23
Bombas respeto A.S.(2)	1.30	13.50	1.50	17.55	1.95
Calentador agua cilindros	0.50	12.50	2.00	6.25	1.00
Enfriador agua dulce/agua salada (2)	0.90	15.35	2.00	13.82	1.80
Servicio aire arranque					
Compresores aire arranque(2)	0.75	10.00	2.00	7.50	1.50
Motocompresor	0.13	9.00	2.00	1.17	0.26
Botellas de aire de arranque	1.00	9.00	2.00	9.00	2.00
Servicio de lastre y sentinas					
Bomba servicios generales (2)	0.60	15.00	1.50	9.00	0.90
Separador de sentinas	0.98	19.00	1.50	18.62	1.47
Bomba de achique de lodos y A.R	0.12	16.00	1.50	1.92	0.18
Servicio de C. I interno					
Pesos varios	4.00	12.50	4.00	50.00	16.00
Servicio de C. I Externo					
Bombas de C.I exterior (2)	2.78	10.40	1.50	28.91	4.17
Servicios sanitarios					
Equipos hidróforos de agua salada	0.24	12.50	2.00	3.00	0.48
Equipos hidróforos de agua dulce	0.24	12.50	2.00	3.00	0.48
Calentador de agua dulce	0.02	12.50	2.00	0.25	0.04
Bomba Respeto a.d.	0.12	10.00	1.50	1.20	0.18
Bomba Respeto a.s.	0.12	10.00	1.50	1.20	0.18
Planta tratamiento	2.90	19.00	2.00	55.10	5.80
Ventilación y aire acondicionado					
Ventiladores de CCMM(2)	0.80	16.00	4.00	12.80	3.20
Unidad climatizadora	0.80	17.00	9.00	13.60	7.20
Ventilador extracción habitación(2)	0.06	17.00	8.50	1.02	0.51
Compresores (2)	0.66	10.00	2.00	6.60	1.32
Maquinaria de remolque					
Bombas del chigre de remolque (2)	1.00	13.00	4.50	13.00	4.50
Maquinaria de taller					
Varios	1.00	26.00	3.60	26.00	3.60
Tuberías en cámara de máquinas					
Varios	16.00	16.00	2.00	256.00	32.00

	Peso	Mto. Pp	Mto LB
SUBTOTAL	102.79	1741.41	168.99

Xgmaq	16.94
Zgmaq	1.64



4.- PESO DEL EQUIPO Y LA HABILITACIÓN

El valor del peso del equipo y de la habilitación del buque en proyecto es obtenido por medio de una hoja de cálculo siguiendo el mismo procedimiento que en los apartados anteriores.

PESO DEL EQUIPO Y HAB.	Peso (T)	Dist. 0 (m)	Dist. LB (m)	Mto. 0 (mT)	Mto. LB (mT)
Equipo de Amarre y Fondeo					
Anclas (2)	1.14	28.30	4.20	32.26	4.79
Cadenas (2)	4.40	26.60	4.36	117.04	19.18
Escobenes (2)	0.40	27.89	4.80	11.16	1.92
Molinete y estopores	2.00	26.34	6.10	52.68	12.20
Bitas					
Proa	0.70	28.80	6.50	20.16	4.55
Costados Proa (2)	1.20	25.50	5.65	30.60	6.78
Costados (2)	1.20	15.50	5.40	18.60	6.48
Costados Popa (2)	1.20	6.80	4.80	8.16	5.76
Defensas					
Cintón de Proa	0.80	22.20	4.55	17.76	3.64
Escudo de Proa	1.20	29.90	5.70	35.88	6.84
Escudo de Popa	2.00	0.41	4.34	0.81	8.68
Cintón de Popa	0.80	9.45	4.09	7.56	3.27
Equipo de Remolque					
Cable	10.00	8.28	5.72	82.75	57.18
Cable de Respeto	10.00	6.38	2.00	63.80	20.00
Chigre de Remolque	19.20	8.28	5.72	158.98	109.82
Gancho de Remolque	3.00	7.23	4.62	21.69	13.85
Guía del Cable	3.00	4.81	5.75	14.44	17.26
Equipo de Navegación					
Antena de Luces y Equipos	1.30	14.42	14.97	18.74	19.46
Equipo del Puente	1.00	16.57	11.35	16.57	11.35
Equipo de Salvamento					
Balsas Salvavidas (2)	0.30	20.13	7.66	6.04	2.30
Bote de Rescate	0.25	23.24	8.00	5.81	2.00
Pescante	0.60	22.65	8.66	13.59	5.20
Resto Equipo	0.30	17.93	8.12	5.38	2.44
Equipo Contraincendios Exterior					
Monitores	1.00	16.03	14.10	16.03	14.10
Tuberías	1.50	14.40	8.00	21.60	12.00
Habilitación					
Mobiliario	2.50	19.48	5.95	48.69	14.86
Equipo Eléctrico	1.30	16.71	6.13	21.72	7.96
Otros					
Grúa	3.00	10.82	8.03	32.45	24.09
Chimeneas	0.40	12.09	10.07	4.83	4.03
Accesorios del Casco					
Portillos y Ventanas	0.60	19.79	6.76	11.88	4.06
Puertas de acero	0.40	14.72	5.99	5.89	2.40
Barandilla Amura	0.90	16.50	8.50	14.85	7.65
Escaleras	0.45	15.94	7.08	7.17	3.18
Brazola y Escotilla de Proa	0.21	26.66	6.00	5.60	1.26
Brazola y Escotilla de Popa	0.19	4.76	5.00	0.90	0.95
Zines	0.10	14.68	1.43	1.47	0.14



	Peso	Mto. Pp	Mto LB
SUBTOTAL	78.54	953.54	441.62

Xgmaq	12.14
Zgmaq	5.62

5.- RESUMEN DEL PESO EN ROSCA

De las tablas anteriores se extrae el siguiente resumen:

Peso en Rosca			
	Peso (T)	Mto. Pp (mT)	Mto. LB (mT)
Acero	178.38	499.84	2485.89
Maquinaria	102.79	1741.41	168.99
Habilitación y Equipos	78.54	953.54	441.62

Peso (T)	XCG (m)	ZCG (m)
359.709	14.572	3.403

6.- COMPROBACIÓN DEL CALADO

Para obtener el desplazamiento, al peso rosca habrá que sumarle el peso muerto, considerando el 100 % de llenado de los tanques, peso de la tripulación y de sus efectos, peso de la carga de los paños, así como de los víveres a bordo:

Peso Muerto (T)	
Tripulación y efectos	2.00
Paños	12.00
Viveres	1.00
Combustible	128.40
Agua Dulce	26.80
Dispersante	2.10
Espumógeno	17.30
A. Hidráulico	2.10
A. Aquamaster	2.00
A. Lubricante	4.20
Total	197.90



El peso total del buque será:

Peso Muerto + Peso Rosca = 557,61 toneladas

$$T = \frac{\text{Desplazamiento}}{1,025 \cdot L_{pp} \cdot B \cdot C_b} = \frac{557,61}{1,025 \cdot 28,02 \cdot 11,00 \cdot 0,614} = 2,87m$$

CAPÍTULO 9

SITUACIONES

DE CARGA

Y

ESTABILIDAD



1.- INTRODUCCIÓN

Simplificadamente, el remolcador se concibe como un gancho de remolque que a través de un cable o cabo suministra al remolque la tracción adecuada. Esta tracción provoca un momento de vuelco que debe ser soportado sin riesgo por el remolcador. Por lo tanto, el remolcador óptimo es el buque más pequeño que dispone de la potencia necesaria para suministrar la tracción o el tiro requerido, manteniendo unas condiciones adecuadas de estabilidad.

La reglamentación de estabilidad establecida en España por la Inspección General de Buques y Construcción Naval para este tipo de buques es la Circular 2/79. “Estabilidad de Remolcadores” de la Marina Mercante.

2.- CRITERIOS DE ESTABILIDAD

Las curvas de estabilidad de cada situación de carga han de cumplir con los siguientes criterios:

- El área bajo la curva de brazos adrizantes (curva de valores GZ) no será inferior a 0,055 m-rad hasta el ángulo de inclinación de 30°, ni inferior a 0,090 m-rad. hasta el ángulo de inclinación de 40° o hasta el ángulo de comienzo de la inundación a través de las aberturas, θ_c , si éste es menor de 40°. Asimismo, el área bajo la curva de brazos adrizantes entre los ángulos de inclinación de 30° y de 40°, o entre los ángulos de 30° y θ_c , no será inferior a 0,03 m-rad.
- El brazo adrizante GZ será como mínimo de 0,20 m, para un ángulo de inclinación igual o superior a 30°.
- El brazo adrizante máximo corresponderá a un ángulo de escora que no será inferior a 25°.
- La altura metacéntrica inicial no será inferior a 0,350 m.
- El ángulo de escora que tomará el buque al estar sometido, por separado, a cada uno de los momentos escorantes que se indicarán más adelante, y para cuya escora se produzca el equilibrio estático entre el momento escorante aplicado y el momento adrizante del buque ($DISW \times GZ$, correspondiente al ángulo de escora) será inferior al que produzca la zozobra del buque o su inundación a través de las aberturas.



3.-CÁLCULO DE LAS CURVAS DE ESTABILIDAD

Para llevar a cabo los cálculos que permitan obtener las “Curvas de estabilidad” en todas las situaciones de carga consideradas, es necesario realizar un agrupamiento de pesos definiendo los pesos individuales de cada grupo, y posteriormente definir los distintos grupos en cada situación.

Los cálculos que se realizan son los siguientes:

Desplazamiento, Δ

En su cálculo se ha de considerar los siguientes pesos:

- El peso en rosca (acero, maquinaria y equipos)
- Los pesos añadidos al buque en rosca (tripulación, pertrechos, cargas adicionales, etc.)
- El peso del contenido de los tanques que no vayan vacíos

Centro de gravedad

Se determina a partir de los momentos verticales y horizontales de cada capítulo de pesos:

- Distancia del c.d.g. del buque a la Ppp, XCG
- Distancia del c.d.g. del buque a la línea base, ZCG

Calados y trimados

A partir del desplazamiento y de las curvas hidrostáticas se obtienen los siguientes datos, con los cuales se determinan el trimado, el ángulo de asiento y los calados en las perpendiculares de Pp y Pr.



- ❑ Calado medio (a la línea base), T
- ❑ Radio metacéntrico transversal, KMT
- ❑ Radio metacéntrico longitudinal, KML
- ❑ Distancia del centro de carena a la Ppp, LCB
- ❑ Distancia del centro de gravedad de la flotación a la Ppp, LCF
- ❑ Momento para trimar 1 cm, MOM1

Trimado

$$t = T_{pp} - T_{pr} = \frac{\Delta \cdot (LCB - XCG)}{100 \cdot MOM1} \quad (m)$$

Angulo de asiento

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{t}{L} = \frac{(LCB - XCG)}{GML} = \frac{(LCB - XCG)}{KML - KG}$$

ya que,

$$MOM1 = \frac{\Delta \cdot GML}{100 \cdot L}$$

Calados

- ❑ Calados en las perpendiculares de Pp y Pr : (referidos a la línea base)

$$\begin{aligned} T_{pp} &= T + D_{pp} \\ T_{pr} &= T - D_{pr} \end{aligned}$$

$D_{pp} = (L_{pp} - LCF) \cdot \operatorname{tg} \alpha$, disminución (o aumento) de calado en popa
 $D_{pr} = LCF \cdot \operatorname{tg} \alpha$, disminución (o aumento) de calado en proa



□ Calados en marcas, (cuando las marcas de proa y popa no coinciden con las respectivas perpendiculares):

$$TCm_{pp} = T_{pp} - \frac{d_2 \cdot (T_{pp} - T_{pr})}{L_{pp}}$$

$$TCm_{pr} = T_{pr} + \frac{d_1 \cdot (T_{pp} - T_{pr})}{L_{pp}}$$

donde, para una flotación determinada:

- d_1 distancia entre la Ppr y la marca de proa (> 0 , a popa de Ppr)
 d_2 distancia entre la Ppp y la marca de popa (> 0 , a proa de Ppp)

Estabilidad inicial

Se mide por el valor de la altura metacéntrica transversal GM, la cual habrá de ser corregida por el efecto de las superficies libres:

$$GM_c = GM - c$$

donde,

c = corrección por superficies libres

$$c = \sum \frac{I \cdot \rho}{\Delta}$$

De acuerdo con la Circular 2 / 79 en el apartado 4.4.2, no es preciso que sean considerados en los cálculos de corrección por superficies libres, aquellos tanques cuyo momento escorante, Msl para 30° verifique:



$$M_{sl} (30^\circ) < 0,01 \cdot P_{rosca}$$

El valor del momento escorante para cada tanque viene dado por la siguiente fórmula (Circular 2 / 79):

$$M_{sl} = v \cdot b \cdot \gamma \cdot K_\theta \cdot \sqrt{\delta} \quad (\text{Tn} \cdot \text{m})$$

- v capacidad total del tanque (m^3)
- b dimensión máxima del tanque en la dirección de la manga (m)
- γ peso específico del líquido contenido en el tanque (Tn / m^3)
- K_θ Coeficiente adimensional que se obtiene de la tabla (citada en la Circular, en el Apéndice I de la O.M. 29-07-70), que depende del valor b/h del tanque y del ángulo de escora θ . Los valores intermedios se obtienen por interpolación.
- $\delta = \frac{v}{l \cdot b \cdot h}$
- l dimensión máxima del tanque en la dirección de la eslora (m)
- h dimensión máxima del tanque en la dirección del puntal (m)

Estabilidad estática

Se mide por el valor del brazo o par adrizante GZ:

$$GZ = KN - KG \cdot \text{sen } \theta$$

A partir del valor del desplazamiento se obtiene:

- El ángulo de inundación
- El valor del brazo KN para cada ángulo de inclinación θ , (carenas inclinadas)

Pero dicho valor GZ ha de ser corregido por el efecto de las superficies libres de los tanques correspondientes CM_{sl} , así como por el asiento CA:



$$CM_{sl} = \sum \frac{M_{sl}}{\Delta}$$

Por tanto, $GZ = KN - KG \cdot \text{sen } \theta - CM_{sl} - CA$

Estabilidad dinámica

Representa el trabajo necesario para llevar el buque a una escora de ángulo θ , y se calcula por integración de la estabilidad estática.

4.- CRITERIOS DE ESTABILIDAD

Una vez obtenidas las curvas de estabilidad, se comprueba que verifiquen los criterios establecidos anteriormente.

Así, se calculan los momentos escorantes del arrastre y tiro de acuerdo con la formulación propuesta en la Circular 2 / 79.

- Momento escorante de arrastre, M_1

$$M_1 = \left(\frac{1}{19,6} \right) \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot \gamma \cdot A_p \cdot v^2 \cdot (h \cdot \cos \theta + C_3 \cdot C_m)$$

- C_1 Coeficiente de tracción lateral (figura 1 de la circular)
Analizando la figura se cumplen las siguientes condiciones:
 $= 1$ para $XR / L > 0,5$
 $= 3,333 \cdot XR / L - 0,40$ para $0,16 < XR / L \leq 0,42$
- XR Situación longitudinal del gancho referido a la popa (o del giro si el gancho es giratorio)
- L Eslora en la flotación



- C_2 Coeficiente corrector de C_1 por ángulo de escora
Analizando la figura se cumplen las siguientes condiciones:
 $= 1$ para $\theta / \theta_S < 1,5$
 $= 0,32 \cdot \theta / \theta_S + 0,52$ para $1,5 \leq \theta / \theta_S \leq 9$
 - θ_S Angulo de inmersión del borde de la cubierta superior en la sección media.
 - C_3 Distancia del centro de presión de A_p a la flotación
Expresada como fracción del calado medio real
Analizando la figura se cumplen las siguientes condiciones:
 $= 0,5$ para $\theta / \theta_S < 0,8$
 $= 0,275 \cdot \theta / \theta_S + 0,28$ para $0,8 \leq \theta / \theta_S \leq 2$
 $= 0,83$ para $\theta / \theta_S > 2$
 - C_m Calado medio real (m)
 - γ Peso específico del agua ($1,026 \text{ Tn /m}^3$)
 - A_p Proyección del área lateral sumergida del remolcador sobre el plano diametral (m^2)
 - v Velocidad lateral del buque remolcado ($2,57 \text{ m/s}$)
 - h Altura del gancho de remolque sobre la flotación (m)
 - θ Angulo de escora
- Momento escorante de tiro, M_2

$$M_2 = C_4 \cdot C_5 \cdot \text{TPF} \cdot (h \cdot \cos \theta + C_6 \cdot C_m)$$

- C_4 Fracción de tiro máximo (tiro a punto, TPF), que se puede suponer que actúa transversalmente (aprox. 0,7).
- C_5 Corrección de C_4 por posición longitudinal del gancho de remolque.
 $= 1$, para $\text{XR} / L > 0,24$
 $= \text{XR} / (0,24 \cdot L)$ para $0 < \text{XR} / L \leq 0,24$



- TPF Tiro a punto fijo (Tn)
 - C_6 Distancia a la flotación del centro de resistencia efectivo de la carena, como fracción del calado (aprox. 0,52)
- Momento escorante de la grua, M_3
 - Momento escorante de los monitores contraincendios, M_4

5.-ANGULO DE INUNDACIÓN

El ángulo de inundación para cada desplazamiento se define como el ángulo de escora a partir del cual se inundaría el buque por la primera abertura no estanca alcanzada en el proceso de escora. En el buque de proyecto esta abertura se encuentra en el puente y se trata de un ángulo superior a 75.3° . Para cada condición de carga aparece reflejado en su respectiva gráfica.

6.- SITUACIONES DE CARGA

De acuerdo a lo establecido en la mencionada Circular 2\79 se estudiarán las siguientes situaciones de carga:

- Situación de salida de puerto, al 100 % de consumos.
- Situación de llegada a puerto, al 10 % de consumos.
- Situación al 50 % de consumos (inmediatamente antes de lastrar).

Para cada condición de carga se aplicarán los criterios de estabilidad establecidos.

Se presentan a continuación las tablas con los pesos a bordo, y los momentos escorantes, así como sus brazos del gancho (tanto en la condición de tiro como en la de arrastre), la grúa de carga, así como los monitores contraincendio, para cada situación de



carga. Además de un cuadro comparativo de los valores obtenidos con los mínimos exigidos, para cada situación, para demostrar el cumplimiento de los criterios expuestos.

6.1.- SALIDA DE PUERTO 100% DE CONSUMOS

6.1.1.- PESOS A BORDO

DESIGNACIÓN	PESO	CGV	MOMENTO	CGL	MOMENTO	ISL	DENSIDAD	I'DENS	
BUQUE EN ROSCA	359.71	3.403	1224.09	14.572	5241.68	0.00	0.000	0.00	
TRIP. Y EFECTOS	2.00	5.700	11.40	18.500	37.00	0.00	0.000	0.00	
PAÑOL DE PROA	6.00	3.100	18.60	25.500	153.00	0.00	0.000	0.00	
PAÑOL DE POPA	6.00	2.900	17.40	5.850	35.10	0.00	0.000	0.00	
VIVERES	1.00	5.600	5.60	16.200	16.20	0.00	0.000	0.00	
01PIQUEPROA	A. LASTRE	48.70	3.858	187.88	27.490	1338.76	0.00	1.025	0.00
02TDFP(2)	GAS-OIL	26.80	1.411	37.81	24.669	661.13	0.00	0.870	0.00
03TLM(2)	GAS-OIL	33.00	2.541	83.85	18.777	619.64	0.00	0.870	0.00
04TLM (2)	GAS-OIL	26.40	2.609	68.88	12.915	340.96	0.00	0.870	0.00
05TLDO (2)	GAS-OIL	3.80	1.775	6.75	9.413	35.77	0.00	0.870	0.00
06TAQDF.P	AC. AQUAM	2.00	0.530	1.06	16.198	32.40	0.00	0.924	0.00
07TASDF.S	AC. SUCIO	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.924	0.00
08TAMDF.P	AC. MOTOR	4.20	0.515	2.16	14.393	60.45	0.00	0.924	0.00
09TLDF.S	LODOS	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.924	0.00
10TAHDF.S	AC. HIDR.	2.10	0.511	1.07	13.798	28.98	0.00	0.924	0.00
11TLPSD (2)	GAS-OIL	12.20	2.906	35.45	7.820	95.40	0.00	0.870	0.00
12TLPE.P	ESPUMOG.	7.70	3.216	24.76	6.364	49.00	0.00	1.180	0.00
13TLPE.S	ESPUMOG.	9.60	3.272	31.41	6.118	58.73	0.00	1.180	0.00
14TLPD.P	DISPERS.	2.10	3.498	7.35	5.109	10.73	0.00	0.900	0.00
15TFP (2)	GAS-OIL	26.20	1.127	29.53	6.743	176.67	0.00	0.870	0.00
16TVP (2)	A. DULCE	26.80	3.069	82.25	3.622	97.07	0.00	1.000	0.00
17PIQUEPOPA	A. LASTRE	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	1.025	0.00
DESPLAZAMIENTO		606.31	3.10	1877.31	14.99	9088.67			0.00

6.1.2.- ASIENTO Y CALADOS

De las hidrostáticas

Calado (m)	Displ (T)	LCB (m)	VCB (m)	LCF (m)	TPC (T/cm)	MTC (T-m)	KML (m)	KMT (m)
3.00	606	15.25	1.73	14.83	2.64	253.55	23.96	5.31
3.00	606.31	15.25	1.73	14.83	2.64	253.64	23.96	5.31
3.05	619	15.24	1.76	14.8	2.65	257.24	23.79	5.29



GMT (m) = 2.21

No hay corrección por SL todos los tanques están llenos o vacíos

Lpp (m) = 28.02
 MOM1 = 4.514
 Asiento t (m) = 0.349
 Tg Asiento = 0.012

Calados:

Popa Dpp (m) = 0.164 Tpp (m) = 3.164 Tpp R (m) = 5.964
 Proa Dpr (m) = 0.185 Tpr (m) = 2.815 Tpr R (m) = 5.615

6.1.3.- ESTABILIDAD ESTÁTICA Y DINÁMICA

Áng	ESTABILIDAD ESTÁTICA				ESTABILIDAD DINÁMICA						
	KN	Sen A	KG*Sen A	GZ	C1 (SL)	C2 (t)	GZ Corr	SUMA GZ	10° (RAD)	Producto	GZ Dca.
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0.0000000	0.000	0.000	0.08725	0.00	0.000
10	0.930	0.174	0.538	0.392	0	0.0000029	0.392	0.392	0.08725	0.03	0.034
20	1.803	0.342	1.059	0.744	0	0.0000057	0.744	1.136	0.08725	0.10	0.133
30	2.414	0.500	1.548	0.866	0	0.0000083	0.866	1.610	0.08725	0.14	0.274
40	2.777	0.643	1.990	0.787	0	0.0000106	0.787	1.653	0.08725	0.14	0.418
50	2.967	0.766	2.372	0.595	0	0.0000127	0.595	1.382	0.08725	0.12	0.539
60	3.026	0.866	2.681	0.345	0	0.0000143	0.345	0.940	0.08725	0.08	0.621
70	2.973	0.940	2.910	0.063	0	0.0000156	0.063	0.408	0.08725	0.04	0.656
80	2.819	0.985	3.049	-0.230	0	0.0000163	-0.230	-0.167	0.08725	-0.01	0.642
90	2.576	1.000	3.096	-0.520	0	0.0000166	-0.520	-0.751	0.08725	-0.07	0.576

6.1.4.- CÁLCULO DE LOS BRAZOS ESCORANTES

Datos de partida:

Tiro = 52 Toneladas
 Eslora en la flotación = 28.684 metros
 Altura del gancho sobre la flotación = 2.629 metros
 Área lateral sumergida = 162.549 metros
 Calado medio real = 5.801 metros
 Distancia del gancho a popa = 4.200 metros
 Ángulo de inundación de la cubierta = 12.296 metros
 Radio del gancho = 0.000 metros



Velocidad de arrastre = 2.570 metros/segundo
 Distancia del gancho a la línea base = 5.630 metros
 Altura de la grúa sobre la flotación = 4.500 metros
 Brazo transversal de la grúa = 5.650 metros
 Peso máximo de carga de la grúa = 3 toneladas
 Altura de los monitores contraincendio sobre la flotación = 11.800 metros
 Fuerza máxima de ambos monitores trabajando en la misma dirección = 9.8 toneladas
 Ángulo de inundación = 76.278 grados

CÁLCULO DEL MOMENTO ESCORANTE DE ARRASTRE (M1)

Áng	Esc / ln. Cta	C1	C2	C3	Tmr-C3	Cos A	H-Cos A	Sen A	Rg-Sen A	Dist	M1	Braz. Esc 1
0	0.00	0.1	1.000	0.500	2.901	1.000	2.629	0.000	0.000	5.529	31.05	0.051
10	0.81	0.1	1.000	0.520	3.017	0.985	2.589	0.174	0.000	5.605	31.47	0.052
20	1.63	0.1	1.100	0.740	4.293	0.940	2.470	0.342	0.000	6.763	41.77	0.069
30	2.44	0.1	1.200	0.840	4.873	0.866	2.277	0.500	0.000	7.150	48.17	0.079
40	3.25	0.1	1.600	0.840	4.873	0.766	2.014	0.643	0.000	6.887	61.87	0.102
50	4.07	0.1	1.850	0.840	4.873	0.643	1.690	0.766	0.000	6.563	68.17	0.112
60	4.88	0.1	2.100	0.840	4.873	0.500	1.314	0.866	0.000	6.187	72.95	0.120

CÁLCULO DEL MOMENTO ESCORANTE DE TIRO (M2)

Áng	Coef. C5	Cos A	H-Cos A	Sen A	Rg-Sen A	Dist	M2	Braz. Esc 2
0	0.610	1.000	2.629	0.000	0.000	5.645	125.351	0.207
10	0.610	0.985	2.589	0.174	0.000	5.605	124.464	0.205
20	0.610	0.940	2.470	0.342	0.000	5.487	121.831	0.201
30	0.610	0.866	2.277	0.500	0.000	5.293	117.531	0.194
40	0.610	0.766	2.014	0.643	0.000	5.030	111.695	0.184
50	0.610	0.643	1.690	0.766	0.000	4.706	104.501	0.172
60	0.610	0.500	1.314	0.866	0.000	4.331	96.166	0.159

CÁLCULO DEL MOMENTO ESCORANTE DE LA GRÚA (M3)

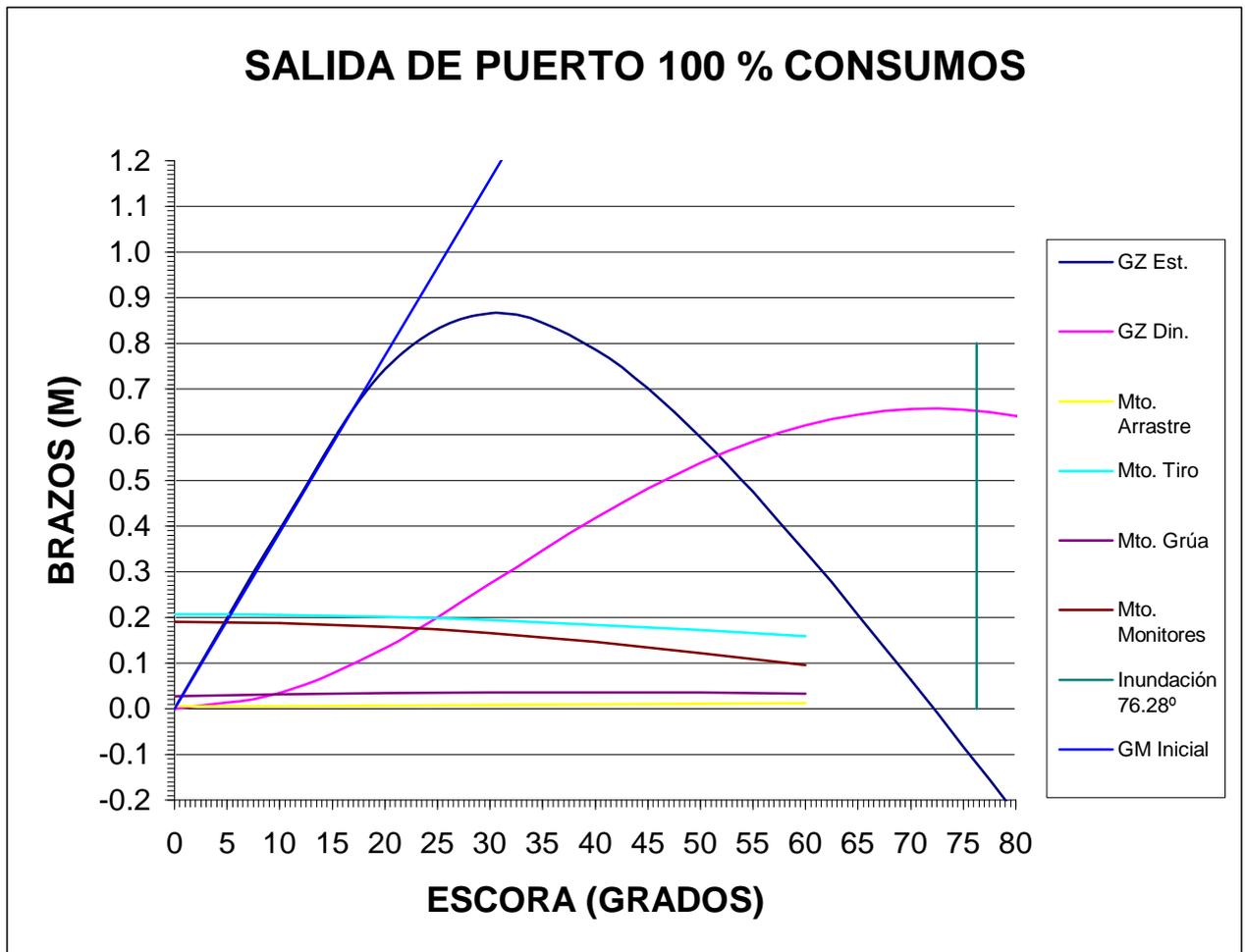
Áng	Cos A	D-Cos A	Sen A	H-Sen A	Dist	M3	Braz. Esc 3
0	1.000	5.650	0.000	0.000	5.650	16.950	0.028
10	0.985	5.564	0.174	0.781	6.345	19.036	0.031
20	0.940	5.309	0.342	1.539	6.848	20.544	0.034
30	0.866	4.893	0.500	2.249	7.142	21.427	0.035
40	0.766	4.328	0.643	2.892	7.220	21.660	0.036
50	0.643	3.632	0.766	3.446	7.078	21.234	0.035
60	0.500	2.825	0.866	3.896	6.721	20.163	0.033

CÁLCULO DEL MOMENTO ESCORANTE LOS MONITORES CONTRAINCENDIO (M4)

Áng	Cos A	H-Cos A	M4	Braz. Esc 4
0	1.000	11.799	115.628	0.191
10	0.985	11.620	113.872	0.188
20	0.940	11.087	108.655	0.179
30	0.866	10.218	100.137	0.165
40	0.766	9.038	88.576	0.146
50	0.643	7.584	74.324	0.123
60	0.500	5.899	57.814	0.095



6.1.5.- REPRESENTACIÓN GRÁFICA



6.1.6.- CUMPLIMIENTO DE LOS CRITERIOS DE ESTABILIDAD

	requerido	disponible	
Área hasta 30° >	0.055	0.274	(m-rad)
Área hasta 40° >	0.09	0.418	(m-rad)
Área 40° - 30° >	0.03	0.144	(m-rad)
GZ 30° >	0.2	0.866	(m)
GZ Máx >	25	30.5	(grados)
GMT inicial >	0.35	2.21	(m)



6.2.- LLEGADA A PUERTO 10% DE CONSUMOS

6.2.1.- PESOS A BORDO

DESIGNACIÓN		PESO	CGV	MOMENTO	CGL	MOMENTO	ISL	DENSIDAD	I'DENS
BUQUE EN ROSCA		359.71	3.403	1224.09	14.572	5241.68	0.00	0.000	0.00
TRIP. Y EFECTOS		2.00	5.700	11.40	18.500	37.00	0.00	0.000	0.00
PAÑOL DE PROA		6.00	3.100	18.60	25.500	153.00	0.00	0.000	0.00
PAÑOL DE POPA		6.00	2.900	17.40	5.850	35.10	0.00	0.000	0.00
VIVERES		0.10	5.600	0.56	16.200	1.62	0.00	0.000	0.00
01PIQUEPR	A. LASTRE	48.70	3.858	187.88	27.490	1338.76	0.00	1.025	0.00
02TDFP(2)	GAS-OIL	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.870	0.00
03TLM(2)	GAS-OIL	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.870	0.00
04TLM (2)	GAS-OIL	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.870	0.00
05TLDO (2)	GAS-OIL	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.870	0.00
06TAQDF.P	AC. AQUAM	0.20	0.118	0.02	16.177	3.24	1.64	0.924	1.52
07TASDF.S	AC. SUCIO	3.07	0.527	1.62	15.895	48.80	0.00	0.924	0.00
08TAMDF.P	AC. MOTOR	0.42	0.090	0.04	14.326	6.02	3.24	0.924	2.99
09TLDF.S	LODOS	1.16	0.517	0.60	14.700	17.05	0.00	0.924	0.00
10TAHDF.S	AC. HIDR.	0.21	0.082	0.02	13.785	2.89	1.68	0.924	1.55
11TLPSD (2)	GAS-OIL	12.20	2.906	35.45	7.820	95.40	0.00	0.870	0.00
12TLPE.P	ESPUMOG.	0.77	1.728	1.33	6.575	5.06	0.30	1.180	0.35
13TLPE.S	ESPUMOG.	0.96	1.799	1.73	6.490	6.23	0.42	1.180	0.50
14TLPD.P	DISPERS.	0.21	2.295	0.48	5.138	1.08	0.06	0.900	0.05
15TFP (2)	GAS-OIL	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.870	0.00
16TVP (2)	A. DULCE	2.68	1.236	3.31	3.687	9.88	1.44	1.000	1.44
17PIQUEPP	A. LASTRE	36.36	3.487	126.79	1.891	68.76	0.00	1.025	0.00
DESPLAZAMIENTO		480.75	3.39	1631.32	14.71	7071.57			8.41

6.2.2.- ASIENTO Y CALADOS

De las hidrostáticas

Calado (m)	Displ (T)	LCB (m)	VCB (m)	LCF (m)	TPC (T/cm)	MTC (T-m)	KML (m)	KMT (m)
2.5	478	15.33	1.46	15.05	2.51	218.55	26.21	5.7
2.51	480.75	15.33	1.47	15.04	2.51	219.31	26.15	5.69
2.55	490	15.32	1.49	15.02	2.52	221.86	25.93	5.65



GMT (m) = 2.30

No hay corrección por SL. Los tanques semillenos no superan 0.01·Desplazamiento

Lpp (m) = 28.02
 MOM1 = 3.904
 Asiento t (m) = 0.761
 Tg Asiento = 0.027

Calados

Popa Dpp (m) = 0.353 Tpp (m) = 2.864 Tpp R (m) = 5.664
 Proa Dpr (m) = 0.409 Tpr (m) = 2.103 Tpr R (m) = 4.903

6.2.3.- ESTABILIDAD ESTÁTICA Y DINÁMICA

Áng	ESTABILIDAD ESTÁTICA					ESTABILIDAD DINÁMICA						
	KN	Sen A	KG*Sen A	GZ	C1 (SL)	C2 (t)	GZ Corr	SUMA GZ	10° (RAD)	Producto	GZ Dca.	
0	0	0.000	0.000	0.000	0	0.0000000	0.000	0.000	0.08725	0.00	0.000	
10	0.997	0.174	0.589	0.408	0	0.0000149	0.408	0.408	0.08725	0.04	0.036	
20	2.004	0.342	1.161	0.843	0	0.0000294	0.843	1.251	0.08725	0.11	0.145	
30	2.726	0.500	1.697	1.029	0	0.0000430	1.029	1.872	0.08725	0.16	0.308	
40	3.100	0.643	2.181	0.919	0	0.0000553	0.919	1.948	0.08725	0.17	0.478	
50	3.262	0.766	2.599	0.662	0	0.0000659	0.662	1.581	0.08725	0.14	0.616	
60	3.269	0.866	2.939	0.330	0	0.0000746	0.330	0.992	0.08725	0.09	0.703	
70	3.147	0.940	3.189	-0.041	0	0.0000809	-0.041	0.289	0.08725	0.03	0.728	
80	2.917	0.985	3.342	-0.424	0	0.0000848	-0.425	-0.466	0.08725	-0.04	0.687	
90	2.594	1.000	3.393	-0.800	0	0.0000861	-0.800	-1.224	0.08725	-0.11	0.580	

6.2.4.- CÁLCULO DE LOS BRAZOS ESCORANTES

Datos de partida:

- Tiro = 52 Toneladas
- Eslora en la flotación = 28.110 metros
- Altura del gancho sobre la flotación = 3.119 metros
- Área lateral sumergida = 148.827 metros
- Calado medio real = 5.311 metros
- Distancia del gancho a popa = 4.200 metros
- Ángulo de inundación de la cubierta = 17.067 metros



Radio del gancho = 0.000 metros
 Velocidad de arrastre = 2.570 metros/segundo
 Distancia del gancho a la línea base = 5.630 metros
 Altura de la grúa sobre la flotación = 4.989 metros
 Brazo transversal de la grúa = 5.650 metros
 Peso máximo de carga de la grúa = 3 toneladas
 Altura de los monitores contraincendio sobre la flotación = 12.289 metros
 Fuerza máxima de ambos monitores trabajando en la misma dirección = 9.8 toneladas
 Ángulo de inundación = 77.101 grados

CÁLCULO DEL MOMENTO ESCORANTE DE ARRASTRE (M1)

Áng	Esc / In. Cta	C1	C2	C3	Tmr-C3	Cos A	H-Cos A	Sen A	Rg-Sen A	Dist	M1	Braz. Esc 1
0	0.00	0.1	1.000	0.500	2.656	1.000	3.119	0.000	0.000	5.774	29.68	0.062
10	0.59	0.1	1.000	0.520	2.762	0.985	3.071	0.174	0.000	5.833	29.98	0.062
20	1.17	0.1	1.100	0.740	3.930	0.940	2.930	0.342	0.000	6.861	38.79	0.081
30	1.76	0.1	1.200	0.840	4.462	0.866	2.701	0.500	0.000	7.162	44.18	0.092
40	2.34	0.1	1.600	0.840	4.462	0.766	2.389	0.643	0.000	6.851	56.35	0.117
50	2.93	0.1	1.850	0.840	4.462	0.643	2.005	0.766	0.000	6.466	61.49	0.128
60	3.52	0.1	2.100	0.840	4.462	0.500	1.559	0.866	0.000	6.021	65.00	0.135

CÁLCULO DEL MOMENTO ESCORANTE DE TIRO (M2)

Áng	Coef. C5	Cos A	H-Cos A	Sen A	Rg-Sen A	Dist	M2	Braz. Esc 2
0	0.610	1.000	3.119	0.000	0.000	5.881	130.571	0.272
10	0.610	0.985	3.071	0.174	0.000	5.833	129.519	0.269
20	0.610	0.940	2.930	0.342	0.000	5.692	126.395	0.263
30	0.610	0.866	2.701	0.500	0.000	5.463	121.294	0.252
40	0.610	0.766	2.389	0.643	0.000	5.151	114.371	0.238
50	0.610	0.643	2.005	0.766	0.000	4.767	105.836	0.220
60	0.610	0.500	1.559	0.866	0.000	4.321	95.949	0.200

CÁLCULO DEL MOMENTO ESCORANTE DE LA GRÚA (M3)

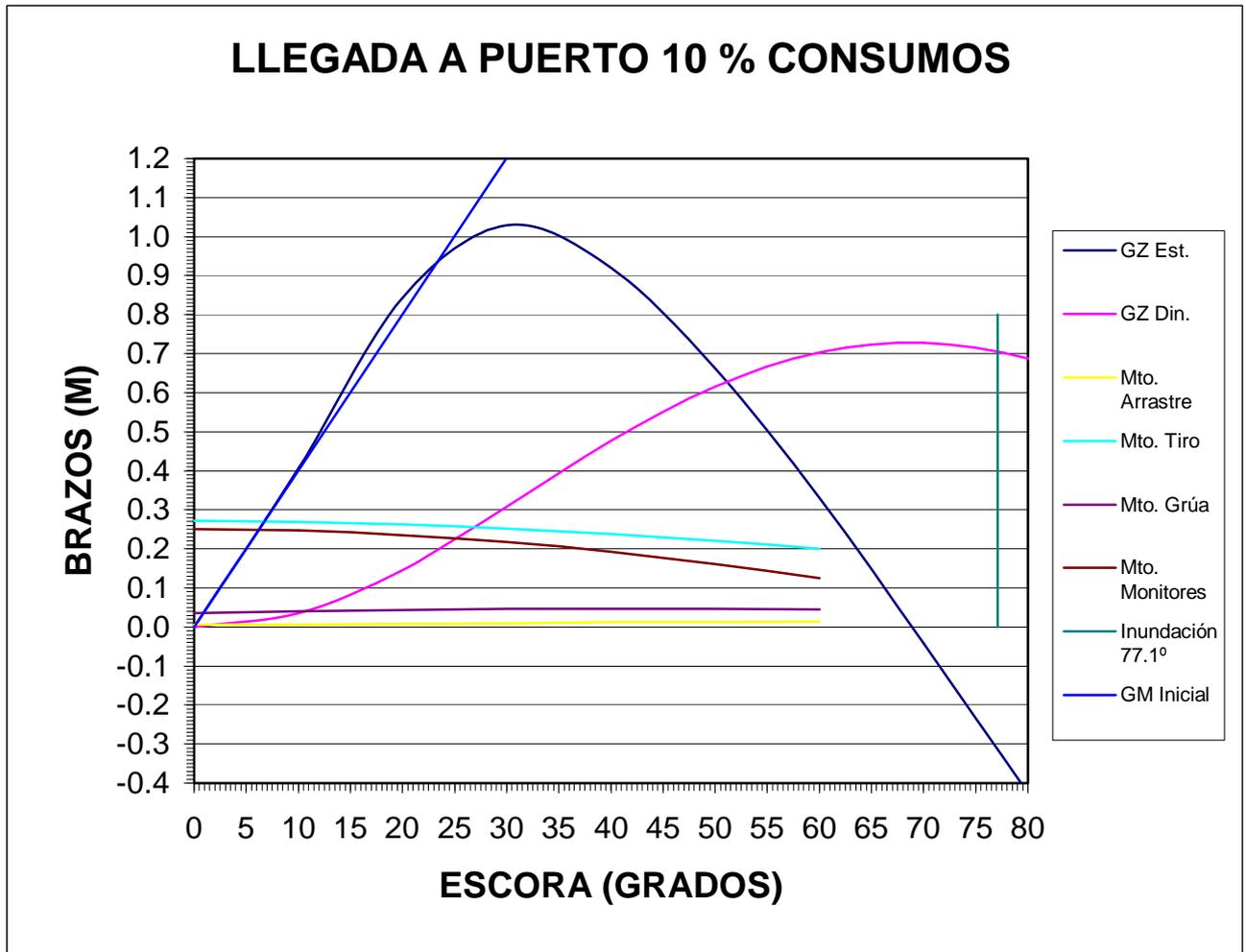
Áng	Cos A	D-Cos A	Sen A	H-Sen A	Dist	M3	Braz. Esc 3
0	1.000	5.650	0.000	0.000	5.650	16.950	0.035
10	0.985	5.564	0.174	0.866	6.430	19.291	0.040
20	0.940	5.309	0.342	1.706	7.015	21.046	0.044
30	0.866	4.893	0.500	2.494	7.387	22.162	0.046
40	0.766	4.328	0.643	3.207	7.535	22.604	0.047
50	0.643	3.632	0.766	3.821	7.453	22.360	0.047
60	0.500	2.825	0.866	4.320	7.145	21.436	0.045

CÁLCULO DEL MOMENTO ESCORANTE LOS MONITORES CONTRAINCENDIO (M4)

Áng	Cos A	H-Cos A	M4	Braz. Esc 4
0	1.000	12.289	120.428	0.251
10	0.985	12.102	118.598	0.247
20	0.940	11.547	113.165	0.235
30	0.866	10.642	104.293	0.217
40	0.766	9.414	92.253	0.192
50	0.643	7.899	77.409	0.161
60	0.500	6.144	60.214	0.125



6.2.5.- REPRESENTACIÓN GRÁFICA



6.2.6.- CUMPLIMIENTO DE LOS CRITERIOS DE ESTABILIDAD

	requerido	disponible	
Área hasta 30° >	0.055	0.308	(m·rad)
Área hasta 40° >	0.09	0.478	(m·rad)
Área 40° - 30° >	0.03	0.170	(m·rad)
GZ 30° >	0.2	1.029	(m)
GZ Máx >	25	30.0	(grados)
GMT inicial >	0.35	2.30	(m)



6.3.- LLEGADA A PUERTO 50% DE CONSUMOS

Inmediatamente antes de lastrar

6.3.1.- PESOS A BORDO

DESIGNACIÓN		PESO	CGV	MOMENTO	CGL	MOMENTO	ISL	DENSIDAD	I°DENS
BUQUE EN ROSCA		359.71	3.403	1224.09	14.572	5241.68	0.00	0.000	0.00
TRIP. Y EFECTOS		2.00	5.700	11.40	18.500	37.00	0.00	0.000	0.00
PAÑOL DE PROA		6.00	3.100	18.60	25.500	153.00	0.00	0.000	0.00
PAÑOL DE POPA		6.00	2.900	17.40	5.850	35.10	0.00	0.000	0.00
VIVERES		0.50	5.600	2.80	16.200	8.10	0.00	0.000	0.00
01PIQUEPR	A. LASTRE	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	1.025	0.00
02TDFP(2)	GAS-OIL	26.80	1.411	37.81	24.669	661.13	0.00	0.870	0.00
03TLM(2)	GAS-OIL	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.870	0.00
04TLM (2)	GAS-OIL	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.870	0.00
05TLDO (2)	GAS-OIL	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.870	0.00
06TAQDF.P	AC. AQUAM	1.02	0.307	0.31	16.195	16.52	0.84	0.924	0.78
07TASDF.S	AC. SUCIO	1.54	0.303	0.47	15.890	24.47	1.26	0.924	1.16
08TAMDF.P	AC. MOTOR	2.10	0.285	0.60	14.385	30.21	1.69	0.924	1.56
09TLDF.S	LODOS	0.58	0.288	0.17	14.699	8.53	0.47	0.924	0.43
10TAHDF.S	AC. HIDR.	1.06	0.278	0.29	13.797	14.62	0.84	0.924	0.78
11TLPSD (2)	GAS-OIL	12.20	2.906	35.45	7.820	95.40	0.00	0.870	0.00
12TLPE.P	ESPUMOG.	3.85	2.551	9.82	6.412	24.69	0.87	1.180	1.03
13TLPE.S	ESPUMOG.	4.80	2.626	12.60	6.207	29.79	2.18	1.180	2.57
14TLPD.P	DISPERS.	2.14	2.958	6.33	5.115	10.95	0.46	0.900	0.41
15TFP (2)	GAS-OIL	26.20	1.127	29.53	6.743	176.67	0.00	0.870	0.00
16TVP (2)	A. DULCE	13.36	2.238	29.90	3.638	48.60	10.08	1.000	10.08
17PIQUEPP	A. LASTRE	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	1.025	0.00
DESPLAZAMIENTO		469.86	3.06	1437.58	14.08	6616.46			18.81

6.3.2.- ASIENTO Y CALADOS

De las hidrostáticas

Calado (m)	Displ (T)	LCB (m)	VCB (m)	LCF (m)	TPC (T/cm)	MTC (T-m)	KML (m)	KMT (m)
2.45	465	15.34	1.43	15.07	2.49	215.26	26.51	5.76
2.47	469.86	15.34	1.44	15.06	2.50	216.49	26.40	5.74
2.5	478	15.33	1.46	15.05	2.51	218.55	26.21	5.7



GMc (m) = 2.638

Lpp (m) = 28.02
MOM1 = 3.914
Asiento t (m) = 1.506
Tg Asiento = 0.054

Calados

Popa **Dpp (m) = 0.696** **Tpp (m) = 3.165** **Tpp R (m) = 5.965**
 Proa **Dpr (m) = 0.810** **Tpr (m) = 1.659** **Tpr R (m) = 4.459**

6.3.3.- ESTABILIDAD ESTÁTICA Y DINÁMICA

Áng	ESTABILIDAD ESTÁTICA						ESTABILIDAD DINÁMICA				
	KN	Sen A	KG*Sen A	GZ	C1 (SL)	C2 (t)	GZ Corr.	SUMA GZ	10° (RAD)	Producto	GZ Dca.
0	0	0.000	0.000	0.000	0.00	0.0000000	0.000	0.000	0.08725	0.00	0.000
10	1.005	0.174	0.531	0.473	0.04	0.0000600	0.433	0.433	0.08725	0.04	0.038
20	2.021	0.342	1.046	0.974	0.04	0.0001182	0.934	1.367	0.08725	0.12	0.157
30	2.752	0.500	1.530	1.222	0.04	0.0001728	1.182	2.116	0.08725	0.18	0.342
40	3.127	0.643	1.967	1.161	0.04	0.0002221	1.120	2.302	0.08725	0.20	0.543
50	3.287	0.766	2.344	0.943	0.04	0.0002647	0.903	2.023	0.08725	0.18	0.719
60	3.291	0.866	2.650	0.641	0.04	0.0002993	0.601	1.504	0.08725	0.13	0.850
70	3.164	0.940	2.875	0.289	0.04	0.0003247	0.248	0.849	0.08725	0.07	0.924
80	2.927	0.985	3.013	-0.086	0.04	0.0003403	-0.127	0.122	0.08725	0.01	0.935
90	2.596	1.000	3.060	-0.464	0.04	0.0003456	-0.504	-0.631	0.08725	-0.06	0.880

6.3.4.- CÁLCULO DE LOS BRAZOS ESCORANTES

Datos de partida:

Tiro = 52 Toneladas
 Eslora en la flotación = 27.988 metros
 Altura del gancho sobre la flotación = 3.161 metros
 Área lateral sumergida = 147.628 metros
 Calado medio real = 5.269 metros
 Distancia del gancho a popa = 4.200 metros
 Ángulo de inundación de la cubierta = 17.473 metros
 Radio del gancho = 0.000 metros



Velocidad de arrastre = 2.570 metros/segundo
 Distancia del gancho a la línea base = 5.630 metros
 Altura de la grúa sobre la flotación = 5.031 metros
 Brazo transversal de la grúa = 5.650 metros
 Peso máximo de carga de la grúa = 3 toneladas
 Altura de los monitores contraincendio sobre la flotación = 12.331 metros
 Fuerza máxima de ambos monitores trabajando en la misma dirección = 9.8 toneladas
 Ángulo de inundación = 77.169 grados

CÁLCULO DEL MOMENTO ESCORANTE DE ARRASTRE (M1)

Áng	Esc / In. Cta	C1	C2	C3	Tmr-C3	Cos A	H-Cos A	Sen A	Rg-Sen A	Dist	M1	Braz. Esc 1
0	0.00	0.1	1.000	0.500	2.634	1.000	3.161	0.000	0.000	5.796	29.55	0.063
10	0.57	0.1	1.000	0.520	2.740	0.985	3.113	0.174	0.000	5.853	29.85	0.064
20	1.14	0.1	1.100	0.740	3.899	0.940	2.971	0.342	0.000	6.869	38.53	0.082
30	1.72	0.1	1.200	0.840	4.426	0.866	2.738	0.500	0.000	7.163	43.83	0.093
40	2.29	0.1	1.600	0.840	4.426	0.766	2.422	0.643	0.000	6.847	55.86	0.119
50	2.86	0.1	1.850	0.840	4.426	0.643	2.032	0.766	0.000	6.458	60.92	0.130
60	3.43	0.1	2.100	0.840	4.426	0.500	1.581	0.866	0.000	6.006	64.32	0.137

CÁLCULO DEL MOMENTO ESCORANTE DE TIRO (M2)

Áng	Coef. C5	Cos A	H-Cos A	Sen A	Rg-Sen A	Dist	M2	Braz. Esc 2
0	0.610	1.000	3.161	0.000	0.000	5.901	131.026	0.279
10	0.610	0.985	3.113	0.174	0.000	5.853	129.960	0.277
20	0.610	0.940	2.971	0.342	0.000	5.710	126.793	0.270
30	0.610	0.866	2.738	0.500	0.000	5.477	121.622	0.259
40	0.610	0.766	2.422	0.643	0.000	5.161	114.604	0.244
50	0.610	0.643	2.032	0.766	0.000	4.772	105.952	0.225
60	0.610	0.500	1.581	0.866	0.000	4.320	95.930	0.204

CÁLCULO DEL MOMENTO ESCORANTE DE LA GRÚA (M3)

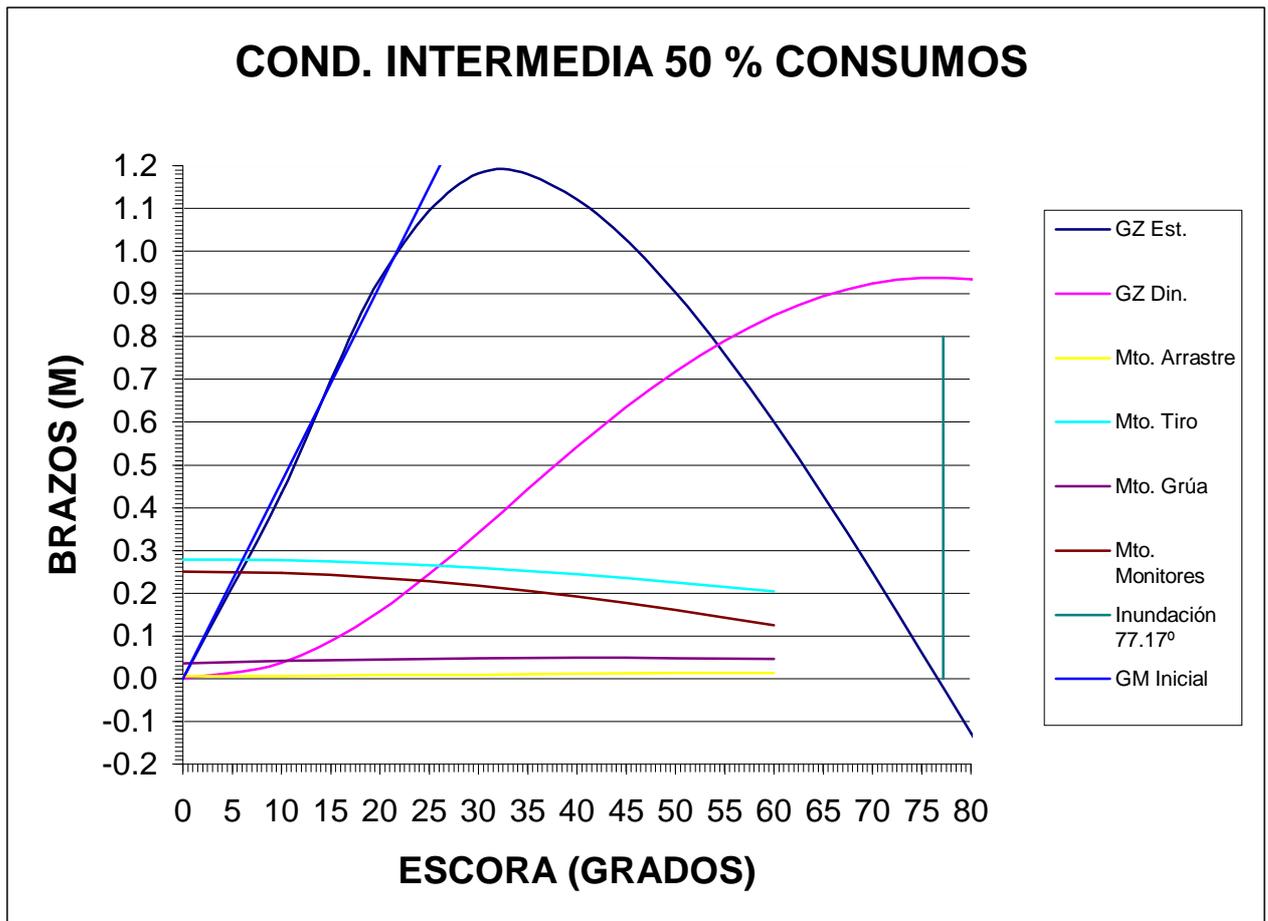
Áng	Cos A	D-Cos A	Sen A	H-Sen A	Dist	M3	Braz. Esc 3
0	1.000	5.650	0.000	0.000	5.650	16.950	0.036
10	0.985	5.564	0.174	0.874	6.438	19.314	0.041
20	0.940	5.309	0.342	1.721	7.030	21.090	0.045
30	0.866	4.893	0.500	2.516	7.409	22.226	0.047
40	0.766	4.328	0.643	3.234	7.562	22.687	0.048
50	0.643	3.632	0.766	3.854	7.486	22.458	0.048
60	0.500	2.825	0.866	4.357	7.182	21.547	0.046

CÁLCULO DEL MOMENTO ESCORANTE LOS MONITORES CONTRAINCENDIO (M4)

Áng	Cos A	H-Cos A	M4	Braz. Esc 4
0	1.000	12.331	120.847	0.257
10	0.985	12.144	119.011	0.253
20	0.940	11.588	113.559	0.242
30	0.866	10.679	104.656	0.223
40	0.766	9.446	92.574	0.197
50	0.643	7.926	77.679	0.165
60	0.500	6.166	60.423	0.129



6.3.5.- REPRESENTACIÓN GRÁFICA



6.3.6.- CUMPLIMIENTO DE LOS CRITERIOS DE ESTABILIDAD

	requerido	disponible	
Área hasta 30° >	0.055	0.342	(m·rad)
Área hasta 40° >	0.09	0.543	(m·rad)
Área 40° - 30° >	0.03	0.201	(m·rad)
GZ 30° >	0.2	1.182	(m)
GZ Máx >	25	31.0	(grados)
GMT inicial >	0.35	2.64	(m)

PLIEGO
DE
CONDICIONES



PLIEGO DE CONDICIONES

El objeto de este capítulo, es el de hacer un repaso a la reglamentación a la cual se debe ceñir el ingeniero y el constructor al hacer un buque. Ya en los diferentes capítulos de la memoria justificativa se han ido nombrando las reglamentaciones específicas más importantes a la que se debe someter cada equipo, elemento estructural, etc. Por lo que ahora haremos un repaso general de la reglamentación.

Para proyectar y construir un buque es necesario considerar previamente la reglamentación vigente relativa a:

- Administración del país donde se piensa abanderar y acuerdos internacionales que tenga suscrito éste.
- Entidad de registro donde se quiera clasificar.
- Canales y zonas de navegación a través de las cuales tenga que pasar y puertos que pueda tocar.

Al ser un remolcador de puerto, el último punto no procede, ya que teóricamente será un buque para uso exclusivo en el puerto que tenga como base. Por lo que nos centraremos en los dos primeros puntos.

Para ver los reglamentos más importantes que ha suscrito la Administración Española, en primer lugar, debemos definir al Organismo Internacional que se ocupa de los asuntos marítimos: el IMO.

La Organización Marítimo Internacional, es un organismo especializado de las Naciones Unidas, y su principal objetivo es facilitar la cooperación entre los Gobiernos en cuestiones técnicas y afines relacionadas con el transporte marítimo, especialmente en lo que respecta al fomento de la seguridad de la vida humana en el mar y la prevención de la contaminación ocasionada por buques. Esta labor supone un amplio intercambio de información entre los distintos gobiernos en el seno de los órganos y comités de la Organización, el examen y la aprobación de acuerdos internacionales y la provisión de otros órganos de asesoramiento y de ayuda a los Gobiernos.



Entre los convenios más importantes se haya:

- El Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar 1974 (SOLAS). Siendo su primera versión adoptada en 1914, y la versión actual es de 1974, entrando en vigor en 1980, cuando al menos 25 países aceptaron el convenio, suponiendo ello como mínimo el 50% del tonelaje bruto de la marina mercante mundial.
- El contenido del SOLAS-74 es el siguiente:

Disposiciones generales. Construcción, compartimentado y estabilidad. Instalaciones de máquinas eléctricas. Construcción, prevención, detección y extinción de incendios. Dispositivos y medios de salvamento. Radiotelegrafía y radiotelefonía. Seguridad de la navegación. Transporte de grano, de mercancías peligrosas y buques nucleares.

Este convenio se renueva por medio de enmiendas, las cuales se aprueban inmediatamente, partiendo de la hipótesis de que los Gobiernos están a favor de la enmienda a menos que tomen medidas positivas para dar a conocer sus objeciones. A esto se le llama aceptación tácita de enmiendas.

- Convenio Internacional Para Prevenir La Contaminación por los buques 1973. (MARPOL-73).

Existe otra Organización Internacional de las Naciones Unidas que emite reglamentación sobre temas marítimos. La OIT (Organización Internacional del Trabajo) ha emitido convenios sobre medios de carga y descarga, alojamiento de la tripulación, sobre buques pesqueros, seguridad e higiene de los trabajos portuarios, etc.

Una vez conocidos los Organismos Internacionales, pasemos a ver cuál es el órgano encargado de hacer cumplir los convenios en España.

En España la ordenación de transporte marítimo, protección y renovación de la flota mercante, la seguridad de la navegación y de la vida humana en el mar, lucha contra la contaminación, abanderamiento, expediente de construcción de todos los buques, se



realiza a través de la dirección General de la Marina Mercante, que depende del Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones.

La seguridad marítima tiene por misión:

- Vigilar el exacto cumplimiento del Convenio de Seguridad de la Vida Humana en el Mar, y sus normas de aplicación; que los buques cumplan las condiciones que se prescriben en los distintos certificados de seguridad, comprobar que las tripulaciones están adiestradas y organizadas para los distintos casos de emergencia.
- Inspeccionar el material náutico de los buques, los calados de salida a la mar, y el cumplimiento de lo dispuesto acerca de luces y marcas de navegación.
- Inspeccionar las fábricas, laboratorios o almacenes donde se fabriquen aparatos para el equipo de los buques.

Mientras que el servicio de comunicaciones tiene por misión:

- Garantizar el exacto cumplimiento en los buques mercantes de cuanto en materia radioeléctrica disponen los Reglamentos anexos a los Convenios Internacionales a los que España está adherida. El buque en su terminación deberá disponer de los siguientes certificados:
 - Acta de pruebas oficiales de velocidad.
 - Certificado de Arqueo.
 - Certificado de Francobordo.
 - Certificado de Construcción.
 - Certificado de Navegabilidad.
 - Acta de pruebas de Estabilidad.
 - Certificado de medios de Carga y Descarga.
 - Certificados requeridos por el convenio de la seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS).
 - Certificado de inspección a la instalación radioeléctrica.
 - Certificado de reconocimiento sanitario.
 - Certificado de reconocimiento de material náutico.

Una vez en posesión de los anteriores certificados y previos trámites Burocráticos, se entrega al buque el Rol y la Patente de Navegación.

El Rol es un documento acreditativo de que el buque cumple determinados requisitos administrativos de orden laboral y marítimo, así como las normas establecidas a resulta de los compromisos internacionales aceptados por el gobierno que lo extiende.



La Patente de Navegación es un documento que autoriza al buque para navegar por los mares, bajo pabellón del Gobierno que la concede, y concede al capitán para el ejercicio de sus funciones en dicha navegación.

LAS SOCIEDADES DE CLASIFICACIÓN

Los buques se construyen hoy en día de acuerdo con las “reglas y reglamento para la construcción y clasificación de buques” de alguna Sociedad de Clasificación. Las Sociedades de Clasificación son unas entidades que no buscan lucro alguno. El que un buque esté clasificado en una de ellas es una garantía para las compañías de seguros, fletadores y autoridades portuarias. Estas sociedades no admiten ningún tipo de responsabilidad.

El crédito que merecen sus “Certificados de Clasificación” anotado y mantenidos en su Registro, es lo que fortifica su subsistencia por la garantía que supone y, materialmente por el beneficio que reporta al fijarse las primas del seguro. Este crédito se perdería con el crecimiento de los siniestros que fueran imputables a sociedades defectuosas.

Para que un buque conserve su clasificación deben ser sometidos a unos reconocimientos periódicos de acuerdo con las reglas de dichas sociedades y efectuar los trabajos o modificaciones que indiquen sus inspectores.

Para clasificar un buque es necesario seguir el siguiente proceso:

- Someter a la aprobación de la Sociedad de Clasificadora los planos de construcción para que comprueben que están realizados de acuerdo con los reglamentos y que los esfuerzos estructurales están dentro de los límites admisibles.
- Someter a aprobación los materiales que van a utilizarse en la construcción del casco, máquinas, equipo eléctrico, etc.
- Que la construcción del buque sea inspeccionada por un experto de la Sociedad Clasificadora en los Astilleros para que éste pueda comprobar que se realiza de acuerdo con los planos y materiales aprobados así como que la calidad de la mano de obra es la adecuada.



El remolcador de puerto que se ha proyectado bajo las normas del Lloyd's Register of Shipping, como ha quedado de manifiesto en muchas de las partes del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

GENERAL



BIBLIOGRAFÍA GENERAL

1. *Apuntes de proyectos.*
2. *Manual del programa "Autoship 8".*
3. *Artículo sobre motores de varias revistas encontrada en la web.*
4. *Información recibida de Aquamaster.*
5. *Lista de remolcadores suministrada por varias empresas dedicadas el remolque de puerto.*
6. *Artículo publicado sobre "Propulsores azimutales Aquamaster".*
7. *Apuntes de Teoría del Buque II*
8. *Publicaciones de las Kaplan Series del Canal de Wageningen. MARIN.*
9. *Disposiciones Generales de buques similares.*
10. *Apuntes de "Teoría del buque I".*
11. *"Convenio Internacional sobre Líneas de Carga de 1966"*
12. *"Convenio internacional sobre Arqueo de Buques".*
13. *"Reglamento del Lloyd'S Register of Shipping".*
14. *Apuntes de la asignatura "Técnicas de Construcción Naval".*
15. *Apuntes de "Equipos y servicios".*
16. *Normativa SEVIMAR.*
17. *Normativa SOLAS*
18. *Información proporcionada por el Grupo Boluda, sobre los remolcadores V.B. Alborán, V.B. Mediterraneo y V.B. Balear.*
19. *Prontuario de perfiles normalizados.*
20. *Información de diversos fabricantes: Wärsilä, Kvaerner, Guascor, Aquamaster, Azcue y Ferri.*



21. *Circular de la Marina Mercante 2/79 “Estabilidad de Remolcadores”.*
22. *Información suministrada por Boluda.*
23. *Normativa de AESA.*
24. *“Habilitación y decoración” González de Lema.*
25. *Apuntes de “Electricidad aplicada al buque”.*
26. *Apuntes de “Equipos y servicios”.*
27. *Apuntes de “Mecanismos”.*
28. *Apuntes de “Sistemas de Propulsión”.*

**ESCUELA UNIVERSITARIA DE
INGENIERIA TECNICA NAVAL**

Especialidades de Propulsión y Estructuras

PROYECTO FIN DE CARRERA

“REMOLCADOR DE PUERTO
DE 52 TONELADAS DE TIRO”

TOMO II

PLANOS

AUTORES:

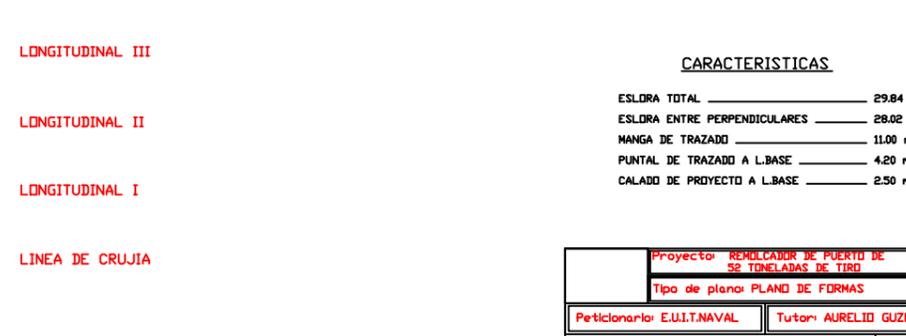
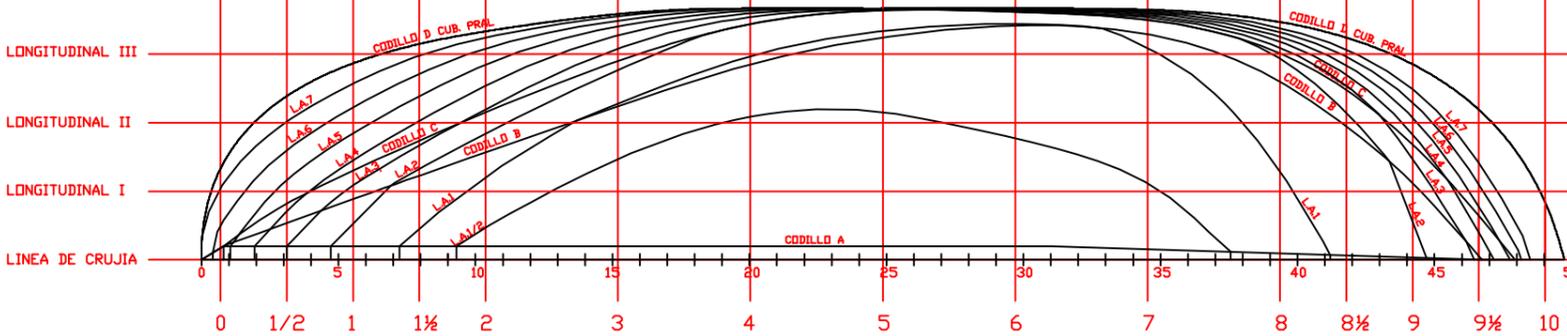
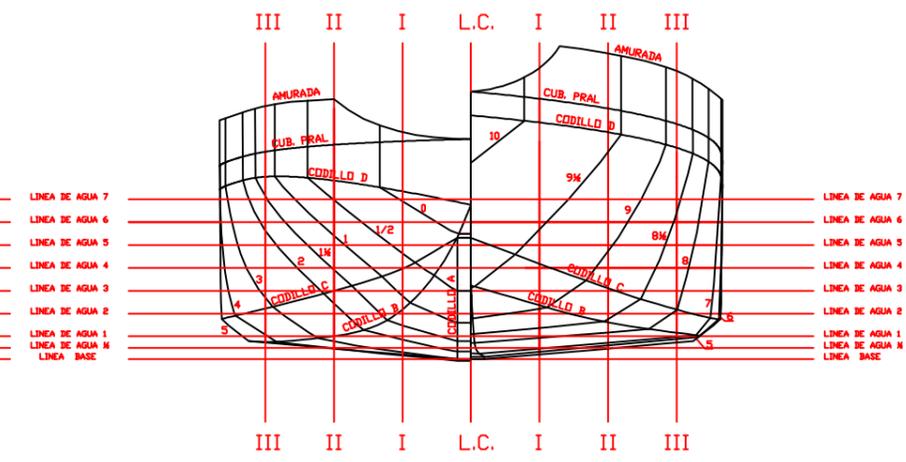
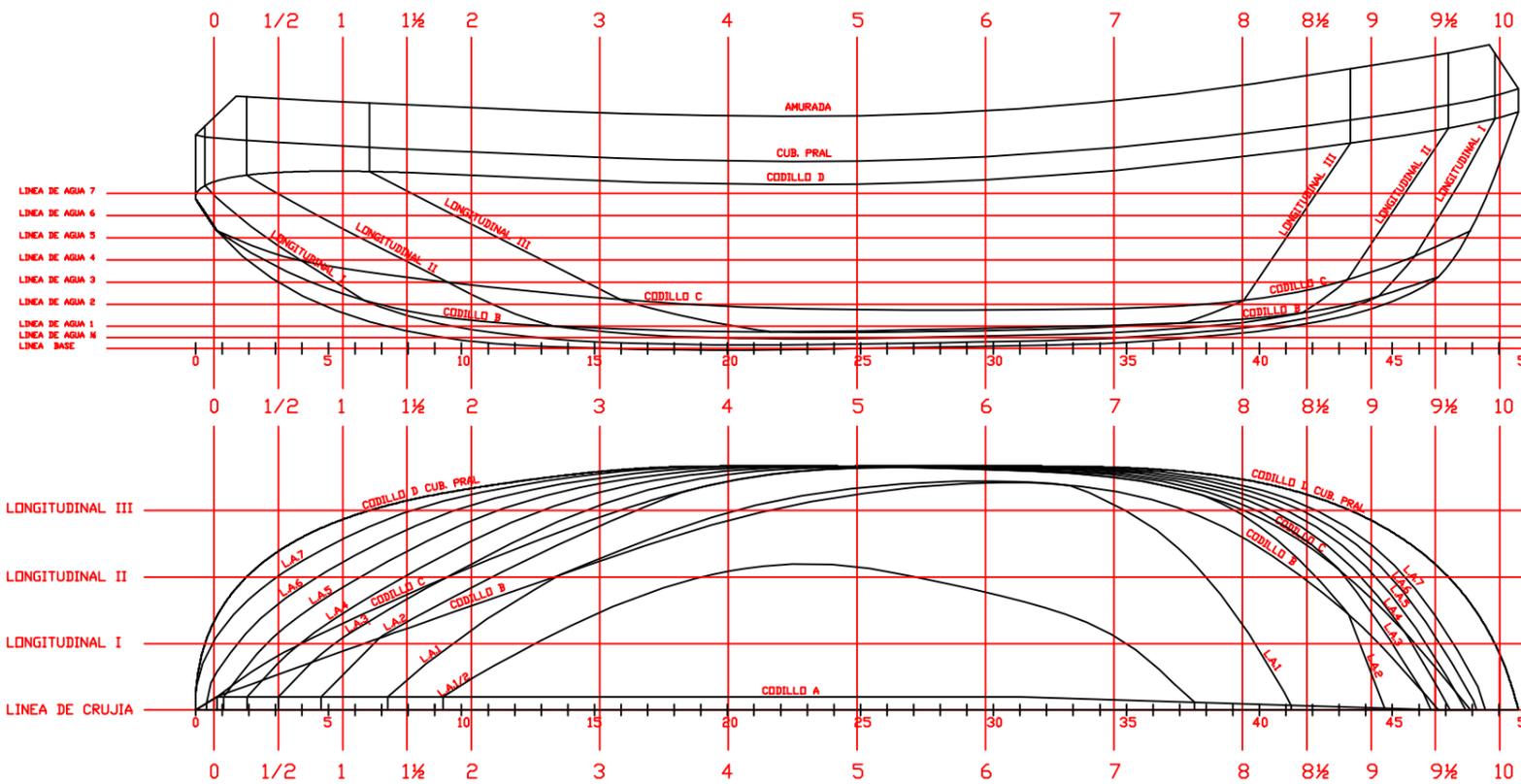
Alberto Bernal Aguilar
Patricia Morillo Ruiz

TUTOR:

D. Aurelio Guzmán Cabañas

ÍNDICE DE PLANOS

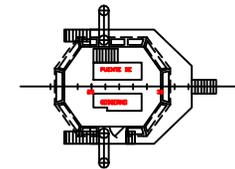
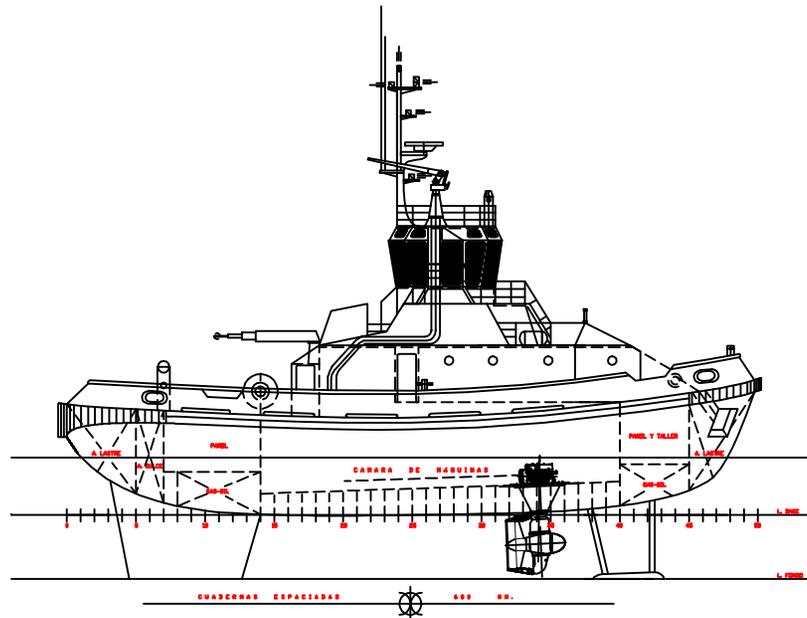
- 01.1 Plano de Formas
- 03.1 Disposición General
- 03.2 Plano de Tanques
- 03.3 Cámara de Máquinas
- 03.4 Disposición del Equipo de Remolque
- 05.1 Cuaderna Maestra
- 05.2 Secciones Tipo
- 05.3 Perfil longitudinal
- 05.4 Patín de Proa
- 05.5 Quillote de Popa
- 05.6 Soporte del Equipo de Remolque
- 06.1 Esquema de Tubería de Baldeo y Contraincendio
- 06.2 Esquema de Contraincendios Exterior
- 06.3 Esquema de Combustible
- 06.4 Esquema de Lubricación
- 06.5 Esquema de Refrigeración de Agua Salada
- 06.6 Esquema de Refrigeración de Agua Dulce de los Motores Principales
- 06.7 Esquema de Aire Comprimido
- 06.8 Esquema de Achique y Lastre
- 06.9 Plano de Seguridad
- 06.10 Alimentación Sanitaria
- 06.11 Imbornales y Descarga Sanitaria
- 07.1 Diagrama Unifilar General
- 07.2 Esquema de Baterías de Emergencia



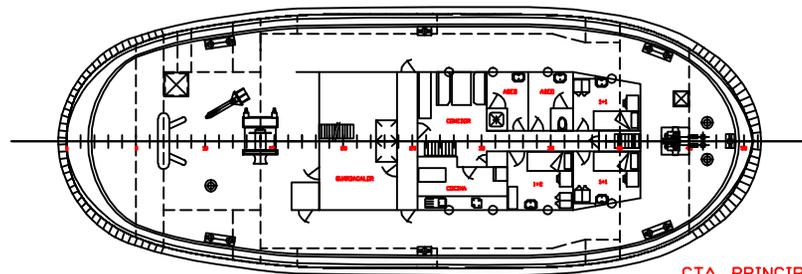
CARACTERISTICAS

ESLORA TOTAL	29.84 m.
ESLORA ENTRE PERPENDICULARES	28.02 m.
MANGA DE TRAZADO	11.00 m.
PUNTAL DE TRAZADO A L.BASE	4.20 m.
CALADO DE PROYECTO A L.BASE	2.50 m.

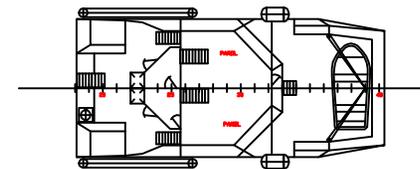
Proyecto: REMOLCADOR DE PUERTO DE 20 TONELADAS DE TIRO	
Tipo de plano: PLANO DE FORMAS	
Peticionario: E.U.I.T.NAVAL	Tutor: AURELIO GUZMAN
Autores: ALBERTO BERNAL AGUILAR PATRICIA MORILLO RUIZ	
Escala: 1/50	Plano n°: 011
Fecha: Marz 2009	Firma:



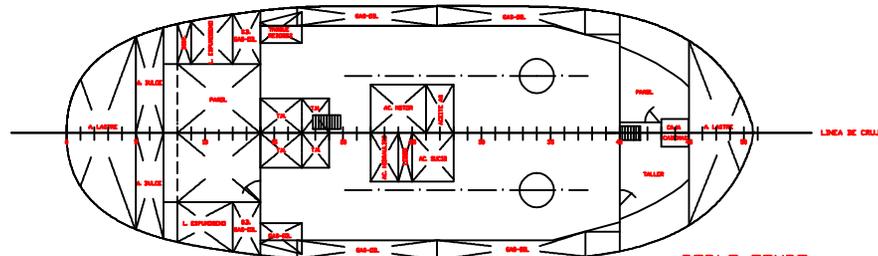
CTA. PUENTE



CTA. PRINCIPAL



CTA. BOTES

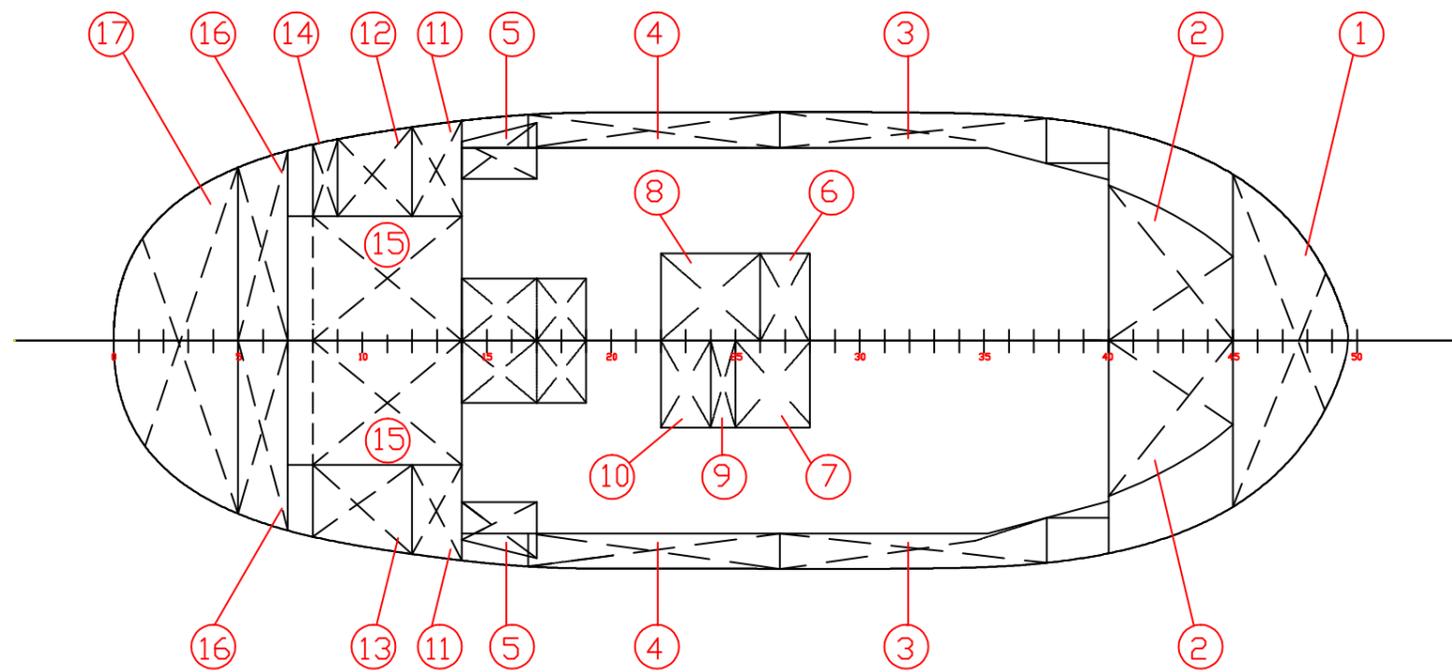
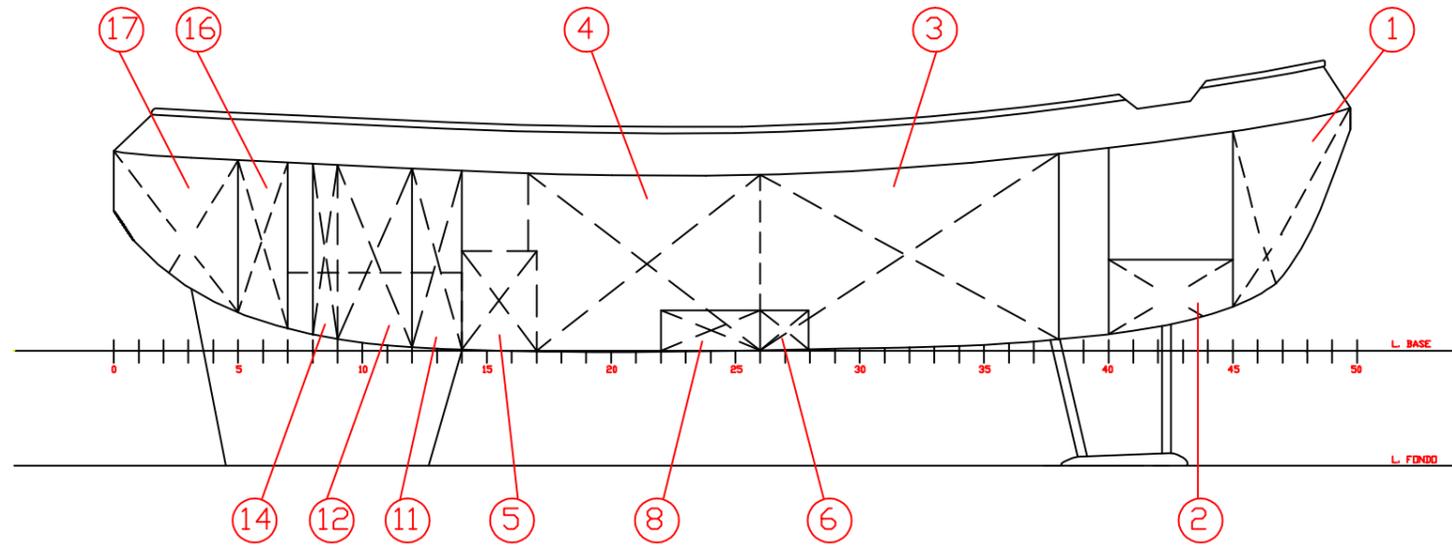


DOBLE FONDO

CARACTERISTICAS

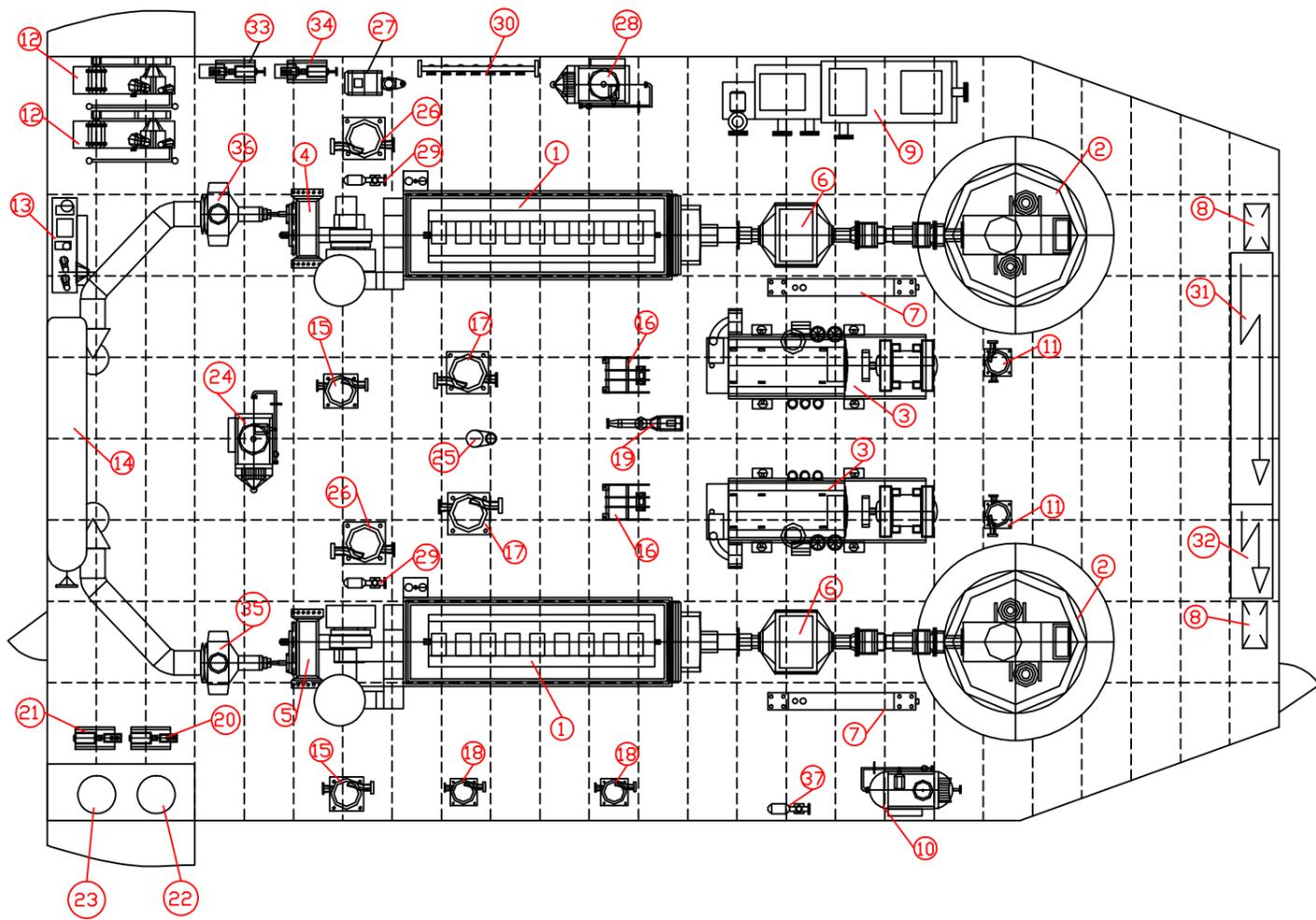
- ESLORA TOTAL _____ 29.84 m.
- ESLORA ENTRE PERPENDICULARES _____ 28.02 m.
- MANGA DE TRAZADO _____ 11.00 m.
- PUNTA DE TRAZADO A L.BASE _____ 4.20 m.
- CALADO DE PROYECTO A L.BASE _____ 2.50 m.

Proyector REMOLCADOR DE FUERTO DE 50 TONELADAS DE TIPO	
Tipo de plano: DISPOSICIÓN GENERAL	
Peticionario: E.U.I.T.NAVAL	Tutor: AURELIO GUZMAN
Autores: ALBERTO BERNAL AGUILAR PATRICIA MORILLO RUIZ	
Escala: 1:100	Plano nº: 03.1
Fecha: Marz 2009	



1	PIQUE DE PROA	A. LASTRE	45-PROA	47,47
2	TANQUE DOBLE FONDO PROA (BR.)	GAS-DIL	40-45	15,42
2	TANQUE DOBLE FONDO PROA (ER.)	GAS-DIL	40-45	15,42
3	TANQUE LATERAL PROA MAQ. (BR.)	GAS-DIL	27-38	19,01
3	TANQUE LATERAL PROA MAQ. (ER.)	GAS-DIL	27-38	19,01
4	TANQUE LATERAL POPA MAQ. (BR.)	GAS-DIL	17-27	15,18
4	TANQUE LATERAL POPA MAQ. (ER.)	GAS-DIL	17-27	15,18
5	TANQUE DE REBOSES (BR.)	GAS-DIL	14-17	2,21
5	TANQUE LATERAL POPA MAQ. (ER.)	GAS-DIL	14-17	2,21
6	TANQUE D. FONDO AQUAMASTER (BR.)	ACEITE	26-28	2,20
7	TANQUE DOBLE FONDO MAQ. (ER.)	AC. SUCIO	25-28	3,32
8	TANQUE ACEITE LUBRICACION. (BR.)	AC. MOTOR	22-26	4,55
9	TANQUE D. FONDO MAQ. (ER.)	LODDS	24-25	1,13
10	TANQUE D. FONDO MAQ. (ER.)	AC. HIDR.	22-24	2,30
11	TANQUE LAT. POPA S. DIARIO (BR.)	GAS-DIL	12-14	6,96
11	TANQUE LAT. POPA S. DIARIO (ER.)	GAS-DIL	12-14	6,96
12	TANQUE LATERAL POPA (BR.)	ESPUMOG.	9-12	7,70
13	TANQUE LATERAL POPA (ER.)	ESPUMOG.	8-12	9,58
14	TANQUE LATERAL POPA (BR.)	DISP.	8-9	1,87
15	TANQUE DOBLE FONDO PAROL (BR.)	GAS-DIL	8-14	15,04
15	TANQUE DOBLE FONDO (ER.)	GAS-DIL	8-14	15,04
16	TANQUE VERTICAL POPA (BR.)	A. DULCE	5-7	13,36
16	TANQUE VERTICAL POPA (ER.)	A. DULCE	5-7	13,36
17	PIQUE DE POPA	A. LASTRE	POPA-5	35,47

DESIGNACION	CONTENIDO	CUADERNAS	VOLUMEN M ³
Proyecto: REMOLCADOR DE PUERTO DE 52 TONELADAS DE TIRO			
Tipo de plano: DISPOSICIÓN DE TANQUES			
Peticionario: E.U.I.T.NAVAL	Tutor: AURELIO GUZMAN		
Autores: ALBERTO BERNAL AGUILAR PATRICIA MORILLO RUIZ			Firma:
Escala: 1:75	Plano nº: 03.2	Fecha: Marz 2009	



37	1	BOMBA EQUIPO AIRE ACONDICIONADO		
36	1	BOMBA C.I. EXTERIOR (BR)	KVAERNER EUREKA 250X350 DGF	1200 m ³ /h 135 m.c.a.
35	1	BOMBA C.I. EXTERIOR (ER)	KVAERNER EUREKA 250X350 DGF	1500 m ³ /h 135 m.c.a.
34	1	BOMBA DOSIFICADORA DISPERSANTE	AZCUE BD-19/10	2 m ³ /h 2.5 bar
33	1	BOMBA A.S. EQUIPO DISPERSANTE	AZCUE MN-32/200	10 m ³ /h 5 bar
32	1	CUADRO DE ALARMAS	EFANSA	
31	1	CUADRO ELÉCTRICO PRINCIPAL	NAVILEKTRA	
30	1	COLECTOR TRASIEGO GAS-OIL		
29	2	BOMBA RESERVA ALIMENT. GAS-OIL	AZCUE 1 YE	0,7 m ³ /h 4 bar
28	1	PURIFICADORA GAS-OIL	ALFA LAVAL MAB 104	2000 l/h
27	1	BOMBA TRASIEGO COMBUSTIBLE	AZCUE BT-IL 60D2	15 m ³ /h 2 bar
26	2	BOMBA RESEVA ACEITE LUBRIC.	AZCUE BT-LH-80 T2	38 m ³ /h 8 bar
25	1	CALENTADOR ACEITE PURIFICADORA	ALFA LAVAL HRC-12	12 kW
24	1	PURIFICADORA ACEITE	ALFA LAVAL MAB 104	1000 l/h
23	1	TANQUE HIDRÓFORD A.D.	AZCUE	100 l
22	1	TANQUE HIDRÓFORD A.S.	AZCUE	100 l
21	1	BOMBA A.D. SANITARIA	AZCUE BD-19/20	2 m ³ /h 3 bar
20	1	BOMBA A.S. SANITARIA	AZCUE BD-19/20	2 m ³ /h 3 bar
19	1	BOMBA DE Lodos	AZCUE AF-55/IT-25-PB	5 m ³ /h 1.5 bar
18	2	BOMBA SERVICIOS GENERALES	AZCUE VM-50/20	40/70 m ³ /h 4/1.5 bar
17	2	BOMBA RESERVA A.S. M.P.	AZCUE VM-100/23	160 m ³ /h 2.5 bar
16	2	ENFRIADOR A.D. M.P.	APV N25 MGS	32600 kg/h
15	2	BOMBA RESERVA A.D. M.P.	AZCUE VM-50/33	36 m ³ /h 3 bar
14	2	BOTELLA DE AIRE	MAK NW 3B	500 l 30 kg/cm ²
13	1	MOTO COMPRESOR	ABC VA-30-D	14 m ³ /h 30 kg/cm ²
12	2	ELECTRO COMPRESOR	ABC VA-70-E-PC	32 m ³ /h 30 kg/cm ²
11	2	BOMBA A.S. REFRIGERACION AC. PROPULSOR	AZCUE	30 m ³ /h 1.5 bar
10	1	SEPARADOR DE SENTINAS	FACET CPS-SBMK-III	1 m ³ /h
9	1	PLANTA TRATAMIENTO AGUAS FECALES	FACET RF-200-M	760 l/día 0.6 kg/día
8	2	TANQUE AC. HIDRÁULICO PROPULSOR	AQUAMASTER	150 L
7	2	ENFRIADOR AC. EMBRAGUE DEL PROPULSOR	TWIN DISC PM-9190-BU	260 kW
6	2	EMBRAGUE DEL PROPULSOR	TWIN DISC MCD 3000	
5	1	MULTIPLICADORA (ER)	HYTEK FGC-420-550HC	745 kW 900/1800 r.p.m.
4	1	MULTIPLICADORA (BR)	HYTEK FGC-420-360HC	589 kw 900/1800 r.p.m.
3	2	GRUPO ELECTRÓGENO	GUASCOR F180-SG	245 cv. 1500 r.p.m.
2	2	PROPULSOR	AQUAMASTER US 200 I	1520 kW 1000 r.p.m.
1	2	MOTOR PRINCIPAL	WARTSILA 9 L 20	1620 Kw 1000 r.p.m.
REF.	CANT.	DENOMINACIÓN	MARCA / MODELO	OBSERVACIONES

Proyecto: REMOLCADOR DE PUERTO DE 52 TONELADAS DE TIRO

Tipo de plano: CÁMARA DE MÁQUINAS

Peticionario: E.U.I.T.NAVAL

Tutor: AURELIO GUZMAN

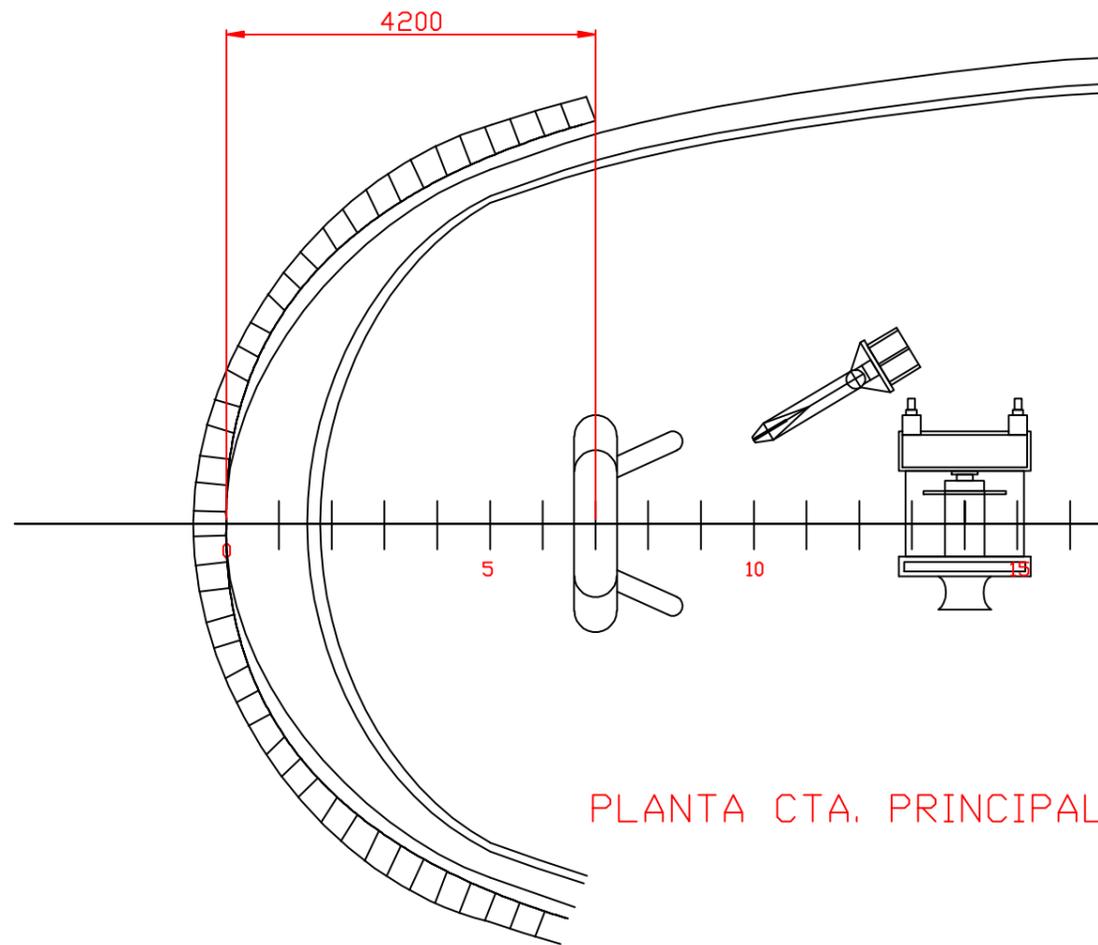
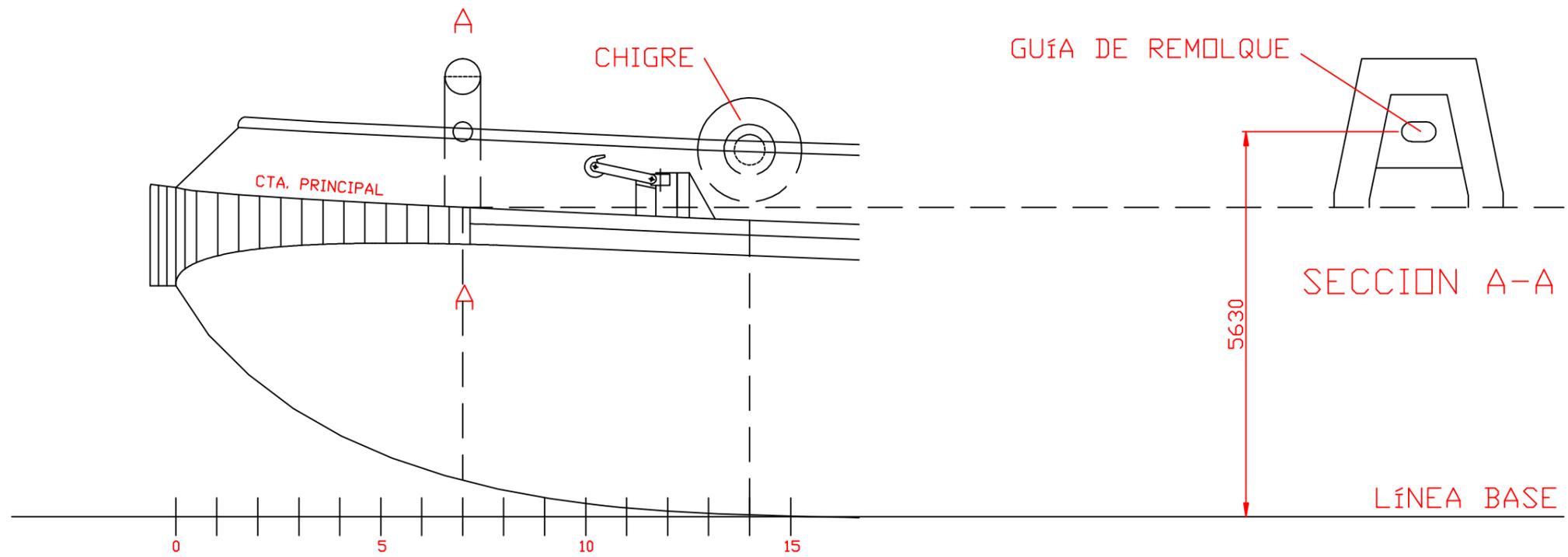
Autores: ALBERTO BERNAL AGUILAR
PATRICIA MORILLO RUIZ

Firma:

Escala: 1:50

Plano nº: 03.3

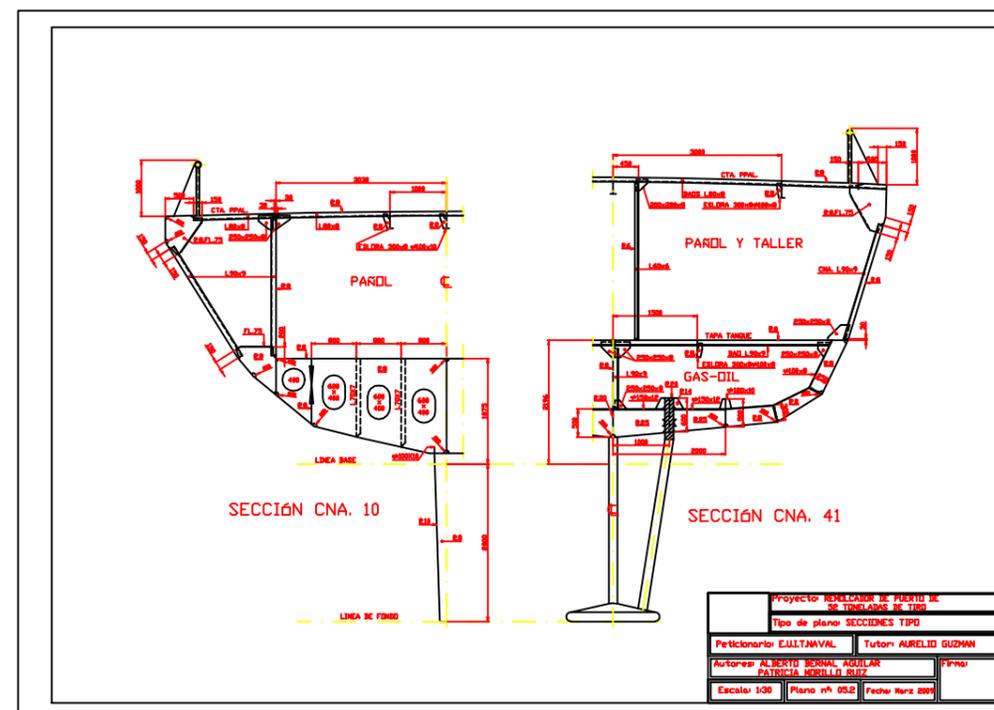
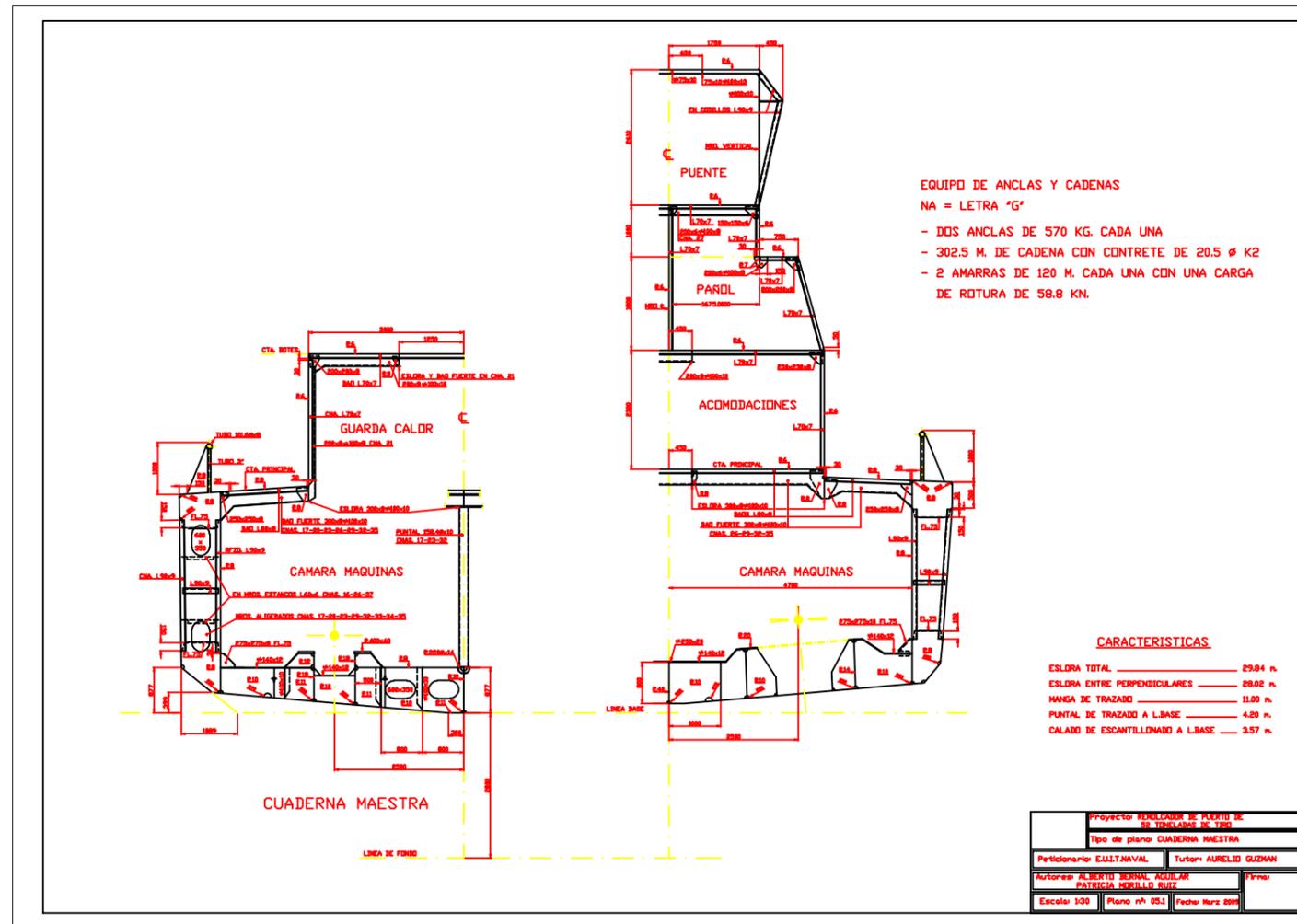
Fecha: Marz 2009

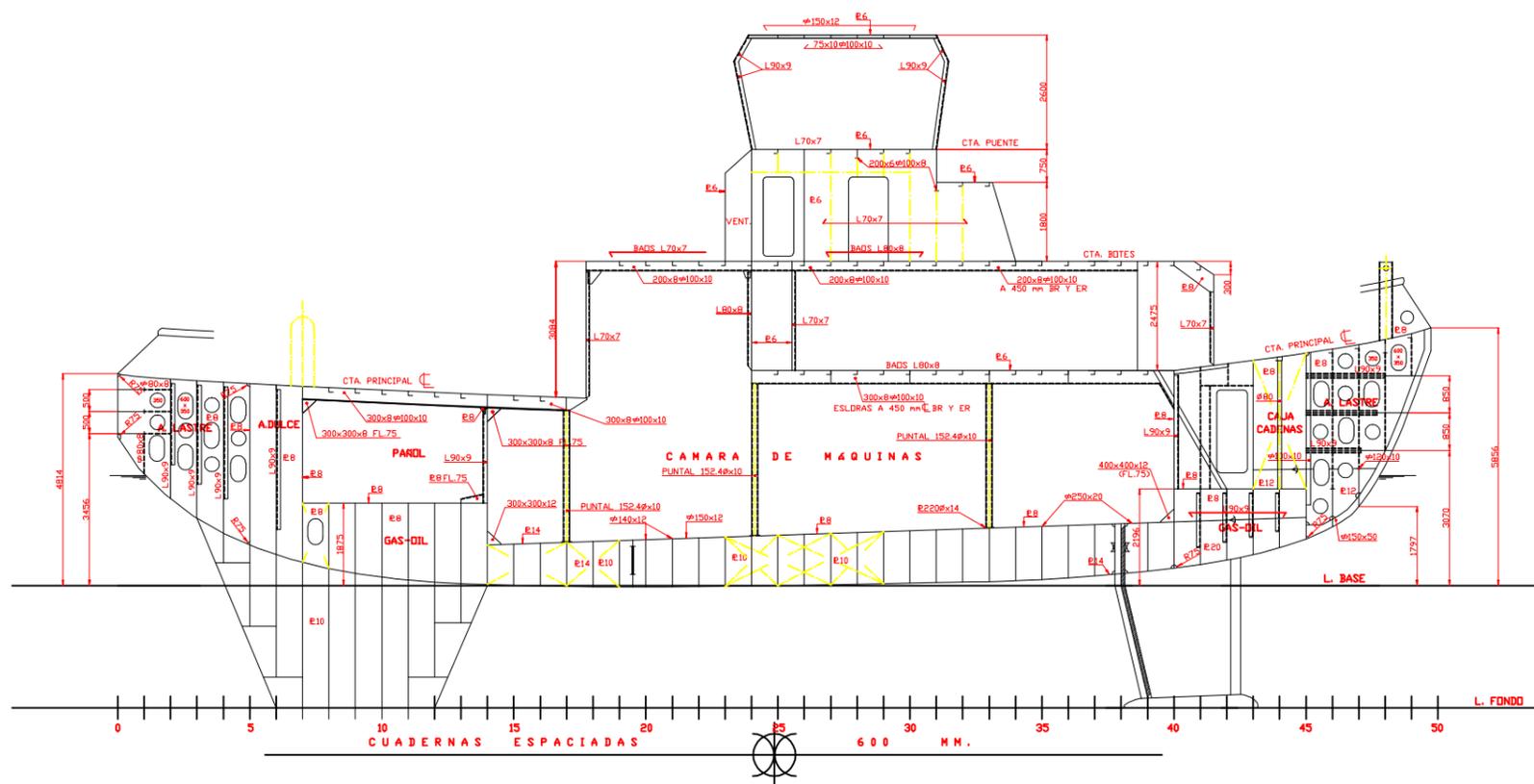


CARACTERÍSTICAS
EQUIPO DE REMOLQUE

- Ø DEL CABLE 80 MM
- LONGITUD DEL CABLE 200 M
- CARGA DE ROTURA DEL CABLE 116 TONS
- DISPARO AUTOMÁTICO DEL GANCHO 63 TONS

Proyecto: REMOLCADOR DE PUERTO DE 52 TONELADAS DE TIRO	
Tipo de plano: DISPOSICIÓN EQUIPO REMOLQUE	
Peticionario: E.U.I.T.NAVAL	Tutor: AURELIO GUZMAN
Autores: ALBERTO BERNAL AGUILAR PATRICIA MORILLO RUIZ	
Escala: 1:50	Plano nº: 03.4
Fecha: Marz 2009	Firma:

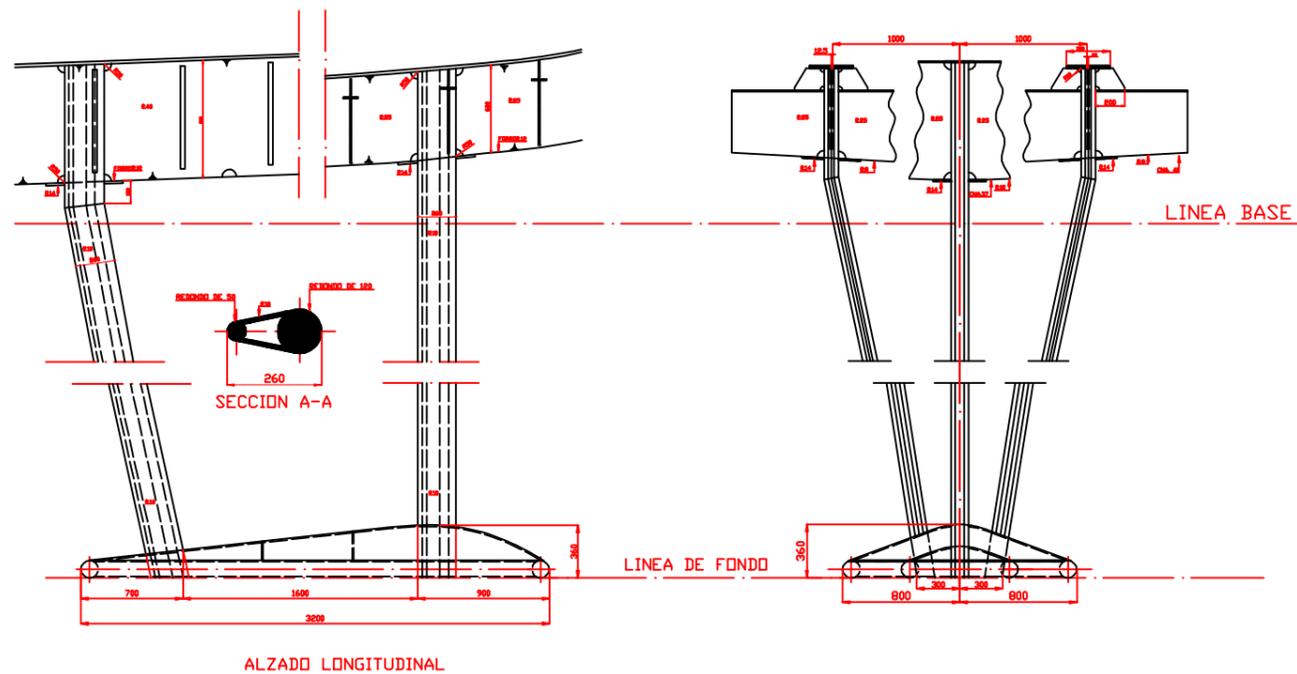




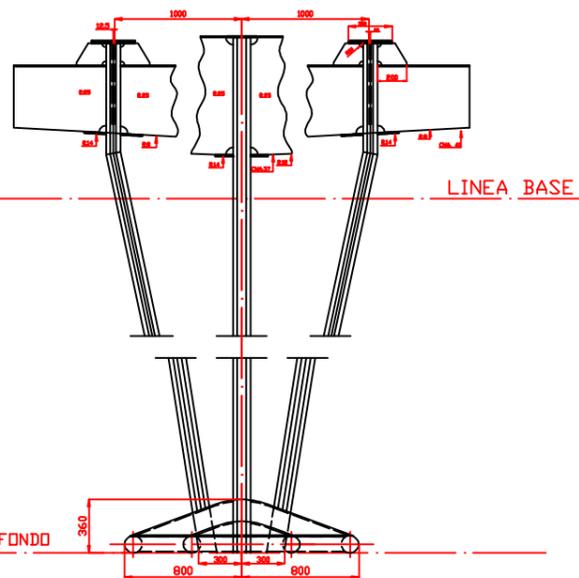
CARACTERISTICAS

- ESLORA TOTAL _____ 29.84 m.
- ESLORA ENTRE PERPENDICULARES _____ 28.02 m.
- MANGA DE TRAZADO _____ 11.00 m.
- PUNTALE DE TRAZADO A L.BASE _____ 4.20 m.
- CALADO DE TRAZADO _____ 2.50 m.
- CALADO DE ESCANTILLONADO A L.BASE _____ 3.57 m.

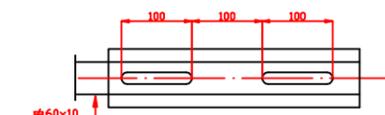
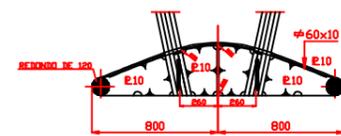
Proyecto: REMOLCADOR DE PUERTO DE 52 TONELADAS DE TIRO	
Tipo de plano: PERFIL LONGITUDINAL	
Peticionario: E.U.I.T.NAVAL	Tutor: AURELIO GUZMAN
Autores: ALBERTO BERNAL AGUILAR PATRICIA MORILLO RUIZ	
Escala: 1:75	Plano nº: 05.3
Fecha: Marz 2009	Firma:



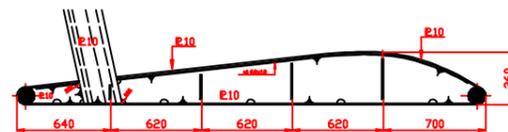
ALZADO LONGITUDINAL



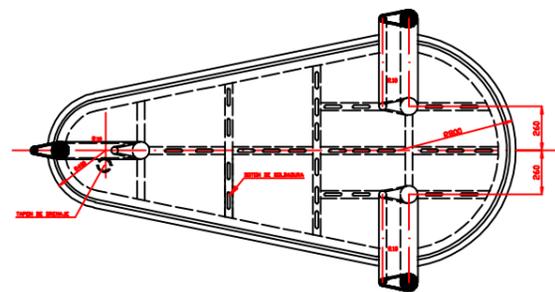
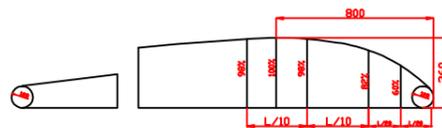
LINEA BASE



DETALLES BOTONES DE SOLDADURA

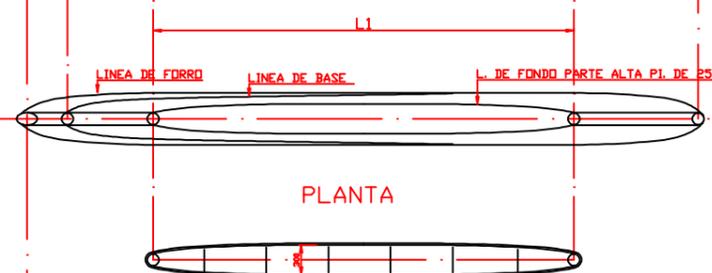
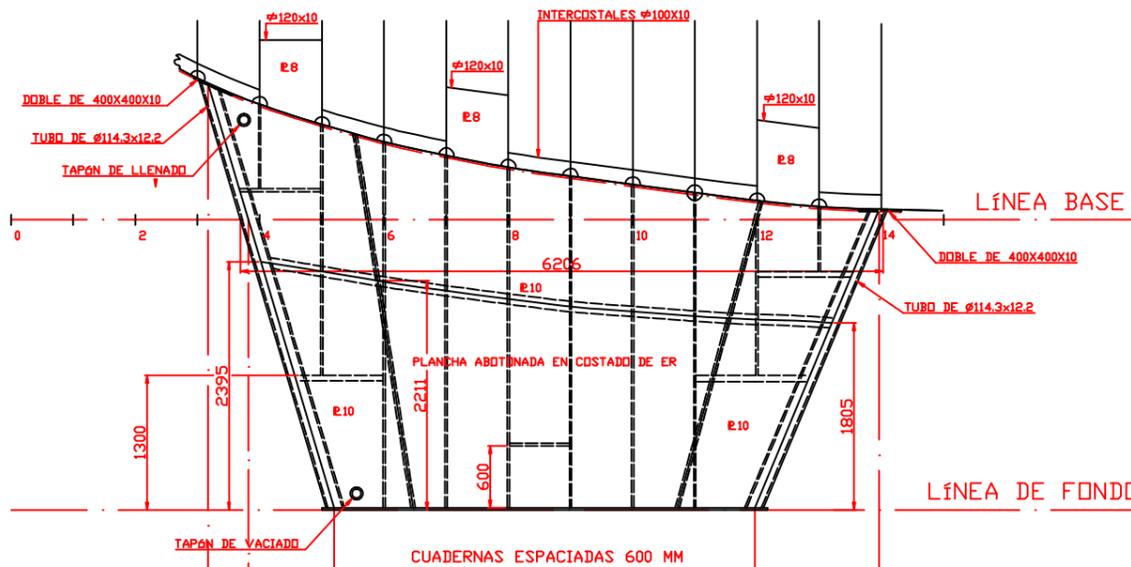


SECCION B-B

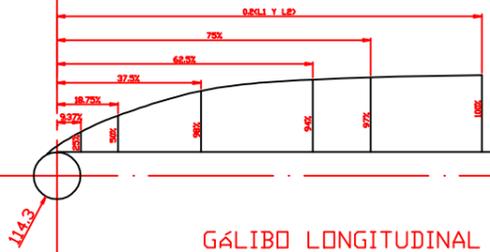


Proyecto: REMOLCADOR DE PUERTO DE 52 TONELADAS DE TIRO		
Tipo de plano: PATÍN DE PROA		
Peticionario: E.U.I.T.NAVAL	Tutor: AURELIO GUZMAN	
Autores: ALBERTO BERNAL AGUILAR PATRICIA MORILLO RUIZ		Firma:
Escala: 1:30	Plano nº: 05.4	Fecha: Marz 2009

DISPOSICIÓN DEL SKEG ALZADO

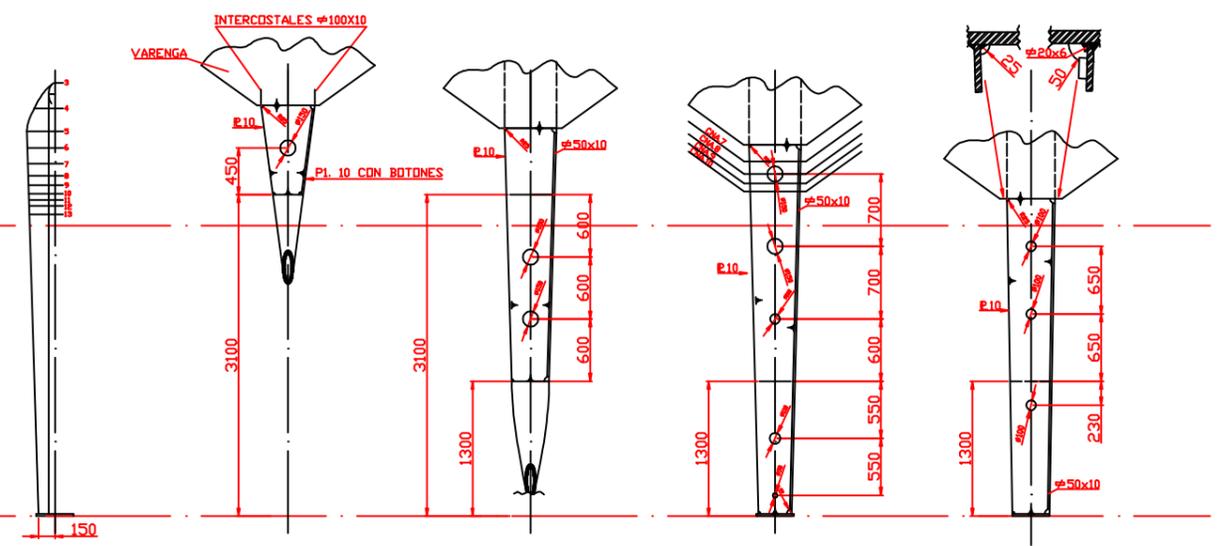


SECCIÓN POR BASE DEL SKEG

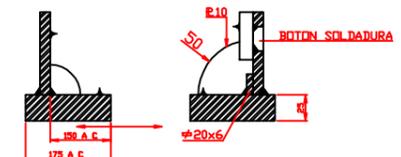
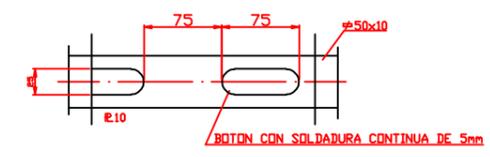


GÁLIBO LONGITUDINAL

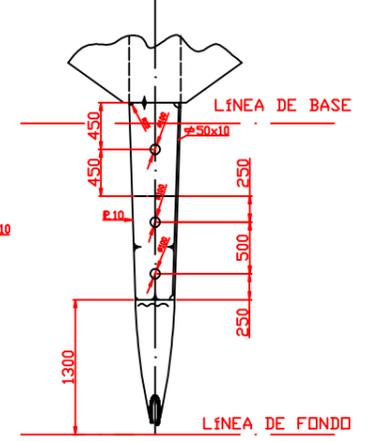
SECCIÓN CNA. 4 SECCIÓN CNA. 5 SECCIÓN CNA. 6 SECCIÓN CNA. 11



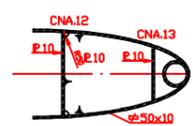
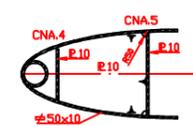
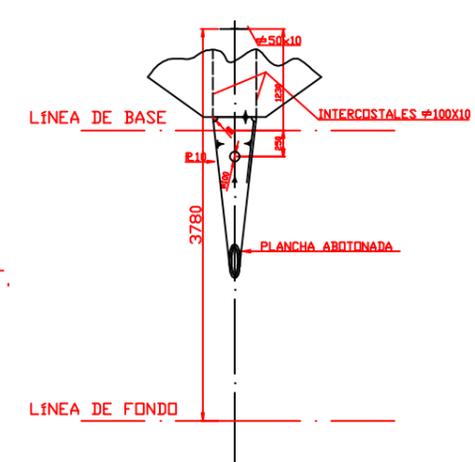
GÁLIBO TRANSVERSAL



SECCIÓN CNA. 12

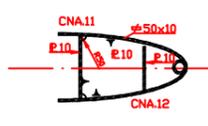
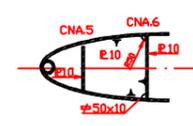


SECCIÓN CNA. 13



PALMEJAR A 3100 DE L.F.

PALMEJAR A 2300 DE L.F.

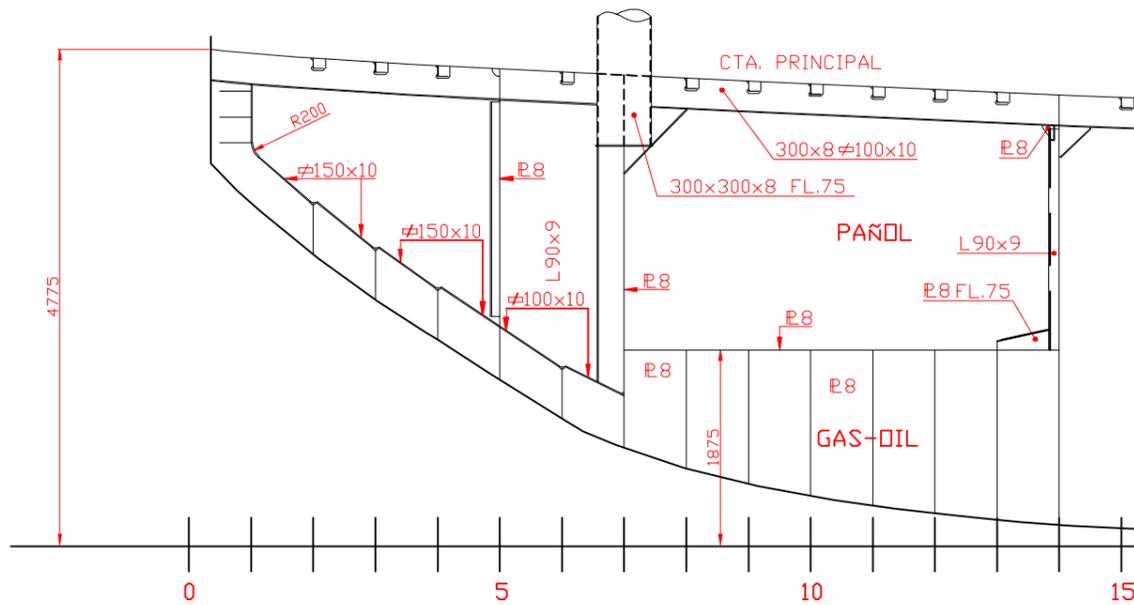


PALMEJAR A 1300 DE L.F.

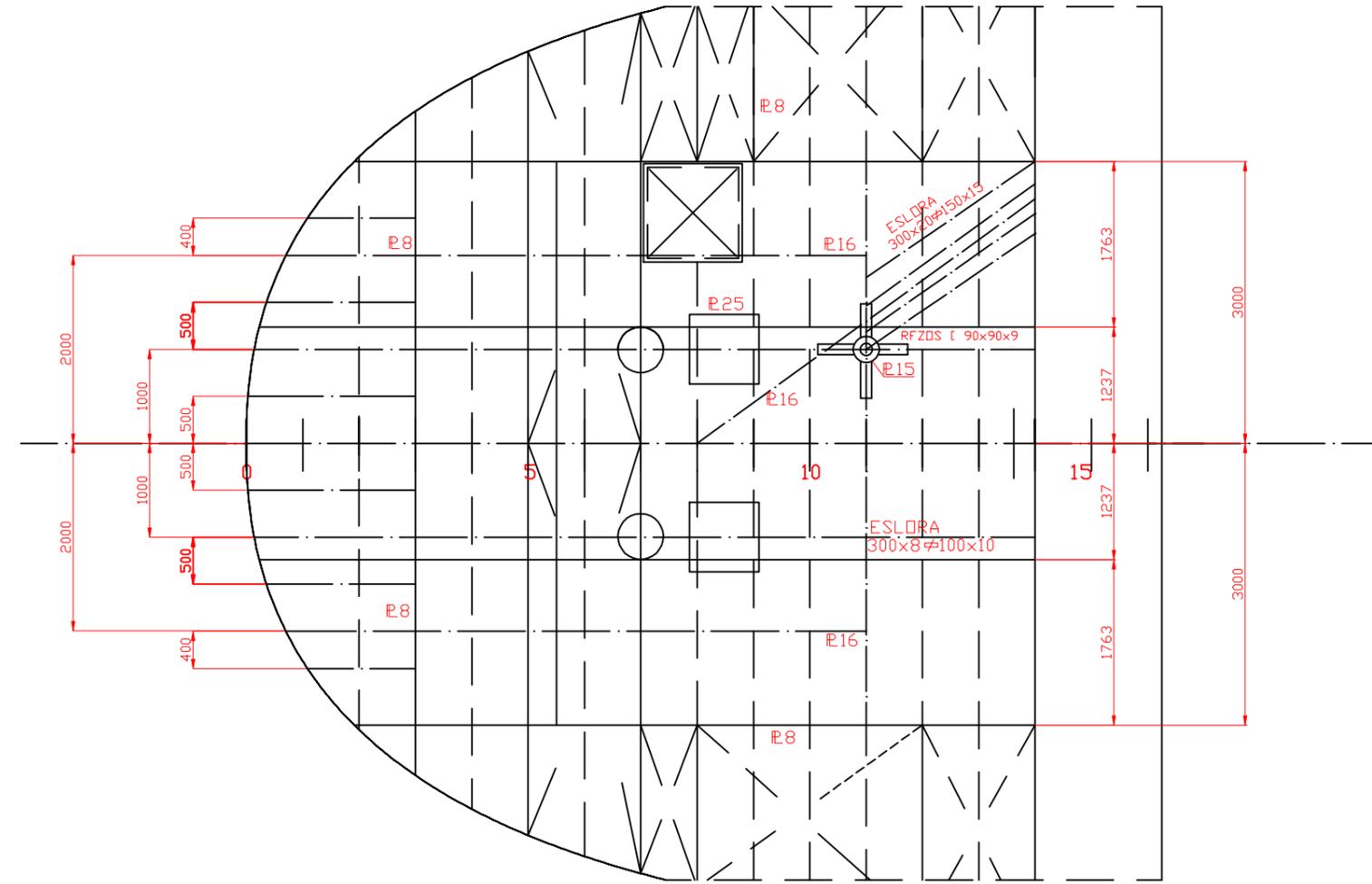
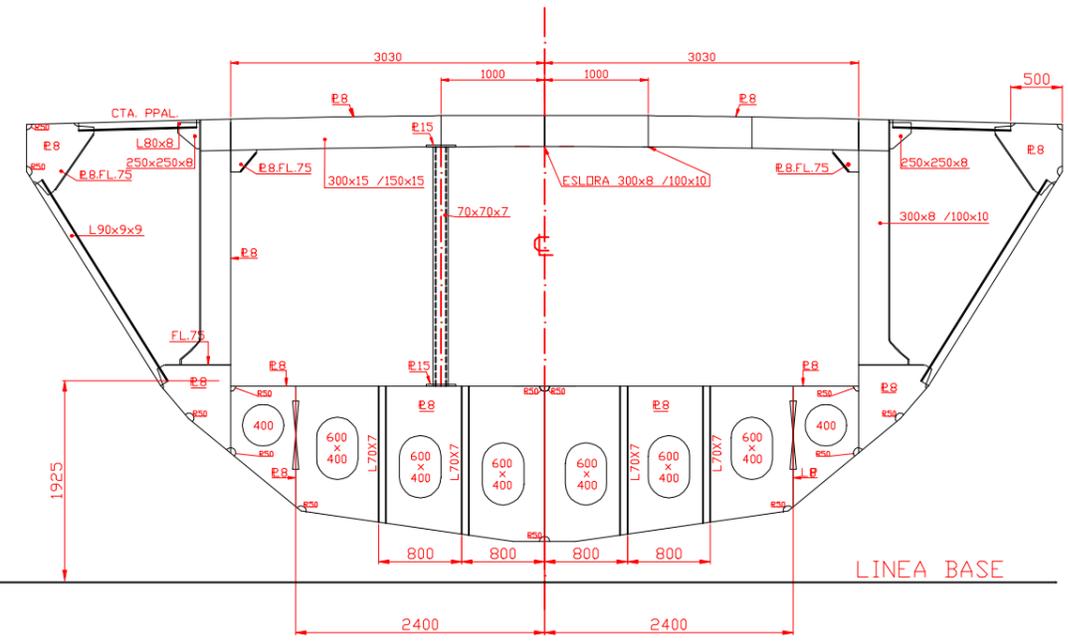
PALMEJAR A 1300 DE L.F.

Proyecto: REMOLCADOR DE PUERTO DE 52 TONELADAS DE TIRO	
Tipo de plano: QUILLOTE DE POPA	
Peticionario: E.U.I.T.NAVAL	Tutor: AURELIO GUZMAN
Autoras: ALBERTO BERNAL AGUILAR PATRICIA MORILLO RUIZ	
Escala: 1:30	Plano nº: 05.5
Fecha: Marz 2009	Firma:

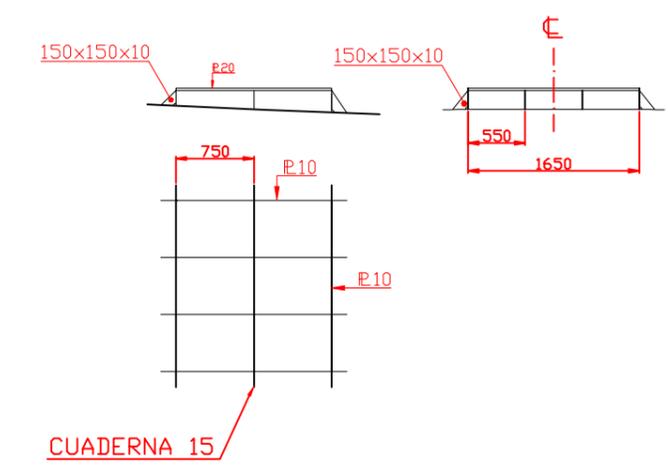
SECCIÓN LONGITUDINAL A 1000 DE E (BR. Y ER.)



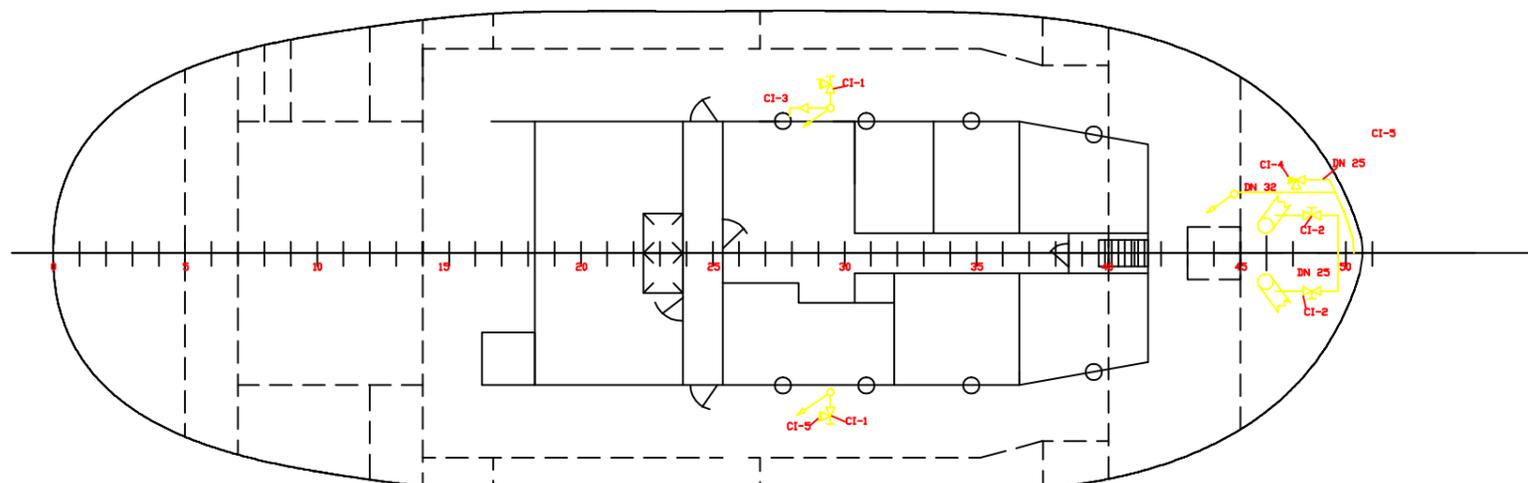
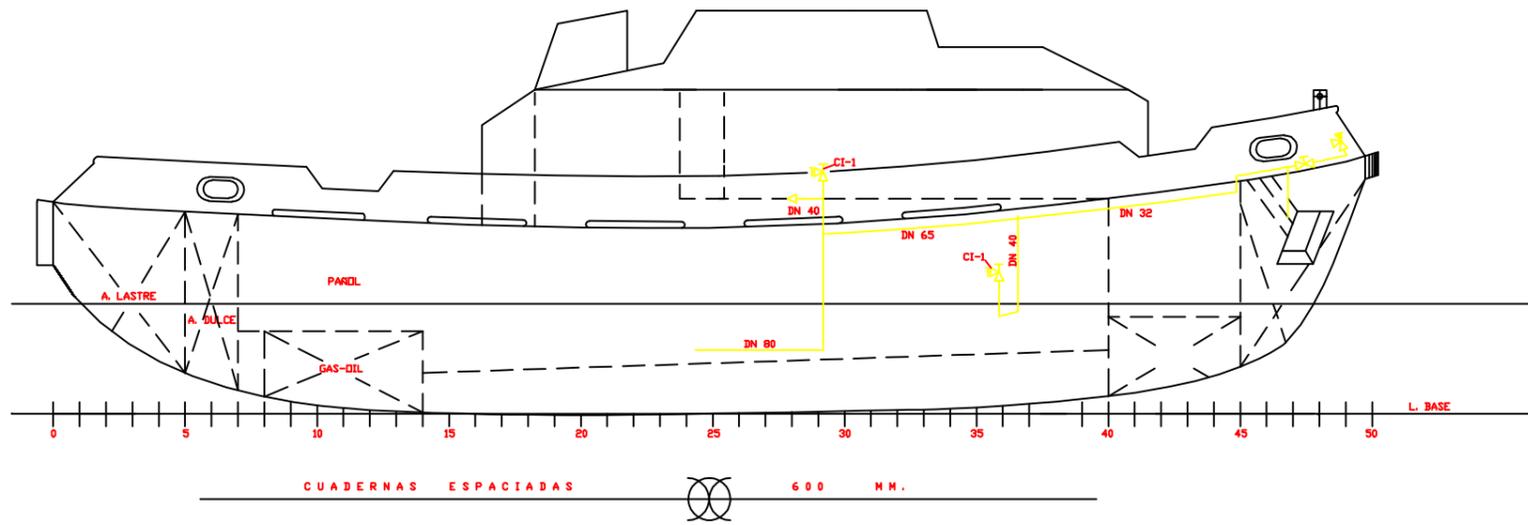
CUADERNA N°11



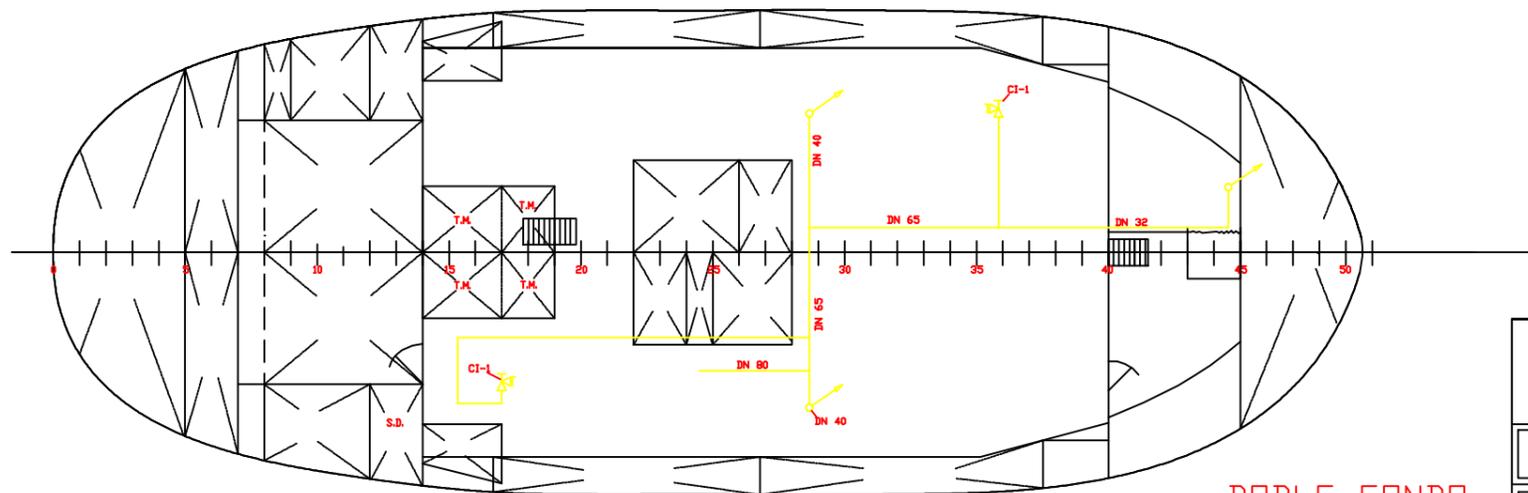
POLÍN DEL CHIGRE



Proyecto: REMOLCADOR DE PUERTO DE 52 TONELADAS DE TIRO	
Tipo de plano: SOPORTE EQUIPO DE REMOLQUE	
Peticionario: E.U.I.T.NAVAL	Tutor: AURELIO GUZMAN
Autoras: ALBERTO BERNAL AGUILAR PATRICIA MORILLO RUIZ	
Escala: 1:30	Plano n°: 05.6
Fecha: Marz 2009	Firma:



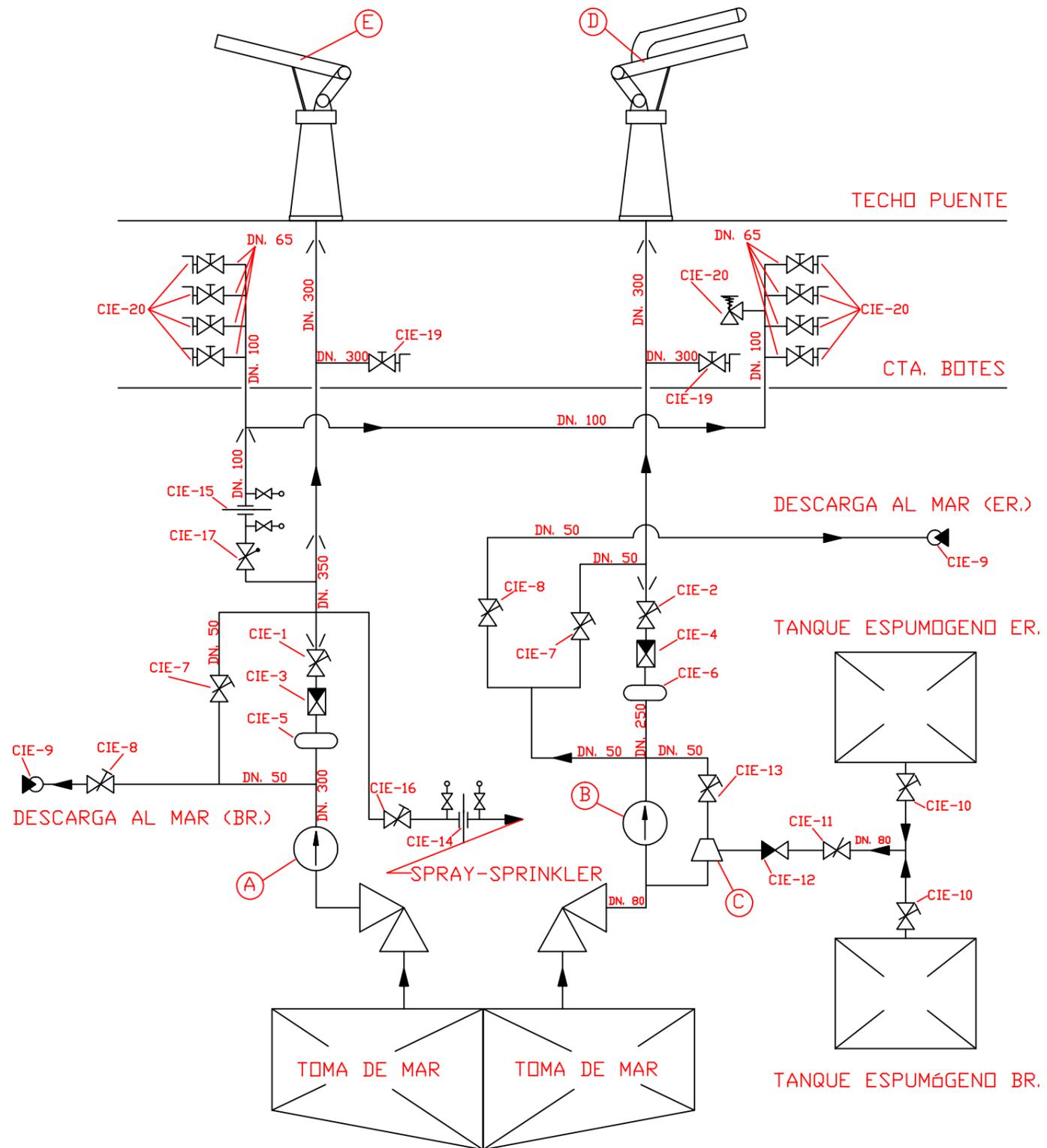
CTA. PRINCIPAL



DOBLE FONDO

-  VALVULA DE SEGURIDAD
-  VALVULA DE COMPUERTA
-  VALVULA DE ANGULO, CONEXION A MANGUERA
-  TUBO ABAJO
-  TUBO ARRIBA

Proyecto: REMOLCADOR DE PUERTO DE 52 TONELADAS DE TIRO	
Tipo de plano: ESQUEMA TUBERÍA BALDEO Y CI	
Peticionario: E.U.I.T.NAVAL	Tutor: AURELIO GUZMAN
Autores: ALBERTO BERNAL AGUILAR PATRICIA MORILLO RUIZ	
Escala:	Firma:
Plano nº: 06.1	Fecha: Marz 2009

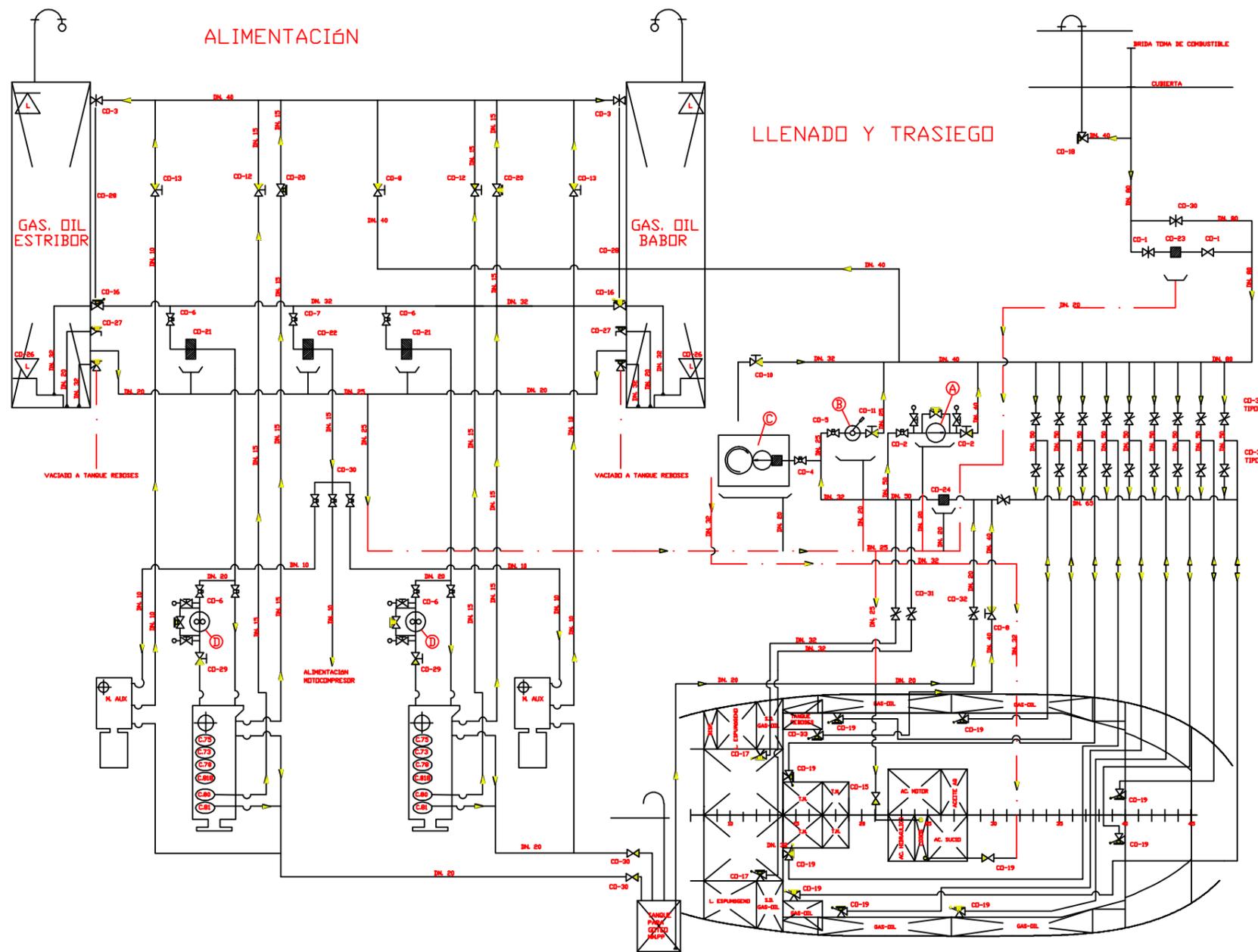


- VÁLVULA DE CLAPETA
- VALV. DE MARIPOSA, ACCIONAMIENTO MANUAL
- VALV. MARIPOSA, ACCIONAMIENTO NEUMÁTICO
- VALV. DE SEGURIDAD, PASO ANGULAR
- MEZCLADOR ESPUMÓGENO
- REDUCCIÓN
- DIAFRÁGMA
- VÁLVULA DE RETENCIÓN
- VALV. DE GLOBO CON CONEXION A MANGUERA
- VÁLVULA EN ANGULO RECTO
- MANÓMETRO CON GRIFO
- JUNTA DE EXPANSIÓN

NOTA: LA TUBERÍA SERÁ DE ACERO ESTIRADO Y GALVANIZADO, CALIDAD ST-33-2 S/DIN 2441, EXCEPTO LA TUBERÍA DE LÍQUIDO ESPUMÓGENO QUE SERÁ DE ACERO ESTIRADO NEGRO. LAS TUBERÍAS DE DN>=200 S/NORMAS A.S.T.M.

DN 200: 291.1 X 15.88 DN 250: 273 X 15.88
 DN 300: 323.8 X 15.88 DN 350: 355.6 X 15.88
 DN 400: 406.4 X 15.88

E	C	MONITOR C.I. AGUA	K-EUREKA EF 211 E	
D	C	MONITOR C.I. AGUA-ESPUMA	K-EUREKA EF 211 E	
C	C	EYECTOR MEZCLADOR	K-EUREKA	
B	C	BOMBA C.I. AL EXTERIOR	K- EUREKA C12 BA 10-14	1200 m ³ /H. a 150 m.c.a.
A	C	BOMBA C.I. AL EXTERIOR	K- EUREKA C22 BA 12-16	1500 m ³ /H. a 150 m.c.a.
MARCA	CANT.	DENOMINACIÓN	MARCA-MOD	OBSERVACIONES
Proyecto: REMOLCADOR DE PUERTO DE 52 TONELADAS DE TIRO				
Tipo de plano: CONTRAINCENDIOS EXTERIOR				
Peticionario: E.U.I.T.NAVAL			Tutor: AURELIO GUZMAN	
Autores: ALBERTO BERNAL AGUILAR PATRICIA MORILLO RUIZ				Firma:
Escala:	Plano n°: 06.2	Fecha: Marz 2009		



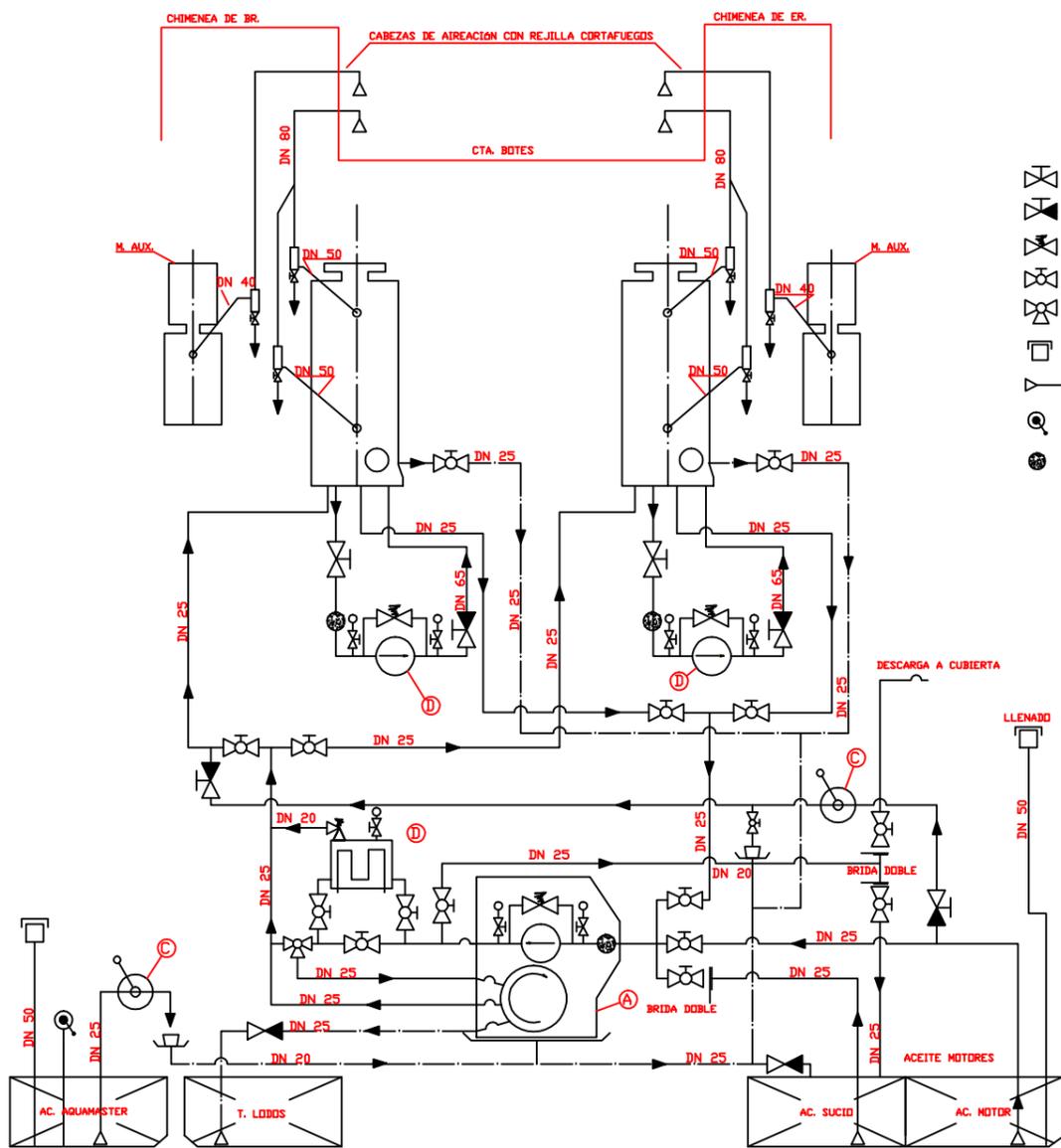
- VALVULA DE RETENCION Y CIERRE
- VALVULA DE COMPUERTA
- VALVULA DE COMPUERTA
- VALVULA DE SEGURIDAD, PASO RECTO
- VALVULA DE RETENCION
- VALVULA DE SEGURIDAD, PASO ANGULAR
- VALVULA DE RETENCION Y CIERRE
- VALV. DE CIERRE RAPIDO A DISTANCIA, PASO RECTO
- VALV. DE CIERRE RAPIDO A DISTANCIA, PASO ANGULAR
- GRIFO DE PRUEBA CIERRE AUTOMATICO
- FILTRO
- FILTRO DOBLE
- ALARMA BAJO NIVEL
- ALARMA ALTO NIVEL

TUBERIAS DE ACERO ESTIRADO SIN SOLDADURA ST-35 NEGRO
VALVULAS CUERPO DE HIERRO FUNDIDO; GUARNICIONES BRONCE

TUBERIAS

- DN. 10 : 17.2 X 2.3 mm.
- DN. 15 : 21.3 X 2.6 mm.
- DN. 20 : 26.9 X 2.6 mm.
- DN. 25 : 33.7 X 3.2 mm.
- DN. 32 : 42.4 X 3.2 mm.
- DN. 40 : 48.3 X 3.2 mm.
- DN. 50 : 60.3 X 3.6 mm.
- DN. 65 : 76.1 X 3.6 mm.
- DN. 80 : 88.9 X 4 mm.

B 2	BOMBA RESERVA ALM. GAS-OIL		
C 1	BOMBA RESERVA ALM. GAS-OIL	AZCUE 1YE	1 m ³ /h. 6 BAR.
D 1	BOMBA MANUAL		
A 1	BOMBA TRASIEGO COMBUSTIBLE	AZCUE AC-43/2	3 m ³ /h. 2 BAR.
REF. UNID	DENOMINACION	MARCA Y TIPO	CARACTERISTICAS
Proyecto: REMOLCADOR DE PUERTO DE 52 TONELADAS DE TIRO			
Tipo de plano: ESQUEMA DE COMBUSTIBLE			
Peticionario: E.U.I.T.NAVAL		Tutor: AURELIO GUZMAN	
Autores: ALBERTO BERNAL AGUILAR PATRICIA MORILLO RUIZ			Firma:
Escala:	Plano n°: 06.3	Fecha: Marz 2009	



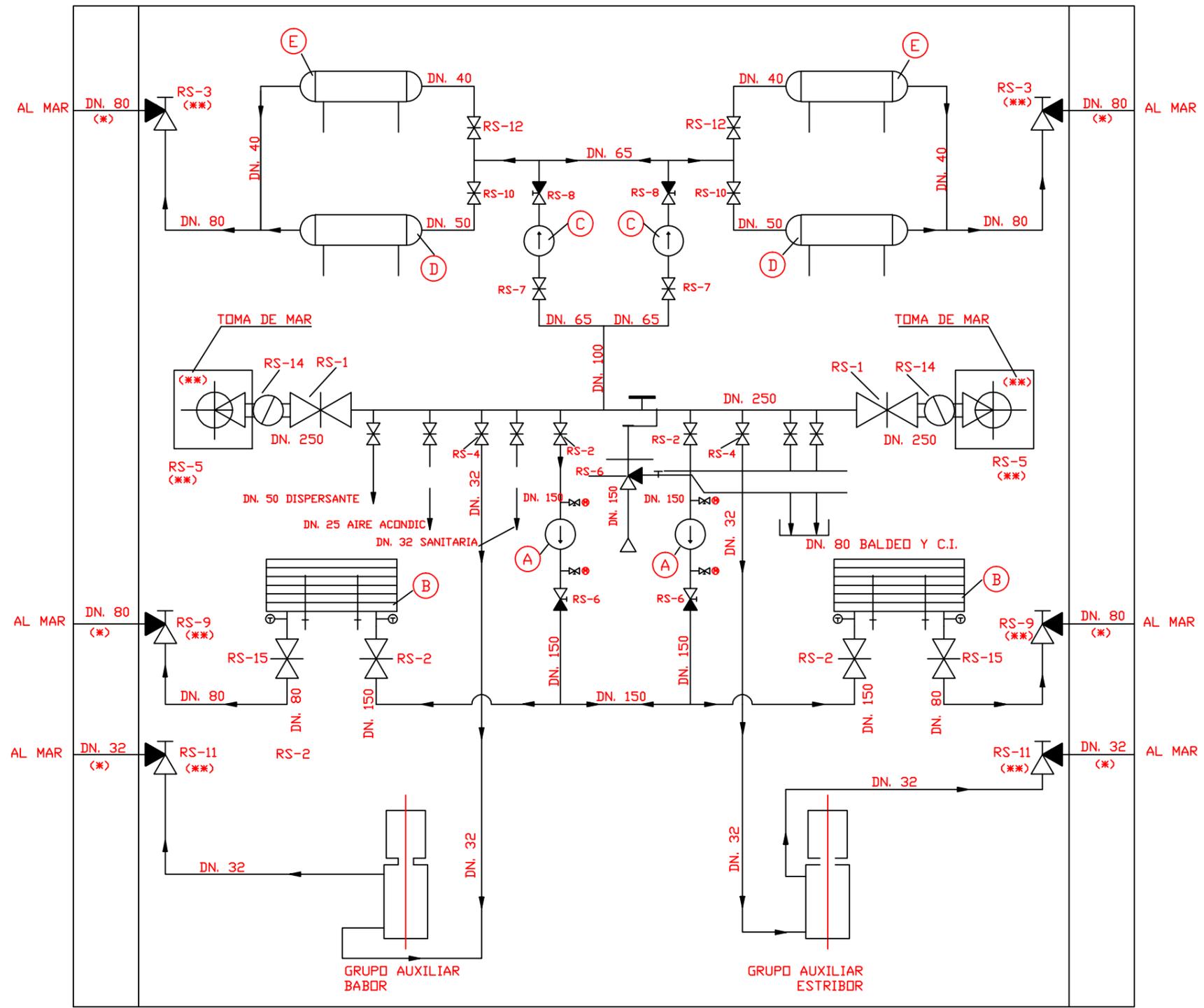
- VÁLVULA DE CIERRE PASO RECTO
- VÁLVULA DE CIERRE Y RETENCIÓN
- VÁLVULA DE CIERRE RÁPIDO A DISTANCIA, PASO RECTO
- VÁLVULA DE CIERRE (BOLA)
- VÁLVULA TRES VÍAS, PASO EN ' T '
- BOCA DE LLENADO
- CAMPANA DE ASPIRACIÓN
- GRIFO SONDA CON CIERRE AUTOMÁTICO
- FILTRO

TUBERÍAS DE ACERO ESTIRADO SIN SOLDADURA, ST. 00 NEGRO
 VÁLVULAS CUERPO HIERRO FUNDIDO, GUARNICIONES BRONCE

TUBOS

DN 20	26.9 x 2.6 mm.
DN 25	33.7 x 3.2 mm.
DN 40	48.3 x 3.2 mm.
DN 50	60.3 x 3.6 mm.
DN 65	76.1 x 3.6 mm.

D	2	BOMBA RESERVA LUBR. HV.	ACEITE BT-LH 68 TE	20 m ³ /h. 8 bar.
C	2	BOMBA MANUAL	EXTRA TAMBO-E	
B	1	CALENTADOR ACEITE PURIFICADO		
A	1	PURIFICADORA DE ACEITE		100 L/h
PRECED.	CONT.	RENDIMIENTO	TIPO-CORREDO	OBSERVACIONES
Proyecto: REEMPLAZO DE PUERTO DE 32 TONELADAS DE TIPO				
Tipo de plano: ESQUEMA DE LUBRICACIÓN				
Peticionario: E.U.I.T.NAVAL		Tutor: AURELIO GUZMAN		
Autores: ALBERTO BERNAL AGUILAR PATRICIA MERILLO RUIZ		Firma:		
Escala:	Plano nº: 06.4	Fecha: Marz 2009		



- VÁLVULA DE COMPUERTA
- VÁLVULA DE CIERRE Y RETENCIÓN PASO RECTO
- FILTRO EN TOMA DE MAR
- VÁLVULA DE CIERRE Y RETENCIÓN PASO ANGULAR
- TERMOMETRO
- MANÓMETRO
- BRIDA DE RESERVA CIEGA

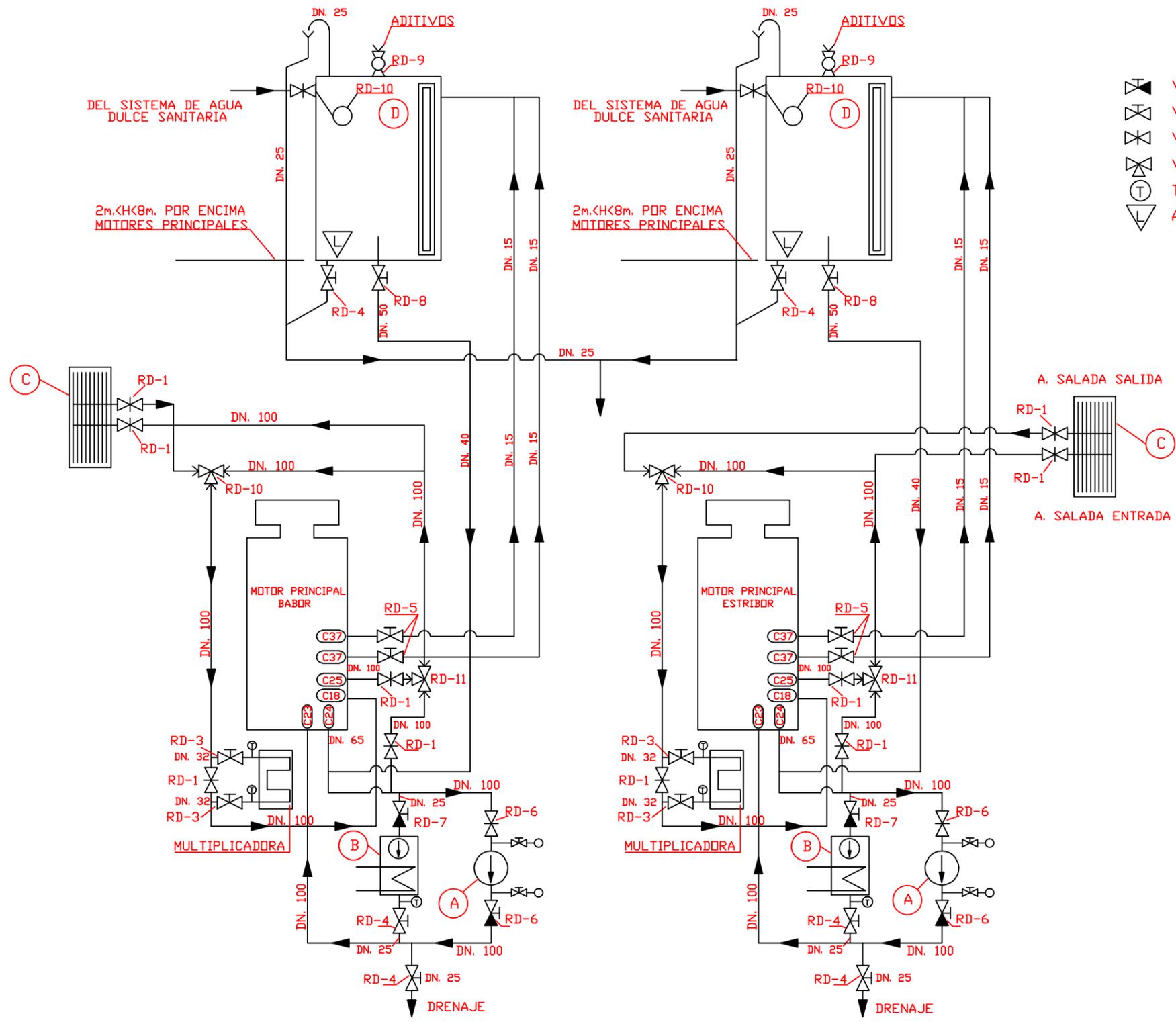
TUBERIAS DE ACERO ESTIRADO SIN SOLDADURA St.33.2 GALVANIZADO
 VÁLVULAS CUERPO DE HIERRO FUNDIDO, GUARNICIONES BRONCE
 VÁLVULAS (**) CUERPO ACERO FUNDIDO, GUARNICIONES BRONCE

TUBOS

DN. 250	273 x 10 mm
DN. 150	168.3 x 5.6 mm
DN. 100	114.3 x 5.4 mm
DN. 80	88.9 x 4.85 mm. (≠ 88.9 x 8 mm)
DN. 65	76.1 x 4.5 mm
DN. 50	60.3 x 4.5 mm
DN. 40	48.3 x 4.05 mm
DN. 32	42.4 x 4.05 mm. (≠ 42.4 x 8 mm)

E	2	ENFRIADOR ACEITE AGUMASTER		
D	2	ENFRIADOR ACEITE ENBRAGUE TVIN DISC		
C	2	BOMBAS A.S. REFRIGERACION ENFRIADORES AUX. DE ACEITE		30 m³/h a 1.5 bar
B	2	ENFRIADOR A.D. MMPP.		
A	2	Bo RESERVA A.S. REF. MMPP.		160 m³/h a 2.5 bar
POSICION	CANT.	DENOMINACION	MARCA - MOD	OBSERVACIONES

Proyecto: REMOLCADOR DE PUERTO DE 52 TONELADAS DE TIRO			
Tipo de plano: ESQUEMA REF. AGUA SALADA			
Peticonario: E.U.I.T.NAVAL		Tutor: AURELIO GUZMAN	
Autores: ALBERTO BERNAL AGUILAR PATRICIA MORILLO RUIZ			Firma:
Escala:	Plano nº: 06.5	Fecha: Marz 2009	



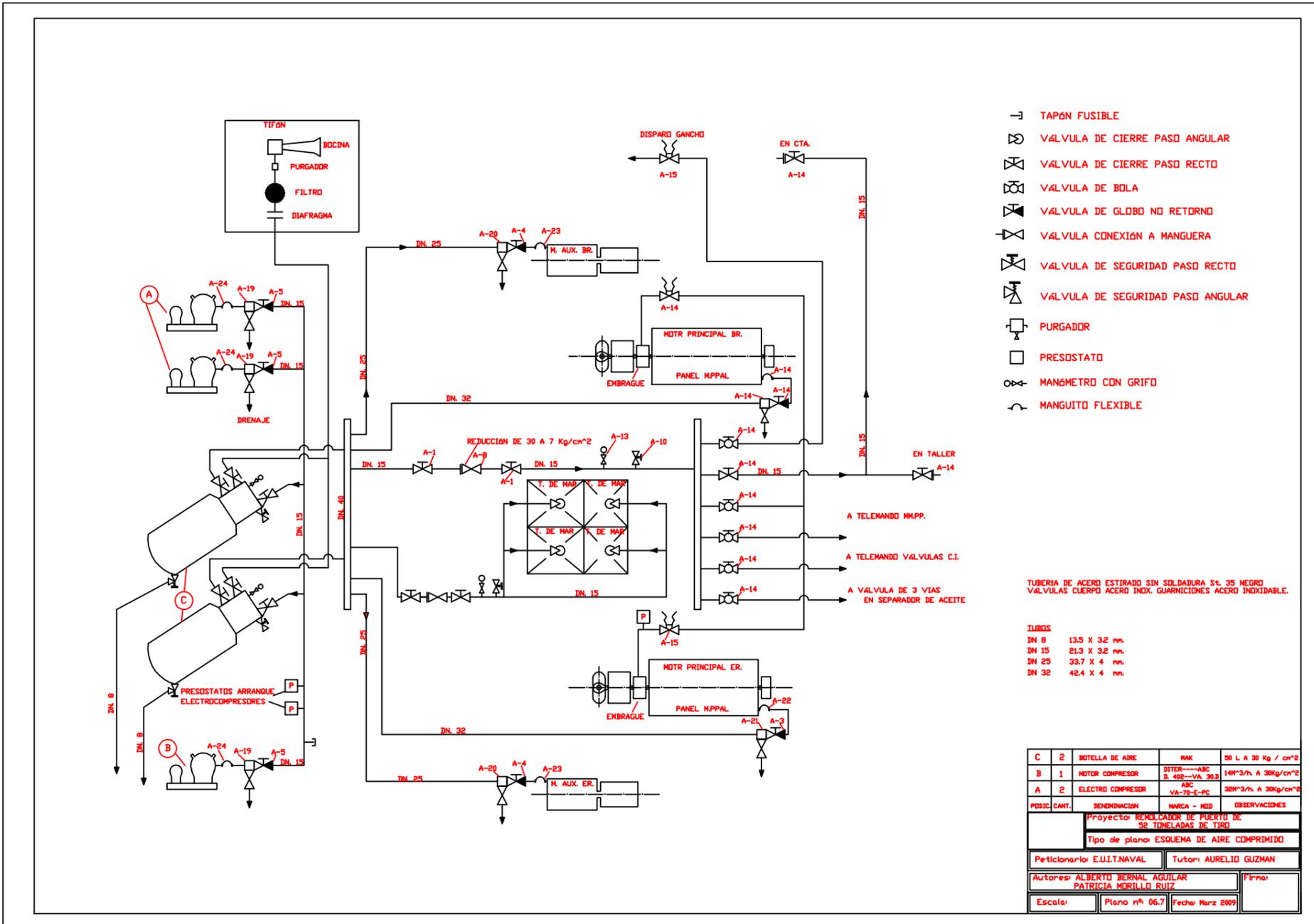
- VÁLVULA DE CIERRE Y RETENCIÓN P. RECTO
- VÁLVULA DE CIERRE
- VÁLVULA DE COMPUERTA
- VÁLVULA TERMOSTÁTICA DE TRES VÍAS
- TERMÓMETRO
- ALARMA BAJO NIVEL

TUBERÍA DE ACERO ESTIRADO SIN SOLDADURA ST-33-2 GALVANIZADO
VÁLVULAS, CUERPO HIERRO FUNDIDO, GUARNICIONES BRONCE.

TUBOS

DN. 100	114.3 X 5.4 mm.
DN. 65	76.1 X 3.6 mm.
DN. 32	42.4 X 3.2 mm.
DN. 25	33.7 X 3.2 mm.
DN. 15	21.3 X 2.6 mm.

D	2	T. COMPENSACIÓN A.D. MMPP.	100 L.	
C	2	ENFRIADOR DE PLACAS APV BANER K-26900		
B	2	PRECALENTADOR A.D. MMPP.		
A	2	E.BOMBA RESERVA AD. MMPP.	35 m ³ /4 : 3 bars.	
POSICION	CANT.	DESIGNACION	MARCA-MOD	OBSERVACIONES
Proyecto: REMOLCADOR DE PUERTO DE 52 TONELADAS DE TIRO				
Tipo de plano: ESQUEMA REF. AD MMPP				
Petitionario: E.U.I.T.NAVAL		Tutor: AURELIO GUZMAN		
Autores: ALBERTO BERNAL AGUILAR PATRICIA MORILLO RUIZ			Firma:	
Escala:	Plano n°: 06.6	Fecha: Marz 2009		



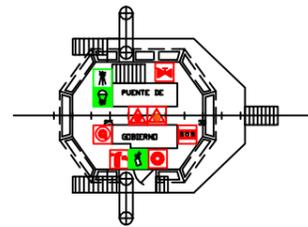
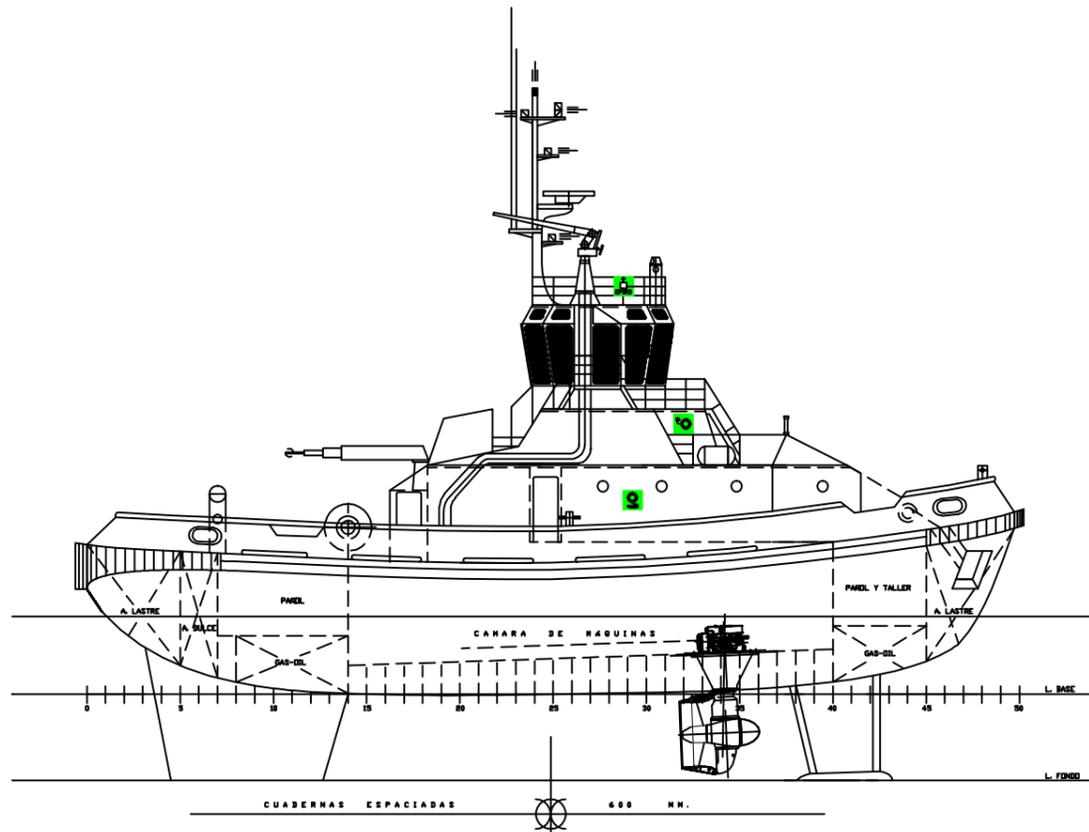
- └ TAPÓN FUSIBLE
- ⊗ VALVULA DE CIERRE PASO ANGULAR
- ⊗ VALVULA DE CIERRE PASO RECTO
- ⊗ VALVULA DE BOLA
- ⊗ VALVULA DE GLOBO NO RETORNO
- ⊗ VALVULA CONEXIÓN A MANGUERA
- ⊗ VALVULA DE SEGURIDAD PASO RECTO
- ⊗ VALVULA DE SEGURIDAD PASO ANGULAR
- ⊗ PURGADOR
- PRESOSTATO
- ⊗ MANGMETRO CON GRIFO
- ⊗ MANGUITO FLEXIBLE

TUBERIA DE ACERO ESTIRADO SIN SOLDADURA S_t 35 NEGRO
VALVULAS CUERPO ACERO INOX. GUARNICIONES ACERO INOXIDABLE.

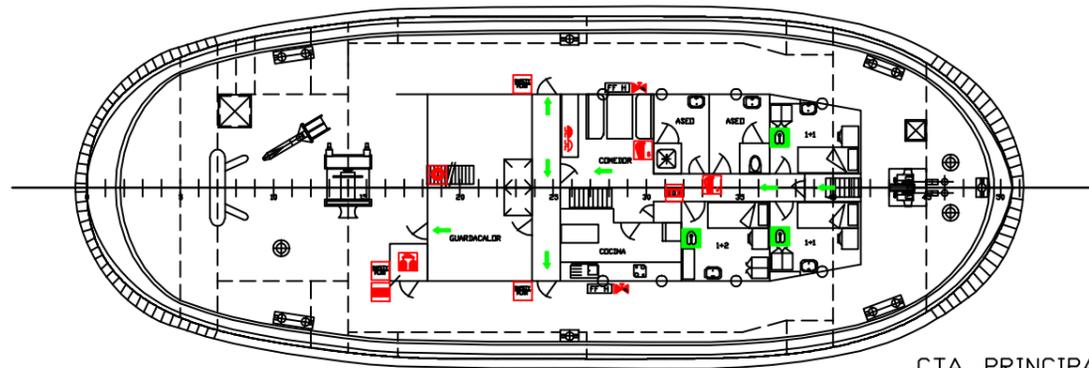
TUBOS

DN 8	13.5 X 3.2 mm.
DN 15	21.3 X 3.2 mm.
DN 25	33.7 X 4 mm.
DN 32	42.4 X 4 mm.

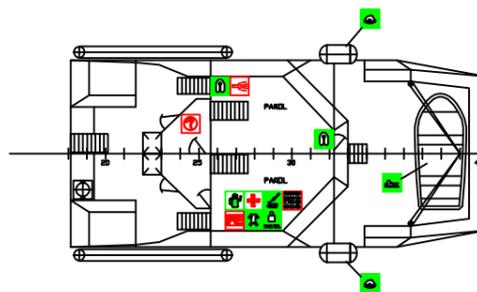
C	2	BOTELLA DE AIRE	MAK	50 L A 30 Kg / cm ²
B	1	MOTOR COMPRESOR	BITER---ABC D. 400---VA. 30.0	14M ³ /h A 30kg/cm ²
A	2	ELECTRO COMPRESOR	ABC VA-20-E-PC	30M ³ /h A 30kg/cm ²
PROYECTOR REPLICADOR DE PUERTO DE 32 TONELADAS DE TIPO				
Tipo de plano: ESQUEMA DE AIRE COMPRIMIDO				
Peticionario: E.U.I.T.NAVAL		Tutor: AURELIO GUZMAN		
Autores: ALBERTO BERNAL AGUILAR PATRICIA MERILLO RUIZ		Firma:		
Escala:	Plano nº: 06.7	Fecha: Marz 2009		



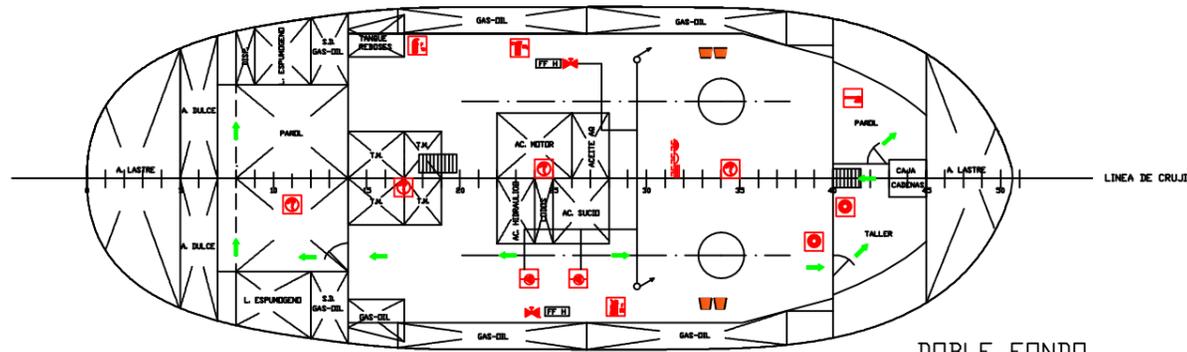
CTA. PUENTE



CTA. PRINCIPAL



CTA. BOTES



DOBLE FONDO

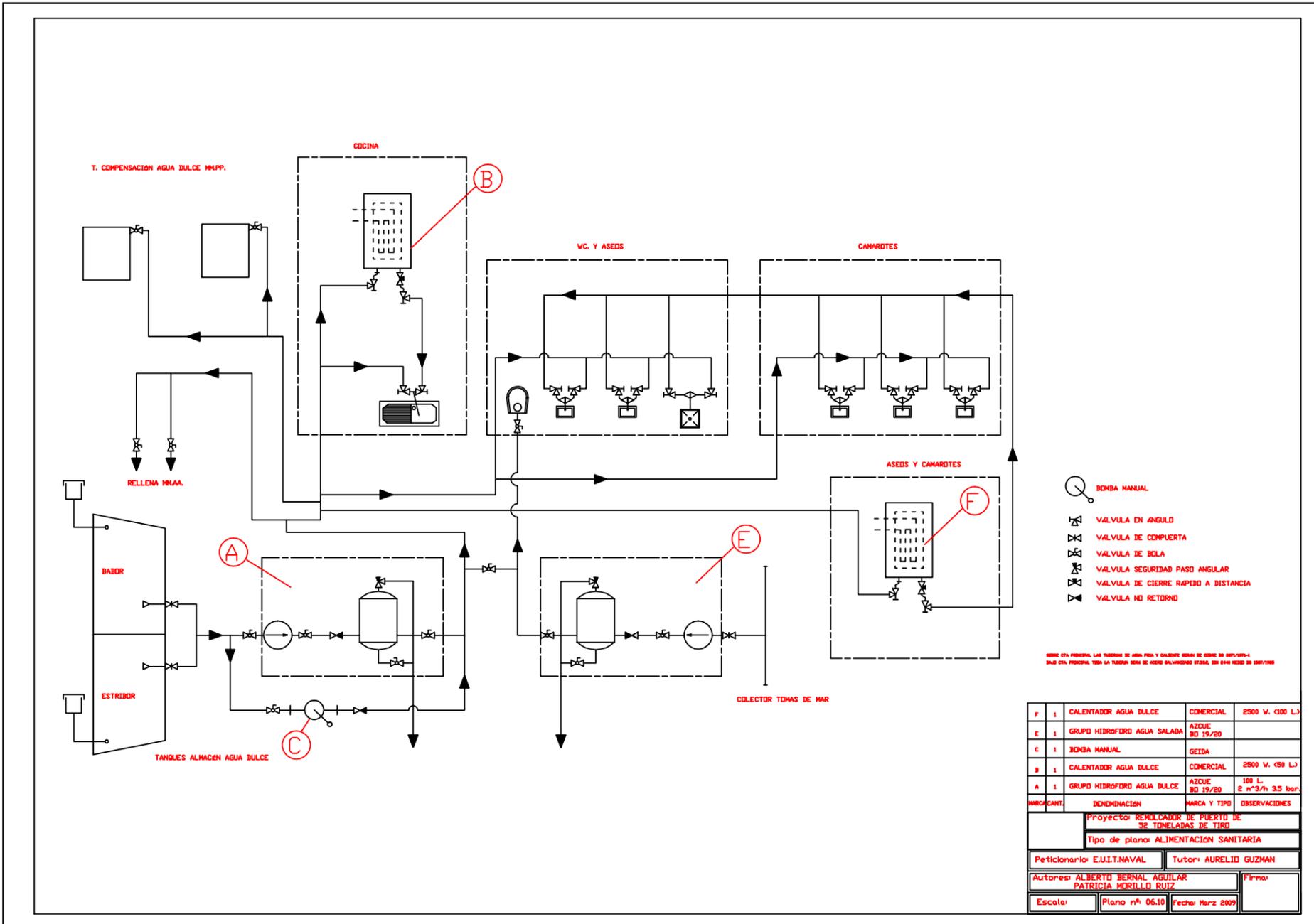
EQUIPO CONTRAINCENDIO

EQUIPO DE SALVAMENTO

SIMB.	CANT.	DESCRIPCIÓN
	1	HACHA CONTRA INCENDIOS
	1	PANEL INDICADOR DEL SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIOS
	4	BALDES CONTRA INCENDIOS CON RABIZA
	1	LOCAL DE CO2
	5	DETECTOR DE HUMOS
	1	TIMBRE DE ALARMA GENERAL
	2	TIMBRE ALARMA DE INCENDIO
	1	TIMBRE DE ALARMA DE CO2
	4	APARATO DE RESPIRACIÓN
	4	EQUIPO DE BOMBERO COMPLETO (EN PAÑOL BAJO PUENTE)
	1	PULSADOR DE ALARMA DEL CO2
	3	PULSADOR DE ALARMA DE INCENDIO
	1	PULSADOR PARADA VENTILADORES Y BOMBAS DE CAM. MÁQUINAS
	1	PULSADOR ALARMA GENERAL
	1	DISPARO RÁPIDO DE VÁLVULAS
	2	EXTINTOR PORTÁTIL DE POLVO SECO DE 5 KG
	1	EXTINTOR PORTÁTIL DE POLVO SECO DE 10 KG
	1	EXTINTOR DE POLVO SECO DE 20 KG.
	2	EQUIPO PORTÁTIL DE ESPUMA (12 KG).
	3	CONTAINER PLANO DE SEGURIDAD
	3	MANGUERA CONTRA INCENDIOS DE DN40.
	1	CONEXIÓN INTERNACIONAL A TIERRA
	4	BOCAS CONTRA INCENDIOS
	2	BOMBA CONTRA INCENDIOS DE 40 M ³ /H
SIMB.	CANT.	DESCRIPCIÓN
	1	LAMPARA DE SEÑALES
	3	CHALECOS
	6	TRAJES DE INMERSIÓN SIN AISLAMIENTO
	2	AROS SALVAVIDAS CON LUZ DE ENCENDIDO Y SEÑAL DE HUMO
	2	AROS SALVAVIDAS CON RABIZA DE 27,5 M. Y 762 mm. DE DIAM.
	1	APARATO LANZA CABOS TIPO 2 DE 230 M. DE ALCANCE
	1	BOTIQUÍN TIPO 2
	1	RADIO BALIZA
	2	UHF PORTATIL
	1	TRASPONDEDOR DEL RADAR
	12	COHETES Y PROYECTILES CON LUZ ROJA BRILLANTE Y PARACAIDAS
	2	SEÑALES FUMIGENAS
	1	LANZADOR DE COHETES
	1	BOTE INSUMERGIBLE PARA 7 PERSONAS
	2	BALSAS SALVAVIDAS PARA 8 PERSONAS C/U.
	2	CUADRO ORGÁNICO DE SEGURIDAD
	1	GUÍA SANITARIA I.S.M.
	1	CUADRO INTERNACIONAL DE SEÑALES (BANDERAS)

Proyecto: REMOLCADOR DE PUERTO DE 52 TONELADAS DE TIRO
 Tipo de plano: PLANO DE SEGURIDAD

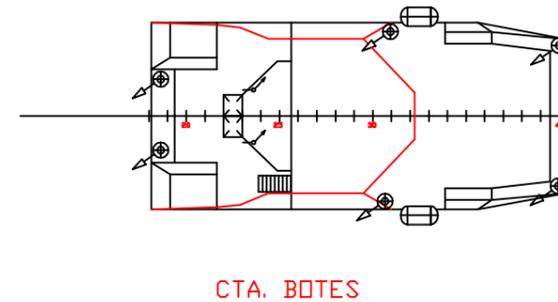
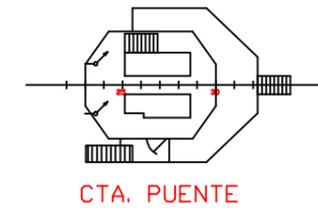
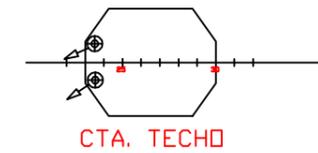
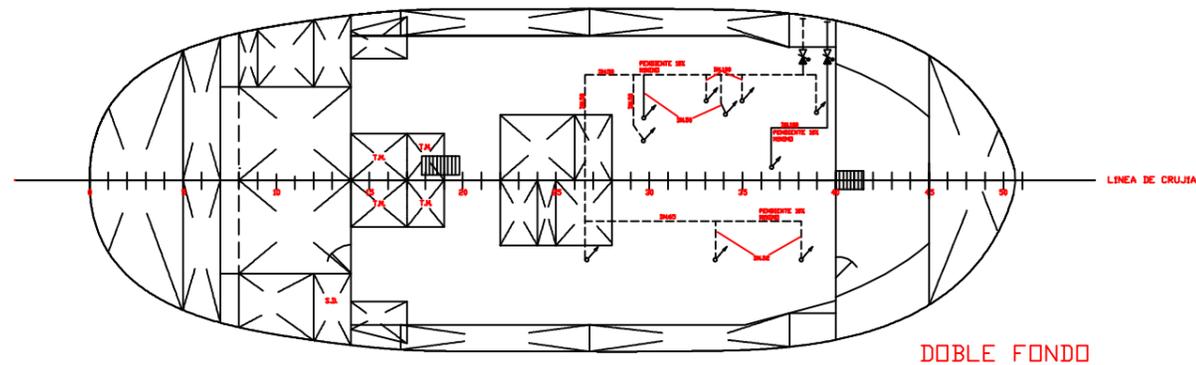
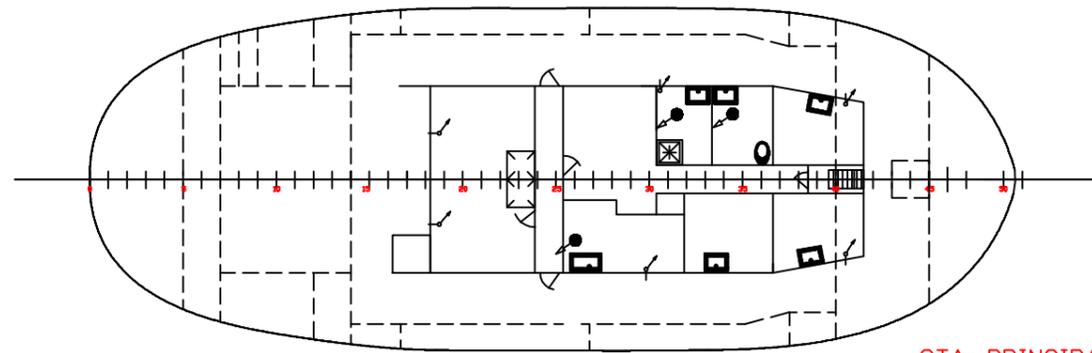
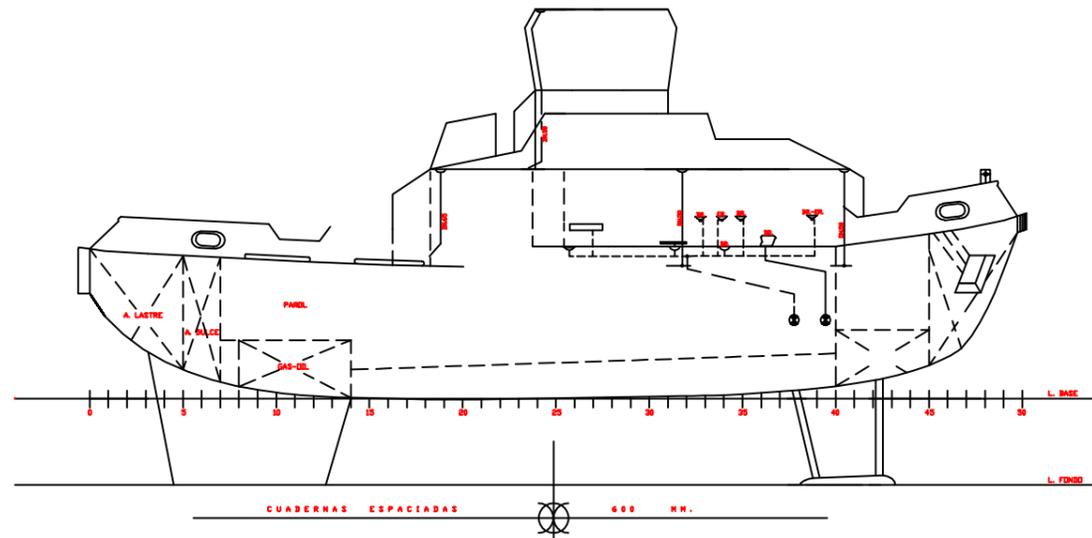
Peticionario: E.U.I.T.NAVAL Tutor: AURELIO GUZMAN
 Autores: ALBERTO BERNAL AGUILAR Patricia MORILLO RUIZ Firma:
 Escala: 1:100 Plano nº: 06.9 Fecha: Marz 2009



- BOMBA MANUAL
- VALVULA EN ANGULO
- VALVULA DE COMPUERTA
- VALVULA DE BOLA
- VALVULA SEGURIDAD PASO ANGULAR
- VALVULA DE CIERRE RAPIDO A DISTANCIA
- VALVULA NO RETORNO

SEÑAL CTA PRINCIPAL LAS TUBERIAS DE AGUA FRIA Y CALIENTE SON DE COCOP DE 80/100-1
 SALVO CTA PRINCIPAL, TODA LA TUBERIA SERA DE ACERO GALVANIZADO ESTAB. DE 2440 PESOS DE 80/100

F	1	CALENTADOR AGUA DULCE	COMERCIAL	2500 V. (100 L.)
E	1	GRUPO HIDROFORO AGUA SALADA	ACIUE	30 19/20
C	1	BOMBA MANUAL	GEIDA	
B	1	CALENTADOR AGUA DULCE	COMERCIAL	2500 V. (50 L.)
A	1	GRUPO HIDROFORO AGUA DULCE	ACIUE	100 L. 30 19/20 2 m ³ /h 3.5 bar
MARCA/CANT		DENOMINACION	MARCA Y TIPO	OBSERVACIONES
Proyector REPLENEDOR DE PUERTO DE 32 TONELADAS DE TIPO				
Tipo de plano: ALIMENTACION SANITARIA				
Peticionario: E.U.I.NAVAL		Tutor: AURELIO GUZMAN		
Autores: ALBERTO BERNAL AGUILAR PATRICIA MERILLO RUIZ		Firma:		
Escala:	Plano n° 06.10	Fecha: Marz 2009		



-  IMBORNAL DE ACOMODACION
-  IMBORNAL DE CUBIERTA
-  VALVULA DE DESCARGA SANITARIA
-  AGUA NEGRA
-  TUBERIA DE IMBORNAL
-  AGUA GRIS
-  BAJADA DE TUBERIA
-  SUBIDA DE TUBERIA

TUBERIA DE ACERO ESTIRADO SIN SOLDADURA S+00 GALVANIZADO
LA TUBERIA DENTRO DE TANQUES SERA DE ESPESOR REFORZADO
Y NO SE GALVANIZARA

TUBOS

- DN 100 = 114,3 x 4,5 mm.
- DN 65 = 71,6 x 4,5 mm.
- DN 50 = 60,3 x 4,5 mm.
- DN 32 = 42,4 x 4,5 mm.

LAS DESCARGAS DE LAVABOS, PILETAS, ETC. LLEVARAN UN SISTEMA
DE SIFON PARA RETENCION DE OLORES.

Proyecto: REMOLCADOR DE PUERTO DE 52 TONELADAS DE TIRO	
Tipo de plano: IMBORNALES Y DESCARGA SANITA.	
Peticionario: E.U.I.T.NAVAL	Tutor: AURELIO GUZMAN
Autores: ALBERTO BERNAL AGUILAR PATRICIA MORILLO RUIZ	
Escala:	Firma:
Plano nº: 06.11	Fecha: Marz 2009

