

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**DISEÑO PRELIMINAR DE EMBARCACION AUXILIAR  
DEL TIPO AMARRADORA DE 8 TONELADAS DE  
BOLLARD PULL**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO NAVAL**

**JORGE MANUEL CARRANZA CARRANZA**

**PROMOCIÓN 2008-II**

**LIMA-PERU**

**2015**

Con todo cariño a mis padres Luisa y Jesús  
por su paciencia, apoyo incondicional y cariño.  
A mi esposa Yolanda por su invaluable apoyo.

## **CONTENIDO**

<b>PRÓLOGO</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
1.1 Aspectos Generales	3
1.2 Antecedentes Relacionados	5
1.3 Justificación	9
1.4 Objetivos	11
1.5 Alcance	12
<b>CAPITULO II. DESCRIPCION GENERAL</b>	<b>13</b>
2.1 Descripción del Tipo de Embarcación	13
2.2 Características del tipo de operaciones a desempeñar	17
2.3 Zona de Operación	24
2.4 Requerimientos del diseño	24
2.4.1 Dimensiones	24
2.4.2 Bollard Pull	25
2.4.3 Sistema de Propulsión	28
2.4.4 Velocidad a máxima carga	28
2.4.5 Autonomía	29
2.4.6 Número de Tripulantes	29

2.4.7 Cubierta	29
2.4.8 Puente de Mando	29
2.4.9 Normas de Diseño.	30
<b>CAPITULO III FUNDAMENTO TEORICO</b>	<b>31</b>
3.1 Definición de embarcación auxiliar	31
3.2 Elementos principales	31
3.3 Elementos Estructurales	32
3.4 Dimensiones Principales	33
3.5 Coeficientes de Forma	37
3.6 Geometría del Casco	39
3.7 Reserva de Flotabilidad	42
3.8 Estabilidad Transversal	44
3.8.1 Estabilidad Transversal Inicial	44
3.8.2 Estabilidad Transversal a Grandes Ángulos de Escora	48
3.8.3 Estabilidad durante las operaciones	55
3.8.4 Código de Estabilidad sin averías	56
3.8.5 Estabilidad en remolque	64
3.9 Sistemas de construcción de un buque	68
<b>CAPITULO IV DISEÑO PRELIMINAR</b>	<b>74</b>
4.1 Dimensiones Principales del Casco	74
4.1.1 Metodología	74



4.1.2 Base de Datos y Regresiones Lineales	75
4.1.3 Estimación de Dimensiones Principales	82
4.1.3.1 Estimación de la Potencia	82
4.1.3.2 Estimación de la Eslora.	84
4.1.3.3 Estimación de la Manga	85
4.1.3.4 Estimación del Puntal	87
4.1.3.5 Estimación del Calado	88
4.2 Estimación de Coeficientes de Carena	89
4.2.1 Coeficiente de Bloque ( $C_b$ ):	89
4.2.2 Coeficiente de la Sección Maestra ( $C_m$ ):	90
4.2.3 Coeficiente Prismático ( $C_p$ )	90
4.2.4 Coeficiente de Flotación ( $C_{wp}$ )	90
4.3 Estimación del Desplazamiento	91
4.4 Elección de las Dimensiones Principales	91
4.5 Francobordo de Diseño (FB)	92
4.6 Estabilidad Inicial Preliminar del Buque Intacto	92
4.7 Desplazamiento en Rosca, Desplazamiento Total y Peso Muerto	96
4.7.1 Estimación del Desplazamiento en Rosca ( $\Delta_R$ )	96
4.7.2 Estimación del Peso Muerto (PM)	98
4.7.3 Estimación del Desplazamiento Total ( $\Delta_T$ )	102
4.8 Selección de Formas de Popa y Proa	103
4.8.1 Zona de Popa	103
4.8.2 Zona de Proa	104

4.8.3 Selección de sección media	105
4.8.4 Líneas de Forma	108
4.8.5 Curva de Áreas	110
<b>CAPITULO V DESARROLLO DEL PROYECTO</b>	<b>111</b>
5.1 Justificación de la Disposición General	111
5.2 Sistema de Construcción	113
5.3 Mamparos Estancos	113
5.3.1 Mamparo de colisión	113
5.3.2 Mamparo de pique de popa	114
5.3.3 Mamparo estanco a proa de la sala de máquinas	114
5.4 Cubiertas	116
5.4.1 Cubierta Principal.	116
5.4.2 Cubierta del Puente de Mando	116
5.5 Sala de Máquinas	118
5.6 Tanques	119
5.6.1 Tanques de Agua Dulce	120
5.6.2 Tanque de Combustible	120
5.6.3 Tanque de Lodos	120
5.6.4 Tanque de Agua Negras y Grises	121
5.6.5 Tanque de Lastre	121
5.6.6 Tanques de Aceite Hidráulico	121
5.7 Cocina y Baño	123

5.8 Pañol	124
5.9 Puente de Mando	125
5.10 Escalas, Pasamanos y Guardacabos	126
5.11 Amurada y Barandaje	128
5.12 Escotillas	128
5.13 Equipos de Maniobra	129
5.13.1 Anclas, Cadenas de Fondeo y Pañol de Cadenas	129
5.13.2 Cabrestante	129
5.13.3 Equipo Fijo de Amarre y Remolque	129
5.14 Defensas	130
5.15 Evaluación de la Estabilidad	130
5.15.1 Curvas Hidrostáticas	131
5.15.2 Curvas Cruzadas de Estabilidad	135
5.15.3 Capacidad y Centro de Gravedad de los Tanques.	138
5.15.4 Cálculo del Francobordo Reglamentario	141
5.15.5 Cálculo de Arqueo	145
5.15.5.1 Arqueo Bruto (GT)	145
5.15.5.2 Arqueo Neto (NT)	146
5.15.6 Cálculo de Estabilidad Intacta Preliminar	146
5.16 Elección del Sistema de Propulsión	157
5.16.1 Número de ejes	157
5.16.2 Motores a instalar en cada línea de ejes	158
5.16.3 Caja Reductora a instalar en cada línea de ejes	158

5.16.4 Propulsor a instalar en cada línea de ejes	159
5.17 Coeficientes y rendimientos propulsivos	162
5.17.1 Coeficientes propulsivos	163
5.17.2 Rendimientos propulsivos	165
5.18 Estimación de la Resistencia y Potencia al Avance.	168
5.18.1 El Método de Holtrop y Mennen	168
5.19 Estimación del Bollard Pull (Tiro a un Punto Fijo)	175
5.20 Potencia a instalar	186
5.21 Selección de Motor	187
5.22 Selección de Caja reductora	189
5.23 Material a Utilizar	191
5.24 Resistencia Longitudinal	192
5.24.1 Mínimo Modulo de Sección	192
5.24.2 Momento de Inercia de la Viga-Buque	192
5.25 Escantillonado de Cuaderna Maestra	193
5.25.1 Forro Exterior (Planchaje)	193
5.25.2 Estructura de Fondo	196
5.25.3 Estructura de Costado	198
5.25.4 Estructura de Cubierta	201
5.25.5 Mamparos	203
5.25.6 Quilla	205
5.25.7 Puntales	206
5.25.8 Superestructura	208

5.26 Resumen de Escantillonado	213
5.27 Comprobación del Módulo de Sección y Momento de Inercia de la Sección Maestra	215
<b>CAPITULO VI ANALISIS ECONÓMICO</b>	216
6.1 Evaluación Económica	216
6.1.1 Inversión inicial requerida	216
6.1.2 Ingresos por operaciones	218
6.1.3 Egresos por operación y otros gastos	218
6.1.4 Resumen de Ingresos y Egresos por Operación	220
6.2 Proyección Económica Del Proyecto	220
6.2.1 Valor Actual Neto (VAN)	222
6.2.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)	222
6.2.3 Ratio Beneficio-Costo (B/C)	223
6.3 Análisis de Sensibilidad	223
<b>CONCLUSIONES</b>	225
<b>RECOMENDACIONES</b>	228
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	230
<b>ANEXOS</b>	234
ANEXO 1 BASE DE DATOS	235
ANEXO 2 TIPOS DE CABOS Y ESTACHAS – RECOMENDACIONES DE USO	241

ANEXO 3 CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE BUQUES DE ALTURA	244
ANEXO 4 TIPO Y CARACTERÍSTICAS DE AMARRADEROS EN LOS PRINCIPALES PUERTOS DEL PERU	246
ANEXO 5 GANCHO DE REMOLQUE	255
ANEXO 6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MOTOR PRINCIPAL.	257
ANEXO 7 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL GENERADOR ELECTRICO.	258
ANEXO 8 UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS Y GRISES	259
ANEXO 9 DEFENSAS TIPO D Y M	261
ANEXO 10 ESCOTILLAS	263
ANEXO 11 TAPAS DE ESCOTILLA DE POPA (BR/ER)	264
ANEXO 12 NUMERAL DE EQUIPO	269
ANEXO 13 DIMENSIONAMIENTO DEL PAÑOL DE CADENAS	271
ANEXO 14 BITAS LATERALES DE POPA	272
ANEXO 15 BASE DE GANCHO DE REMOLQUE	274
ANEXO 16 COTIZACION	280
ANEXO 17 ESTABILIDAD DE REMOLCADORES	282

## SIMBOLOS Y ABREVIATURAS

<b>TÉRMINO</b>	<b>SÍMBOLO</b>
American Bureau of Shipping	ABS
Altura metacéntrica	GM
Brazo adrizante	GZ
Calado	T
Calado de escantillonado	d
Coefficiente de Bloque	$C_b$
Densidad	$\rho$
Desplazamiento	$\Delta$
Eslora total	LOA
Eslora entre Perpendiculares	$L_{PP}$
Eslora de flotación	$L_f$
Francobordo	FB
Línea de base	LB
Manga	B
Metacentro	M
Modulo de Sección	SM
Momento de Inercia	I
Momento para cambiar el asiento en un centímetro	MTC
Numero de Froude	$F_n$
Perpendicular de popa	AP
Perpendicular de proa	FP
Peso muerto	PM
Puntal	D
Radio Metacéntrico	BM

## **PROLOGO**

El presente trabajo, consiste en el diseño preliminar de una embarcación auxiliar del tipo amarradora de 8 toneladas de bollard pull, y que cumplan criterios de construcción de la sociedad clasificadora American Bureau of Shipping (ABS - 2012), las recomendaciones y exigencias de las normas nacionales e internacionales relacionados a la seguridad marítima.

Para una adecuada presentación de la tesis se ha dividido en seis capítulos.

En el primer capítulo, se presenta los antecedentes generales y relacionados con el proyecto, así como también la justificación, objetivos y los alcances del mismo.

En el segundo capítulo, se describe los aspectos de operación de la embarcación auxiliar tipo amarradora, teniendo en cuenta la zona de operación. Así mismo los requerimientos de diseño: Dimensiones, Bollard Pull, Sistema de Propulsión, Velocidad a máxima carga, Autonomía, Número de Tripulantes, Cubierta, Puente de Mando, Normas de Diseño.



En el tercer capítulo, se presenta el marco teórico necesario para el desarrollo del proyecto.

En el cuarto capítulo, se muestra la metodología para estimar las dimensiones principales, coeficiente de carena y potencia a instalar de la embarcación auxiliar a partir de una base de datos y formulas estadísticas encontradas en la bibliografía. La elección final de las dimensiones principales se basa en las dimensiones de la máquina principal a instalar y los espacios necesarios para los refuerzos estructurales, tránsito, mantenimiento, etc. La evaluación de la estabilidad inicial se calculo mediante formulas estadísticas que están en función a las dimensiones principales; así mismo, se evalúa el desplazamiento en rosca, desplazamiento total y peso muerto. Finalmente se justifica la selección de formas de popa y proa.

En el quinto capítulo, se justifica la disposición general, siendo el sistema de construcción mixto a usar; presentando los estudios de: Estabilidad; Sistema de Propulsión; Resistencia y Potencia al Avance; y Escantillonado de Cuaderna Maestra.

En el sexto capítulo, se realiza la evaluación económica para determinar si el proyecto es rentable a los plazos establecidos; en base a los indicadores económicos (VAN, TIR y B/C), los que determinan su factibilidad.

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

#### 1.1 Aspectos Generales

El comercio mundial de carga y mercancía marítima, el desarrollo económico y el crecimiento de las exportaciones en nuestro país, así como la modernización de la infraestructura y el equipamiento de los puertos marítimos en los últimos años ha generado el aumento en la demanda de servicios e infraestructura portuaria, pudiéndose requerir modernas infraestructuras portuarias como el requerimiento de mayor apoyo logístico y de asistencia de los buques mercantes y de carga que ingresan a nuestros puertos.

La demanda de asistencia está basado principalmente a las operaciones portuarias, tales como:

- Practicaje.
- Remolque.
- Amarre y desamarre.
- Uso de muelle.
- Uso de amarradero.
- Suministros a las naves.

- Embarque y descarga.
  - Almacenaje.
- Operaciones con mercancía peligrosa.
- Servicios a pasajeros, etc.

Para el caso del amarre y desamarre; consta en el servicio para asistir al buque durante las maniobras de fondeado o amarrado a un muelle o boya dentro de un puerto o su bahía. En la figura n°1.1 se muestra la maniobra de amarre de un buque hacia el muelle; requiriendo para esto la necesidad de contar con una ayuda auxiliar, basada en una embarcación menor que se encargue de complementar las maniobras de amarre y desamarre del buque al muelle y viceversa, de forma segura y en el menor tiempo requerido.



Figura n° 1.1 Maniobra de amarre

## 1.2 Antecedentes Relacionados

Para el establecimiento de la demanda de los servicios amarre y desamarre, se ha tenido en consideración que ésta deriva de los flujos de tráfico de carga y así como del movimiento de naves en los puertos del Perú.

La evolución del tráfico de carga realizada a través de los puertos de uso público, que se encuentran normativamente a cargo de la Empresa Nacional de Puertos (ENAPU S.A.), se muestra en Fig. n° 1.2 y tablas n° 1.1 y 1.2.

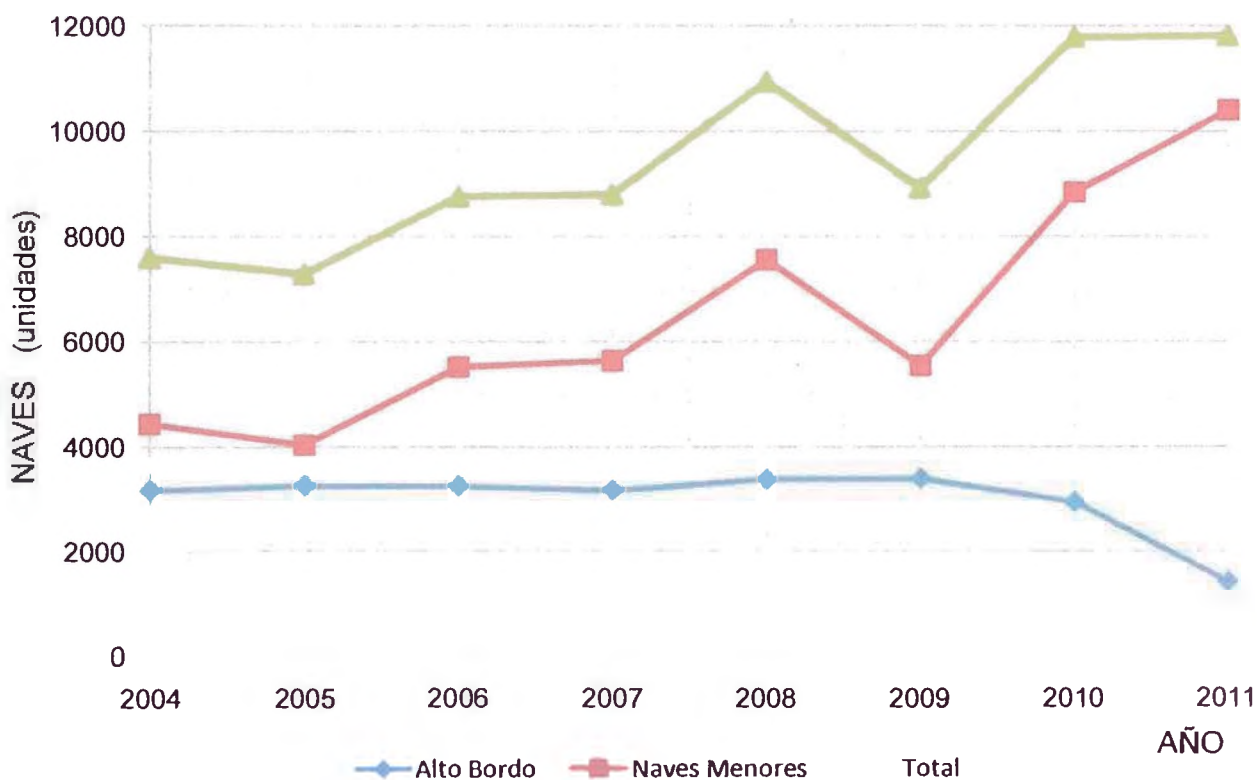


Figura n° 1.2 Tráfico de Naves en los Puertos Nacionales. (Fuente: ENAPU)

Años	MOVIMIENTO PORTUARIO						
	TOTAL	Importación	Exportación	Cabotaje Descarga	Cabotaje Embarque	Transbordo	Otros
2000	<b>15,338,849</b>	6,900,714	6,498,976	1,182,266	166,162	514,644	76,087
2001	<b>15,669,694</b>	7,150,215	6,637,425	1,095,294	168,583	542,732	75,445
2002	<b>16,060,876</b>	8,259,641	6,111,647	883,496	225,071	511,155	69,866
2003	<b>16,271,380</b>	8,378,700	6,029,850	795,597	117,535	922,931	26,767
2004	<b>17,066,540</b>	8,902,918	6,582,922	806,288	60,747	682,316	31,349
2005	<b>18,124,338</b>	9,315,169	7,010,866	758,161	67,792	958,085	14,265
2006	<b>19,080,340</b>	10,262,212	6,901,374	664,185	109,919	1,113,272	29,378

Tabla n° 1.1: Evolución tráfico de carga en puertos de uso público (TM). (Fuente: ENAPU)

TIPOS DE NAVES	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
CONTAINER SHIP	529	810	1,038	1,286	1,348	1,567	1,675
GRANELERO	396	392	393	403	426	482	494
GENERAL CARGO/CONVENCIONALES	1,405	1,105	1,066	675	569	510	427
PETROLERO/GAS	328	343	306	328	297	277	258
PESQUEROS	324	306	384	280	321	270	209
DE VEHICULOS	50	73	66	54	50	60	67
DE PASAJEROS	33	39	30	59	70	43	37
REFRIGERADO	19	16	36	19	14	13	31
DE GUERRA	36	32	27	15	58	13	20
MINERALES	2	2	2	-	5	13	17
INVESTIGACION-CIENTIFICOS	12	11	7	6	4	4	11
ROLL ON ROLL OF	30	13	3	2	1		2
<b>TOTAL ALTO BORDO</b>	<b>3,164</b>	<b>3,142</b>	<b>3,358</b>	<b>3,127</b>	<b>3,163</b>	<b>3,252</b>	<b>3,248</b>
TOTAL BAJO BORDO	3,719	3,451	4,206	3,187	4,438	4,038	5,518
<b>TOTAL</b>	<b>6,883</b>	<b>6,593</b>	<b>7,564</b>	<b>6,314</b>	<b>7,601</b>	<b>7,290</b>	<b>8,766</b>

Tabla n° 1.2: Movimiento de naves en puertos de uso público. (Fuente: ENAPU)

La Empresa Nacional de Puertos S.A. (ENAPU S.A.) establece los requisitos, normas y procedimientos necesarios para la prestación de los servicios de amarre y desamarre de naves a empresas particulares en los Terminales Portuarios bajo su administración, siendo el marco legal:

- a. Decreto Supremo N° 028-DE/MGP “Reglamento de la Ley de Control y Vigilancia de las Actividades Marítimas, Fluviales y Lacustres”.
- b. Resolución N° 014-2003-CD/OSITRAN (modificado por Res. N° 054-2005-CD-OSITRAN y 006-2009-CD-OSITRAN) “Reglamento Marco de Acceso a la Infraestructura de Transporte de Uso Público” (REMA).
- c. Reglamento de Operaciones de ENAPU S.A.
- d. Reglamento de Seguridad de ENAPU S.A.

El servicio de amarre y desamarre no tiene restricciones de uso para la prestación de Servicios Esenciales, pero sí requiere suscribir un contrato de acceso, de conformidad con el Reglamento Marco de Acceso de OSITRAN; por tanto, los Usuarios Intermedios prestadores del servicio de amarre y desamarre de naves deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- a. Encontrarse registrados como Empresas relacionadas a las actividades acuáticas, en la Dirección de Control de Intereses Acuáticos de la Dirección General de Capitanías y Guardacostas y en la Autoridad Portuaria Nacional.

- b. Contar con Licencia de Operación expedida por la Dirección General de Transporte Acuático del Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción o Autoridad Portuaria Nacional.
- c. Contar con Contrato de Acceso vigente suscrito con la Empresa Nacional de Puertos S.A.
- d. Encontrarse al día en el cumplimiento del pago del Cargo de Acceso fijado en el correspondiente Contrato de Acceso.
- e. Contar con Póliza de Responsabilidad Civil que cubra tanto daños materiales como personales por un monto mínimo de US \$ 50 000.0 Dólares Americanos.
- f. Cumplir con los requisitos, normas y procedimientos establecidos y, Directivas y Circulares que se implementen con relación a la actividad.

### **1.3 Justificación**

La necesidad de contar con este tipo de embarcación los muelles se basa en lo siguiente:

- a. Reducir el tiempo de maniobra y costos de permanencia.

Al aumentar el tráfico de naves, es natural que también aumente la necesidad de cargar y descargar con mayor eficiencia; siendo la reducción del tiempo de permanencia en el puerto la más significativa, lo que puede lograrse integrando producción, infraestructura y equipo.

En nuestro caso la maniobra de amarre-desamarre es al inicio y al final de los servicios sobre la buque.

- b. Seguridad durante la maniobra.

El Reglamento de Seguridad de ENAPU S.A. aplica a todas las actividades, servicios y procesos que se desarrollan dentro del Terminal Portuario bajo su administración. El Reglamento establece los derechos, obligaciones funciones y responsabilidades que con relación a la seguridad y salud en el trabajo deben cumplir obligatoriamente los funcionarios y trabajadores del Terminal Portuario, el personal de las empresas y/o entidades públicas y privadas, clientes y usuarios en general, que brindan servicios bajo cualquier modalidad de contrato laboral.

Así mismo, la Organización Internacional del Trabajo (OIT) en su publicación "Prevención de accidentes a bordo de los buques en el mar y en los puertos" (1996), da recomendaciones prácticas sobre la seguridad y la



salud de todos los marinos que presten sus servicios a bordo de buques de navegación marítima, ya sean de propiedad pública o privada, y que normalmente se dediquen a la navegación marítima comercial.

El Reglamento de Operaciones de ENAPU S.A. estipula que el número y características mínimas de los remolcadores para la ejecución de las maniobras de ingreso, salida y cambio de sitio de las naves, es determinado mediante Directiva expedida por la Administración del Terminal.

En la tabla n° 1.3 se ha recopilado hasta marzo del 2015, las empresas que prestan servicio de amarre y desamarre en nuestro país:

N°	Nombre de la Empresa	Terminal Portuario Autorizado
1	Cosmos Agencia Marítima S.A.C.	Chimbote Callao Pisco Ilo Salaverry
2	Trabajos Marítimos S.A.	Callao Talara Chimbote Matarani Ilo
3	Ejecutivos Marítimos S.A.C.	Salaverry
4	ENAPU S.A.	Salaverry

Tabla n° 1.3 Empresas que prestan servicio de amarre y desamarre en Perú.

#### **1.4 Objetivos**

El objetivo del presente estudio, es desarrollar e implementar los parámetros necesarios para poder diseñar una embarcación auxiliar que pueda cumplir con:

- a. Cubrir la necesidad de las maniobras de amarre y desamarre de buques en los puertos; que debiera de cumplir con los requerimientos de las Reglas de la Sociedad Clasificadora IACS (para nuestro trabajo corresponde a la American Bureau of Shipping – ABS).
- b. Cumplir con los requerimientos de seguridad de la vida humana en la mar y del buque, correspondiente a las reglamentaciones propuestas por la AUTORIDAD PORTUARIA NACIONAL (APN) y la DIRECCIÓN GENERAL DE CAPITANÍAS Y GUARDACOSTAS DEL PERÚ (DICAPI) y ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO (OIT).
- c. Dar cumplimiento con las normas y procedimientos para la prevención de riesgos laborales durante las maniobra de amarre y desamarre de buques en puerto; las mismas que hacen justificable el proyecto.

### **1.5 Alcance**

La presente tesis abarcara el diseño preliminar del casco de una embarcación auxiliar, del tipo amarradora de 8 toneladas de bollard pull, el cual comprende: la determinación de las dimensiones, formas, selección de la maquinaria y equipamiento, cálculos de resistencia estructural, cumplimiento de las normativas requeridas y costos; en base a su necesidad.

Es importante indicar que el presente trabajo no incluye los procesos constructivos y operación.

## CAPITULO II

### DESCRIPCION GENERAL

#### 2.1 Descripción del Tipo de Embarcación

La embarcación auxiliar del tipo amarradora tiene como propósito tres aspectos fundamentales:

- a. Asistir al Práctico Marítimo encargado de la maniobra en la etapa de aproximación final del buque al amarradero.
  
- b. Asegurar al buque al amarradero mediante la colocación de las diferentes líneas de amarre en las bitas y cornamusas de acuerdo a las indicaciones proporcionadas por el Práctico Marítimo encargado de la maniobra en coordinación con el Capataz o Boze.
  
- c. Asistir al Práctico Marítimo en la maniobra de desatraque, hasta que la última línea se encuentre a bordo y el buque se encuentre totalmente libre del muelle.

De acuerdo al artículo n°64 del Reglamento de Operaciones ENAPU S.A. la cuadrilla para el servicio de amarre o desamarre de buques está conformada por un Capataz y cuatro gavieros como mínimo.

Los procedimientos necesarios para la prestación de los servicios de amarre y desamarre de buques, prestados por la Empresa Nacional de Puertos S.A. y Empresas Particulares en los Terminales Portuarios bajo administración de ENAPU S.A. es como sigue:

a. Operaciones de atraque:

1. El Agente Marítimo informará en Junta de Operaciones el nombre de la Empresa que tendrá a su cargo las operaciones de amarre de la nave bajo su agenciamiento.
2. Veinte (20) minutos antes de la hora programada para el atraque de la nave o al ingresar esta a la rada interior, lo que ocurra primero; el Boze conjuntamente con su personal y equipos se presentaran al Jefe de Muelle con la finalidad de informar su estado de alistamiento.
3. Constituidos en el amarradero asignado para la maniobra, el Capataz (Boze) a cargo de la misma, establecerá contacto radial con el Práctico Marítimo a cargo de la operación, con la finalidad de ponerse a su disposición.

4. Durante la fase de aproximación final, el Capataz ( Boze ) será responsable de proporcionar al Práctico a cargo de la maniobra, informaciones de distancia de la nave al amarradero, velocidad de aproximación de la nave y localización de esta respecto al amarradero y a su posición final de atraque, así como de cualquier obstáculo que pudiera poner en riesgo la operación.
5. A solicitud del Práctico Marítimo a cargo de la maniobra, el Capataz dispondrá la recepción, verificación de la condición y colocación de líneas de amarre de acuerdo a su tipo (largos, traveses, sprines), en los postes de amarre que correspondan a fin de que estas trabajen adecuadamente.
6. El Capataz, en coordinación con el Práctico Marítimo, deberá verificar que la posición final de la nave en amarradero sea la apropiada, verificando particularmente la distancia de seguridad proa y popa de la nave atracada respecto a otras atracadas en el mismo muelle.
7. Asegurada la nave en posición y previa aprobación del Práctico a cargo de la maniobra de atraque, el Capataz dará por concluida la operación, informando de este hecho al Jefe de Muelle, así como de las novedades ocurridas durante la prestación del servicio, y la condición de los postes de amarre y defensas.

b. Operaciones de desatraque:

1. El Agente Marítimo informará en Junta de Operaciones el nombre de la Empresa que tendrá a su cargo las operaciones de desamarre de la nave bajo su agenciamiento.
2. Veinte (20) minutos antes de la hora programada para el desatraque de la nave, el Boze conjuntamente con su personal y equipos, se presentará al Jefe de Muelle con la finalidad de informar su estado de alistamiento.
3. Constituidos en el amarradero asignado para la maniobra, el Capataz (Boze) a cargo de la misma, establecerá contacto radial con el Práctico Marítimo designado, con la finalidad de ponerse a su disposición.
4. Iniciada la maniobra, el Boze procederá a largar amarras de acuerdo a las instrucciones recibidas del Práctico a cargo de la operación.
5. La operación de desamarre de la nave no deberá darse por concluida hasta que esta no se encuentre totalmente libre del muelle, es decir, hasta que la proa ( o popa dependiendo de su posición durante el atraque), haya quedado libre del cabezo del muelle.
6. En caso la nave tenga que pivotear en la poza de maniobras el Capataz permanecerá en el cabezo del amarradero hasta que la nave culmine su giro y enfile hacia la bocana.

7. Culminada la operación y previa autorización del Práctico a cargo de la maniobra, el Boze deberá acercarse al Jefe de Muelle con la finalidad de informar la finalización de la operación y las novedades que pudieran haberse presentado durante su realización.

La embarcación auxiliar del tipo amarradora para cumplir los requerimientos de operación tendrá las siguientes características mínimas:

- Tener suficiente espacio en la cubierta para la operación de trasladar los cabos de amarre de los buques.
- El puente de mando dispondrá de buena visibilidad durante las maniobras y navegación.
- Deben estar equipadas con las defensas de caucho.
- Elementos fijos de amarre.
- Gancho de remolque para operaciones del traslado seguro del cabo y no de remolque propiamente dicho.
- El material para el manejo de los cabos de amarre debe ser adecuado y con la resistencia necesaria.

## **2.2 Características del tipo de operaciones a desempeñar**

La embarcación auxiliar proyectada ejecutara las operaciones de amarre y desamarre de buques a puerto y boyas, así como de conexión y desconexión de



mangueras en boyas, respetando las condiciones de seguridad y observando la normativa aplicable (anteriormente mencionadas).

a. Operaciones de amarre y desamarre de buques en puerto.

Ejecutar las operaciones de afirmado y largado de los cabos de amarre, para realizar el atraque y/o desatraque del buque. Para el personal involucrado tendrá en cuenta lo siguiente:

- Los cabrestantes o chigres portuarios se manejan teniendo en cuenta las precauciones de seguridad a fin de evitar riesgos durante las maniobras.
- Los accesorios auxiliares bozas, cadenas, grilletes entre otros se seleccionan y se disponen de acuerdo a la maniobra de amarre o desamarre a realizar con el fin de ejecutarla con seguridad y rapidez.
- Los cabos de amarre se encapillan en los norays o bolardos correspondientes a la forma en que trabajen siguiendo las instrucciones del práctico, para efectuar el atraque del buque.
- Los cabos de amarre se largan siguiendo el orden indicado por el práctico para realizar el desatraque del buque.



Figura n° 2.1 Maniobra de amarre al muelle.

- b. Operaciones de amarre/desamarre a boyas y conexión/desconexión de mangueras.

Realizar las maniobras de amarre o desamarre de las cadenas de la boya al buque, siguiendo los procedimientos operativos del terminal, para realizar el atraque o desatraque del buque a la boya.

- El cabo guía del buque se toma siguiendo las indicaciones del capitán operativo y teniendo en cuenta las normas de seguridad para evitar riesgos durante la maniobra.
- El afirmado del cabo guía al virador de la cadena de la boya se realiza según el procedimiento operativo establecido y siguiendo las instrucciones del superior, para que el buque pueda afirmar la cadena a bordo.
- El virador de la cadena de la boya se separa del buque manteniéndolo al costado del buque auxiliar, para permitir el zarpado del buque.



Figura n° 2.2 Maniobra de amarre a una boya.



Ejecutar la conexión/desconexión de las mangueras siguiendo los procedimientos operativos del terminal, para efectuar la carga/descarga o salida del buque.

- El estado operativo del sistema de izado (pluma o grúa) se verifica, comunicándolo al responsable, para saber si se puede efectuar el izado de la manguera.
- El encapillado de la eslinga de izado de la manguera se efectúa en el gancho de la grúa, teniendo en cuenta las normas de seguridad para efectuar el izado de la misma al buque.
- La brida ciega de la manguera se retira cuando ésta se encuentra situada sobre la bandeja recolectora para evitar los riesgos de derrames.
- La conexión de la manguera al manifold se realiza ajustando las mordazas del cabezal para asegurar una unión estanca.
- El cabezal se desacopla y se aparta la manguera del manifold siguiendo las instrucciones del capitán operativo para poder acoplar la brida ciega.

- Las fajas y cabos de sujeción de la manguera al buque se liberan siguiendo el procedimiento operativo, para efectuar el arriado de la manguera al agua.

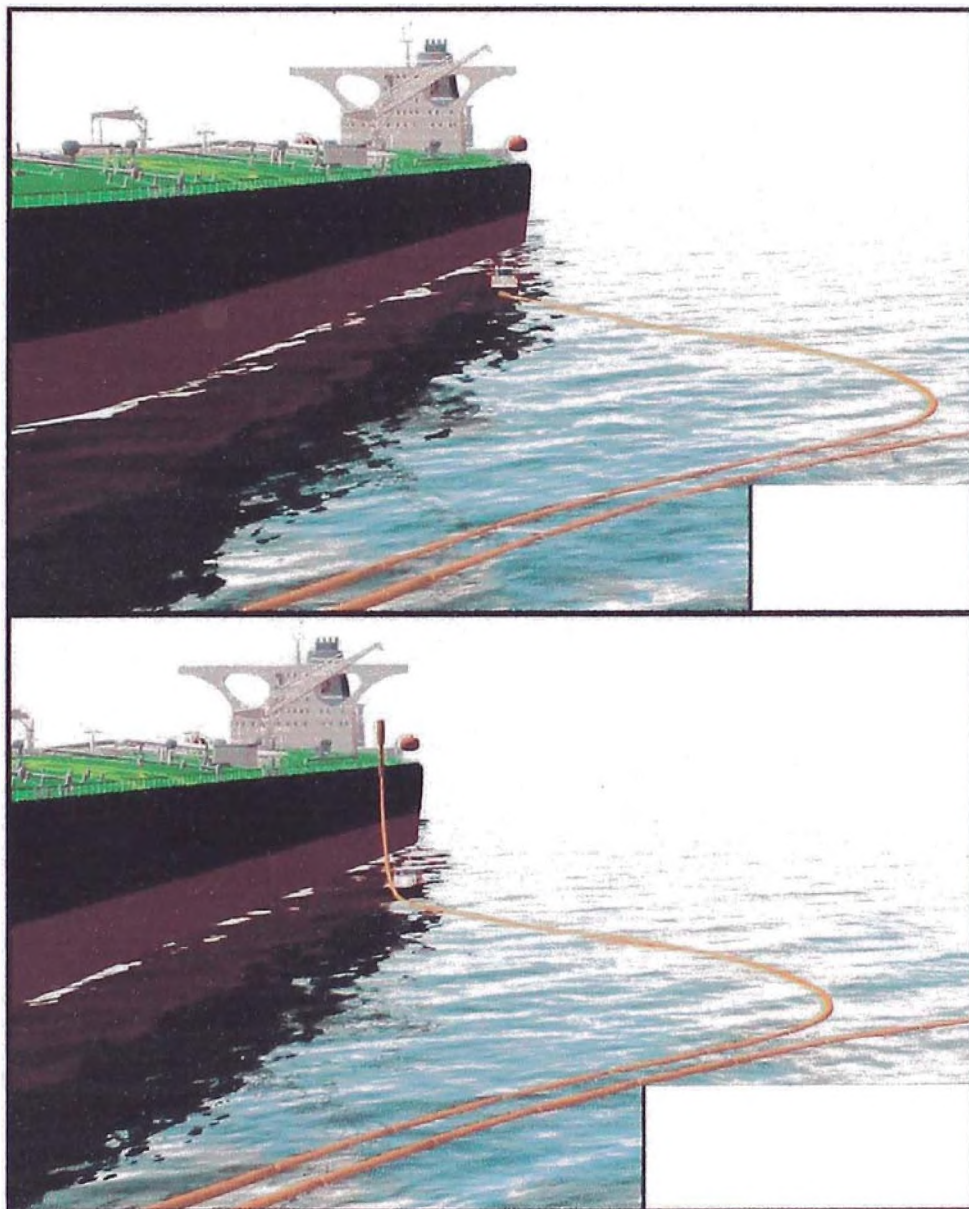


Figura n° 2.3 Maniobra de conexión de manguera.

## **2.3 Zona de Operación**

El área de operación será terminales portuarios y apoyo en el mantenimiento de instalaciones marítimas, tanto en aguas abiertas como en la bahía.

La prestación del servicio, como ya se menciona, se realizará con la debida diligencia evitando retrasos en el inicio del mismo, para ello se requerirá que la velocidad de la embarcación auxiliar tipo amarradora este comprendido entre 9 a 12 nudos, siendo estos valores típicos para el tipo de mar del área de operación.

El servicio de amarre y desamarre es de forma regular y continua, para ello se debe estar operativo las veinticuatro horas del día durante todos los días del año; por tanto, se podrá tomar una autonomía mínima de un día a un 100% de operación.

## **2.4 Requerimientos del diseño**

### **2.4.1 Dimensiones**

Las dimensiones principales típicas de embarcaciones auxiliares del tipo amarradora se muestran en la tabla n° 4.1; y con el fin de cubrir las necesidades del proyecto la embarcación se proyectara con una eslora total de 14m.

### 2.4.2 Bollard Pull

Para determinar el bollard pull se tomará en cuenta el tamaño de buque a asistir y la maniobra de amarre a una boya, pues la longitud de traslado del cabo es mayor al amarre a un muelle.

Durante la maniobra de traslado de amarras, el cabo adopta la forma de una catenaria cuya ecuación es la siguiente:

$$y = C \times \cosh\left(\frac{x}{C}\right)$$

$$C = \frac{T_0}{w}$$

Donde:

$T_0$  = Tensión horizontal del cabo (kg).

$w$  = Peso lineal del cabo (kg/m)

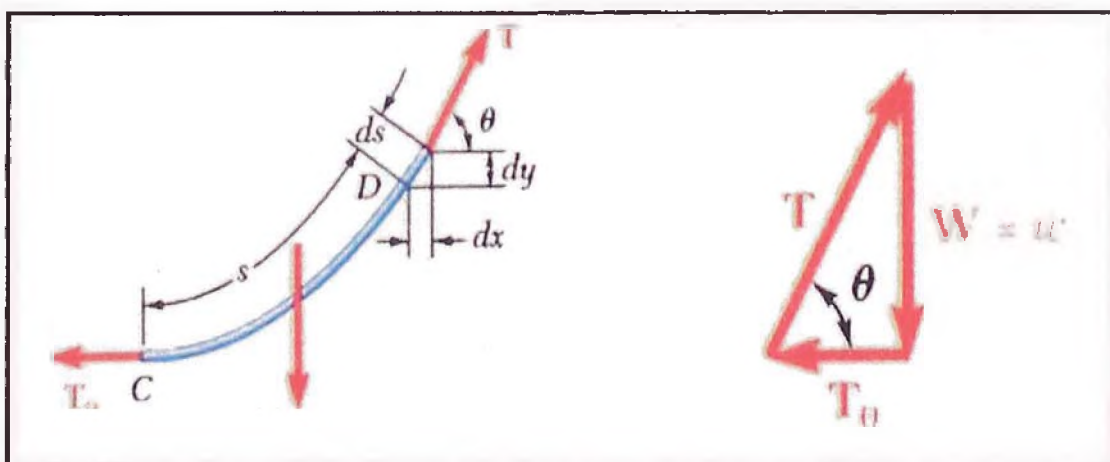


Figura n° 2.4 Diagrama de cuerpo libre del cabo.



En la Fig. n° 2.2 se muestra un esquema de maniobra de traslado de cabo, para lo cual estimaremos la tensión horizontal necesaria, que vendría a ser el bollard pull requerido.

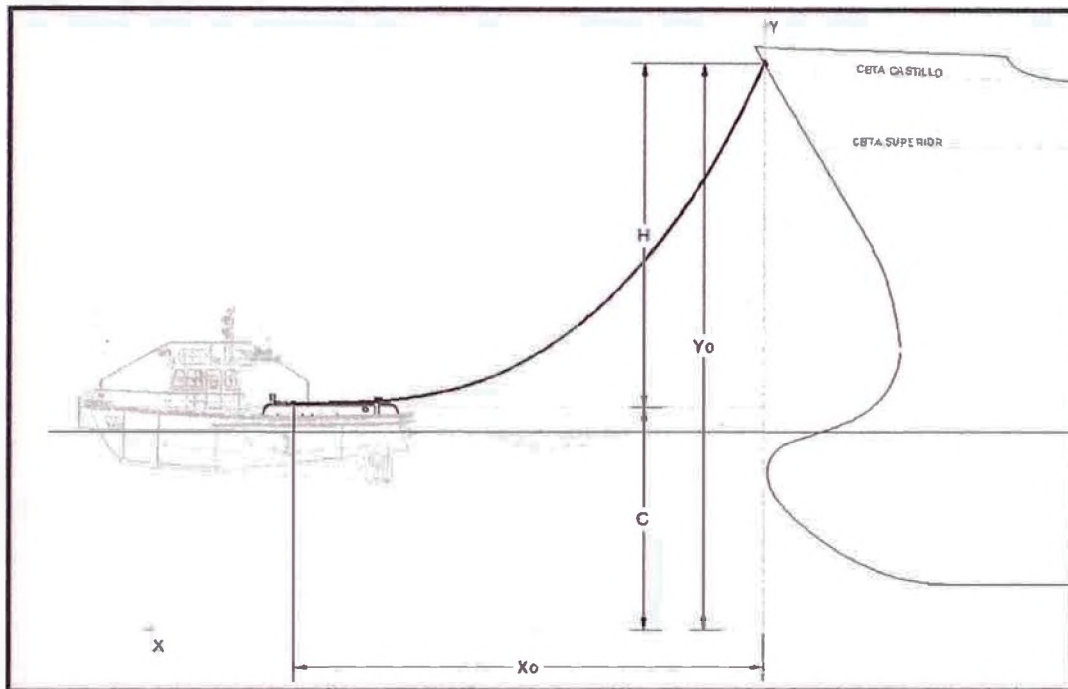


Figura n° 2.5 Esquema de maniobra de traslado de cabo.

Para definir el tamaño del buque, nos basamos en la capacidad actual de los muelles y boyas que cuentan los puertos de nuestro país (ver Anexo 4). Esto último está limitado por el calado máximo que debe tener el buque que ingresa (ver Anexo 3); lo cual se muestra en la Fig. 2.3 para el caso de una multiboya con un calado máximo de ingreso de 20m.

Terminal Petropuerto (Bayovar)	
Posición del Terminal	Lat 04° 47' 00 " (S) - Long 81° 03' 20" (W)
Tipo de Amarradero	Multiboyas
Máximo Calado	9 mts - 20 mts.
Máxima Eslora	160 mts - 330 mts.
Máximo DWT	16.500 mts - 250.000 mts.
Tipo de Carga	Crudo, residual primario

BUQUES TANQUEROS		LT (m)	TG (mts)	MARXIS (mts)	PUNTA (mts)	TAJ (mts)	MTA (mts)
		500	43	7.8	3.8	3.5	667
		1.000	61	8.8	4.5	4.2	1.333
		2.000	77	11.1	6.0	5.1	2.700
		3.000	88	12.7	6.8	5.7	4.090
		4.000	99	13.9	7.5	5.1	5.300
		5.000	104	14.9	8.1	5.5	6.700
		10.000	140	18.5	10.5	7.8	13.300
		20.000	184	23.4	12.7	9.2	26.700
		30.000	187	26.6	14.4	10.3	40.000
		40.000	206	29.2	15.9	11.0	53.300
		50.000	222	31.4	17.1	11.7	66.700
		60.000	235	33.3	18.1	12.3	80.000
		80.000	257	36.5	18.9	13.2	109.700
		100.000	278	39.3	21.4	14.0	133.300
		150.000	309	45.0	25.0	16.0	200.000
		200.000	342	50.0	28.0	18.0	266.666
		250.000	330	53.3	30.0	20.5	333.333
		275.000	339	51.0	29.3	20.5	311.700
		300.000	350	63.0	27.0	21.0	365.000
		350.000	365	65.5	28.0	22.0	420.000
		400.000	380	68.0	29.2	23.0	475.000
		500.000	415	73.0	30.5	24.0	590.000

Figura n° 2.6 Estimación del tamaño del buque a asistir.

En el Anexo 2 se muestran las características técnicas y recomendaciones de cabos y estachas; para el cálculo usaremos un cabo de nylon de 6 cordones de  $\varnothing = 9 \frac{3}{4}$ ",  $w=3.6$  kg/m y con un 10% de absorción de agua (según la tabla de recomendaciones del tipo cabo según el peso muerto del buque).

La longitud del traslado de las amarras está en función de la eslora del buque, para ello estimamos una longitud  $X_0$  igual a 200m; así mismo, la altura H en 15m, con ello obtenemos los valores de la tensión horizontal tal como sigue:

DATOS		
$X_0 =$	200	m
$H =$	15.0	m
$W_{Con\ Agua} =$	3.96	kg/m
$C =$	1338.4	m
$Y_0 =$	1353.4	m
$T_0 =$	5.3	tn

Estimamos un factor de seguridad del 50% para lo cual tenemos finalmente un bollard pull de 8tn.

#### 2.4.3 Sistema de Propulsión

Se requiere que el buque auxiliar sea maniobrable por ello el sistema de propulsión contara con dos hélices de paso fijo con toberas, eje propulsor y motor – caja reductora.

#### 2.4.4 Velocidad a máxima carga

La velocidad adquiere relevancia cuando acude a atender el servicio de amarre, en el cual el tiempo de llegada es fundamental; por tanto para nuestro proyecto

la velocidad promedio del buque auxiliar será de 10 nudos en la condición de máxima carga.

#### **2.4.5 Autonomía**

La autonomía para la cual será diseñado el buque es de 24 horas a 100% de la potencia continua de los motores principales, al ser su centro de operaciones cercana al puerto.

#### **2.4.6 Número de Tripulantes**

Tener la capacidad de transportar hasta 8 tripulantes.

#### **2.4.7 Cubierta**

La cubierta deberá tener suficiente espacio para la operación de trasladar los cabos de amarre de los buques a asistir. Para ello el puente de mando y habitabilidad de la tripulación estarán dispuestos en el extremo de la proa.

#### **2.4.8 Puente de Mando**

Contara con lo siguiente:

- Acceso por ambas bandas.
- Ventanas amplias en todo el perímetro permitiéndole al capitán una visibilidad de 360° en navegación y durante las maniobras.
- Consola de mando.
- Asiento para el piloto de altura ajustable y giratorio.
- Muebles para la tripulación.

- Acceso a los compartimientos bajo cubierta.
- Sobre la cubierta del Puente de Mando: Mástil, reflectores, antenas de radio y radar, luces de patio, balsa salvavidas auto inflable.

#### **2.4.9 Normas de Diseño.**

- a. Reglas de la Sociedad Clasificadora American Bureau of Shipping (2012).
- b. Autoridad Portuaria Nacional.
- c. Dirección General de Capitanías y Guardacostas del Perú.

## **CAPITULO III**

### **FUNDAMENTO TEORICO**

#### **3.1 Definición de embarcación auxiliar**

Según el autor TROUP, K. D. en su libro “Embarcaciones Auxiliares” (ver Ref. 15), la expresión “embarcación auxiliar” puede utilizarse de manera que en ella se incluya cualquier embarcación que preste servicio directo para la realización de actividades en el mar.

#### **3.2 Elementos principales**

Las partes principales de embarcaciones auxiliares se presentan a continuación:

**a. Estructura:**

- Casco. Cuerpo de la embarcación.
- Superestructura. Construcción sobre la cubierta principal.

**b. Maquinaria:**

- Maquinaria principal. Conformada por motor de combustión interna, destinado de entregar la potencia adecuada para la propulsión de la embarcación.

- Maquinaria auxiliar. Conformada por bombas, compresores, ventiladores, winches, etc.
- Equipos eléctricos y electrónicos. Conformada por grupo electrógeno, tableros eléctricos, luces de navegación, alarmas, luces de emergencia, sonar, GPS, radios, radar, etc.

### 3.3 Elementos Estructurales

Los principales elementos estructurales de embarcaciones auxiliares se presentan a continuación:

- *Quilla*: Es un elemento estructural longitudinal situada en el fondo y centro del buque desde proa a popa.
- *Roda*: Es la unión a proa de los dos costados del buque, unida a la quilla por la parte inferior.
- *Codaste*: Estructura longitudinal que consolida la popa del buque.
- *Cuaderna*: Son elementos estructurales transversales de costado.
- *Bulárcamas*: Son cuadernas reforzadas.
- *Baos*: Son elementos estructurales transversales de cubierta.
- *Cubierta*: Son distintos pisos y se enumeran de arriba hacia abajo, siendo la primera la expuesta a la intemperie.
- *Mamparos*: Son elementos estructurales que divide el interior del buque y según su dirección pueden ser transversal o longitudinal.
- *Varenga*: Elementos estructurales transversales de fondo y doble fondo.
- *Vagras*: Elementos estructurales longitudinales de fondo y doble fondo.
- *Esloras*: Elementos estructurales longitudinales de cubierta.

- *Palmejar*: Elementos estructurales longitudinales de costado.
- *Puntales*: Son elementos estructurales verticales dispuestos a modo de columnas para soportar esloras.

### 3.4 Dimensiones Principales

La forma del casco puede ser definido por un número de dimensiones y términos que se refieren a menudo durante y después de construir el buque. Una explicación de los términos principales se presenta a continuación:

- **Eslora total o máxima (LOA)**. Entre los puntos más salientes de la proa y la popa del buque, representa la distancia longitudinal máxima de separación existente entre ellos.
- **Eslora (L)**: Se tomará como eslora el 96% de la eslora total medida en una flotación cuya distancia al canto alto de la quilla sea igual al 85% del puntal mínimo de trazado, o la eslora medida en esa flotación desde la cara proel de la roda hasta el eje de la mecha del timón, si esta segunda magnitud es mayor.  
En las naves sin mecha de timón, se tomará como eslora (L) el 96% de la flotación correspondiente al 85% del puntal mínimo de trazado.
- **Perpendicular**: Las perpendiculares de proa y de popa deberán tomarse en los extremos de proa y de popa de la eslora (L). La perpendicular de proa deberá coincidir con la cara de proa de la roda en la flotación en que se mide la eslora.
- **Centro del buque**: El centro del buque será el punto medio de la eslora (L).



- **Línea base o Línea de trazado:** Es una línea paralela a la flotación de máxima, trazada por la parte inferior de la cuaderna maestra, a la cual van referida todas las distancias verticales.
- **Manga (B).** A menos que se indique expresamente otra cosa, la manga será la manga máxima del buque, medida en el centro del mismo hasta la línea de trazado de la cuaderna, en los buques de forro metálico, o hasta la superficie exterior del casco, en los buques con forro de otros materiales.
- **Puntal de trazado:** El 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. En los barcos de madera y de construcción mixta esta distancia se medirá desde el canto inferior del alefriz. Cuando la forma de la parte inferior de la cuaderna maestra sea cóncava o cuando existen tracas de apardura de gran espesor, esta distancia se medirá desde el punto en que la línea del plano del fondo, prolongada hacia el interior, corte el costado de la quilla.

En los buques que tengan trancañiles redondeados, el puntal de trazado se medirá hasta el punto de intersección de las líneas de trazado de la cubierta y del costado, prolongando las líneas como si el trancañil fuera de forma angular.

Cuando la cubierta de francobordo tenga un escalonamiento y la parte elevada de la cubierta pase por encima del punto en el que ha de determinarse el puntal de trazado, éste se medirá hasta una superficie de referencia formada

prolongando la parte más baja de la cubierta paralelamente a la parte más elevada.

- **Puntal de francobordo (D):** El puntal de francobordo será el puntal de trazado en el centro del buque más el espesor de la cubierta de francobordo en el costado.

El puntal de francobordo (D) en un buque con trancanil redondeado con radio superior al 4% de la manga (B) o en el que la parte alta de los costados tenga una forma fuera de lo normal, será el puntal de francobordo correspondiente a un buque que tuviera una cuaderna maestra con costados verticales en la obra muerta y con la misma brusca del bao, y el área transversal de la parte superior igual a la correspondiente a la cuaderna maestra del barco real.

- **Francobordo:** El francobordo asignado será la distancia medida verticalmente hacia abajo, en el centro del buque, desde el canto alto de la línea de cubierta hasta el canto alto de la línea de carga correspondiente.
- **Cubierta de francobordo:** La cubierta de francobordo será normalmente la cubierta completa más alta expuesta a la intemperie y a la mar, dotada de medios permanentes de cierre en 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.

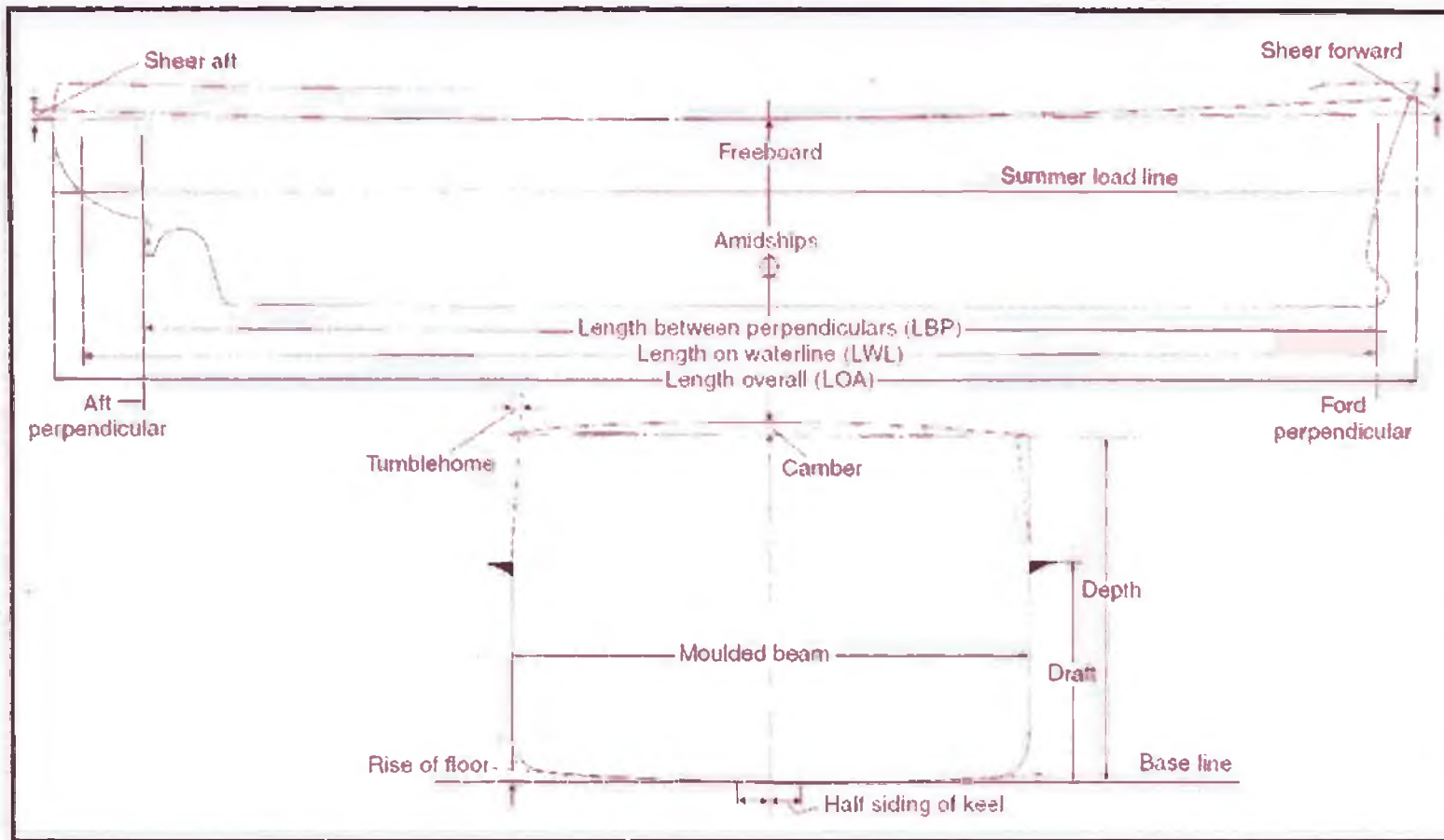


Fig. n° 3.1 Dimensiones principales de un buque.

### 3.5 Coeficientes de Forma

Representación de acuerdo con los principios de la geometría descriptiva. Se seleccionara determinados planos en la que se representara secciones en su verdadera forma.

Los coeficientes de forma expresan el grado de afinamiento de las formas del buque para los distintos calados y se dan en forma de números adimensionales menores que la unidad. Así tenemos:

- *Coeficiente de Bloque ( $C_b$ )*. Es la relación entre el volumen de la carena de un casco y el paralelepípedo que lo contiene.

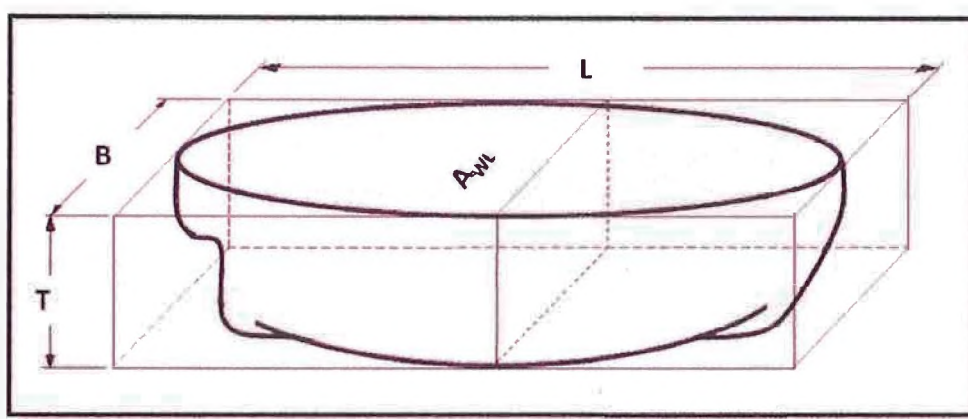
$$C_b = \frac{\nabla}{LBT}$$

Donde:

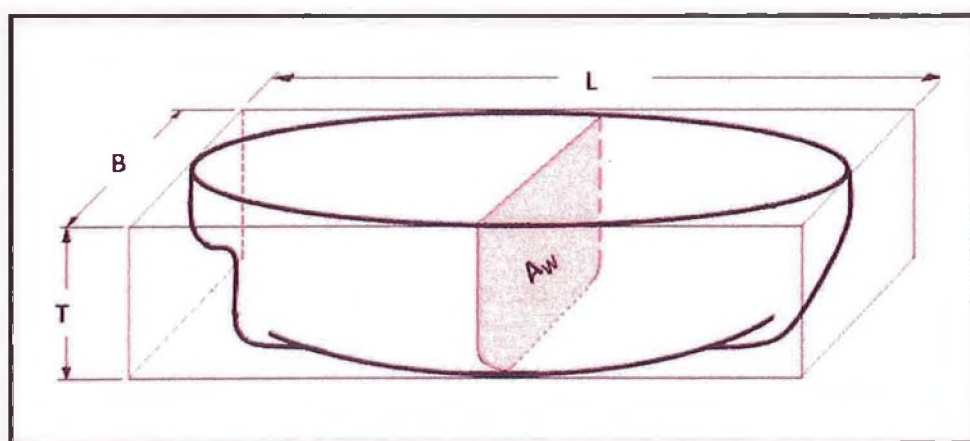
L=Eslora de flotación, B=Manga, T=Calado y  $\nabla$ =Volumen de la carena.

- *Coeficiente de Flotación ( $C_w$ )*. Es la relación entre el área del plano de flotación ( $A_{WL}$ ) y el área del rectángulo que la circunscribe.

$$C_w = \frac{A_{WL}}{LB}$$



(a)



(b)

Fig. n° 3.2 Coeficientes de Forma.

- *Coefficiente Prismático o Longitudinal ( $C_p$ ). Es la relación entre el volumen de la carena y el volumen de un cilindro cuya base tiene igual área que la sección maestra ( $A_m$ ).*

$$C_p = \frac{V}{A_m L}$$

- *Coefficiente de sección maestra ( $C_m$ ). Es la relación entre el área de la sección maestra ( $A_m$ ) y el rectángulo que la circunscribe.*

$$C_m = \frac{A_m}{BT}$$

### 3.6 Geometría del Casco

Representación de acuerdo con los principios de la geometría descriptiva. Se seleccionara determinados planos en la que se representara secciones en su verdadera forma.

Las secciones a que nos referimos:

- Un plano horizontal se obtiene una *línea de agua*.
- Un plano transversal se obtiene una *sección transversal*.
- Un plano paralelo a crujía se obtiene un *longitudinal*.

El conjunto de todas estas líneas constituye un plano de líneas, que es el plano fundamental de todo buque. Como el buque es simétrico con respecto a crujía, bastará representar la mitad, es decir, una sola banda.

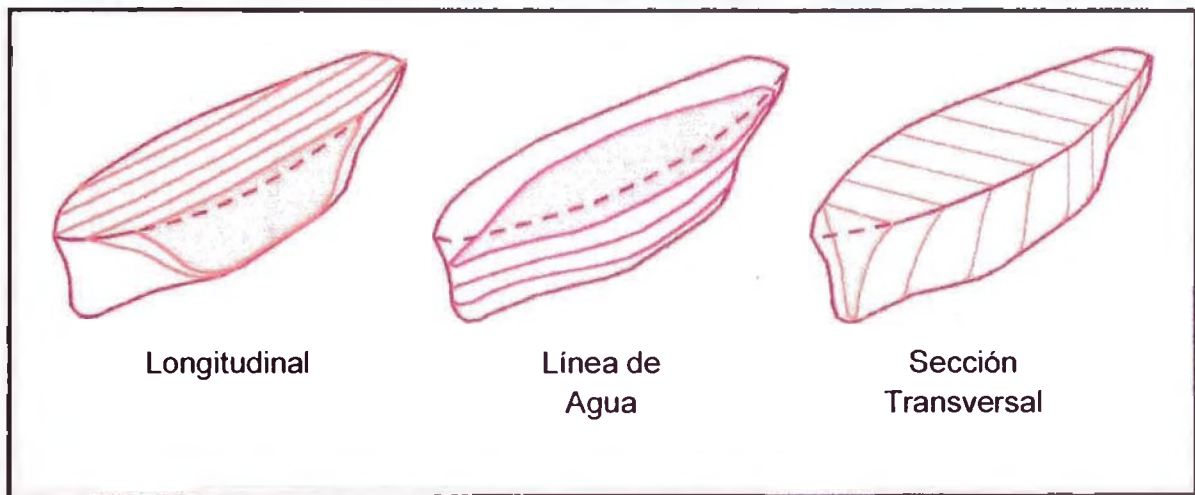


Fig. nº 3.3 Planos principales.



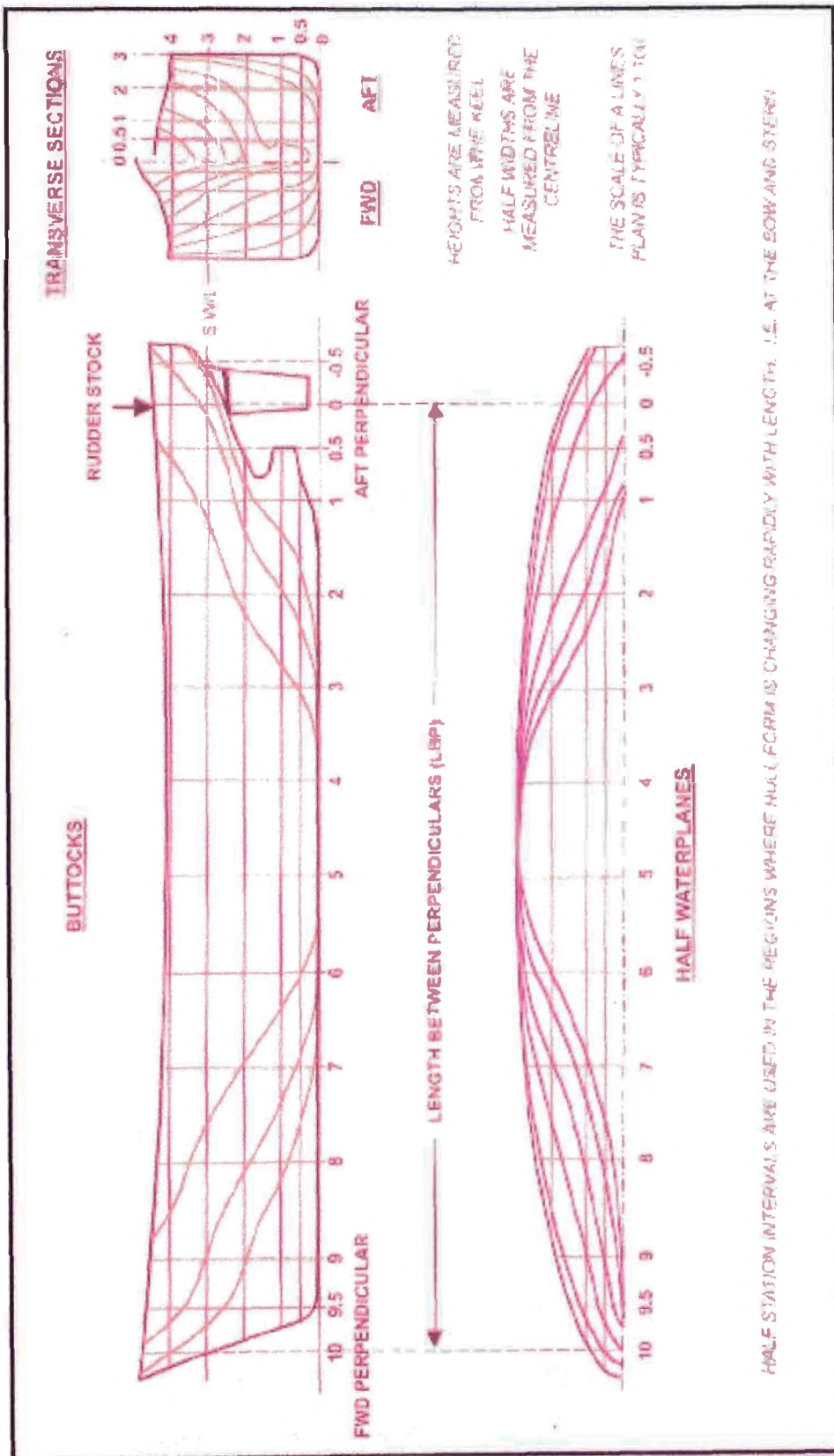


Fig. n° 3.4 Plano de Líneas de Forma.



### 3.7 Reserva de Flotabilidad

La reserva de flotabilidad de un buque están determinadas por los volúmenes estancos situados por encima de la línea de flotación; el más importante de ellos es la obra muerta estanca determinado por la altura del francobordo.

En condiciones normales un mayor francobordo corresponde un mayor ángulo de rolo antes de que la cubierta toque el agua.

En condiciones de avería un mayor francobordo implica una mayor reserva de flotabilidad.

La marca de la línea máxima de carga se regula de acuerdo con lo establecido con el Convenio Internacional Sobre Líneas De Carga, 1966.

La marca de la línea máxima de carga (Fig. n° 3.5) estará formada por un anillo de 300mm (12 pulgadas) de diámetro exterior y 25mm de ancho, cortado por una línea horizontal de 450mm de longitud y 25mm de anchura, cuyo borde superior pasa por el centro del anillo. El centro del anillo deberá colocarse en el centro del buque y a una distancia igual al francobordo mínimo de verano asignado, medido verticalmente por debajo del borde superior de la línea de cubierta.

La línea de carga que indican los francobordos asignados de acuerdo con la regla serán trazos horizontales de 230mm de longitud y 25mm de anchura que se extenderán hacia proa y en el ángulo recto, a menos que expresamente se disponga de otro modo de una línea vertical de 25mm de anchura marcada una distancia de 540 mm a proa del centro del anillo, como se indica en la Fig. n° 3.5 donde se tiene:

- La línea de carga de verano, indicada por el borde superior de la línea que pasa por el centro del anillo y también por el borde superior de una línea marcada V.

- La línea de carga de invierno, indicada por el borde superior de una línea marcada *I*.
- La línea de carga de invierno en el atlántico norte, indicada en el borde superior de una línea marcada *ANI*.
- La línea de carga tropical, indica por el borde superior de una línea marcada *T*.
- La línea de carga de verano en agua dulce, indicada por el borde superior de una línea marcada *D*.
- La línea de carga en agua dulce tropical vendrá indicada por el borde superior de una línea marcada *TD* y dispuesta a popa de la línea vertical.

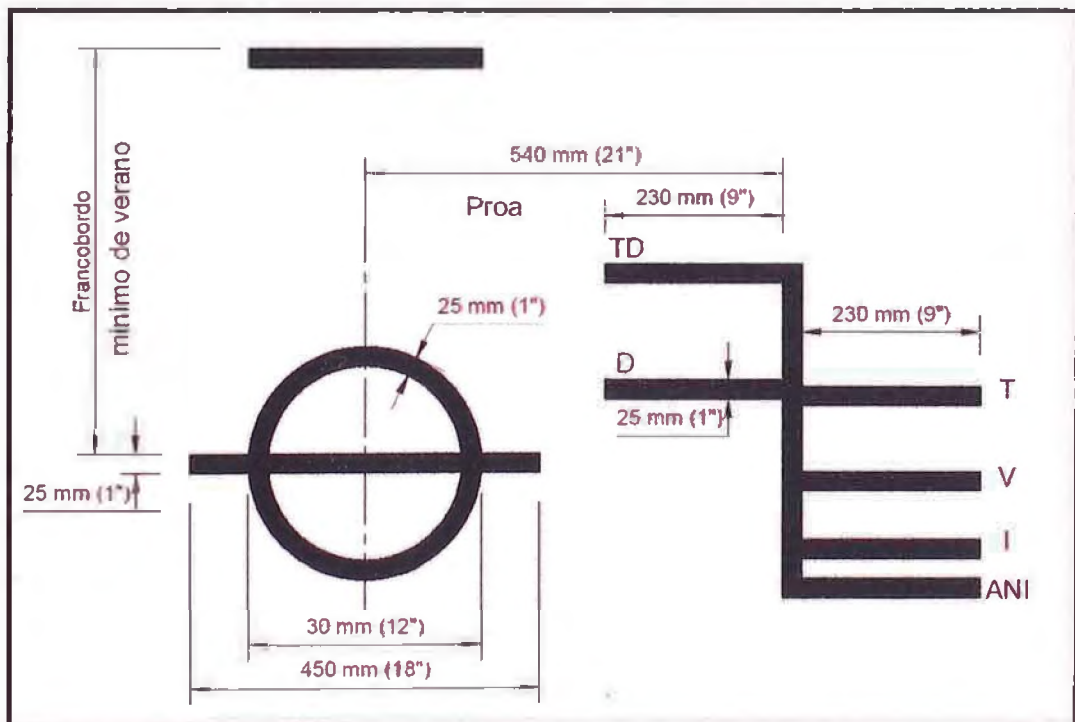


Fig. n° 3.5 Marca de línea de carga y líneas que se usaran con esta marca.

Nuestro país la asignación de la Línea de Máxima Carga, para naves marítimas de 10 o más toneladas de registro bruto está regulada por la Dirección General de Capitanías y Guardacostas por Resolución Directoral N° 0336-2013-MGP.

### **3.8 Estabilidad Transversal**

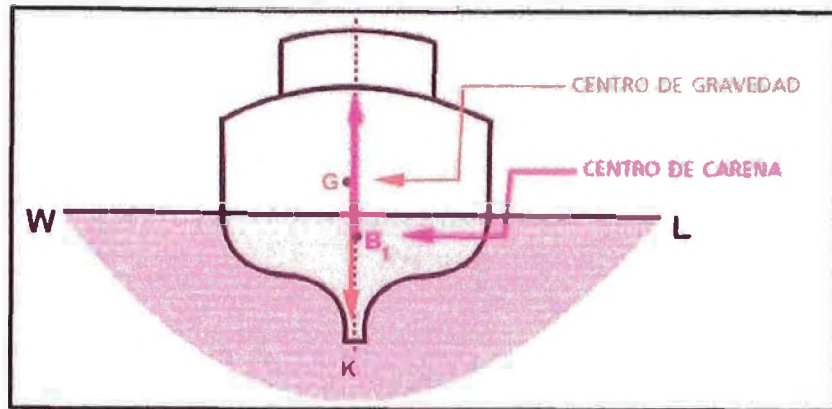
#### **3.8.1 Estabilidad Transversal Inicial**

Cuando un buque se encuentra adrizado (en posición de equilibrio) en aguas tranquilas, el centro de carena (fuerza ascendente) y el centro de gravedad (fuerza descendente) se encuentran en la misma línea vertical por encima de la quilla (K), ver Fig. n° 3.6.a.

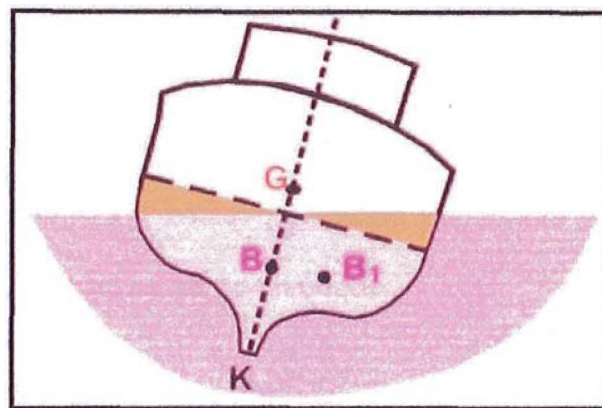
Si el buque está inclinado debido a una fuerza externa (es decir, sin que exista ningún movimiento del peso interno), se produce una cuña de emersión a un costado del mismo y otra cuña de inmersión de similar tamaño al otro costado. Como consecuencia, el centro de carena, que es el centro de la sección sumergida del buque, cambiará de posición del punto B al B<sub>1</sub> (ver Fig. n° 3.6.b).

##### **3.8.1.1 Metacentro Transversal.**

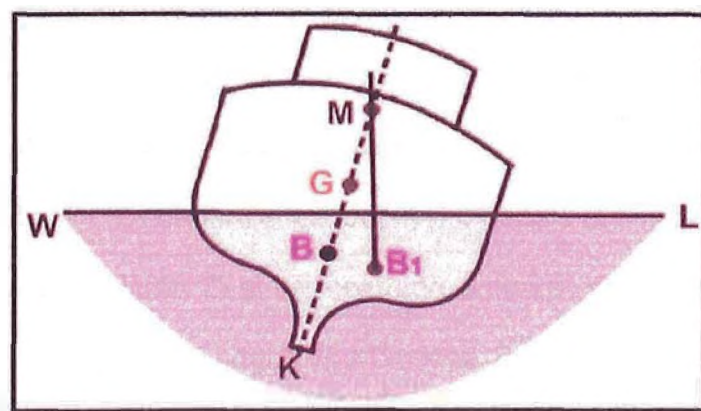
El metacentro (M) es el punto de intersección de las líneas verticales trazadas desde el centro de carena a pequeños ángulos de escora consecutivos, y se puede equiparar a un eje central cuando el buque está inclinado a pequeños ángulos de escora. Su altura se mide desde el punto de referencia (K) y, por consiguiente, se denomina KM, ver Fig. n° 3.6.c.



(a)



(b)



(c)

Fig. n° 3.6 Posiciones relativas de K, B, G y M.

Estando el metacentro transversal  $M$  sobre la vertical del centro de carena del buque adrizado, su posición quedara fijada con solo conocer su distancia al centro de carena, es decir, el valor del segmento  $BM$ , llamado radio metacéntrico transversal inicial, esta dado por:

$$BM = \frac{I}{\nabla}$$

Donde:

$I$  = Momento de inercia de la superficie de flotación con respecto a un eje horizontal que contiene el centroide de dicha superficie.

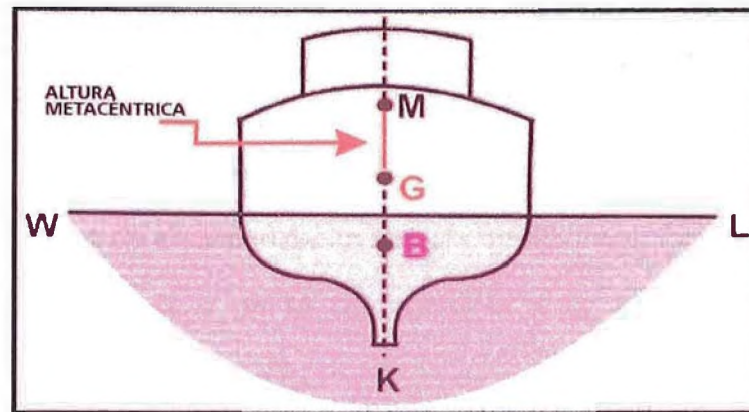
$\nabla$  = Volumen de carena.

La distancia entre  $G$  y  $M$  se conoce como la altura metacéntrica ( $GM$ ) y como se verá a continuación es un parámetro importante en el estudio de la estabilidad transversal inicial de un buque.

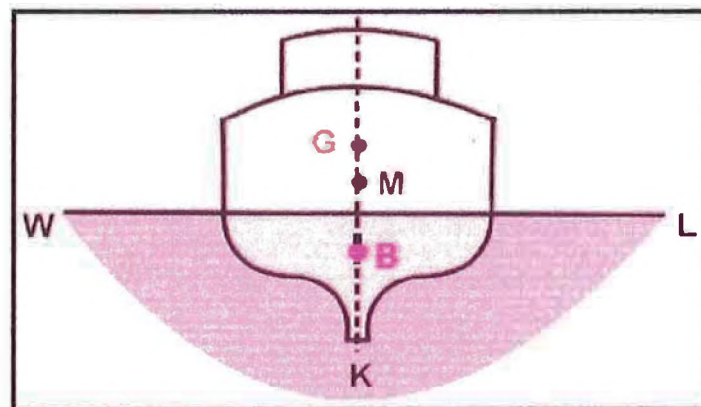
### 3.8.1.2 Equilibrio de un Cuerpo Flotante.

La física enseña que el equilibrio de un cuerpo puede ser de tres clases:

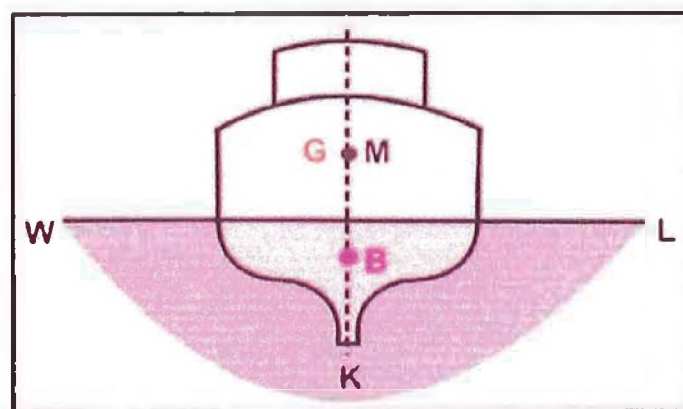
- a) Equilibrio Estable: Si al ser apartado el cuerpo ligeramente de su posición de equilibrio tiende a volver a él. Para que esto ocurra, el centro de gravedad ( $G$ ) deberá encontrarse por debajo del metacentro ( $M$ ).
- b) Equilibrio Inestable: Si al ser apartado el cuerpo ligeramente de posición de equilibrio tiende a seguir apartándose. Para que esto ocurra, el centro de gravedad ( $G$ ) deberá encontrarse por encima del metacentro ( $M$ ) y en esta condición el buque está en peligro de zozobrar.



(a) Equilibrio Estable.



(b) Equilibrio Inestable.



(c) Equilibrio Indiferente.

Fig. n° 3.7 Posiciones relativas entre G y M.

- c) Equilibrio Indiferente: Si al ser apartado el cuerpo ligeramente de su posición de equilibrio, permanece en equilibrio en la nueva posición. Para que esto ocurra, la posición del centro de gravedad (G) deberá coincidir con la del metacentro (M).

Las posibilidades de equilibrio de un buque corresponden forzosamente a las tres posiciones relativas de M con respecto a G, por lo que podemos expresar:

- El equilibrio del buque será estable si  $KM > KG$  o también  $GM = KM - KG > 0$ .
- El equilibrio del buque será inestable si  $KM < KG$  o también  $GM = KM - KG < 0$ .
- El equilibrio del buque será indiferente si  $KM = KG$  o también  $GM = KM - KG = 0$ .

### 3.8.2 Estabilidad Transversal a Grandes Ángulos de Escora

Para pequeños ángulos de escora (de  $8^\circ$  a  $12^\circ$ ) es posible estudiar la estabilidad transversal con auxilio de la altura metacéntrica GM, ya que M, metacentro transversal, es un punto fijo. Para ángulos mayores el metacentro deja de ser fijo y el segmento GM pierde validez. Por tanto para estudiar la estabilidad se debe enfocar otro método.

#### 3.8.2.1 Brazo Adrizante

Cuando un buque está escorado debido a una fuerza externa, se considera que su centro de gravedad (G), el cual no se ve afectado por la



escora ni el peso de la embarcación, actúa verticalmente hacia abajo a través de  $G$ . El centro de carena ( $B$ ) se desplaza a una nueva posición  $B_1$  y el empuje de flotabilidad (equivalente al peso del agua desplazada) se considera que actúa verticalmente hacia arriba a través del nuevo centro de carena  $B_1$ .

La distancia horizontal desde el centro de gravedad ( $G$ ) a la línea vertical que parte desde  $B_1$  se denomina brazo adrizante. Dicha distancia se puede medir y normalmente se denomina  $GZ$ .

Por consiguiente, la fuerza necesaria para que el buque vuelva a la posición de adrizado es el peso de éste actuando hacia abajo a través del centro de gravedad ( $G$ ), multiplicado por el valor del brazo adrizante ( $GZ$ ). Esta fuerza se denomina momento de estabilidad estática.

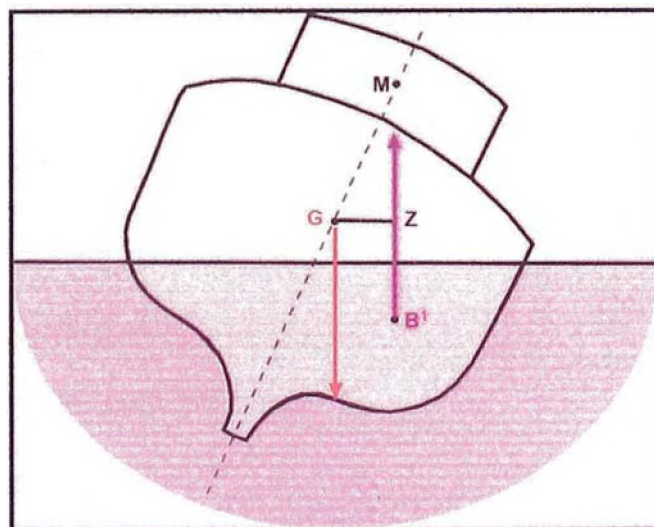


Fig. n° 3.8 Brazo adrizante  $GZ$ .



El centro de gravedad ( $G$ ) del buque ejerce un efecto notable sobre el brazo adrizante ( $GZ$ ) y, por consiguiente, sobre la capacidad del buque de volver a la posición de adrizado. Cuanto más bajo se encuentre el centro de gravedad ( $G$ ), mayor será el valor del brazo adrizante ( $GZ$ ).

Si el centro de gravedad ( $G$ ) del buque se encuentra cerca del metacentro ( $M$ ), los valores de la altura metacéntrica ( $GM$ ) y el brazo adrizante ( $GZ$ ) serán bajos. Por lo tanto, el momento de estabilidad estática para volver el buque a la posición de adrizado será considerablemente menor.

### 3.8.2.2 Curva de Estabilidad Estática

Las curvas de estabilidad (curvas  $GZ$ ) se usan para mostrar gráficamente los valores de los brazos de estabilidad ( $GZ$ ) producidos por el movimiento de un buque al volver a la posición de equilibrio desde varias condiciones de escora. Dichas curvas tienen varias características generales y es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

- a) La altura metacéntrica ( $GM$ );
- b) El valor máximo del brazo adrizante ( $GZ$ ); y
- c) El punto de estabilidad nula.

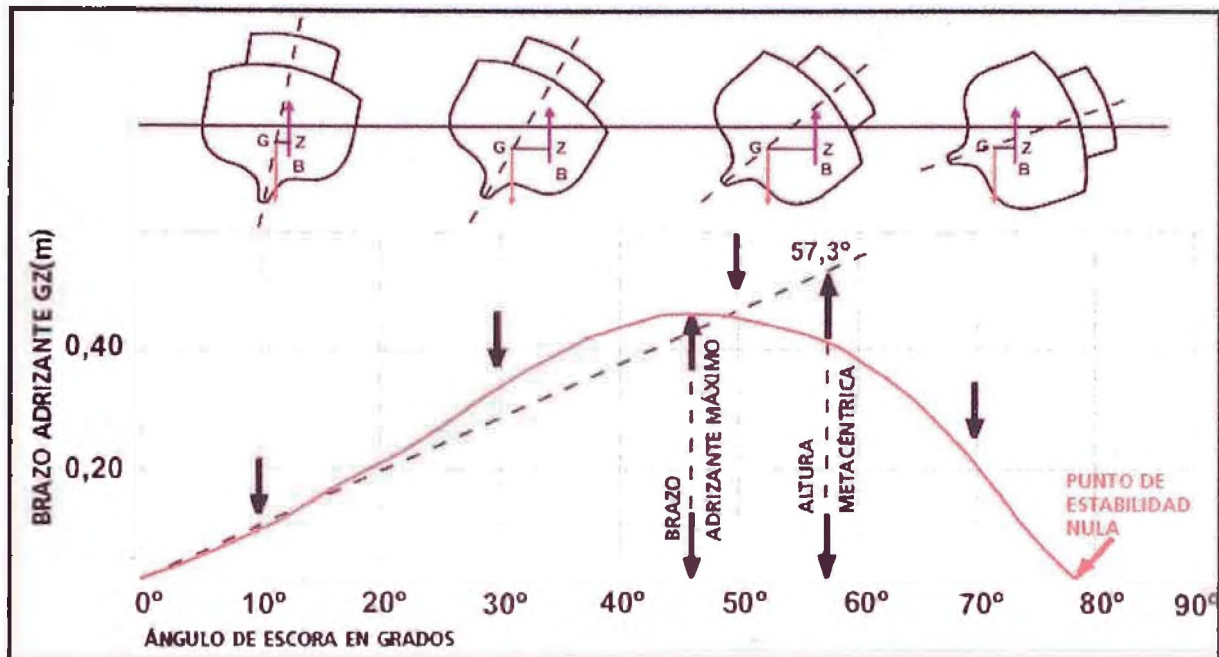


Fig. n° 3.9 Curva de Estabilidad Estática.

El perfil de las curvas de brazos adrizantes depende de las formas del casco y la carga del buque. Dicho perfil a pequeños ángulos de escora sigue generalmente la pendiente de la línea trazada hasta la altura metacéntrica ( $GM$ ) inicial. A este respecto, el francobordo y la relación entre la manga y el puntal del buque también son muy importantes.

Una elevación del centro de gravedad ( $G$ ) del buque provoca una disminución de la altura metacéntrica ( $GM$ ) y, consecuentemente, valores más pequeños de los brazos adrizantes ( $GZ$ ), ver Fig. n° 3.10.

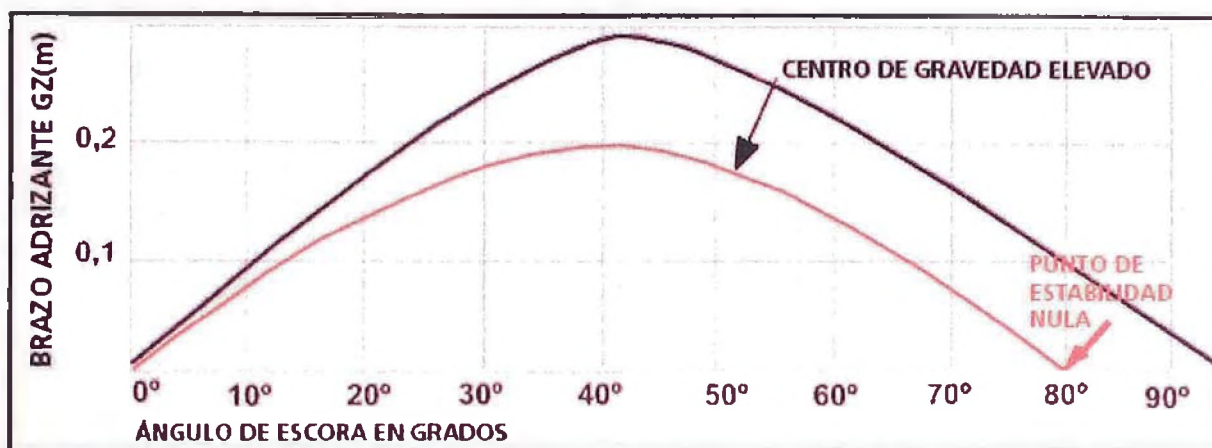


Fig. n° 3.10 Consequência de elevar o centro de gravidade.

Si o centro de gravidade ( $G$ ) do buque se encontra por encima do metacentro ( $M$ ), a embarcação se encontra em uma posição de equilíbrio instável, registra uma altura  $GM$  negativa e não é capaz de manter-se adrizado. Em este caso, o buque volcará ou flotarà a um ângulo com respeito a la posição de adrizado hacia uma banda, ver Fig. 3.11.

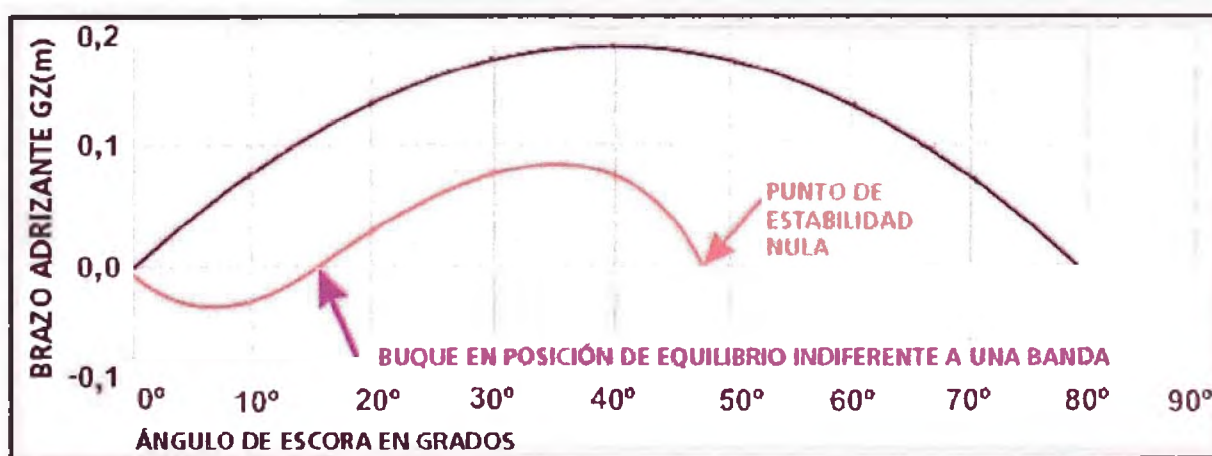


Fig. n° 3.11

Un buque que lleva poca carga tendrá mayor francobordo y los valores del brazo adrizante ( $GZ$ ) serán generalmente mayores. Asimismo, el punto de estabilidad nula también estará más alto, es decir, el buque tendrá mayor capacidad de volver a la posición de adrizado después de haber estado sometido a grandes ángulos de escora, ver Fig. n° 3.12.

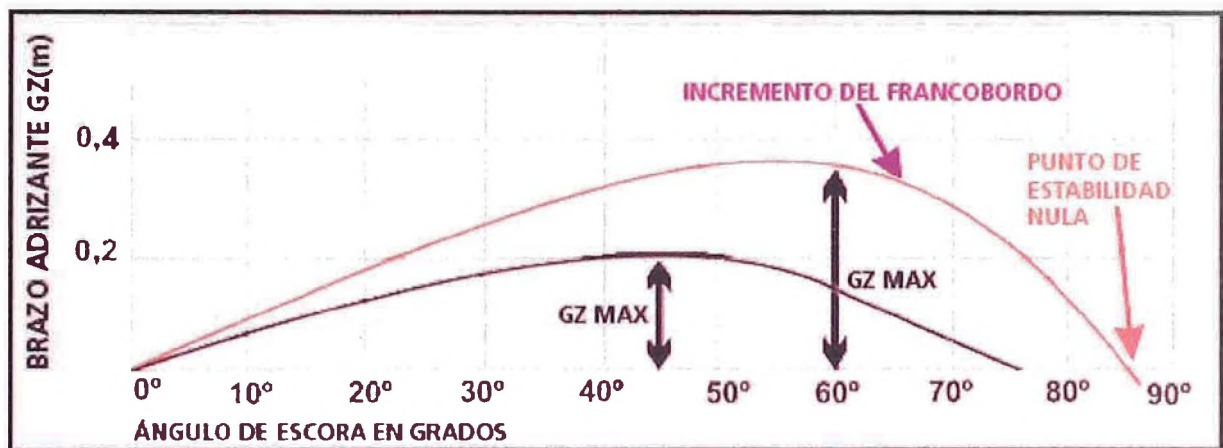


Fig. n° 3.12

Las formas del casco de un buque constituyen un factor importante a la hora de determinar las características de su estabilidad. Un incremento en la manga originará valores más altos de las alturas metacéntricas ( $GM$ ) y brazos adrizantes ( $GZ$ ), aunque el punto de estabilidad nula será menor, es decir, el buque volcará a un ángulo de escora menor, ver Fig. n° 3.13.

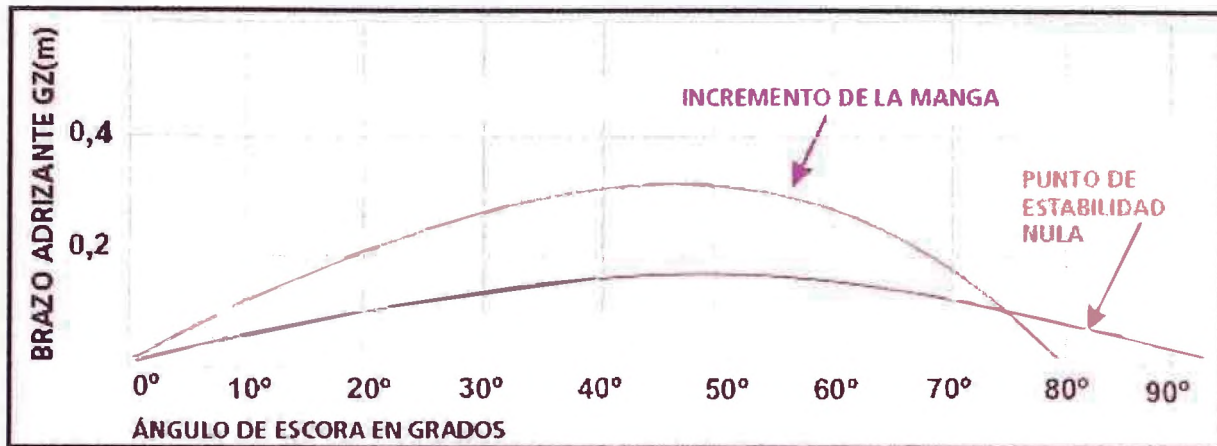


Fig. nº 3.13

### 3.8.2.3 Estabilidad Dinámica

El estudio de la estabilidad dinámica de un buque describe las características de estabilidad de un buque cuando está en movimiento, especialmente cuando se balancea, es decir, la energía necesaria para inclinar al buque hasta un determinado ángulo de escora y contrarrestar, así, el momento de estabilidad estática.

La estabilidad dinámica se puede determinar midiendo el área bajo la curva de brazos adrizantes (*curva GZ*) hasta un determinado ángulo de escora. Cuanto mayor sea el área, mejor será la estabilidad dinámica (ver Fig. nº 3.14).

Las olas y el viento son las fuerzas externas más comunes que provocan la escora de un buque. Las olas de pendiente pronunciada y poca longitud entre crestas, especialmente las rompientes, son las más peligrosas para los buques pequeños.

La relación entre la estabilidad dinámica de un buque y la energía de las olas es compleja y depende de ciertos factores como, por ejemplo, de la velocidad y rumbo del buque en relación con la velocidad y dirección de la ola. Sin embargo, por lo general, cuanto más pequeño sea el buque, más pequeñas serán las olas a las que se puede enfrentar.

El capitán del buque deberá mantenerse informado de la predicción del tiempo, a fin de tener tiempo suficiente para evitar navegar en condiciones atmosféricas que puedan amenazar la seguridad del buque.

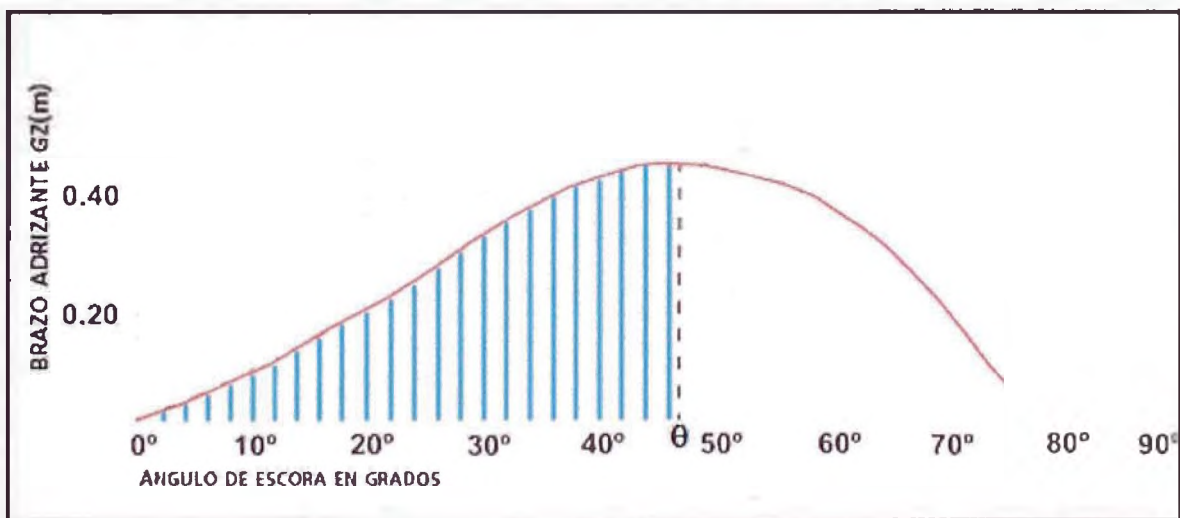


Fig. n° 3.14 Estabilidad Dinámica

### 3.8.3 Estabilidad durante las operaciones

La estabilidad de un buque cambia constantemente durante un viaje, dependiendo de las condiciones de carga y operacionales.

En la Fig. n° 3.15 se muestran curvas de estabilidad típicas para un buque pesquero en diferentes condiciones operacionales.



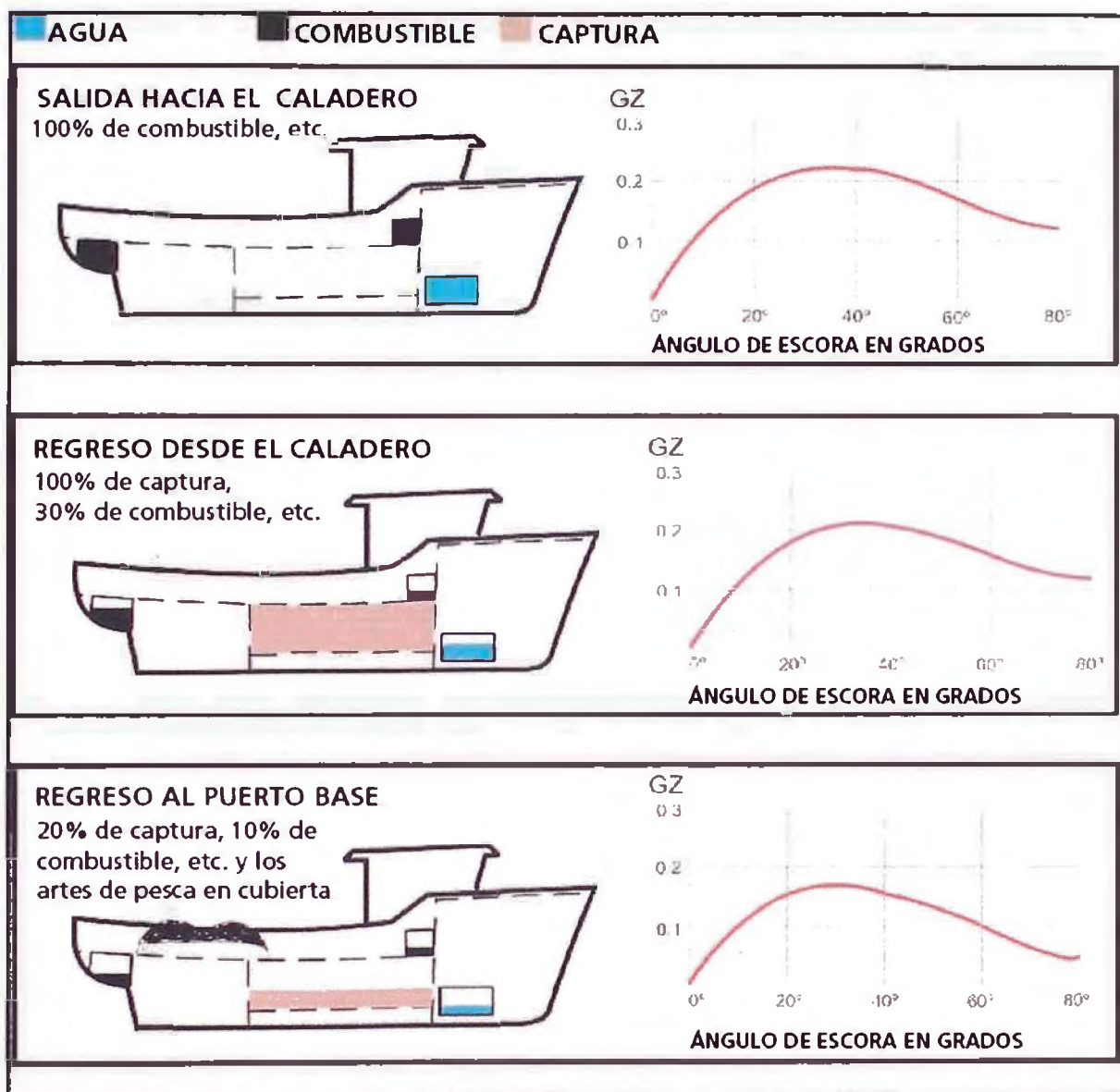


Fig. n° 3.15 Curvas de estabilidad típicas para un buque pesquero.

### 3.8.4 Código de Estabilidad sin averías

La OMI (Organización Marítima Internacional) ha elaborado el *Código De Estabilidad Sin Avería Para Todos Los Tipos De Buques Regidos Por Los Instrumentos De La OMI*, invitando a los gobiernos interesados a que lo apliquen

tomándolo como base para las normas de seguridad pertinentes, a menos que su prescripciones nacionales de estabilidad aseguren, como mínimo, un grado de seguridad equivalente; así mismo recomienda a estos, que se aseguren de que se realizan pruebas de estabilidad de conformidad con las directrices especificadas en el anexo de dicha resolución.

La finalidad del código es recomendar criterios de estabilidad y otras medidas que garanticen la seguridad operacional de todos los buques a fin de reducir al mínimo los riesgos para los mismos, el personal de abordaje y el medio ambiente.

#### **3.8.4.1 Criterios generales.**

El área bajo la curva de brazos adrizantes no será inferior 0.055 m.rad hasta un ángulo de escora  $\theta = 30^\circ$  ni inferior 0.09 m.rad hasta un ángulo de escora  $\theta = 40^\circ$ , o hasta el ángulo de inundación  $\theta_f$  si es inferior a 40 grados. Además el área bajo la curva de brazo adrizantes entre los ángulos de escora de 30 y 40 grados o de 30 grados y  $\theta_f$  si este ángulo es inferior a 40 grados, no será inferior a 0.03 m.rad.

El brazo adrizante GZ será como mínimo de 0.20 m a un ángulo de escora igual o superior a 30 grados.

El brazo adrizante máximo corresponderá a un ángulo de escora preferiblemente superior a 30 grados pero no inferior a 25 grados.

La altura metacéntrica inicial  $Gm_0$  no será inferior a 0.15 m



### 3.8.4.2 Criterios de viento y balance intensos

- A. *Ámbito de Aplicación.* Este criterio complementa el criterio de estabilidad. Los criterios más rigurosos del apartado 3.8.4.1 y el criterio meteorológico rigen las prescripciones mínimas aplicables a los buques de pasaje o de carga de eslora igual o superior a 24 m.
- B. Criterio meteorológico recomendado. Habrá que demostrar la aptitud del buque para resistir los efectos combinados del viento de través y del balance respecto de cada condición normal de carga, con referencia a la Fig. nº 3.16, del modo siguiente:
1. Se someterá el buque a la presión de un viento constante que actúe perpendicularmente al plano de crujía, lo que dará como resultado el correspondiente brazo escorante ( $lw_1$ ).
  2. Se supondrá que a partir del ángulo de equilibrio resultante ( $\theta_0$ ) el buque se balancea por la acción de las olas hasta alcanzar un ángulo de balance ( $\theta_1$ ) a barlovento. Se prestara atención al efecto de un viento constante de forma que se eviten ángulos de escora excesivos.
  3. Seguidamente se someterá al buque a la presión de una ráfaga de viento que dará como resultado el correspondiente brazo escorante ( $lw_2$ ).

4. En estas circunstancias, el área  $b$  debe ser igual o superior al área  $a$ .
5. En las condiciones normales de carga se deben tener en cuenta los efectos de superficie libre.

Los ángulos de la Fig. n° 3.16 se definen del modo siguiente:

$\theta_0$  = Ángulo de escora provocado por el viento constante.

$\theta_1$  = Ángulo de balance a barlovento debido a la acción de las olas.

- $\theta_2$  = Ángulo al que se produce inundación descendente ( $\theta_f$ ), o  $50^\circ$ , o  $\theta_c$ , tomando de estos valores el menor.

Donde:

$\theta_f$  = Ángulo de escora al que se sumergen las aberturas del casco, superestructuras o casetas que no puedan cerrarse de modo estanco a la intemperie. Al aplicar este criterio no hará falta considerar abiertas las pequeñas aberturas por las que no pueda producirse inundación progresiva.

$\theta_c$  = Ángulo de la segunda intersección entre la curva de brazos escorantes  $lw_2$  y la de brazos  $GZ$ .

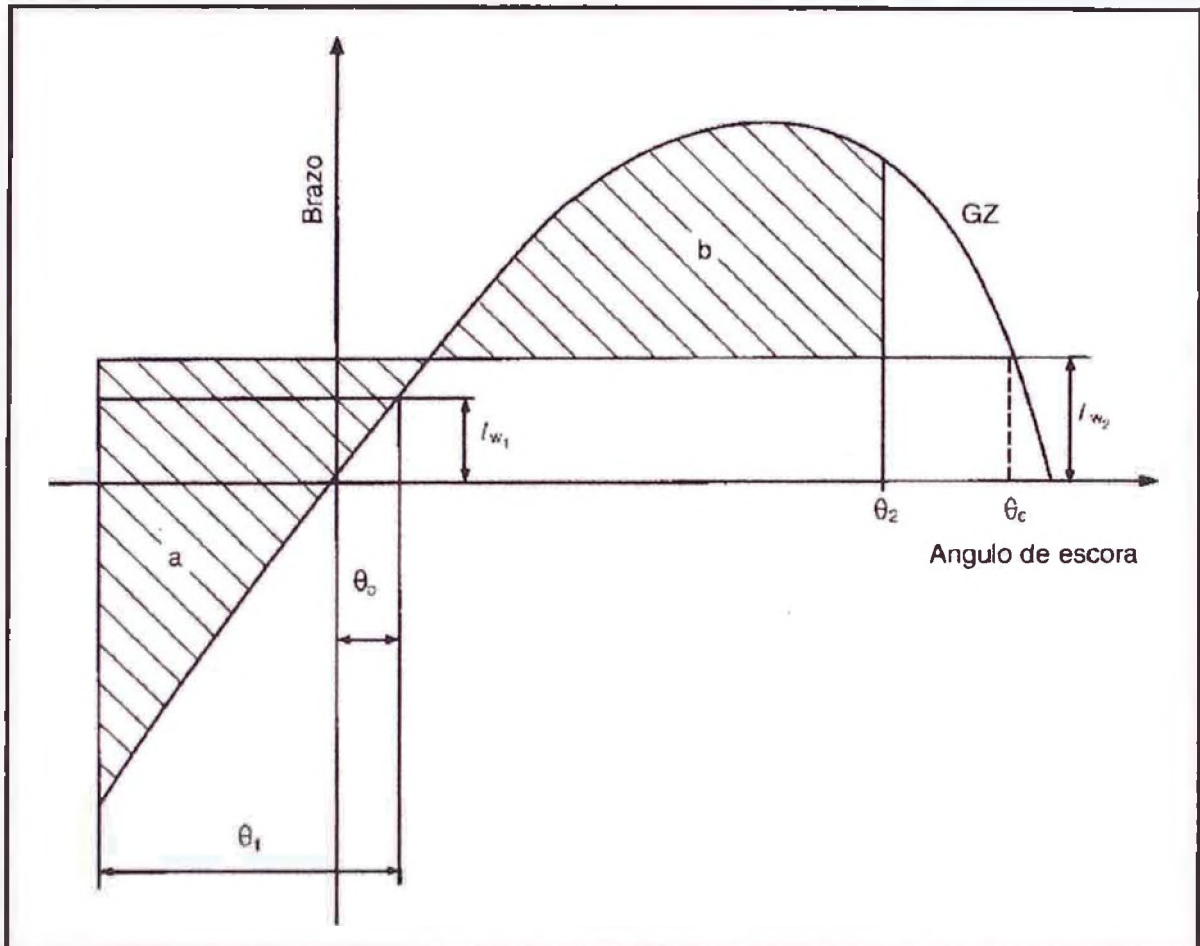


Fig. n° 3.16 Consideración de viento y balance intensos.

Los brazos escorantes  $lw_1$  y  $lw_2$  provocados por el viento, son valores constantes a todos los ángulos de inclinación y se calcularan del modo siguiente:

$$lw_1 = \frac{PAZ}{1000g\Delta} (m)$$

$$lw_2 = 1.5 lw_1 (m)$$

Donde:

$P = 504 \text{ N/m}^2$ . El valor de P utilizado para los buques en servicio restringido podrá reducirse a reserva de que lo apruebe la administración;

$A$  = Área lateral proyectada de la parte del buque y de la cubertada que quede por encima de la flotación ( $\text{m}^2$ );

$Z$  = Distancia vertical desde el centro del área  $A$  hasta el centro del área lateral de la obra viva, o aproximadamente hasta el punto medio del calado (m);

$\Delta$  = Desplazamiento (t)

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$

El ángulo de balance ( $\theta_1$ ) se calcula del modo siguiente:

$$\theta_1 = 109 k X_1 X_2 \sqrt{rs} (\text{grados})$$

Donde:

$X_1$  = Factor indicado en la tabla 3.1(a).

$X_2$  = Factor indicado en la tabla 3.1(b).

$k$  = Factor que corresponde a lo siguiente (tabla 3.1(c)):

$k = 1.0$  respecto de un buque de pantoque redondo que no tenga quillas de balance ni quilla de barra.

$k = 0.7$  respecto de un buque de pantoque quebrado.

$k$  = El valor que se indica en la tabla 3.1(d) respecto de un buque con quillas de balance, quilla de barra o ambas.

$$r = 0.73 \pm 0.6 OG/d$$

Donde:

$OG$  = Distancia entre el centro de gravedad y la flotación (m)  
(positiva si el centro de gravedad queda por encima de la flotación, negativa si queda por debajo)

$d$  = Calado medio de trazado del buque (m)

$S$  = Factor indicado en la tabla 3.1(d).

Periodo de balance:

$$T = \frac{2CB}{\sqrt{GM}} (s)$$

Donde:  $C = 0.373 + 0.023 \left(\frac{B}{d}\right) - 0.043 \left(\frac{L}{100}\right)$

Los símbolos que aparecen en los cuadros y en la fórmula del periodo de balance tienen los siguientes significados:

$L$  = Eslora en la flotación del buque (m).

$B$  = Manga de trazado del buque (m).

$d$  = Calado medio de trazado del buque (m).

$C_B$  = Coeficiente de bloque.

$A_k$  = Área total de la quillas de balance o área de la proyección lateral de la quilla de barra, o suma de estas áreas (m<sup>2</sup>).

$GM$  = Altura metacéntrica corregida por el efecto de superficie libre (m).

B/d	X <sub>1</sub>
≤2.4	1.0
2.5	0.98
2.6	0.96
2.7	0.95
2.8	0.93
2.9	0.91
3.0	0.90
3.1	0.88
3.2	0.86
3.4	0.82
≥3.5	0.80

(a) Valores del factor X<sub>1</sub>

C <sub>B</sub>	X <sub>2</sub>
≤0.45	0.75
0.50	0.82
0.55	0.89
0.60	0.95
0.65	0.97
≥0.70	1.0

(b) Valores del factor X<sub>2</sub>

$\frac{A_k 100}{LB}$	k
0	1.0
1.0	0.98
1.5	0.95
2.0	0.88
2.5	0.79
3.0	0.74
3.5	0.72
≥4.0	0.70

(c) Valores del factor k

T	s
≤6	0.1
7	0.098
8	0.093
12	0.065
14	0.053
16	0.044
18	0.038
≥20	0.035

(d) Valores del factor s

Tabla n° 3.1 Valores de factores.  
(Los valores intermedios se obtendrán por interpolación lineal)

### 3.8.5 Estabilidad en remolque

La estabilidad en los remolcadores deben cumplir requisitos adicionales que se deben a los momentos escorantes que debe soportar la embarcación durante sus operaciones.

En la normativa española en la Circular n°2 de 22 de mayo del año 1979 de La Dirección General de la Marina Mercante sobre “Estabilidad de remolcadores” (ver Anexo 17), indica un criterio a partir del cual comprobar que el buque es capaz de soportar el momento escorante producido por el tiro del gancho de remolque, en cualquier situación de trabajo.

El ángulo de escora que tomara el remolcador al estar sometido, por separado, a cada uno de los momentos escorantes que se indican a continuación, y para cuya escora se produzca el equilibrio estático entre el momento escorante aplicado y el momento adrizante del remolcador, será inferior al necesario para que se produzca la zozobra del remolcador o su inundación a través de las aberturas.

Los momentos escorantes a considerar son los siguientes:

a) Momento de arrastre.

$$M_1 = \left( \frac{1}{19.6} \right) \times C_1 \times C_2 \times \gamma \times V^2 \times Ap \times (h \times \cos \theta + C_3 \times C_m)$$

Siendo:

- $M_1$  = Momento escorante en tonelada-metros.
- $C_1$  = Coeficiente de tracción lateral (Fig. n° 3.17).
- $C_2$  = Corrección de  $C_1$  por el ángulo de escora (Fig. n° 3.18).
- $C_3$  = Distancia del centro de presión del área  $A_p$  a la flotación, expresada como fracción del calado medio real (Fig. n° 3.19).
- $\gamma$  = Peso específico del agua ( $Tn/m^3$ ).
- $V$  = velocidad lateral del buque remolcador = 2,57 m/s
- $A_p$  = Área de la proyección sobre el plano diametral de la parte sumergida del remolcador, en metros cuadrados.
- $h$  = Altura del gancho de remolque sobre la flotación, en metros.
- $\theta$  = Ángulo de escora.
- $C_m$  = Calado medio, en metros.

b) Momento de arrastre.

$$M_2 = C_4 \times C_5 \times T(h \cos \theta + C_6 \times C_m)$$

- $M_2$  = Momento escorante, en tonelada-metro.
- $C_4$  = Fracción del tiro máximo a punto fijo del remolcador que se puede suponer que actúa transversalmente = 0,45
- $C_5$  = Corrección de  $C_4$  por posición longitudinal del gancho de remolque que será:

1

para  $X_R/L > 0.24$



$$X_R/(0.24 L) \quad \text{para } 0 < X_R/L \leq 0.24$$

- T = Tiro máximo a punto fijo del remolcador en toneladas.
- $C_6$  = Distancia a la flotación del centro de resistencia efectivo, como fracción del calado (aproximadamente 0.52).
- h = Altura del gancho de remolque sobre la flotación, en metros.
- $\theta$  = Ángulo de escora.
- $C_m$  = Calado medio, en metros.

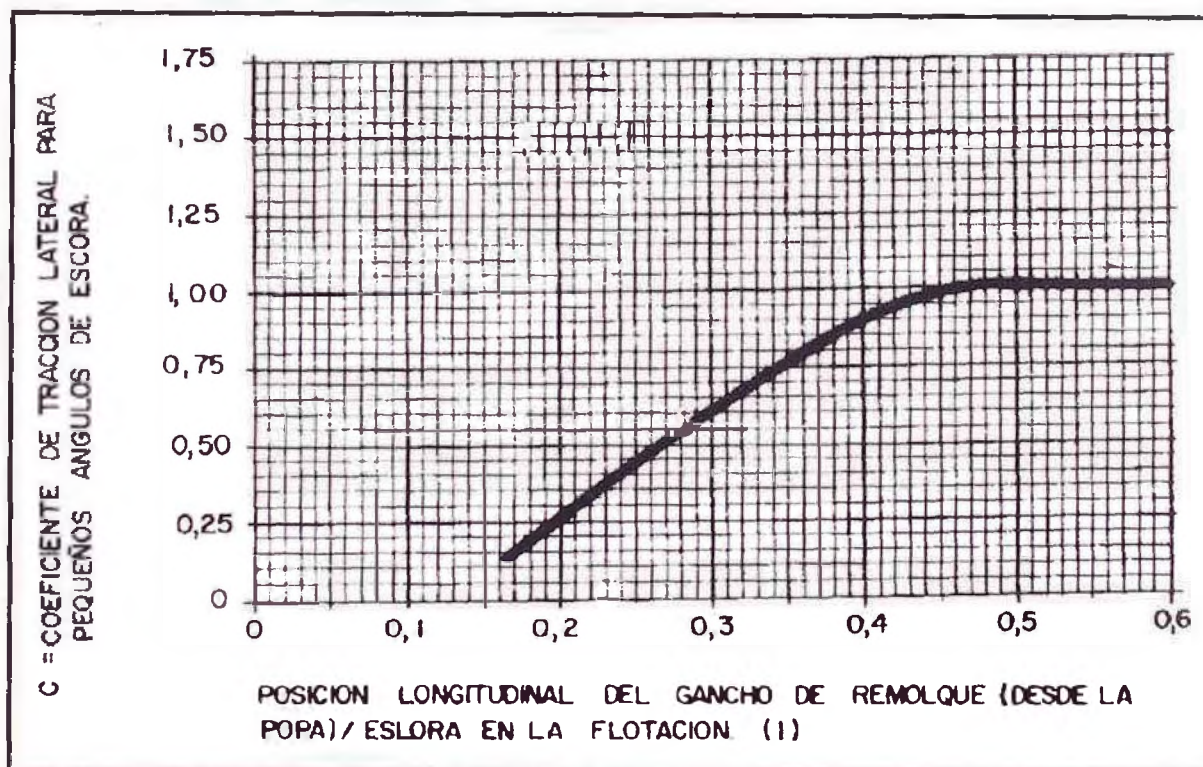
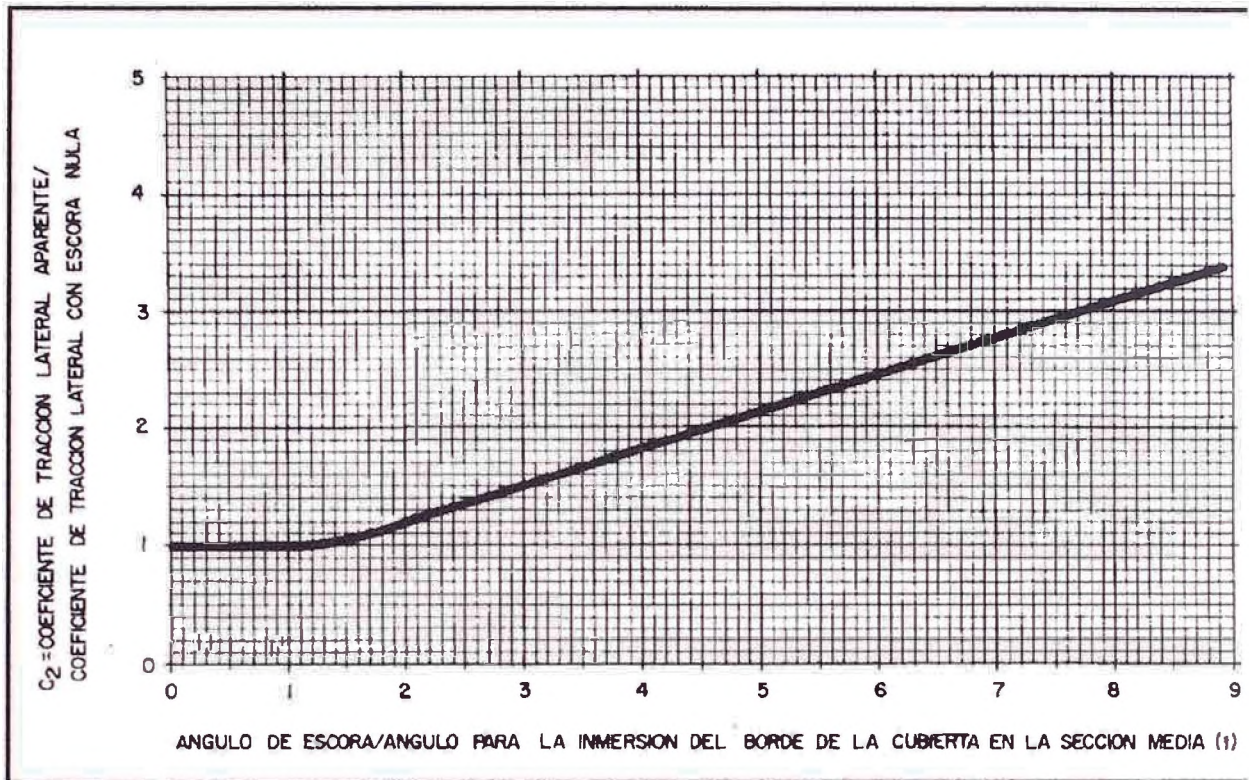
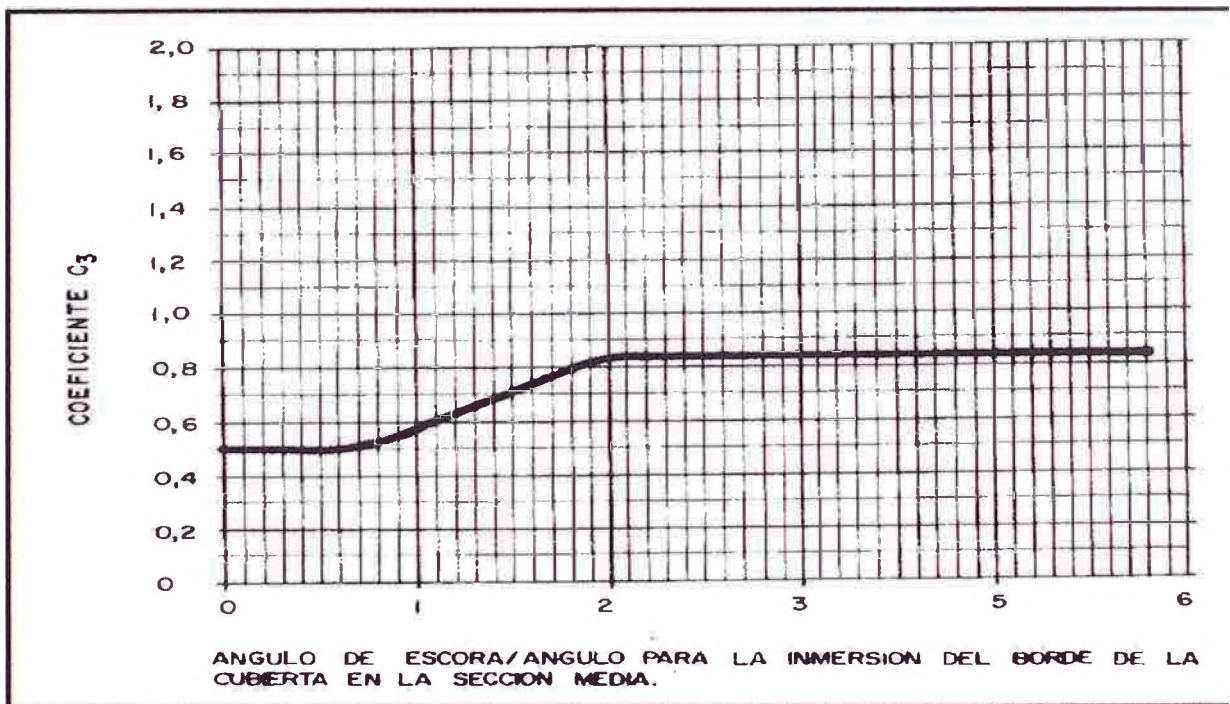


Fig. n° 3.17 Coeficiente de tracción lateral.

Fig. n° 3.18 Corrección de  $C_1$  por ángulo de escora.Fig. n° 3.19 Corrección de  $C_1$  por ángulo de escora.



### **3.9 Sistemas de construcción de un buque**

Los sistemas básicos de construcción pueden ser: Sistema transversal, Sistema longitudinal y Sistema mixto.

#### **a. Sistema Transversal**

Los buques de madera se construían con este sistema, porque para conseguir la estanqueidad de las costuras del forro exterior, necesitan que el esqueleto transversal esté estrechamente unido por los tablones del forro, y estos a su vez inmovilizados por el esqueleto: y que además estos anillos transversales que forman las cuadernas, estén muy poco separados. Igualmente, el sistema transversal, era idóneo para soportar los grandes esfuerzos por "pandeo", que a aquellos barcos le producían los grandes mástiles, con su aparejo y velamen. Durante muchos años este sistema también se usó para los buques de acero. Modernamente se suele usar en partes del buque, pero no como conjunto.

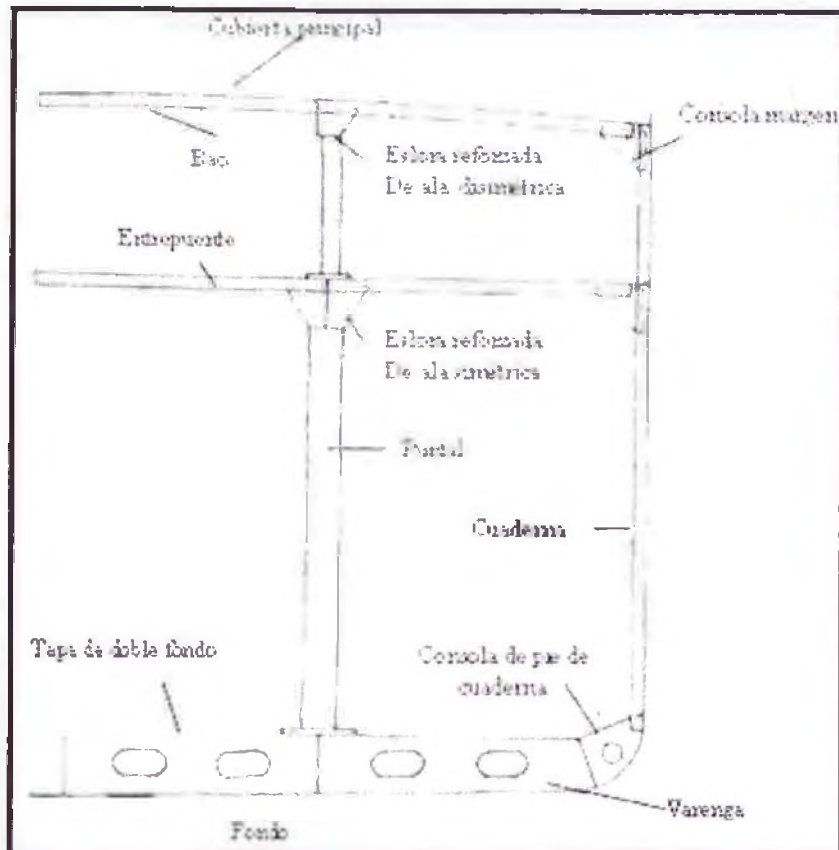


Fig. n° 3.20 Sistema Transversal

### b. Sistema Longitudinal

Con los barcos de acero y propulsión mecánica, disminuyen los esfuerzos por pandeo y su importancia. Con los aumentos de esloras, predominan los esfuerzos longitudinales, todo esto unido a otra serie de circunstancias, hace que se intente que la estructura básica, vaya de acuerdo con el esfuerzo principal, que ahora es el longitudinal, manteniendo una cierta resistencia transversal.

Entre los intentos iniciales, hubo uno que prosperó, que es el sistema Isherwood, que consiste en: Refuerzos longitudinales en el fondo, costados y

cubierta; que se apoyan en anillos reforzados transversales (bulárcama y varenga).

Este sistema con ciertas variantes, se usa en buques tanques y graneleros (bulkcarriers). En los buques de carga seca, en el espacio de bodega, se suele usar el sistema transversal, porque las bulárcamas con sus esfuerzos y los longitudinales de costado, interfieren la estiba de la carga.

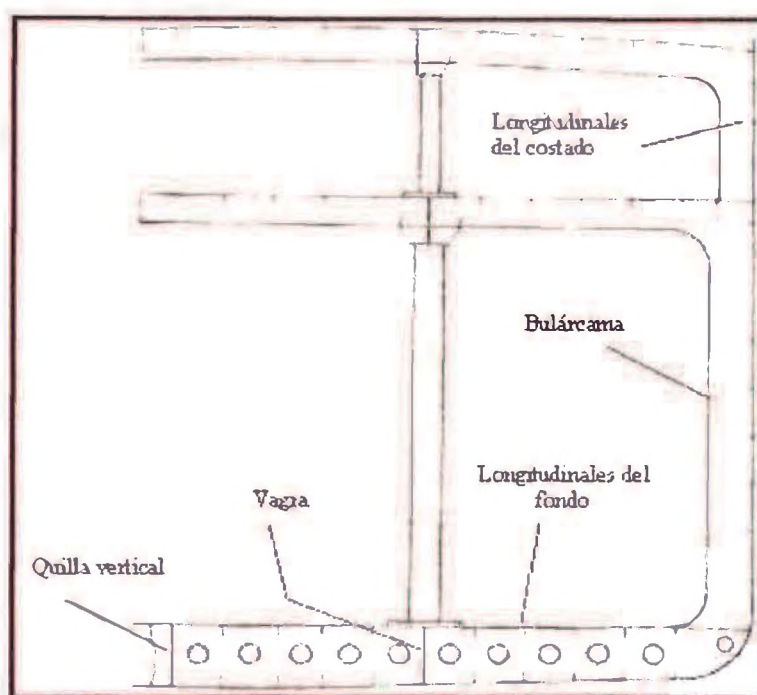


Fig. n° 3.21 Sistema Longitudinal.

### c. Sistema Mixto

El sistema de construcción del casco del buque, una vez garantizada su resistencia estructural, se hace compatible, con la utilización comercial del mismo. La utilización comercial, está unido a los costes de explotación, y estos directamente a la estancia en puerto, con lo que llegamos a la rapidez de carga y descarga, con una rápida y segura estiba de las mercancías a bordo del

buque. Esta última, misión del buque, la estiba, está unida al diseño estructural de las bodegas; por lo que éstas llevan, los elementos estructurales de la forma más conveniente, al tipo de carga que en ellas se estiban.

Los reglamentos actuales de las Compañías Clasificadoras, obligan a los buques de eslora igual o más de 120 metros, a que su cubierta superior principal, fondo y doble fondo, lleven una estructura longitudinal, como el de la Fig. n° 3.22.

En todos los modernos buques que lo han necesitado, se les ha dotado de grandes escotillas, para facilitar las operaciones de estiba, en rapidez y seguridad. Estas escotillas han quitado una gran superficie de cubierta resistente, en la zona de bodega, que por su posición en el casco, son zonas de flexión crítica, que; traen como consecuencia, grandes esfuerzos por tracción y compresión, en los pasillos de cubierta, en la zona de escotilla. Al casco le falta rigidez transversal, por la ausencia de la cubierta, baos correspondientes y puntales de apoyo vertical.

Debido a estos y otros razonamientos, aparece el nuevo sistema mixto (ver Fig. n° 3.23), a base de baos con cartelas, en zona de bodega y entrepuente, a frecuentes intervalos longitudinales; que dan la suficiente rigidez al marco en la zona de escotilla, por la ausencia de la cubierta, a veces en casi toda la manga, como en los buques porta-contenedores. Las brazolas longitudinales o esloras de boca de escotilla, se apoyan en los baos con cartelas, y para acabar de reforzar la zona, la traca de planchas de la cubierta adyacente a la boca de escotilla, es de acero especial o de mayor espesor. Las brazos transversales o baos reforzados de extremos de la boca de escotilla, hacen la consolidación

suficiente en esa zona. Normalmente sobre estas brazolas, van un sistema articulado de tapas de escotilla. Cuando en vez de tapas articuladas, lleva un sistema de cierre lateral, con dos escotillas gemelas; el plano de crujía, va reforzado además, con una fuerte eslora, mamparo diafragma o medio mamparo longitudinal.

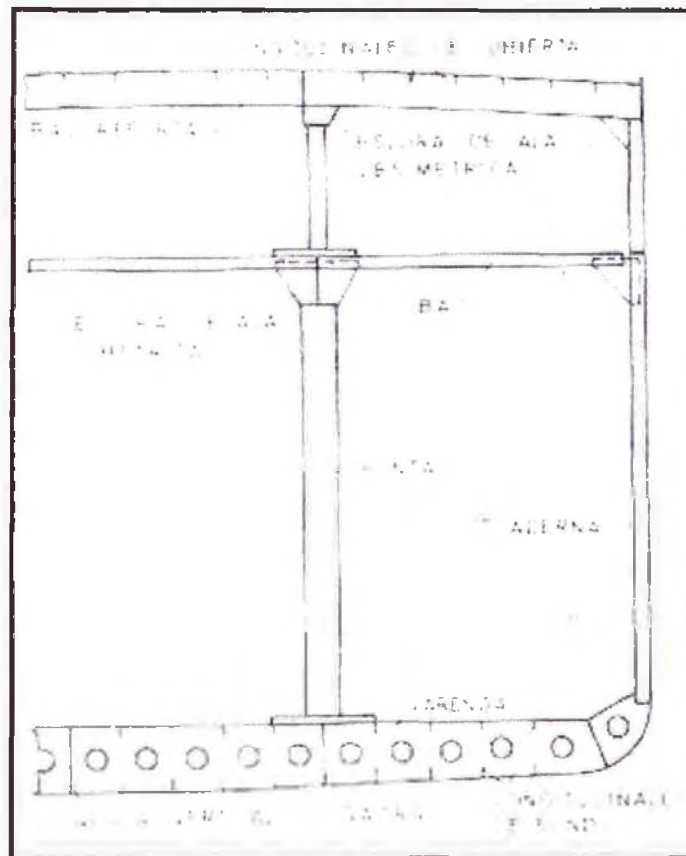


Fig. n° 3.22 Sistema Mixto

Fondo, Tapa del doble fondo y Cubierta superior principal, con estructura longitudinal; mientras que la cubierta de entrepuente y costado, es de estructura transversal

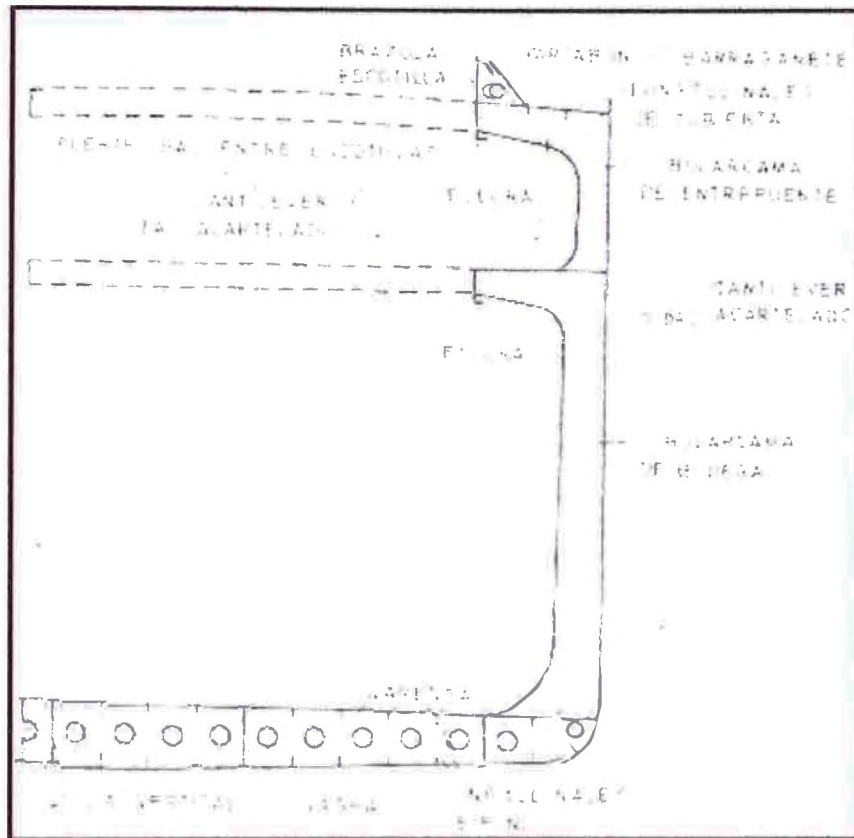


Fig. nº 3.23 Sistema Mixto



## **CAPITULO IV**

### **DISEÑO PRELIMINAR**

#### **4.1 Dimensiones Principales del Casco**

##### **4.1.1 Metodología**

Para el dimensionamiento de cualquier barco existen diversos planteamientos para su realización, estos pueden ser:

- i. Lo más habitual es recurrir a métodos estadísticos partiendo de la información de una base de datos de barcos similares al barco objetivo del diseño.
- ii. Fundamentarse en un buque base o en el mejor de los casos en unos pocos buques base de los que se disponga una información muy fiable.
- iii. Análisis del espacio y de los volúmenes necesarios para que el barco realice su función, requiriendo un conocimiento de los requisitos del barco a proyectar siendo necesario verificar el resultado por medio de métodos estadísticos.
- iv. En otros barcos se recurre al uso de series sistemáticas de formas con rangos de aplicación muy reducidos.

- v. Es posible recurrir a estudios experimentales específicos para un tipo de barco, siendo necesaria la aplicación cuidadosa de estos métodos ya que cada estudio experimental tiene un rango de aplicación muy concreto.

En nuestro caso se realiza el dimensionado del mismo recurriendo por un lado a métodos estadísticos por medio de una base de datos de buques similares y por otro mediante el análisis del espacio volúmenes necesarios.

#### **4.1.2 Base de Datos y Regresiones Lineales**

Para realizar el dimensionamiento del buque, se ha recopilado de distintas páginas Web de empresas de servicios o astilleros que cuentan con embarcaciones similares a la que se desea diseñar. Las características para realizar esta base de datos son: la similitud de propulsión y el tiro a un punto fijo.

La base de datos se muestra en la tabla 4.1.

La obtención de muchos términos aleatorios, obtenidos por cada uno de los buques de la base de datos, da como consecuencia la obtención de una gráfica de dispersión.

La línea que define la tendencia de los valores de los términos aleatorios es la línea de regresión. Con ella se puede obtener el valor de la variable dependiente si definimos el valor de la variable independiente. Por ejemplo, si la variable independiente es la eslora, y la regresión muestra la relación eslora-manga, podremos saber el valor de la variable dependiente, manga, que más se ajuste al conjunto de valores obtenido por la base de datos.

<b>PAIS</b>	<b>ARMADOR / ASTILLERO</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>L (m)</b>	<b>B (m)</b>	<b>D (m)</b>	<b>POT. BHP (HP)</b>	<b>TIPO DE PROPULSION</b>	<b>Velocidad (knots)</b>	<b>BOLLAR PULL (tn)</b>	<b>L/B</b>	<b>B/D</b>
<i>España</i>	<i>REMOLQUES UNIDOS</i>	CERHO	14.2	4.2	2.2	570	Timón Tobera		6.5	3.4	1.9
<i>España</i>	<i>ZUMAIA</i>	ZUMAIA IV	16	6.0	2.6	900	2 Toberas		13.3	2.7	2.3
<i>Inglaterra</i>	<i>ALNMARITEC</i>	ALNDB_25	10.0	3.3	1.14	620	2 Toberas	10	5	3.0	2.9
<i>Inglaterra</i>	<i>ALNMARITEC</i>	ALNDB_59	9.35	3.6	1.27	610	2 Toberas	12	5	2.6	2.8
<i>Turquía</i>	<i>ARYA SHIPYARD</i>	MULTITUG 0149	13.95	4.6	1.80	700	2 Toberas	12.3	7	3.0	2.6
<i>Turquía</i>	<i>ARYA SHIPYARD</i>	MULTITUG 0249	14.95	5.0	2.21	1000	2 Toberas	12.3	12	3.0	2.3
	<i>CHEOY LEE SHIPYARD</i>	---	21.0	5.85	2.44	1080	2 Toberas		12	3.6	2.4
<i>España</i>	<i>CONSULMAR</i>	XALOC UNO	12.0	4.5	2.35	650	2 Toberas		6	2.7	1.9
<i>España</i>	<i>FERAMAR REMOLCADORES, S.L.</i>	YARCLA	14.88	5.0	2.39	780	---		9	3.0	2.1
<i>España</i>	<i>FERAMAR REMOLCADORES, S.L.</i>	YARCLA TRES	12.24	4.5	2.34	600	---		6	2.7	1.9

Tabla nº 4.1: Base de Datos (Fuente: Anexo 1)

<b>BHP</b>	<b>L/B</b>	<b>B/D</b>	<b>B/T</b>	<b>L/D</b>	<b>T/D</b>	<b>FN</b>
<4000	2.5 – 3.4	1.9 – 2.5	2.1 – 2.6	5.0 – 8.0	0.78 – 0.90	0.36 – 0.44
4000 – 8000	2.8 – 4.2	2.0 – 2.4	2.3 – 2.7	5.6 – 9.0	0.80 – 0.90	0.35 – 0.42
> 8000	3.8 – 4.7	2.1 – 2.3	2.4 – 2.8	7.5 – 9.5	0.81 – 0.91	0.34 – 0.40

Tabla n° 4.2: Valores Normales de las Relaciones Dimensionales y Número de Froude (ver Ref. 1).



Figura n° 4.1: Multitug 0149



Figura n° 4.2: Multitug 0249





Figura n° 4.3 Laila, Amarradora de 13.6m de eslora total.



Figura n° 4.4 Yavar 1, Amarradora de 13.15m de eslora total.

Las regresiones lineales son las más sencillas y en ellas la función de la regresión tiene el valor de  $y = a \cdot x + b$ . El valor de la regresión  $R$ , da idea de la dispersión de los términos aleatorios, y por consiguiente, de la verosimilitud del gráfico y de su función regresión. Para que se pueda dar como correcto la relación entre dimensiones, el valor de la regresión  $R$ , no puede ser menor que 0.6.

A continuación se presentan las diferentes regresiones que se efectuaron con la base de datos:

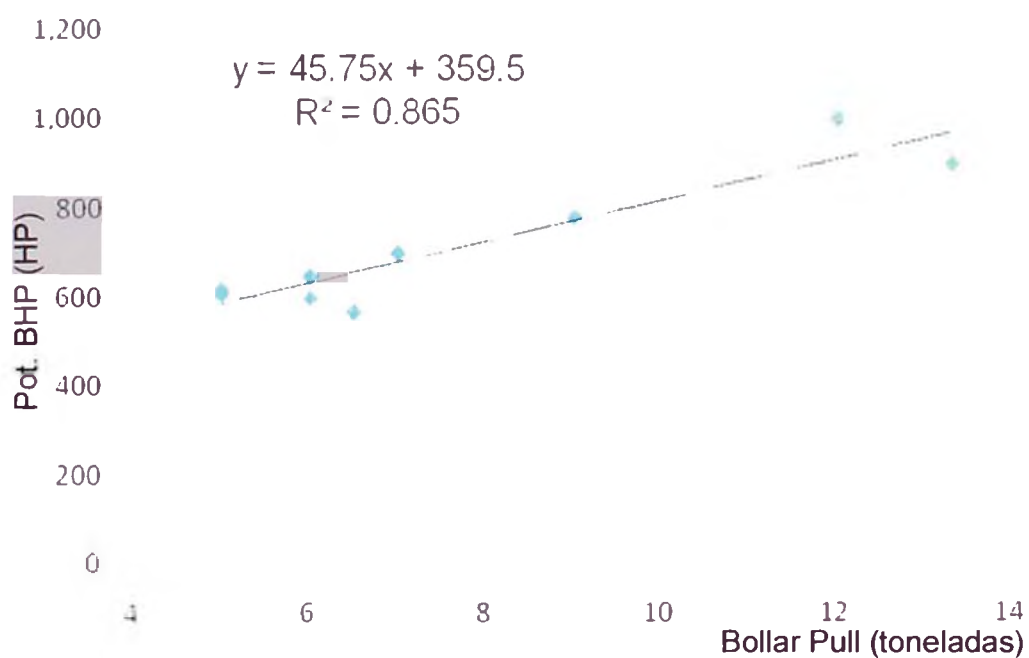


Figura n° 4.5: Bollar Pull vs. Potencia (BHP)

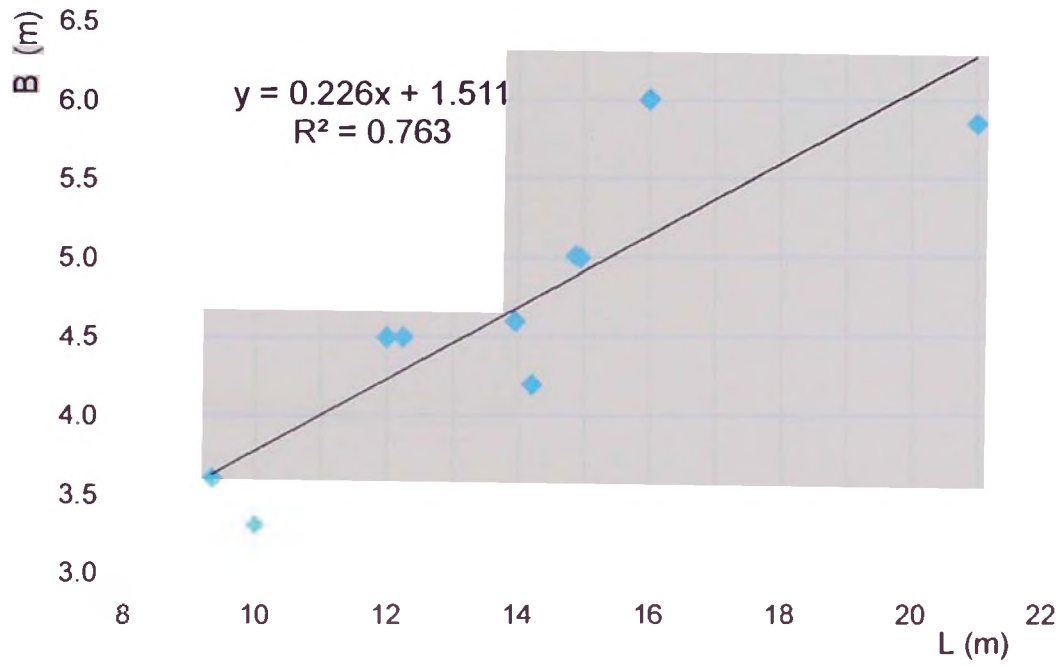


Figura nº 4.6: L vs. B

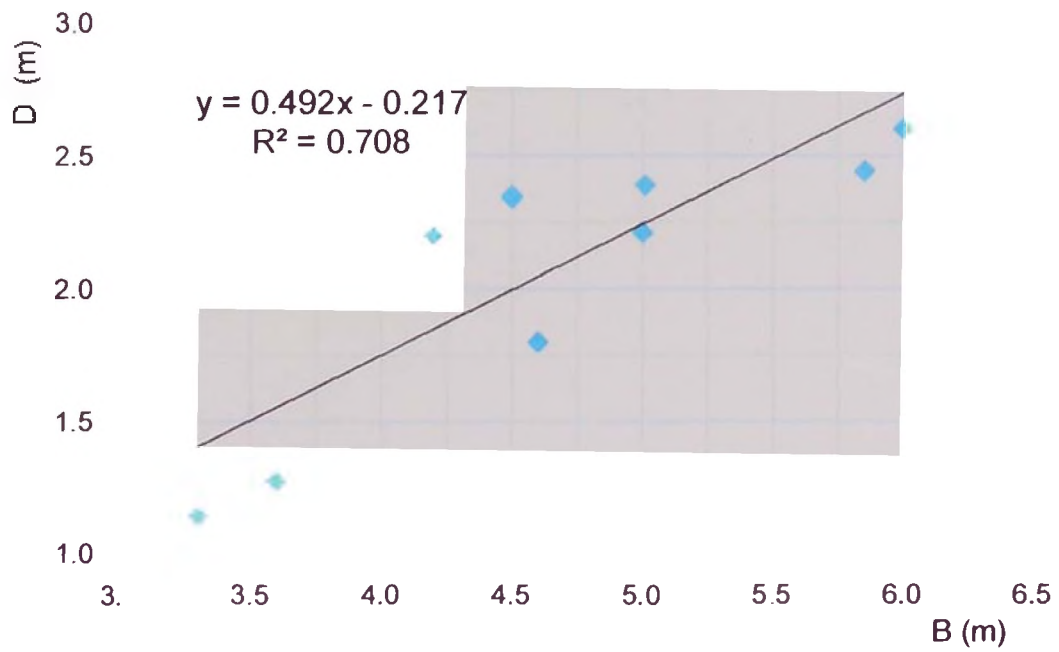


Figura nº 4.7: B vs. D



### 4.1.3 Estimación de Dimensiones Principales

De la base de datos se realizara regresiones teniendo en cuenta las características de la embarcación a diseñar.

#### 4.1.3.1 Estimación de la Potencia

Realizamos la regresión entre el Bollard Pull (tiro a un punto fijo) y la potencia instalada (BHP – Potencia al freno).

Utilizando la ecuación de regresión obtenemos para un Bollard Pull de 8 Toneladas una potencia instalada de 726HP.

Existe una relación entre BHP y Bollard Pull (ver Ref. 1):

$$\text{BHP} = K1 \times (\text{Bollard Pull})$$

Donde el valor de K1, es función del tipo de propulsión, la cual la obtenemos de la siguiente tabla:

Tipo de Propulsión	K <sub>1</sub>
Una hélice sin tobera	65-70
Dos hélices sin toberas	63-68
Una hélice con timón-tobera (Kort)	60-65
Dos hélices con timón-tobera (Kort)	55-60
Dos hélices con tobera, azimutal (*)	55-60
Dos hélices cicloidales azimutales (**)	63-68

(\*) Aquamaster o Schottel.

(\*\*) Voith Scheneider.

Tabla n° 4.3: Valores de constante K1 (Fuente: ver Ref. 1).

De la tabla anterior para nuestro caso de dos hélices con timón-tobera, K1 está entre 55 – 60.

$$\text{BHP} = 55 \times 8 = 440 \text{ Kw} = 590 \text{ HP}$$

$$\text{BHP} = 60 \times 8 = 480 \text{ Kw} = 644 \text{ HP}$$

Por lo tanto la potencia BHP  $\in$  [644, 726] HP

Pero el proyecto contara con dos motores, entonces cada motor contara con una potencia BHP cuyo rango comprenderá [322, 363] HP

#### 4.1.3.2 Estimación de la Eslora.

La eslora total requerida del buque es de 14m, sin embargo, tomaremos para fines de cálculo la eslora entre perpendiculares como el 96% de la eslora total.

$$L_{pp} = 0.96 \times LOA$$

$$L_{pp} = 0.96 \times 14$$

$$L_{pp} = 13.44m$$

La velocidad requerida es de 10 nudos (5.1 m/s) y el tipo de casco de la embarcación, por lo tanto, verificaremos esta situación calculando el número de Froude ( $FN$ ):

$$FN = \frac{V}{\sqrt{g \times L}}$$

$$= \frac{5.1}{\sqrt{9.8 \times 14}}$$

$$FN = 0.4$$

Al ser el menor a 0.7 el número de Froude, evidenciamos las condiciones de navegación es de desplazamiento.

#### 4.1.3.3 Estimación de la Manga

De la base de datos tenemos que la relación  $L/B \in [2.6, 3.6]$  y con  $L=14\text{m}$  tenemos:

$$B = [3.9, 5.4]\text{m}$$

Análogamente de la tabla 3.2 para BHP menores a 4000HP la relación  $L/B \in [2.5, 3.4]$  y con  $L=14\text{m}$  tenemos:

$$B = [4.1, 5.6]\text{m}$$

Por tanto:

$$B \in [4.1, 5.4]\text{m}$$

Para determinar la manga tomaremos en cuenta:

- Las dimensiones del motor principal
- La dimensión del máximo diámetro exterior de la tobera a instalar.
- El espacio entre motores y el forro lateral para el adecuado tránsito y mantenimiento.
- La estabilidad se verificara posteriormente con el valor estimado.

Se busco en catálogos de motores marinos de diversos fabricantes tal que la potencia esté en el rango de BHP que se estimo, y con ello se realizo un croquis tal como se muestra en la figura 4.8, donde:  
 $B/2 = B1 + B2 + 1150$  [mm].

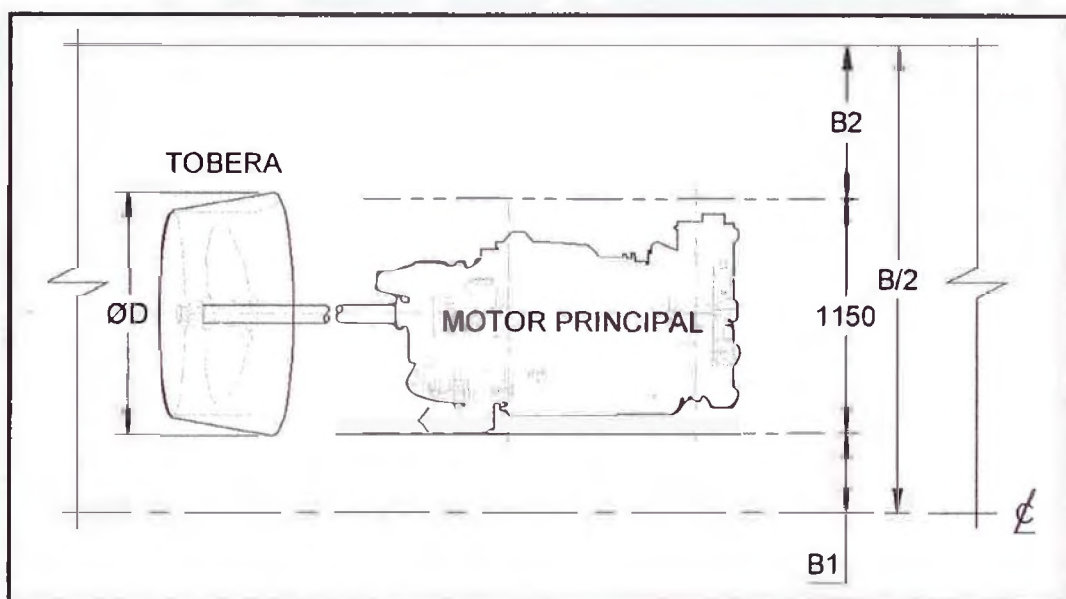


Figura n° 4.8 Croquis de disposición de motor principal y tobera respecto a la manga de la embarcación.

Para el adecuado tránsito se tomará una separación del motor al forro lateral de 800mm, pues a este valor habría que descontar el refuerzo; igualmente la separación entre motores un valor de 800mm. Por tanto  $B1 = 400$ mm y  $B2 = 800$ mm.

Para nuestro proyecto  $B = 4.7$  m.

El diámetro exterior de la tobera a seleccionar quedará definido en el capítulo 8.

#### 4.1.3.4 Estimación del Puntal

De la base de datos tenemos que la relación  $B/D \in [1.9, 2.9]$  y con  $B=4.7\text{m}$  tenemos:

$$D = [1.6, 2.5]\text{m}$$

Análogamente a lo anterior se consulto catálogos de diversos fabricantes de motores marinos, y con ello se realizó un croquis tal como se muestra en la figura 4.9; proyectándose con un refuerzo de 150mm tanto para la cubierta y el forro lateral, donde  $D = D1 + D2 + 1460$  [mm].

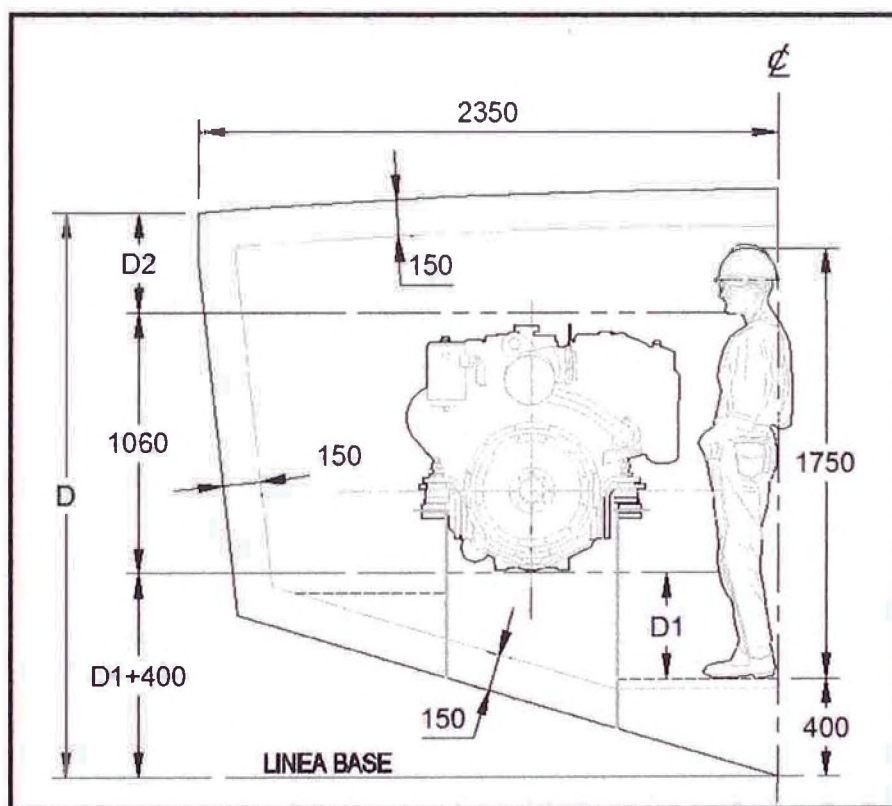


Figura n° 4.9 Croquis de disposición de motor principal respecto al puntal de la embarcación.

Para determinar el puntal tomaremos en cuenta:

- La altura del motor principal.
- El espacio entre el motor y el refuerzo de cubierta será el necesario para el desmontaje y mantenimiento de los cilindros, cámaras de combustión y los mecanismos que activan las válvulas.
- Altura suficiente para la instalación de ductos de escape de gases del motor principal.
- El ángulo de inclinación del motor.
- La estabilidad y el francobordo se verificarán posteriormente con el valor estimado.

Para el adecuado tránsito y mantenimiento se tomará  $D1=440\text{mm}$  y  $D2=400\text{mm}$ . Por tanto, para nuestro proyecto  $D = 2.3 \text{ m}$ .

#### 4.1.3.5 Estimación del Calado

De la tabla 4.2 para BHP menores a 4000HP la relación  $T/D \in [0.78, 0.9]$  y con  $D=2.3\text{m}$  tenemos:  $T \in [1.8, 2.1]\text{m}$ ; aplicando un error estimado en un 10%, el intervalo de  $T$  estará entre  $[1.6, 2.3] \text{ m}$ . Además,  $T/D$  es una relación que proporciona una primera idea sobre el francobordo, por tanto, para nuestro proyecto elegimos:

$$T = 1.6 \text{ m}$$

## 4.2 Estimación de Coeficientes de Carena

### 4.2.1 Coeficiente de Bloque ( $C_b$ ):

El coeficiente de bloque según la fórmula de Townsin (ver Ref. 5):

$$C_b = 0.7 + 0.125 \cdot \text{ATAN}(25(0.23 - FN))$$

$$C_b = 0.53$$

Este resultado está de acuerdo al tipo de buque a proyectar según se muestra en la figura 4.10.

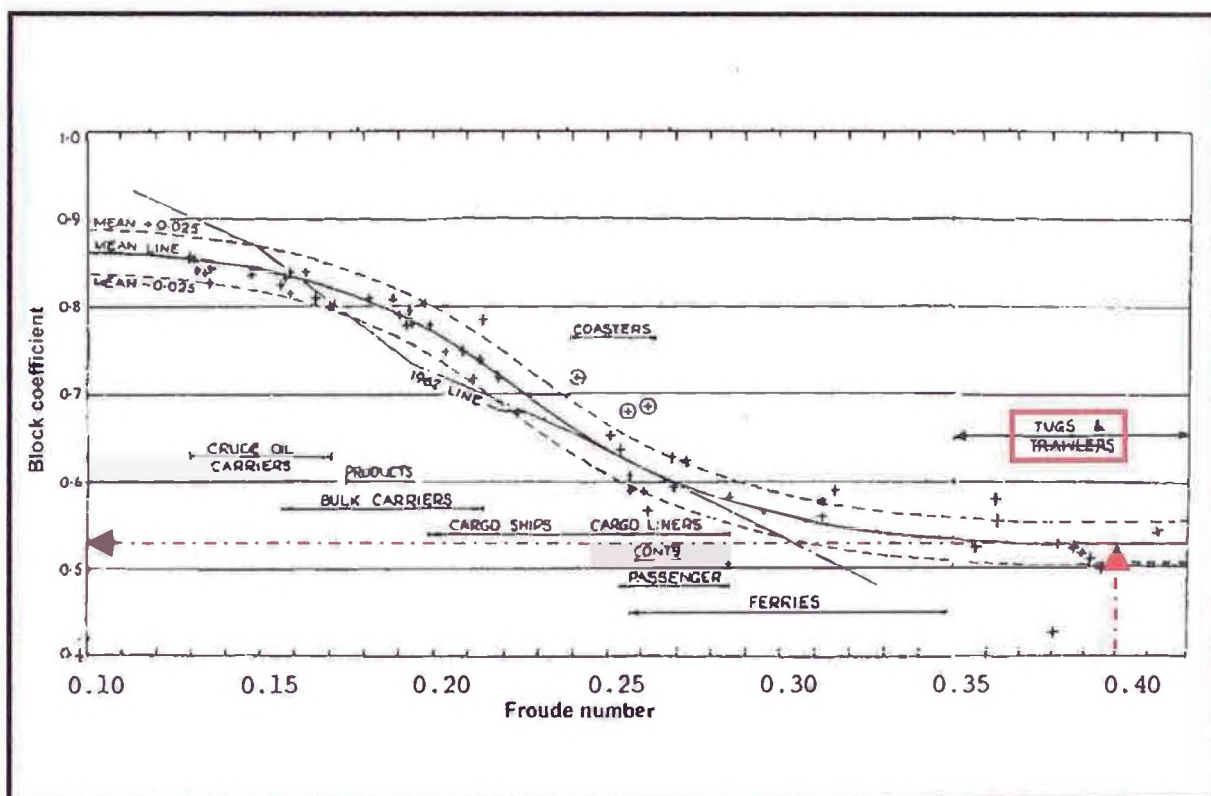


Figura n° 4.10 Relación entre el coeficiente de bloque y el número de Froude para diferentes tipos de buques. (ver Ref. 5).



#### 4.2.2 Coeficiente de la Sección Maestra (Cm):

El coeficiente de la sección maestra se puede calcular con la siguiente fórmula (ver Ref. 1):

$$Cm = 0.526 + \frac{0.49}{Cb} - \frac{0.165}{Cb^2}$$

$$= 0.526 + \frac{0.49}{0.53} - \frac{0.165}{0.53^2}$$

$$Cm = 0.86$$

#### 4.2.3 Coeficiente Prismático (Cp):

El coeficiente prismático se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$Cp = \frac{Cb}{Cm}$$

$$= \frac{0.53}{0.86}$$

$$Cp = 0.61$$

#### 4.2.4 Coeficiente de Flotación (Cwp)

El coeficiente de flotación se puede calcular con la siguiente fórmula (ver Ref. 1):

$$C_{wp} = 0.45 \times C_b + 0.56$$

$$= 0.45 \times 0.53 + 0.56$$

$$C_{wp} = 0.80$$

### 4.3 Estimación del Desplazamiento

El desplazamiento esta dado por la siguiente fórmula:

$$\Delta = 1.025 C_b L_{pp} B T$$

Por lo tanto:

$$\Delta = 1.025 \times 0.53 \times 13.44 \times 4.7 \times 1.6.$$

$$\Delta = 54.9 \text{ Tons.}$$

### 4.4 Elección de las Dimensiones Principales

Las dimensiones principales elegidas son las siguientes:

- Eslora Total LOA = 14.00 m
- Manga Moldeada B = 4.70 m
- Puntal Moldeado D = 2.30 m
- Calado T = 1.60 m

#### 4.5 Francobordo de Diseño (FB)

Una vez obtenidos los valores de calado y puntal, se puede estimar como el francobordo de diseño como:

$$FB = D - T = 2.3 - 1.6$$

$$FB = 0.7 \text{ m}$$

El cálculo del francobordo reglamentario mínimo se determinara en el apartado 5.15.4; según lo estipula *La Dirección General de Capitanías y Guardacostas*; por Resolución Directoral N° 0223-96/DCG del 14 de agosto 1996 y su modificación por Resolución Directoral 0336-2013/DCG del 22 de abril 2013.

#### 4.6 Estabilidad Inicial Preliminar del Buque Intacto

La altura metacéntrica inicial ( $GM_o$ ) recomendado por IMO Res. A.749 (14) es:

$$GM_o \geq 0.15m$$

Por otra parte:

$$GM = KB + BM - KG$$

Estimaremos la Altura del Centro de Carena ( $KB$ ) mediante la siguiente fórmula (ver Ref. 16):

$$KB = T \times \left( \frac{5}{6} - \frac{1}{3} \times \frac{C_b}{C_{wp}} \right)$$

$$= 1.6 \times \left( \frac{5}{6} - \frac{1}{3} \times \frac{0.53}{0.8} \right)$$

$$KB = 0.98m$$

Estimaremos el Radio Metacéntrico Transversal ( $BM$ ) mediante la siguiente fórmula (ver Ref. 16):

$$BM = \frac{f(C_{wp})}{12} \left( \frac{B^2}{T \times Cb} \right)$$

Donde:

$$f(C_{wp}) = 1.5 \times C_{wp} - 0.5$$

Reemplazando:

$$BM = (1.5 \times 0.8 - 0.5) \times \left( \frac{4.7^2}{1.6 \times 0.53} \right)$$

$$BM = 1.52m$$

Estimaremos el Centro de Gravedad Vertical ( $KG$ ) mediante la siguiente fórmula (ver Ref. 16):

$$KG = C_{KG} \times \left( D + \frac{\nabla_A + \nabla_{DH}}{L_{PP} \times B} \right)$$

Donde:

$\nabla_A$  : Volumen de la Superestructura.

$\nabla_{DH}$  : Volumen del Puente de Mando.

$C_{KG}$  : 0.65 – 0.75

Para estimar el volumen del puente de mando se realizo un croquis tal como se muestra en la figura n° 4.11, para una altura promedio de 2.1m.

$$\nabla_{DH} = 3 \times 3.5 \times 2.1$$

$$\nabla_{DH} = 22.1 \text{ m}^3$$

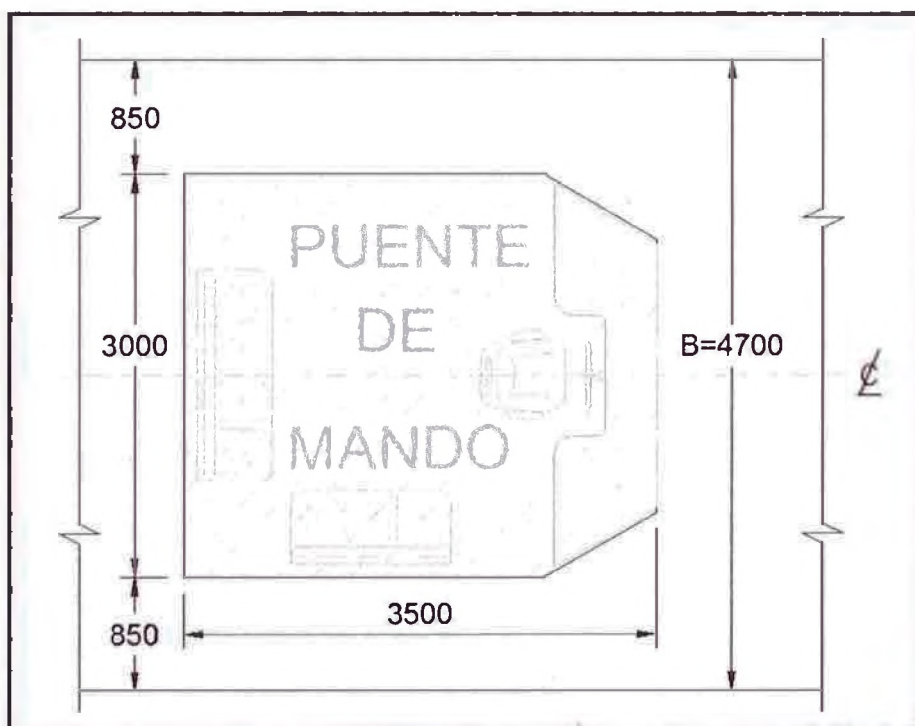


Figura n° 4.11 Croquis del Puente de Mando (vista de planta).

Reemplazando los valores y tomando  $C_{KG} = 0.70$ , tenemos:

$$KG = 0.70 \times \left( 2.3 + \frac{0 + 22.1}{13.4 \times 4.7} \right)$$

$$KG = 1.85m$$

Entonces:

$$GM_o = 0.65m$$

El valor estimado del  $GM_o$  es mayor al valor mínimo requerido por la IMO.

También se deberá garantizar su estabilidad en operación, pues como requerimiento de diseño es que el buque tenga un bollard pull de 8tn, para estimar el  $GM$  para esta condición usaremos la siguiente formula (ver Ref. 9):

$$GM \geq 0.076 \frac{k}{FB \times Cb}$$

Donde:

$$k = 1.524 + 0.08 \times L_{pp} - 0.45 \times r$$

$r$ : El radio del gancho de remolque, en metros.

Estimando que el radio del gancho puede ser 1.0m, obtenemos:

$$GM \geq 0.076 \frac{2.15}{0.5 \times 0.53}$$

$$GM \geq 0.61m$$

Condición que se cumple para el proyecto

#### 4.7 Desplazamiento en Rosca, Desplazamiento Total y Peso Muerto.

El Desplazamiento en Rosca o Liviano ( $\Delta_R$ ) es el peso del buque completo pero sin carga (consumibles, tripulación y efectos).

Desplazamiento Total ( $\Delta_T$ ) es el peso del buque cuando navega con la flotación correspondiente a la línea máxima de carga de verano.

El Peso Muerto (PM) es la diferencia entre el desplazamiento total y el desplazamiento en rosca; por tanto está compuesto por el Peso de carga útil, Peso de Consumibles y Peso de Tripulación y Efectos.

##### 4.7.1 Estimación del Desplazamiento en Rosca ( $\Delta_R$ ).

El resultado del Desplazamiento en Rosca ( $\Delta_R$ ) se obtiene del desglose en los siguientes pesos (ver Ref. 1):

$$\Delta_R = P_{ACERO} + P_{HABILITACION Y EQUIPO} + P_{MAQUINARIA}$$

Para estimar el **Peso del Acero** utilizaremos la siguiente expresión (ver Ref. 3):

$$P_{ACERO} = \alpha \times L_{pp} \times B \times D$$

Donde:

$\alpha$ : Constante que oscila entre 0.20 y 0.23. Escogeré: 0.21

Por lo tanto:

$$P_{ACERO} = 0.21 \times 13.44 \times 4.7 \times 2.3$$

$$P_{ACERO} = 30.5 \text{ tn}$$

Para estimar el **Peso de Habilitación y Equipo** utilizaremos la siguiente expresión (ver Ref. 1):

$$P_{HABILITACION Y EQUIPO} = \beta \times L_{pp} \times B \times D$$

Donde:

$\beta$ : Constante que oscila entre 0.04 y 0.08. Escogeré: 0.08

Por lo tanto:

$$P_{HABILITACION Y EQUIPO} = 0.08 \times 13.44 \times 4.7 \times 2.3$$

$$P_{HABILITACION Y EQUIPO} = 11.6 \text{ tn}$$



Para estimar el **Peso del Maquinaria** para ello utilizaremos la siguiente expresión (ver Ref. 3):

$$P_{MPA} = 2 \times P_{MP}$$

Donde:

$P_{MP}$  : Peso de máquina principal.

Por lo tanto:

$$P_{MPA} = 2 \times (2 \times 1.184)$$

$$P_{MPA} = 4.7 \text{ tn}$$

**El Desplazamiento en Rosca** obtenido es:

$$\Delta_R = 30.5 + 11.6 + 4.7$$

$$\Delta_R = 46.8 \text{ tn}$$

#### 4.7.2 Estimación del Peso Muerto (PM).

El buque no es de carga, y por tanto el peso de carga útil es nulo. Así tenemos el desglose en los siguientes pesos:

$$PM = P_{CONSUMIBLES} + P_{TRIP.IEFEC.}$$

Los consumibles son cargas variables durante la navegación que dependen de la autonomía del buque y se pueden clasificar en: Combustible, Aceite Hidráulico, Agua dulce, Lodos, Lastre y Provisiones.

El **Peso del Combustible** necesario es función de la autonomía y del consumo específico de los motores. De la especificación de los motores principales y del generador (ver Anexo 6 y 7) obtenemos el dato del consumo específico. Por lo tanto:

$$\begin{aligned} P_{COMBUSTIBLE} &= 2 \times P_{COMB. MAQ. PRINC.} + P_{COMB. GENERADOR} \\ &= 2 \times 0.0552 \text{ m}^3/\text{hr} \times 24\text{hr} \times 0.87 \text{ tn}/\text{m}^3 + \\ &\quad 0.0072 \text{ m}^3/\text{hr} \times 24\text{hr} \times 0.87 \text{ tn}/\text{m}^3 \end{aligned}$$

$$P_{COMBUSTIBLE} = 2.4 \text{ tn}$$

El **Peso del Aceite Hidráulico** se estimara por un volumen total de 75 galones (0.28m<sup>3</sup>), destinado para el sistema hidráulico de gobierno y los equipos en cubierta (cabrestante del ancla, pistón para el mástil abatible y el pistón de accionamiento del gancho de remolque), por tanto:

$$P_{Ac. H} = 0.28 \times 0.9$$

$$P_{Ac. H} = 0.25 \text{ tn}$$

Estimaremos el **Peso de Agua Dulce** usando la siguiente fórmula:

$$P_{AGUA} = k \times N \times d$$

Donde:

k: Consumo diario de agua por persona. Consideramos  $k = 150$  litros por persona al día.

N: Número total de personas embarcadas ( $N = 8$ ).

d: Autonomía del buque en días. Las especificaciones indican  $24\text{hrs} = 1$  día.

Por lo tanto:

$$P_{AGUA} = 1200 \text{ litros}$$

$$P_{AGUA} = 1.2 \text{ tn}$$

Para estimar el **Peso de Lodos** se basará en el cálculo aproximado de la capacidad del tanque de lodos (MARPOL Anexo I Regla 17- Apartado 1 interpretación 8.1):

$$V = K_1 \times C \times D \text{ (m}^3\text{)}$$

Donde:

$K_1$ : 0.005 (para los buques en que se utilice diesel oil o fueloil pesado que no haya de ser purificado antes de su uso).

C: Consumo de combustible diario en toneladas.

C=2.5 tn.

D: Máxima travesía sin descargar lodos a tierra. Se estimara catorce días.

Por lo tanto:

$$V = 0.005 \times 2.5 \times 14$$

$$V = 0.18 \text{ m}^3$$

$$P_{LODOS} = 0.16 \text{ tn}$$

El **Peso de Lastre** se estimara por un volumen total  $0.6\text{m}^3$  por tanto:

$$P_{LASTRE} = 0.6 \times 1.025$$

$$P_{LASTRE} = 0.62 \text{ tn}$$

El **Peso de las Provisiones** se considerará 5 kg / persona por 2 días, pues el buque no cuenta con gambuza.

$$P_{\text{Provisiones}} = 0.08 \text{ tn}$$

El **Peso de la Tripulación y Efectos** se considerará 200 kg / persona

$$P_{\text{TRIP./EFECT.}} = 1.6 \text{ tn}$$

El **Peso Muerto** obtenido es:

$$PM = 2.4 + 0.25 + 1.2 + 0.16 + 0.62 + 0.08 + 1.6$$

$$PM = 6.3 \text{ tn}$$

#### 4.7.3 Estimación del Desplazamiento Total ( $\Delta_T$ ).

El Desplazamiento Total esta dado por:

$$\Delta_T = \Delta_R + PM$$

$$= 46.8 + 6.3$$

$$\Delta_T = 53.1 \text{ tn}$$

## 4.8 Selección y Evaluación de Formas del Casco

Durante el proceso de definición de las formas debe prestarse especial atención a determinadas características:

- La construcción sea fácil y económica, para ello los costados y fondos serán lo más rectos posibles o con la menor curvatura posible, así como transiciones suaves.
- Las formas presenten la menor resistencia al avance posible, ya que esto nos permite tener motores de menor potencia y por tanto de menor costo tanto de adquisición como de mantenimiento como un menor consumo.
- El buque ha de tener una buena maniobrabilidad para facilitar las maniobras de amarre-desamarre.
- Las formas influyen también en el proyecto de la hélice. Unas formas que eliminen en la medida de lo posible los fenómenos de cavitación, pueden mejorar el coeficiente propulsivo, al mismo tiempo que se minimizan posibles vibraciones transmitidas por la hélice.

### 4.8.1 Zona de Popa.

Esta zona se dispone el propulsor y timón, así que su diseño afectará conjuntamente al rendimiento propulsivo y a la maniobrabilidad del buque.

Las formas de la popa deben proyectarse para conseguir un flujo estable de entrada de agua a la hélice, que logre una correcta distribución

de la estela en el disco de la hélice. Además, debe dar cabida a la hélice con tobera, compatible con el logro de conseguir una inmersión adecuada en todas las situaciones de navegación o situaciones de carga previstas para el buque

#### 4.8.2 Zona de Proa.

Esta zona tendrá un arrufo ligeramente mayor con el fin de aumentar la altura de la proa, hecho que nos asegura un desembarque de agua que se pueda producir en caso de condiciones difíciles de navegación.

La roda con un ligero lanzamiento permite contar con un mayor espacio sobre la cubierta sin necesidad de aumentar la carena.

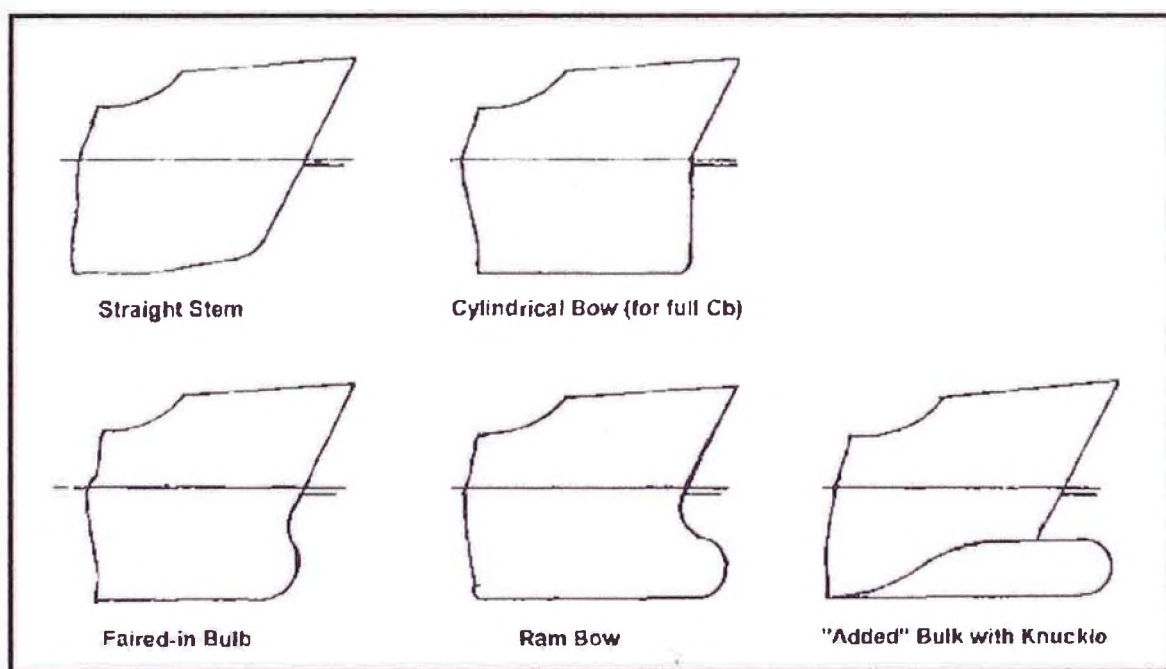


Figura n° 4.12: Varias configuraciones de proa. (Fuente: Ver Ref. 5)



### 4.8.3 Selección de sección media

Las posibles alternativas en el diseño de formas que se utilizaran:

- Formas en V
- Formas en U

Las cuadernas en V tienen las siguientes ventajas (ver Ref. 5 y 16):

- Permiten reducir el ángulo de entrada en flotación.
- Permiten un cabeceo más suave y mantienen la cubierta más seca.
- No producen ola rompiente.

Por el contrario las cuadernas en U se caracterizan por (ver Ref. 5 y 16):

- Permiten formas de popa más tendidas, lo que mejora la estela y por tanto aumenta el rendimiento del propulsor.

Por otra parte se presenta de manera ilustrativa en la Fig. n° 4.13 los resultados del ensayo de B. B. Wood para formas de casco en U y en V (ver ref. 20); en la que se muestra que la diferencia es reducida en la resistencia al avance para velocidades menores a 32km/h (17 nudos) y para el presente proyecto es menor a esta velocidad.

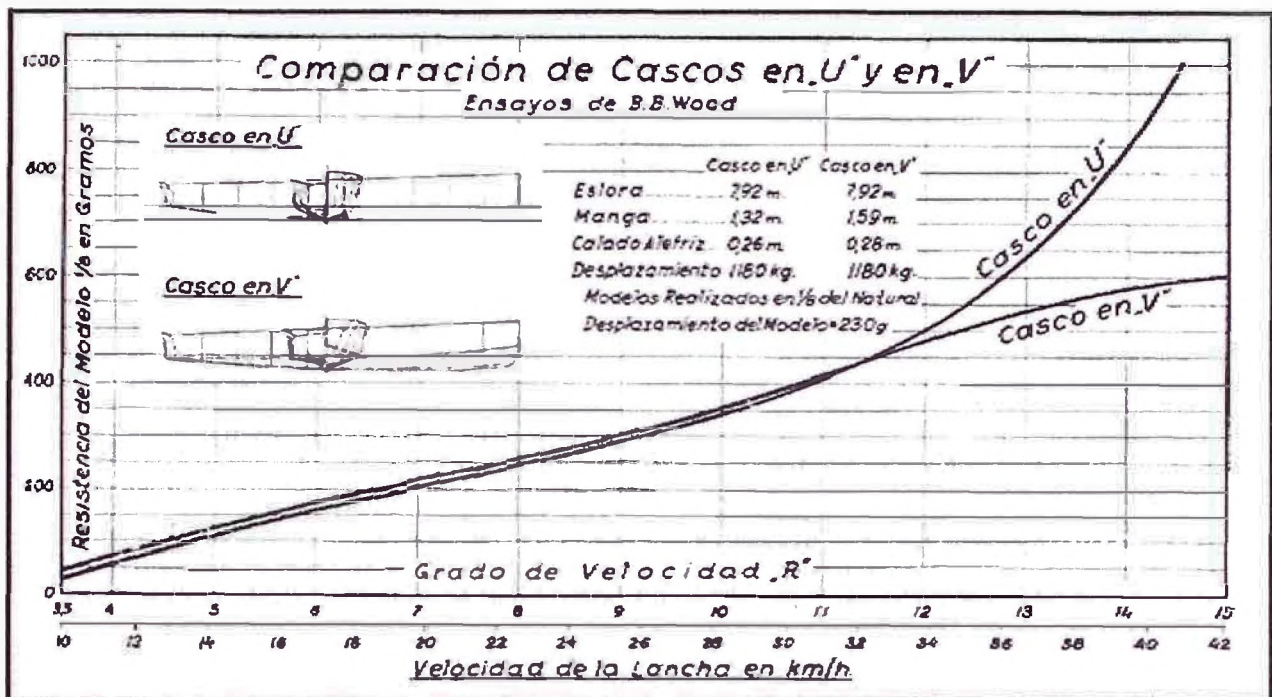


Figura n° 4.13: Comparación de cascos en U y en V.

(Fuente: Ver Ref. 20)

Por facilidad de construcción se optará por formas en V, por ello el casco contará con un codillo que nace en la roda y se extiende hacia popa a lo largo de toda la eslora; y una astilla muerta que favorece una menor resistencia por fricción. Hacia popa presentará una inclinación ascendente con el fin de albergar al conjunto hélice-tobera-timón. La popa será tipo espejo y la intersección del forro lateral será redondeado a fin de evitar el desgaste por rozamiento de las amarras y/o cables de amarre.

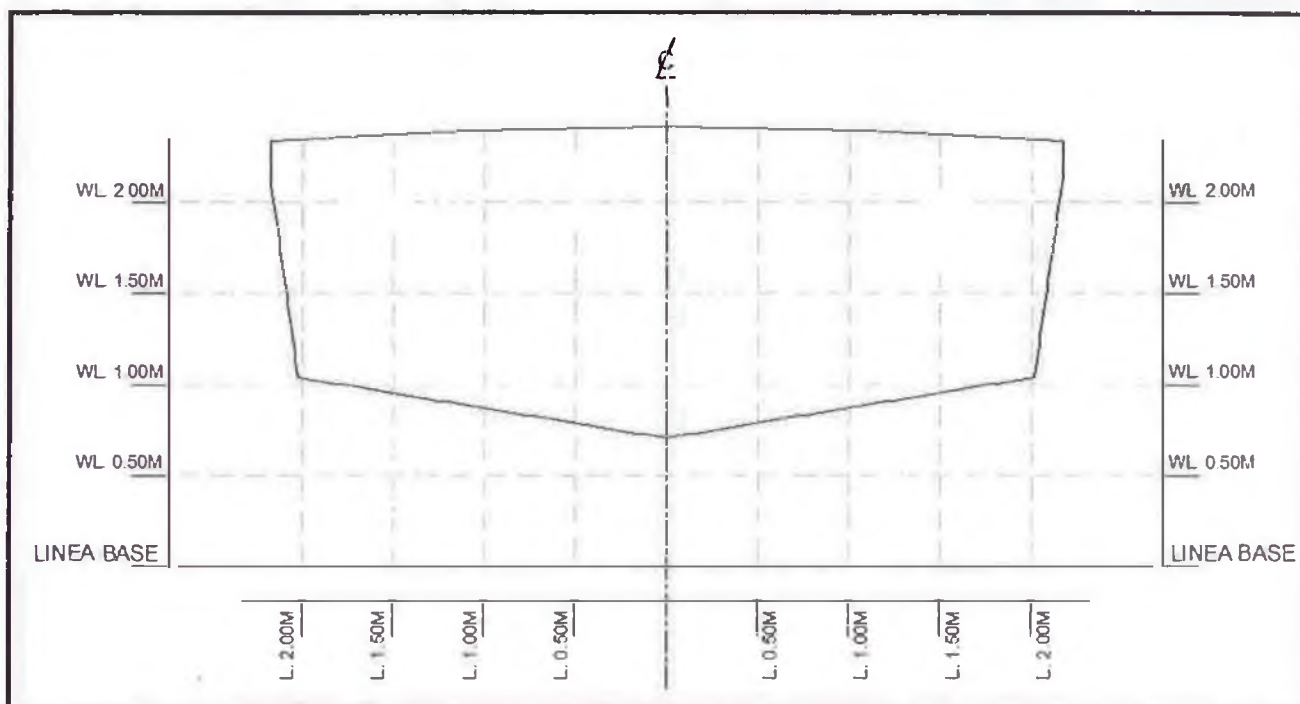


Figura n° 4.14: Elevación Transversal en Popa.

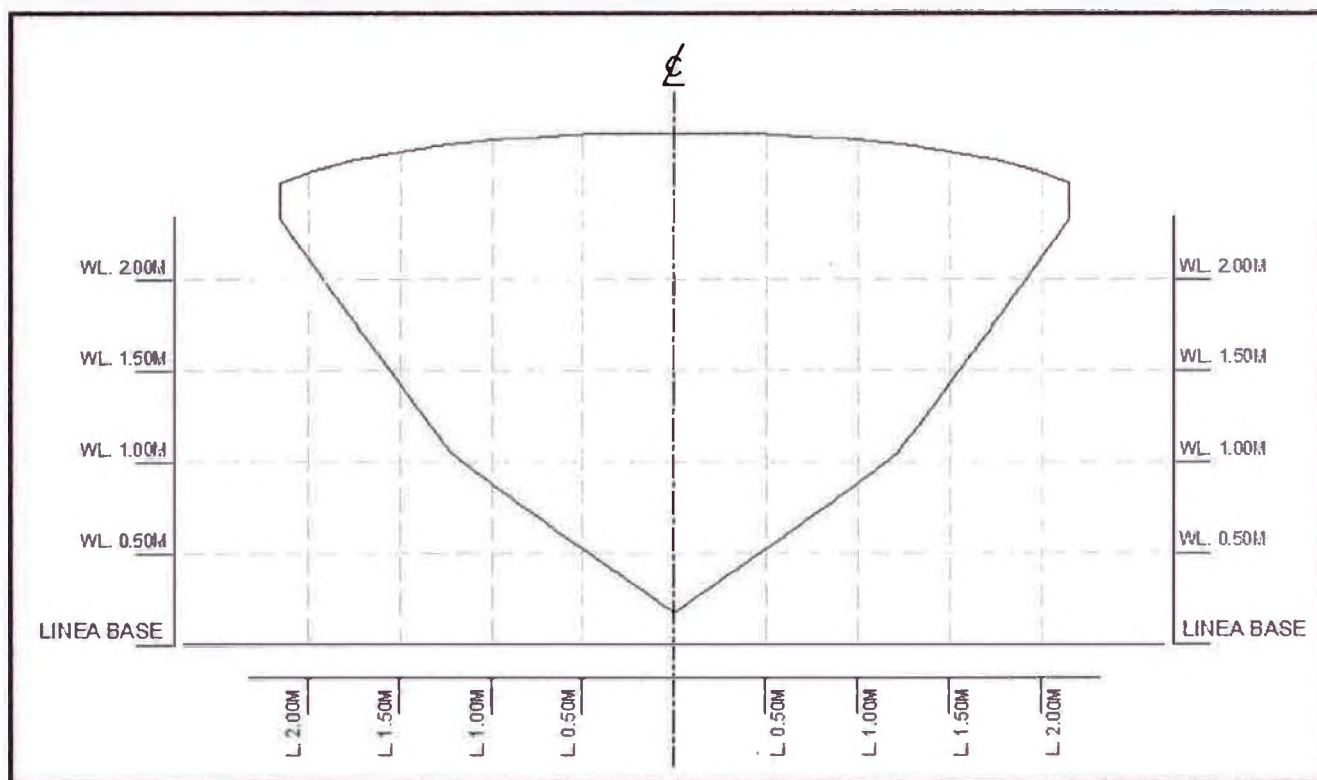


Figura n° 4.15: Elevación Transversal en Proa.

Además, es necesario un *Quillote* por las siguientes razones (ver Ref. 1):

- Aumento de la superficie lateral de la obra viva, desplazando el centro de presiones hacia popa.
- Disponibilidad de espacio cuya masa puede ser elegida para lograr el trimado del buque.
- Separa el flujo de agua que llega a la hélice.

#### **4.8.4 Líneas de Forma.**

El diseño de las líneas formas de la carena nos basamos en la elección de las formas, las dimensiones principales y coeficientes de forma que se han estimado.

Para el diseño de las líneas de formas de la carena utilizaremos el programa *AUTOSHIP v8.2*. Este programa trabaja básicamente definiendo las superficies por un conjunto de puntos de control que de forma global constituyen la malla de puntos de control.

A continuación se presentan las líneas de forma generadas en el *AUTOSHIP v8.2*:

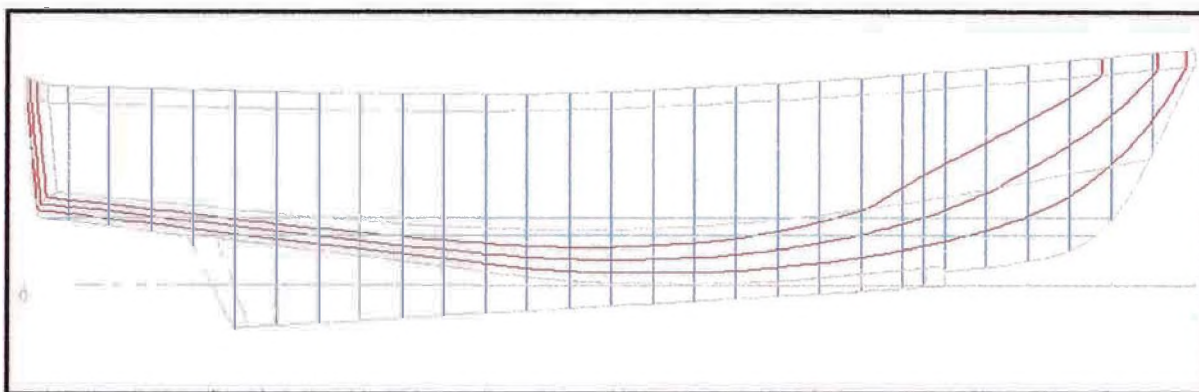


Figura n° 4.16: Líneas de Forma – Vista de Elevación.

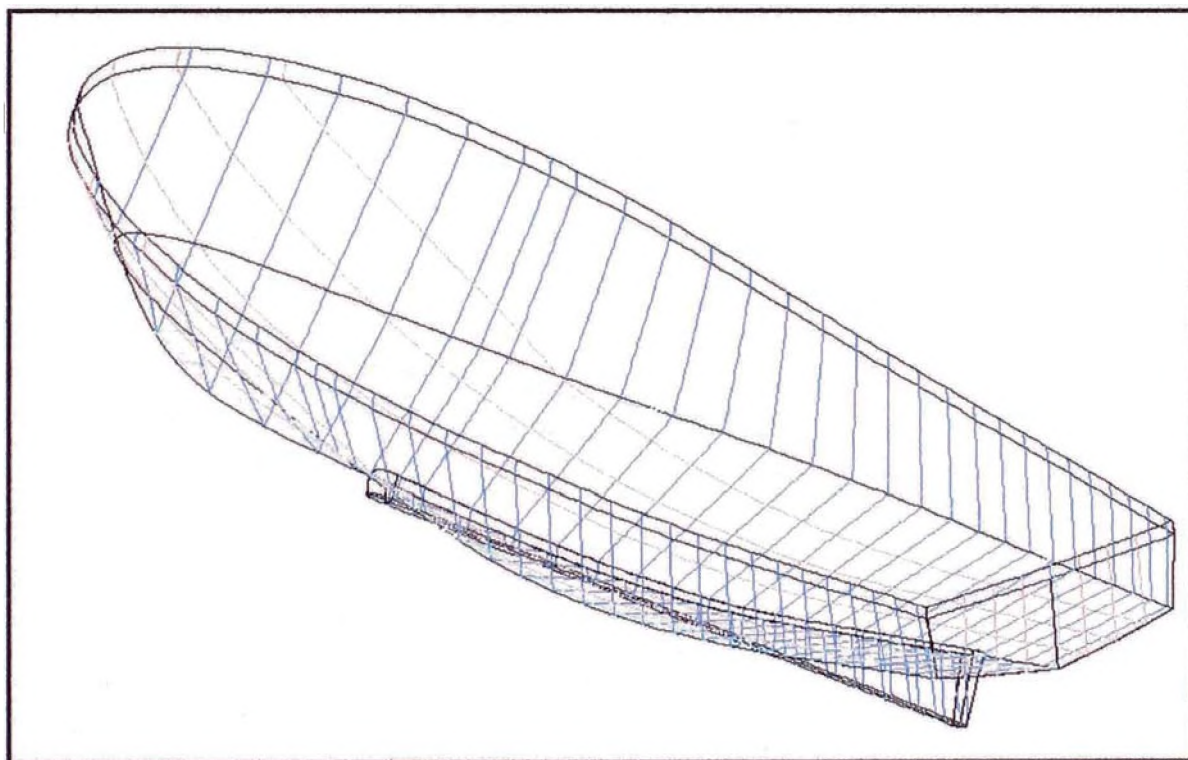


Figura n° 4.17: Líneas de Forma – Isométrico.

#### 4.8.5 Curva de Áreas

Esta curva se obtiene representando las áreas de cada sección bajo la flotación en función de la eslora. Indica como se ha repartido el empuje o volumen de carena a lo largo de la misma.

En la Fig. n° 4.18 se representa esta curva (obtenida del AUTOSHIP v8.2), las ordenadas están divididas por la sección de mayor área y se presenta la posición longitudinal del centro de carena (LCB), medido desde la estación "0" para un calado de 1.6 metros.

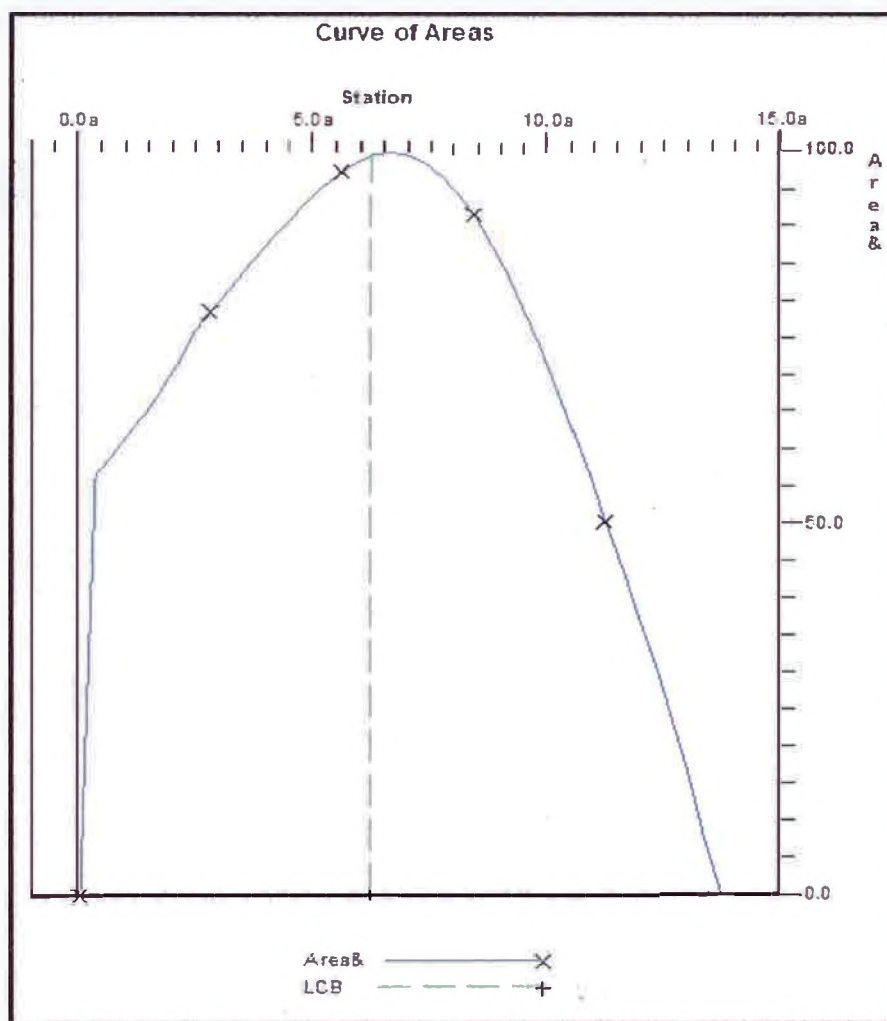


Figura n° 4.18: Curva de Áreas.



## **CAPITULO V**

### **DESARROLLO DEL PROYECTO**

Para definir la disposición general del casco, hay que tener en cuenta las necesidades del buque en base a los requisitos que aparecen en las especificaciones técnicas del proyecto.

Se tratará de asignar los espacios correspondientes de la forma más adecuada. Para ello se tiene que buscar que las operaciones de trabajo y de maniobra propias de este buque se puedan realizar adecuadamente y sin obstáculos; siendo los accesos a las distintas zonas sea lo más rápido, sencillo y seguro, y estén acorde a las normas nacionales e internacionales.

#### **5.1 Justificación de la Disposición General**

La embarcación auxiliar del tipo amarradora, para el presente proyecto está destinada para maniobras de amarre y desamarre en terminales portuarios y apoyo en el mantenimiento de instalaciones marítimas, tanto en aguas abiertas como en la bahía.



El tipo de servicio define la disposición general, por tal se deberá tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- El casco es de una sola cubierta. La sala de máquina ubicada en popa, así mismo los silenciadores y los escapes húmedos por el espejo sobre la línea de máxima carga.
- El puente de mando y la habitabilidad de la tripulación están dispuestos en el extremo de proa, con la finalidad de obtener suficiente espacio en la cubierta para la operación de trasladar los cabos de amarre de los buques.
- El puente de mando tendrá ventanas amplias en todo el perímetro, permitiéndole al capitán una visibilidad de 360° en navegación y durante las maniobras.
- A ambas bandas del casco se instalarán dos filas de defensas de jebe resistente (diseñadas y fabricadas para este trabajo) a la altura de la cubierta principal.
- Entre la amurada y el casco lateral de proa a ambas bandas se instalará defensas de jebe.
- En la roda, se dispondrá de una defensa de jebe resistente que será instalada de forma vertical. Esta defensa será utilizada en las maniobras de empuje del buque.

## 5.2 Sistema de Construcción

El sistema de construcción que tomaremos para el proyecto es mixta: longitudinal a popa (por ser la zona que estará expuesta a mayores cargas y por tener aberturas) y transversal en proa (por facilidad de construcción).

Los espesores de plancha y escantillonado de los refuerzos estructurales serán calculados de acuerdo a las Reglas de la Sociedad Clasificadora ABS (2012) y se exponen en el apartado 5.25.

## 5.3 Mamparos Estancos

Según ABS, indica en el apartado 3-2-7 el número mínimo de mamparos estancos son (ver Ref. 2):

- Mamparo de colisión o pique de proa.
- Mamparo de pique de popa.
- Mamparo estanco a proa de la sala de máquinas.

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

### 5.3.1 Mamparo de colisión

La ubicación del mamparo de colisión según el ABS, indica en el apartado 3-2-7/3.1, estará a no menos de  $0.05L_f$  y no más de  $0.08L_f$  del extremo de proa de la línea de flotación de verano. Entonces:

$$0.05 \times L_f < dc < 0.08 \times L_f$$

Donde:

dc: Distancia entre la perpendicular de proa y el mamparo de colisión.

$L_f$ : Eslora de francobordo.

$$0.05 \times (0.96 L_{WL}) < dc < 0.08 \times (0.96 L_{WL})$$

$$0.05 \times (0.96 \times 13.51) < dc < 0.08 \times (0.96 \times 13.51)$$

$$0.65\text{m} < dc < 1.04\text{m}$$

El mamparo de colisión se ubica en la cuaderna 11.5, siendo la distancia al perpendicular de proa de 992mm la está dentro del rango de  $dc$  (ver Fig. n° 5.1); con ello, se tiene espacio para instalar en la cubierta una escotilla de ingreso al pique de proa.

### 5.3.2 Mamparo de pique de popa

El buque está propulsado mediante dos hélices; por tal, se ha procurado que la ubicación del mamparo asegure la estanqueidad del tubo de bocina. Así, el mamparo de pique de popa se ubica en la cuaderna 2 (ver Fig. n° 5.1); con ello se da el suficiente espacio para instalar el tanque de combustible.

### 5.3.3 Mamparo estanco a proa de la sala de máquinas

El mamparo estanco a proa de la sala de máquinas se ubica en la cuaderna 7.5 (ver apartado 5.5) (ver Fig. n° 5.1).

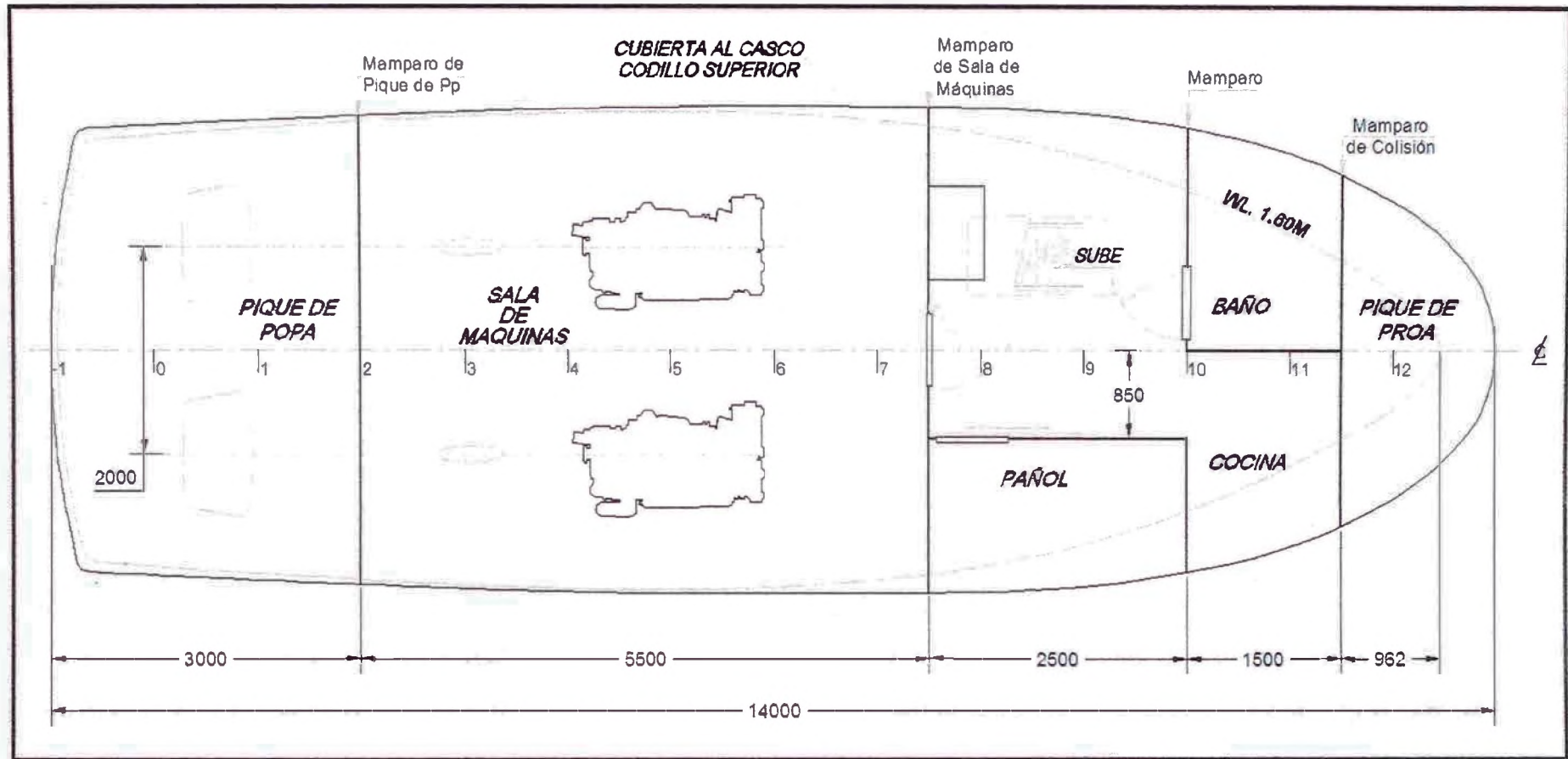


Fig. n° 5.1 Disposición de Mamparos

El mamparo 7.5 (a proa de Sala de Máquinas), llevarán aislamiento con planchas de poliuretano y un forro de paneles ignífugos según ABS (Pt. 3 Ch. 4 Sec. 1) y SOLAS -1974 (Cap. II-2).

## **5.4 Cubiertas**

El buque dispone de las siguientes cubiertas.

### **5.4.1 Cubierta Principal.**

La cubierta principal es una cubierta a la intemperie, corrida desde la popa hasta la proa. Sobre esta cubierta se encuentran: Equipos de maniobra (bitas, gancho de remolque y cabrestante), escotillas, portalones y puente de mando (ver Fig. n° 5.2).

### **5.4.2 Cubierta del Puente de Mando**

Sobre la cubierta del Puente de mando se ubicará lo siguiente: Mástil rebatible (con el fin de no interferir en la maniobra de traslado del cabo), reflectores, antenas de radio y radar, luces de patio, balsa salvavidas autoinflable (ver Fig. n° 5.2).

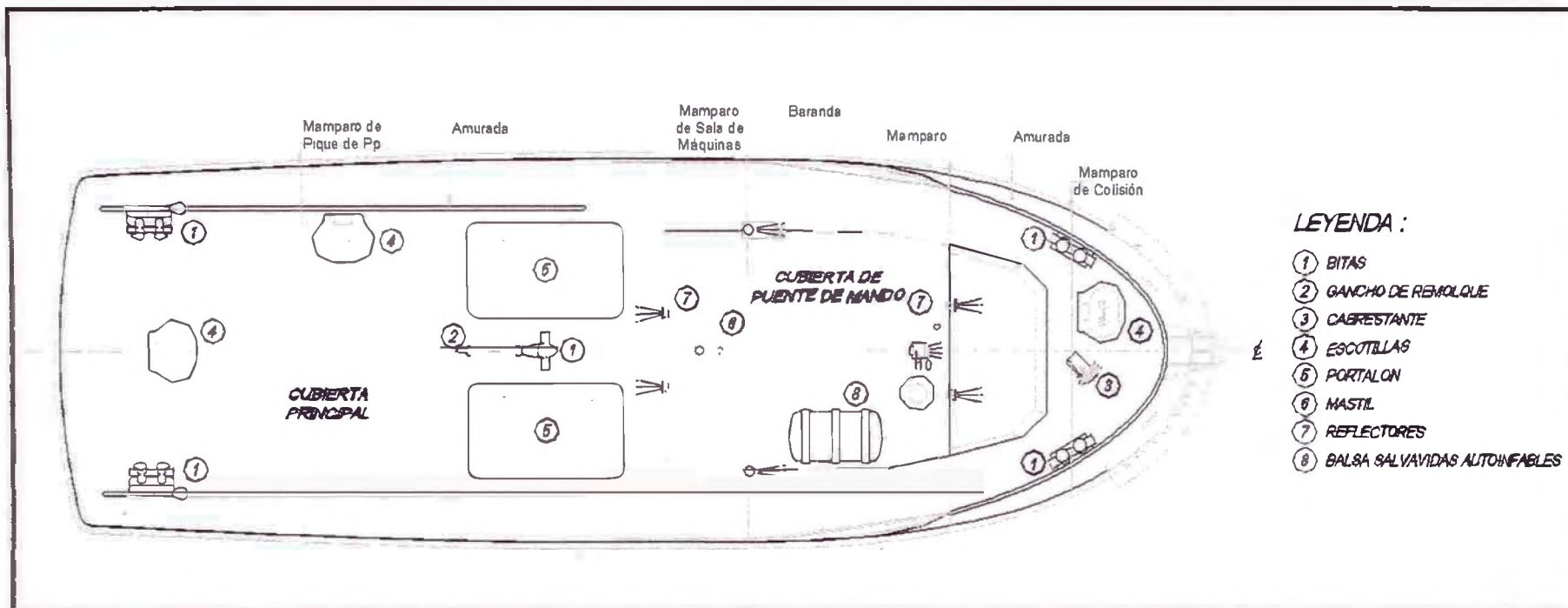


Fig. n° 5.2 Disposición de Cubierta Principal y Cubierta de Puente de Mando

## 5.5 Sala de Máquinas

La eslora de la sala de máquinas se puede estimar mediante la siguiente fórmula (ver Ref. 1):

$$L_{SM} = C_1 * L_{MP} + C_2$$

Donde:

$L_{SM}$  : Eslora de sala de máquinas

$L_{MP}$  : Eslora del motor principal

$$1.7 < C_1 < 2.3$$

$$1.0 < C_2 < 2.0$$

En el apartado 4.1.3.1 se estimó que cada motor contara con una potencia BHP cuyo rango comprenderá [322 , 363] HP, con esto se busco en catálogos de motores marinos, tomando como valor de  $L_{MP} = 1.6m$ ; entonces tenemos:

$$1.7 * L_{MP} + 1 < L_{SM} < 2.3 * L_{MP} + 2$$

$$3.7m < L_{SM} < 5.7m$$

Tomamos como  $L_{SM} = 5.5m$ ; entonces la sala de máquinas está ubicada entre las cuadernas 2 y 7.5 y alojará las máquinas de propulsión y equipos auxiliares.

Cada motor diesel estará acoplado a su respectiva caja de engranajes reductora-inversora, que accionará al eje propulsor y la hélice de paso fijo. La hélice estará alojada dentro de una tobera y al final de esta se encuentra el timón.

El montaje de cada motor y caja reductora será a través de una bancada común estructurada en el fondo de la sala de máquinas de la embarcación.

El motor a seleccionar tendrá integrado las bombas de enfriamiento, aceite y combustible, con el fin de optimizar el espacio disponible.

El piso de sala de máquinas será de plancha estriada de acero de 5 mm, instalado sobre una estructura aligerada de acero.

La puerta de acceso a la sala de máquinas será estanca al agua, confeccionada de plancha de acero ASTM A-131 Grado A, con sus respectivos elementos de cierre.

## 5.6 Tanques

Los requisitos generales a tener en cuenta al proyectar los tanques y su ubicación pueden ser los siguientes:

- Los tanques dispondrán de tapas de registro estancas para permitir el acceso.
- Se pretenden disminuir el efecto de las superficies libres, lo cual se puede conseguir con un mayor compartimentado.
- La distribución de tanques será simétrica respecto a crujía para dar una condición de pesos favorable.
- Procurar que los tanques de lastre se sitúan a proa (babor - estribor) de forma que se puedan conseguir correcciones de escora y asiento.
- Los tanques de agua potable se separan de los de combustible por medio de cofferdams.



### **5.6.1 Tanques de Agua Dulce.**

Se instalará dos tanques de la misma capacidad y dimensiones, situadas a ambas bandas y dentro de la sala de máquinas. Para su inspección llevaran una tapa de registro estanca con brazola y tapa empernada.

La capacidad de cada tanque es de  $0.52\text{m}^3$ , haciendo un total de  $1.04\text{m}^3$  y siendo mayor al volumen que se había estimado (ver Fig. n° 5.3).

### **5.6.2 Tanque de Combustible.**

El tanque de combustible se ubicará en el pique de popa y en la línea de crujía. Para su inspección llevara una tapa de registro estanca con brazola y tapa empernada.

El tipo de combustible será diesel puesto que el combustible pesado se debe precalentar antes de usarlo, conllevando la instalación adicional de equipos, y además los motores que usan combustible pesado precisan de un mayor mantenimiento.

La capacidad del tanque es de  $2.7\text{m}^3$  y siendo mayor al volumen que se había estimado (ver Fig. n° 5.3).

### **5.6.3 Tanque de Lodos.**

El tanque de lodos se ubicará en la sala de máquinas. Para su inspección llevará una tapa de registro estanca con brazola y tapa empernada.

La capacidad del tanque es de  $0.18\text{m}^3$  (ver Fig. n° 5.3)

#### **5.6.4 Tanque de Agua Negras y Grises.**

El tanque de aguas negras y grises se ubicará a popa de la cuaderna 10 y la capacidad del tanque es de  $0.12\text{m}^3$  (ver Fig. n° 5.3).

La unidad de tratamiento de aguas negras y grises se ubicará a proa del mamparo 7.5 (ver Fig. n° 5.3).

#### **5.6.5 Tanque de Lastre.**

El tanque de lastre se ubicará entre las cuadernas 10 y 11.5 y la capacidad del tanque de lastre es de  $0.6\text{m}^3$  (ver Fig. n° 5.3).

#### **5.6.6 Tanques de Aceite Hidráulico.**

En el capítulo IV se ha estimado el volumen total de 75 galones de aceite hidráulico, el cual se ha dividido en dos con el fin de atender por separado los siguientes sistemas: Sistema hidráulico de gobierno y sistema hidráulico de los equipos en cubierta.

El tanque para el sistema hidráulico de gobierno se instalara en el mamparo 7.5, dentro de la sala de maquinas y se estima una capacidad de 20 galones (ver Fig. n° 5.3).

El tanque para el sistema hidráulico de los equipos en cubierta se instalará en el mamparo 2, dentro de la sala de maquinas y se estima una capacidad de 50 galones (ver Fig. n° 5.3).

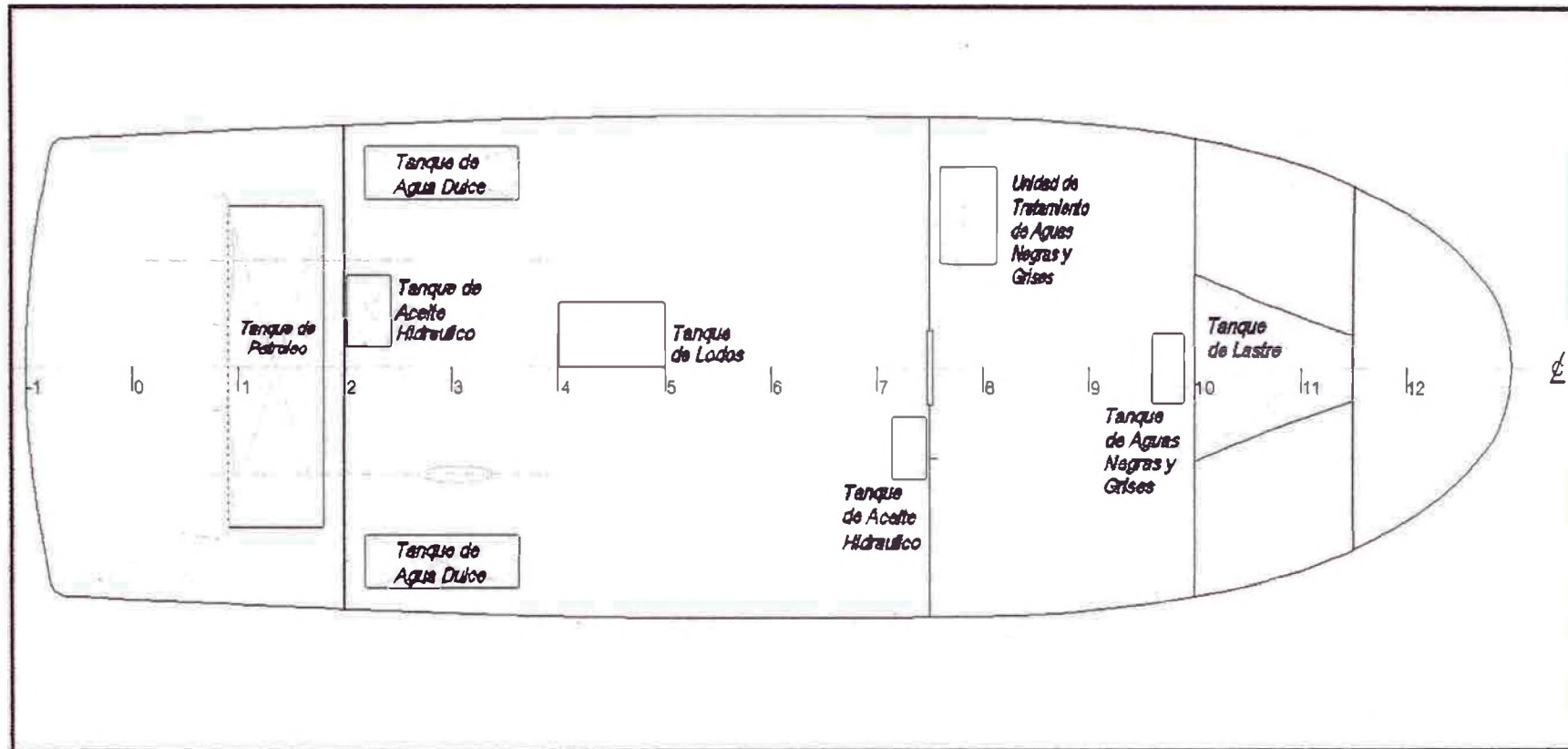


Fig. n° 5.3 Disposición de Tanques

### 5.7 Cocina y Baño.

La cocina está situada bajo cubierta y será acondicionada como sigue (ver Fig. n° 5.4):

- Una cocina eléctrica de dos hornillas tipo naval, diseñada con guarda balance y pasamanos de acero inoxidable.
- Un repostero y mesa de trabajo con gavetas y anaqueles, en madera pino.
- Un lavadero de acero inoxidable de una poza y grifería de agua fría.

El baño está situado bajo cubierta y será acondicionada como sigue (ver Fig. n° 5.4):

- Un lavamanos con dispensador de jabón, porta papel y papelera
- Un inodoro de accionamiento manual /eléctrico
- Un extractor de baño, montado en cielo raso

El cielo raso de la cocina y del baño será aislado con poliuretano y llevará forro de paneles ignífugos (fijadas con perfiles metálicos), según ABS (Pt. 3 Ch. 4 Sec. 1) y SOLAS -1974 (Cap. II-2).

El piso de la cocina será antideslizante y el piso del baño se instalara cerámico tipo porcelanato.

Se instalara una lumbreira en la cocina y una en el baño, y serán rectangulares con marco de aluminio y vidrio de seguridad.

La puerta del baño será rebatible con rejillas de ventilación en la parte inferior y confeccionada con paneles ignífugos contra placados sobre listones de madera.

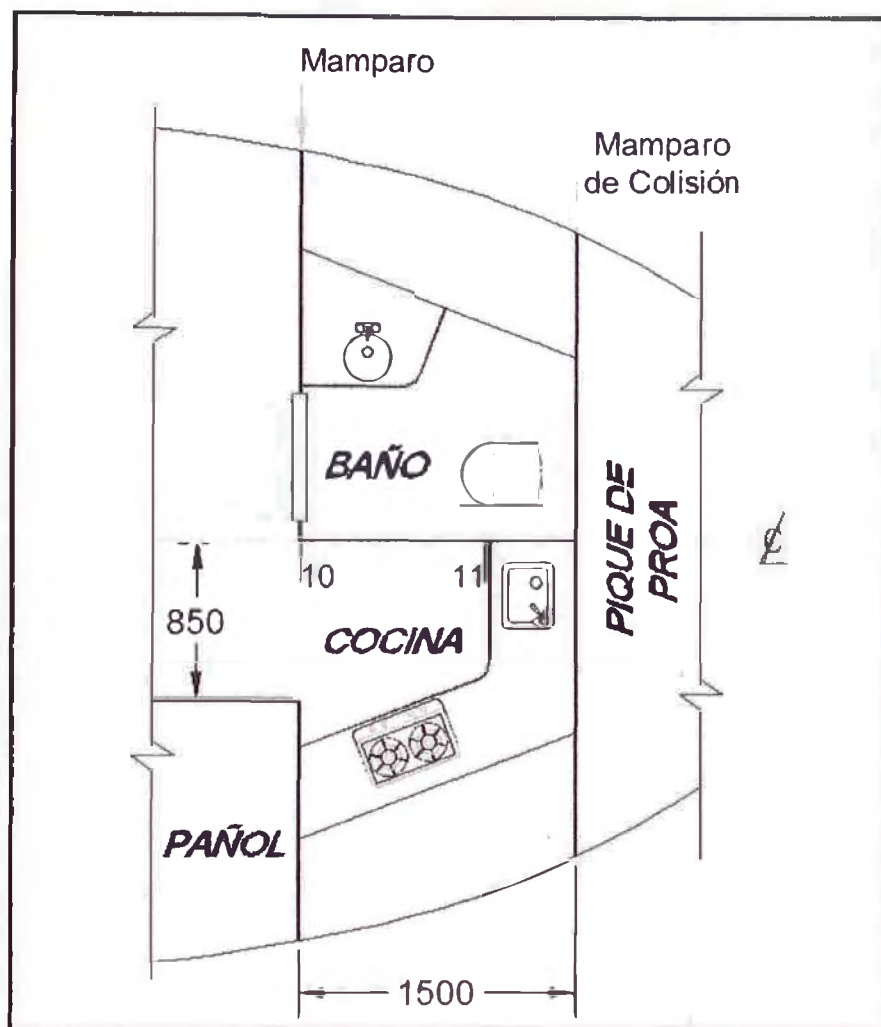


Fig. n° 5.4 Disposición de cocina y baño.

### 5.8 Pañol

Ubicado bajo la cubierta a proa de sala de máquinas y destinada para almacenamiento diverso.

La puerta del pañol será corrediza con rejillas de ventilación en la parte inferior, confeccionada con paneles ignífugos contra placados sobre listones de madera y provistas de chapa con manija y llave (ver Fig. n° 5.1).

### 5.9 Puente de Mando

Está ubicado sobre cubierta principal y a proa de la embarcación, en ella que se ha dispuesto lo siguiente (ver Fig. n° 5.5):

- Una consola de mando.
- Un asiento giratorio para el piloto de altura ajustable.
- Dos bancas con asiento y espaldar acolchado y forrado con vinilo para siete tripulantes.
- Una escalera inclinada para el acceso al compartimiento de proa

En el mamparo frontal de la caseta de gobierno se instalarán tres ventanas fijas de 500 mm de altura y longitud variable. Llevarán vidrio templado montado sobre su marco respectivo y serán equipadas con limpia parabrisas de accionamiento eléctrico.

Los mamparos laterales y de popa llevarán siete ventanas de 500 mm de altura y de longitud variable. Llevarán vidrio templado. Las ventanas laterales serán corredizas.

El cielo raso será aislado con poliuretano y llevará forro de paneles ignífugos, fijadas con perfiles metálicos y los mamparos llevarán aislamiento con planchas de poliuretano y forro de paneles ignífugos según ABS (Pt. 3 Ch. 4 Sec. 1) y SOLAS -1974 (Cap. II-2).

El piso será antideslizante adherido a la plancha del piso.

Las dos puertas exteriores al puente de mando serán estancas, confeccionadas de acero ASTM A-131 Grado A, ventana de vidrio templado en la parte superior y brazola. La bisagra y pines serán de acero inoxidable.

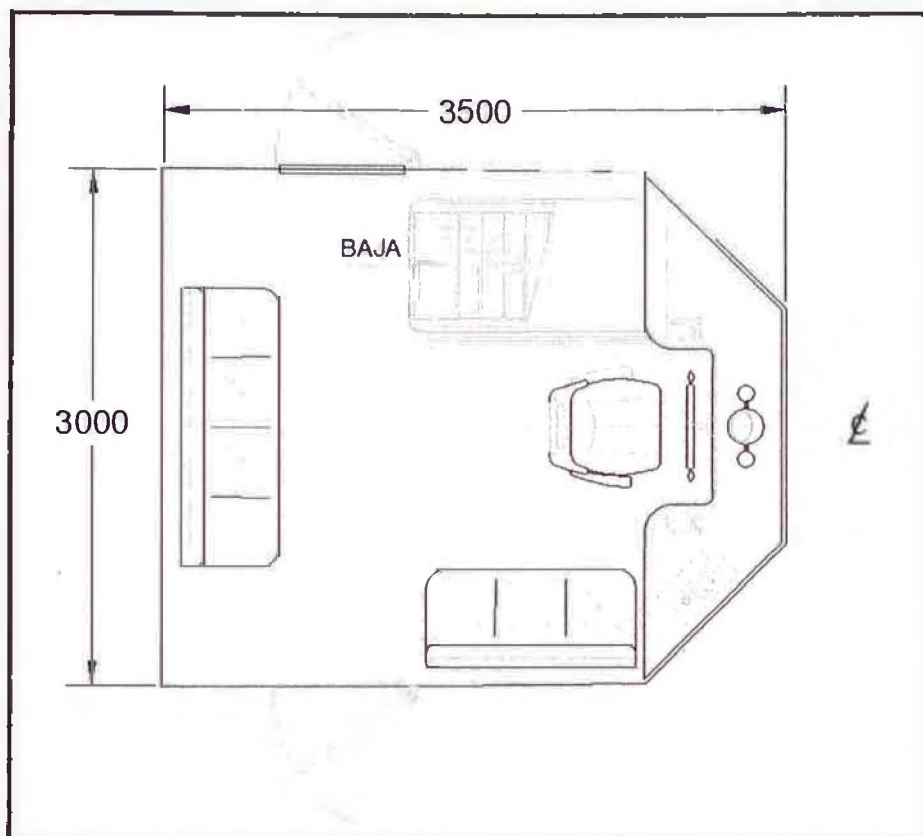


Fig. n° 5.5 Disposición de Puente de Mando.

### 5.10 Escalas, Pasamanos y Guardacabos

El buque contará con una escalera inclinada que da acceso desde el puente de mando al compartimiento de proa (ver Fig. n° 5.5), será confeccionada con largueros, pasamanos y peldaños de aluminio.

Pasamanos de seguridad serán instalados a ambas bandas del puente de mando, confeccionados con tubos y platinas (ver Fig. n° 5.6).

Para proteger la cabina de mando en la recepción y entrega de los cabos, se instalarán guardacabos de tubo ASTM A53-B (ver Fig. n° 5.6).

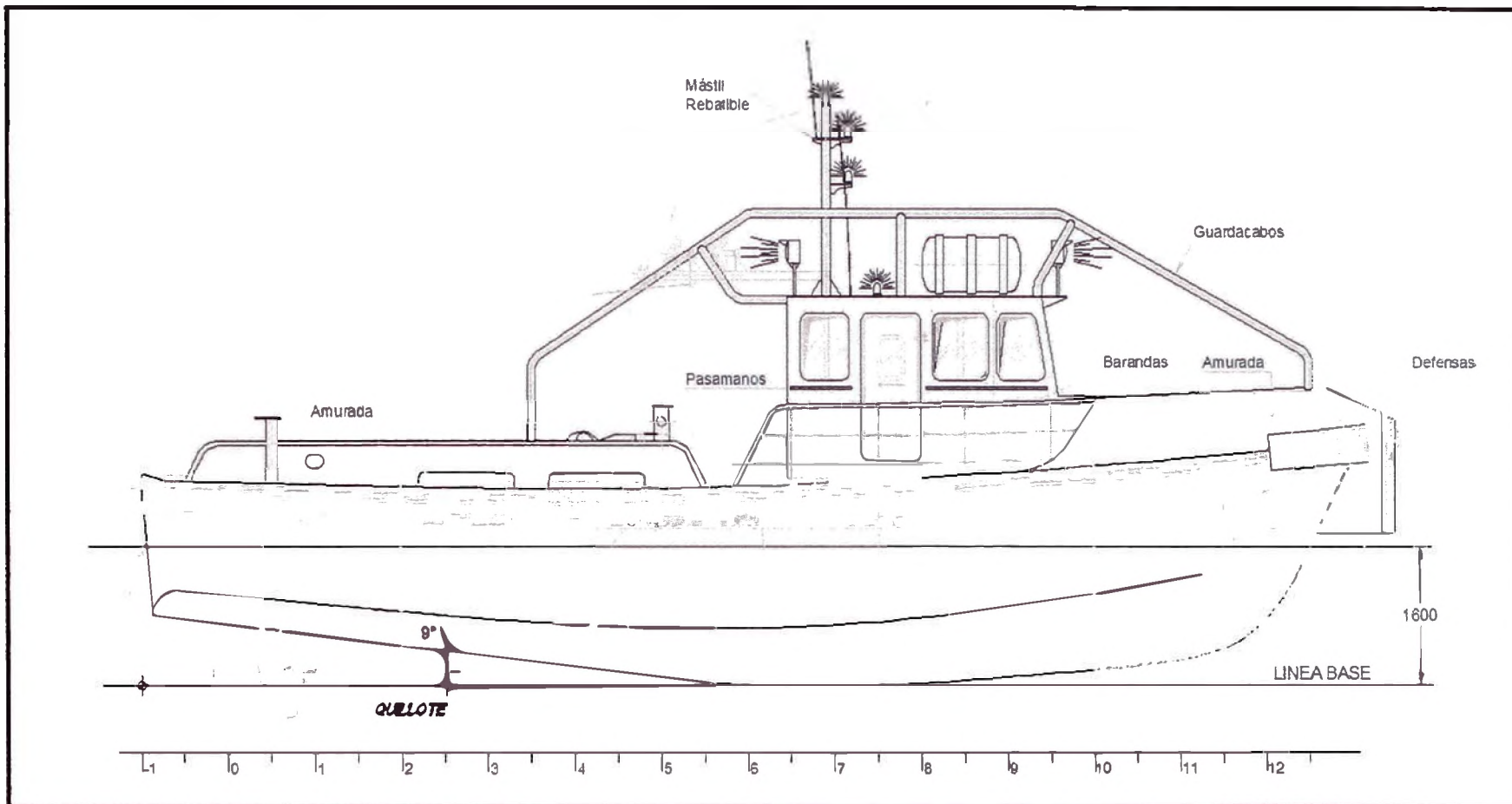


Fig. n° 5.6 Vista de Elevación



### **5.11 Amurada y Barandaje**

Desde proa hacia popa hasta la cuaderna 10, se instalará la amurada con barraganetes ubicados sobre cubierta (ASTM A-131 Grado A) y tapa de regala de tubo (ASTM A53-B), dispuestas a lo largo del borde de la cubierta principal (ver Fig. n° 5.6).

Desde la cuaderna 10 y a continuación de la regala hacia popa en cada banda hasta la cuaderna 6 aproximadamente, será instalada una baranda fabricada con tubo (ASTM A53-B), platinas (ASTM A-131 Grado A) y barras (SAE 1020), (ver Fig. n° 5.6).

Desde la cuaderna 5 hacia popa y en ambas bandas se instalará un regala de 550mm de altura en promedio fabricado de acero ASTM A-131 Grado A, para resguardo de la zona de trabajo de cabos sobre cubierta, con sus respectivos imbornales de desagüe (ver Fig. n° 5.6).

### **5.12 Escotillas**

La embarcación contará con escotillas estancas de acceso y salida de emergencia del tipo empotrado a ras con sistema de cierre rápido de accionamiento interior/externo en la sala de maquinas, pique de proa y pique de popa (ver Fig. n° 5.2 y Anexo 10).

Además contará con dos escotillas de aproximadamente 1.9m x 1.1m (Br/Er), con tapas rectangulares estancas a ras de cubierta, con su respectivo sistema de cierre; para retirar equipos y/o accesorios de los motores principales (ver Fig. n° 5.2 y Anexo 11).

## **5.13 Equipos de Maniobra.**

### **5.13.1 Anclas, Cadenas de Fondeo y Pañol de Cadenas.**

El buque contará con dos anclas sin cepo tipo SHHP de 75kg de peso cada una (ver Anexo 12); y serán ubicadas: una en el escoben, y la otra en proa entre la amurada y la cubierta.

Las cadenas con concreto de un diámetro mínimo de 12.5mm Grado K1, con una longitud total de 110m, de acuerdo al numeral del equipo (ver Anexo 12).

El pañol de cadenas será de forma rectangular de manera que permitan la auto-estiba de las cadenas, con una entrada de hombre de ingreso y una tubería de drenaje hacia el pique de proa (ver Anexo 13).

### **5.13.2 Cabrestante.**

El buque será equipado con un cabrestante de accionamiento hidráulico, con barbotín para cadena de 12.5mm de diámetro, ubicado sobre la cubierta de proa, controlado desde la consola del Puente de Mando (ver Fig. n° 5.2).

### **5.13.3 Equipo Fijo de Amarre y Remolque.**

El buque será equipado de elementos fijos de amarre (ver Fig. n° 5.2).

En ambas bandas de la cubierta de proa se instalarán dos bitas dobles con sus respectivos escobenes.

A popa se instalarán también dos bitas dobles escondidas a fin de evitar interferencias con la maniobra de cabos con sus respectivos escobenes.

Sobre crujía en la cuaderna 5, se instalará una bita y el gancho de remolque para una carga segura de trabajo de 8 TM, con un giro limitado de 20° a ambas bandas.

Todas las bitas serán confeccionadas de tubo (ASTM A53-B).

El diseño básico de las bitas se presenta en el Anexo 14.

#### **5.14 Defensas.**

A ambas bandas del casco se instalarán dos filas de defensas de jebe resistente. Estas defensas serán de sección "D", aseguradas al casco de la embarcación (ver Fig. n° 5.6 y Anexo 9).

En la amura de ambas bandas se instalará defensas de jebe de sección "M" (ver Fig. n° 5.6 y Anexo 9).

En la roda, se dispondrá de una defensa de jebe de sección "D", que será instalada de forma vertical diseñada para soportar presiones de trabajo de 10 TN/m<sup>2</sup>, esta defensa será utilizada en las maniobras de empuje de la embarcación (ver Fig. n° 5.6 y Anexo 9).

#### **5.15 Evaluación de la Estabilidad**

Se procederá al cálculo de las propiedades hidrostáticas del buque, tales como las curvas hidrostáticas y curvas cruzadas, estos cálculos serán realizados utilizando el Software AUTOHYDRO v5.3.2.

En este capítulo también haremos un estudio de la posición de los distintos tanques así como de sus capacidades.

En la última parte de este capítulo se llevara a cabo el cálculo del francobordo reglamentario, según lo estipula *La Dirección General de Capitanías y Guardacostas* por Resolución Directoral N° 0223-96/DCG del 14 de agosto 1996 y su modificación por Resolución Directoral 0336-2013/DCG del 22 de abril del 2013.

#### **5.15.1 Curvas Hidrostáticas.**

Un buque a lo largo de su vida flotará a muy distintos calados, por ello se calculará el desplazamiento y otras características básicas de las formas, en una serie de flotaciones paralelas. Estas características del buque flotando adrizado se muestran en las denominadas Curvas Hidrostáticas.

Estas curvas son la parte de la documentación que se le entrega al buque, para el uso de los oficiales de cubierta en cálculos requeridos para la operación del buque.

Se cálculo con la ayuda de AUTOHIDRO v5.3.2 las curvas hidrostáticas para diferentes calados, y son mostradas en las tablas n° 5.1 y n° 5.2.

Para los cálculos, la densidad del agua se ha tomado como 1.025  $\text{TM}/\text{m}^3$ .

En la tabla n° 5.1 se indican en función del calado las siguientes curvas hidrostáticas:

		Unidades
• Desplazamiento	( $\Delta$ )	TM
• Centro de Carena Longitudinal tomando cero en la Cuaderna '-1'.	(LCB)	m
• Ordenada del Centro de Carena desde la Línea Base	(VCB)	m
• Centro de Flotación longitudinal tomando cero en la Cuaderna '-1'.	(LCF)	m
• Toneladas por Centímetro de Inmersión	(TPC)	TM/cm
• Momento para Trimar un Centímetro	(MTC)	TM-m/°
• Ordenada del Metacentro Longitudinal	(KML)	m
• Ordenada del Metacentro Transversal	(KMT)	m

En la tabla n° 5.2 se indican en función del calado las siguientes curvas hidrostáticas:

		Unidades
• Volumen de Carena	( $\nabla$ )	m <sup>3</sup>
• Coeficiente de Bloque	(Cb)	
• Coeficiente Prismático	(Cp)	
• Coeficiente de la Sección Maestra	(Cms)	
• Coeficiente del Plano de Flotación	(Cwp)	
• Superficie Mojada	(WS)	m <sup>2</sup>

## PROPIEDADES HIDROSTATICAS

Calados desde Línea Base

Asiento Cero

Escora Cero

Calado	Despl.	Centro de boyantes		LCF	TPC	MTC	KML	KMT
		LCB	VCB					
(m)	(TM)	(m)	(m)	(m)	(TM/cm)	(TM-m/°)	(m)	(m)
0.30	1.65	6.883	0.128	7.414	0.095	0.557	19.306	1.235
0.40	2.83	7.087	0.222	7.312	0.143	0.982	19.856	2.020
0.50	4.55	7.135	0.309	7.115	0.201	1.622	20.440	2.860
0.60	6.89	7.084	0.392	6.860	0.268	2.552	21.234	3.755
0.70	9.94	6.967	0.472	6.559	0.340	3.892	22.428	4.392
0.80	13.63	6.814	0.547	6.250	0.396	5.570	23.414	4.132
0.90	17.82	6.648	0.619	5.991	0.440	7.294	23.452	3.808
1.00	22.39	6.498	0.687	5.845	0.472	8.691	22.240	3.528
1.10	27.20	6.380	0.751	5.832	0.488	9.546	20.107	3.242
1.15	29.65	6.336	0.782	5.863	0.493	9.804	18.943	3.100
1.20	32.13	6.301	0.812	5.893	0.497	10.063	17.945	2.982
1.25	34.62	6.272	0.842	5.923	0.502	10.325	17.084	2.884
1.30	37.15	6.250	0.871	5.953	0.507	10.592	16.336	2.803
1.35	39.69	6.232	0.901	5.983	0.511	10.866	15.684	2.735
1.40	42.26	6.217	0.929	6.009	0.516	11.122	15.079	2.678
1.45	44.85	6.206	0.958	6.039	0.520	11.410	14.575	2.630
1.50	47.46	6.198	0.987	6.069	0.525	11.701	14.125	2.591
1.55	50.10	6.192	1.015	6.098	0.530	11.996	13.718	2.558
1.60	52.76	6.188	1.043	6.127	0.535	12.296	13.351	2.532
1.65	55.45	6.186	1.071	6.156	0.540	12.600	13.019	2.510
1.70	58.16	6.185	1.100	6.205	0.543	12.792	12.602	2.490
1.75	60.88	6.186	1.128	6.233	0.548	13.109	12.336	2.478
1.80	63.63	6.189	1.156	6.256	0.552	13.380	12.046	2.469
1.85	66.41	6.192	1.184	6.287	0.557	13.700	11.819	2.463
1.90	69.21	6.197	1.212	6.318	0.562	14.020	11.606	2.459
1.95	72.03	6.202	1.240	6.348	0.567	14.342	11.408	2.459
2.00	74.87	6.208	1.268	6.378	0.572	14.668	11.223	2.460
2.05	77.75	6.215	1.296	6.408	0.577	14.997	11.051	2.464
2.10	80.64	6.223	1.324	6.438	0.582	15.331	10.891	2.469
2.15	83.56	6.231	1.352	6.470	0.586	15.661	10.738	2.472
2.20	86.50	6.239	1.380	6.494	0.589	15.919	10.543	2.475
2.25	89.46	6.248	1.408	6.529	0.593	16.250	10.407	2.478

Tabla n° 5.1 Propiedades Hidrostáticas

**PROPIEDADES HIDROSTATICAS**

Calados desde Línea Base

Asiento Cero

Escora Cero

Calado (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Coeficientes				WS (m <sup>2</sup> )
		Cp	Cb	Cms	Cwp	
0.30	1.61	0.503	0.106	0.210	0.480	16.28
0.40	2.76	0.483	0.114	0.236	0.515	21.72
0.50	4.44	0.490	0.126	0.257	0.552	27.96
0.60	6.72	0.506	0.139	0.274	0.591	35.01
0.70	9.70	0.500	0.152	0.304	0.621	42.64
0.80	13.30	0.502	0.178	0.355	0.669	49.17
0.90	17.38	0.534	0.213	0.399	0.734	54.93
1.00	21.84	0.566	0.248	0.438	0.778	59.57
1.10	26.53	0.593	0.279	0.471	0.799	63.14
1.15	28.93	0.604	0.294	0.486	0.803	64.57
1.20	31.34	0.615	0.308	0.500	0.807	65.99
1.25	33.78	0.624	0.321	0.514	0.810	67.41
1.30	36.24	0.633	0.333	0.526	0.814	68.83
1.35	38.72	0.640	0.345	0.538	0.818	70.25
1.40	41.23	0.648	0.356	0.549	0.822	71.68
1.45	43.75	0.654	0.366	0.560	0.826	73.11
1.50	46.30	0.660	0.377	0.570	0.830	74.55
1.55	48.88	0.666	0.386	0.580	0.835	75.98
1.60	51.47	0.672	0.395	0.589	0.839	77.42
1.65	54.09	0.677	0.404	0.597	0.843	78.85
1.70	56.74	0.682	0.413	0.606	0.845	80.31
1.75	59.40	0.686	0.421	0.613	0.850	81.82
1.80	62.08	0.691	0.429	0.621	0.854	83.35
1.85	64.79	0.695	0.437	0.628	0.858	84.90
1.90	67.52	0.700	0.444	0.635	0.863	86.43
1.95	70.27	0.704	0.451	0.641	0.868	87.95
2.00	73.05	0.708	0.458	0.647	0.872	89.46
2.05	75.85	0.711	0.465	0.653	0.876	90.97
2.10	78.67	0.715	0.471	0.659	0.881	92.47
2.15	81.52	0.719	0.478	0.665	0.886	93.98
2.20	84.39	0.722	0.485	0.671	0.889	95.47
2.25	87.27	0.725	0.491	0.677	0.894	96.96

Tabla n° 5.2 Propiedades Hidrostáticas

### **5.15.2 Curvas Cruzadas de Estabilidad.**

Las curvas cruzadas de la estabilidad representan los brazos adrizantes que tiene el buque y dependen solamente de la geometría de la nave y no de su cargamento. Por lo tanto, se aplican a todas las condiciones en las cuales el buque pueda operar.

Se obtiene a partir de un desplazamiento, determinado ángulo de escora y la posición del centro de gravedad vertical del buque; sin embargo, como en esta etapa no se tiene el centro de gravedad real, se asume la posición de centro de gravedad en la línea base ( $VCG = 0$ ), el cual es corregido posteriormente.

En la tabla n° 5.3 aparecen, en función del desplazamiento las curvas cruzadas de estabilidad.



**CURVAS CRUZADAS DE ESTABILIDAD (KN)**

Calados desde LB.  
Asiento cero  
Escora inicial cero  
VCG cero

Despl. (TM)	KN											
	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°
1.23	0.080	0.202	0.531	0.948	1.371	1.751	1.913	1.937	1.936	1.916	1.884	1.846
1.65	0.114	0.290	0.624	0.974	1.320	1.652	1.859	1.901	1.915	1.911	1.896	1.882
2.18	0.150	0.379	0.691	0.993	1.282	1.565	1.800	1.867	1.898	1.910	1.915	1.925
2.83	0.187	0.452	0.739	1.006	1.256	1.497	1.729	1.836	1.884	1.914	1.940	1.963
3.62	0.226	0.508	0.775	1.015	1.237	1.448	1.657	1.805	1.873	1.921	1.964	1.993
4.55	0.265	0.550	0.801	1.023	1.225	1.414	1.601	1.772	1.865	1.930	1.984	2.014
5.63	0.299	0.580	0.820	1.029	1.217	1.391	1.562	1.735	1.857	1.939	1.998	2.026
6.89	0.325	0.602	0.834	1.033	1.211	1.376	1.535	1.699	1.849	1.945	2.006	2.032
8.32	0.341	0.616	0.843	1.036	1.208	1.366	1.518	1.673	1.837	1.948	2.009	2.033
9.94	0.349	0.624	0.848	1.038	1.206	1.360	1.508	1.657	1.820	1.946	2.006	2.029
11.72	0.350	0.626	0.850	1.039	1.205	1.357	1.502	1.649	1.803	1.938	1.999	2.022
13.63	0.346	0.624	0.848	1.038	1.204	1.356	1.500	1.645	1.791	1.921	1.989	2.011
15.67	0.338	0.618	0.844	1.035	1.203	1.356	1.501	1.644	1.780	1.899	1.976	1.998
17.82	0.327	0.610	0.837	1.031	1.201	1.356	1.502	1.644	1.771	1.876	1.956	1.982
20.07	0.316	0.598	0.828	1.024	1.198	1.356	1.504	1.643	1.761	1.855	1.929	1.963
22.39	0.304	0.584	0.817	1.017	1.194	1.355	1.506	1.640	1.749	1.834	1.898	1.940
24.77	0.292	0.568	0.805	1.008	1.189	1.354	1.507	1.635	1.737	1.813	1.869	1.909
27.20	0.281	0.550	0.792	0.999	1.184	1.353	1.505	1.628	1.722	1.792	1.842	1.875
29.65	0.270	0.534	0.778	0.989	1.178	1.350	1.499	1.617	1.706	1.772	1.816	1.843
32.13	0.260	0.518	0.763	0.979	1.172	1.347	1.491	1.604	1.689	1.751	1.792	1.815
34.62	0.252	0.504	0.749	0.969	1.166	1.340	1.480	1.589	1.671	1.730	1.769	1.789
37.15	0.245	0.491	0.734	0.959	1.160	1.331	1.467	1.572	1.651	1.709	1.746	1.766
39.69	0.239	0.480	0.720	0.949	1.152	1.320	1.451	1.553	1.631	1.687	1.725	1.744
42.26	0.234	0.470	0.707	0.938	1.143	1.306	1.434	1.533	1.609	1.665	1.702	1.722

Tabla n° 5.3 Curvas Cruzadas de Estabilidad KN en metros.

**CURVAS CRUZADAS DE ESTABILIDAD (KN)**

Calados desde LB.  
Asiento cero  
Escora inicial cero  
VCG cero

Despl. (TM)	KN											
	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°
44.85	0.230	0.461	0.696	0.928	1.131	1.290	1.415	1.512	1.587	1.643	1.680	1.701
47.46	0.226	0.454	0.686	0.917	1.116	1.272	1.394	1.490	1.565	1.620	1.658	1.679
50.10	0.223	0.449	0.677	0.905	1.100	1.252	1.372	1.467	1.541	1.597	1.636	1.658
52.76	0.221	0.444	0.670	0.893	1.082	1.230	1.349	1.443	1.517	1.574	1.613	1.638
55.45	0.219	0.440	0.664	0.879	1.061	1.207	1.324	1.418	1.493	1.550	1.591	1.617
58.16	0.218	0.437	0.658	0.864	1.040	1.183	1.299	1.392	1.467	1.526	1.568	1.596
60.88	0.217	0.434	0.652	0.849	1.017	1.158	1.272	1.366	1.442	1.501	1.546	1.576
63.63	0.216	0.433	0.646	0.832	0.993	1.131	1.245	1.339	1.416	1.477	1.523	1.555
66.41	0.215	0.431	0.638	0.815	0.969	1.103	1.217	1.311	1.389	1.452	1.500	1.535
69.21	0.215	0.430	0.628	0.797	0.944	1.074	1.187	1.283	1.362	1.427	1.477	1.514
72.03	0.215	0.428	0.616	0.778	0.920	1.046	1.157	1.254	1.334	1.401	1.454	1.494
74.87	0.215	0.424	0.603	0.758	0.895	1.017	1.127	1.224	1.306	1.375	1.430	1.473
77.75	0.215	0.417	0.588	0.737	0.870	0.989	1.097	1.193	1.277	1.348	1.407	1.452
80.64	0.215	0.408	0.571	0.715	0.844	0.961	1.067	1.163	1.248	1.321	1.382	1.431
83.56	0.213	0.396	0.552	0.691	0.817	0.932	1.038	1.133	1.219	1.294	1.358	1.410
86.50	0.208	0.381	0.530	0.665	0.789	0.903	1.008	1.104	1.190	1.267	1.333	1.389
89.46	0.199	0.362	0.506	0.637	0.760	0.874	0.979	1.076	1.163	1.241	1.309	1.367

Tabla n° 5.3 (Continuación) Curvas Cruzadas de Estabilidad KN en metros.

### 5.15.3 Capacidad y Centro de Gravedad de los Tanques.

En las tablas n° 5.4 al n° 5.6 se describen las características de cada tanque con la siguiente nomenclatura:

- SONDA : Altura de sonda en metros.
- CARGA(%) : Porcentaje de llenado.
- VOLUMEN : Volumen del tanque en metros cúbicos.
- PESO : Peso del líquido en toneladas.
- LCG : Posición longitudinal del Centro de Gravedad en metros, tomando cero en la Cuaderna '0'.
- TCG : Posición Transversal del Centro de Gravedad en metros, tomando como cero la línea de crujía.
- VCG : Posición Vertical del Centro de Gravedad en metros, desde la Línea Base.
- FSM : Momento Estático de la Flotación en toneladas por metro.

<b>TANQUE DE AGUA DULCE</b>							
<i>Babor</i>				Densidad: 1.0 TM/m <sup>3</sup>			
<i>Estribor</i>							
<b>Sonda (m)</b>	<b>Carga (%)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso (TM)</b>	<b>LCG (m)</b>	<b>TCG (m)</b>	<b>VCG (m)</b>	<b>FSM (TM-m)</b>
0.000	0%	0.000	0.00				
0.086	5%	0.026	0.03	2.911	1.696	0.887	0
0.142	10%	0.052	0.05	2.911	1.720	0.916	0.01
0.224	20%	0.104	0.10	2.911	1.748	0.964	0.01
0.296	20%	0.156	0.16	2.911	1.768	1.006	0.02
0.268	40%	0.208	0.21	2.911	1.780	1.046	0.02
0.440	50%	0.260	0.26	2.911	1.787	1.084	0.02
0.512	60%	0.212	0.21	2.911	1.792	1.121	0.02
0.584	70%	0.264	0.26	2.911	1.796	1.158	0.02
0.656	80%	0.416	0.41	2.911	1.798	1.194	0.02
0.728	90%	0.468	0.47	2.911	1.800	1.221	0.02
0.764	95%	0.494	0.49	2.911	1.801	1.249	0.02
0.800	100%	0.520	0.52	2.911	1.802	1.267	

Tabla n° 5.4 Tanques de Agua Dulce.

<b>TANQUE DE COMBUSTIBLE</b>							
<i>Central</i>				Densidad: 0.87 TM/m <sup>3</sup>			
<b>Sonda (m)</b>	<b>Carga (%)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso (TM)</b>	<b>LCG (m)</b>	<b>TCG (m)</b>	<b>VCG (m)</b>	<b>FSM (TM-m)</b>
0.000	0.00%	0.00	0				
0.000	5.00%	0.14	0.12	1.402	0	1.117	2.04
0.020	10.00%	0.27	0.24	1.402	0	1.141	2.04
0.107	20.00%	0.54	0.47	1.402	0	1.185	2.04
0.192	20.00%	0.81	0.71	1.402	0	1.229	2.04
0.280	40.00%	1.08	0.94	1.402	0	1.272	2.04
0.265	50.00%	1.25	1.18	1.402	0	1.215	2.04
0.450	60.00%	1.62	1.41	1.402	0	1.259	2.04
0.527	70.00%	1.89	1.65	1.402	0	1.402	2.04
0.622	80.00%	2.16	1.88	1.402	0	1.445	2.04
0.710	90.00%	2.42	2.12	1.402	0	1.488	2.04
0.752	95.00%	2.57	2.24	1.402	0	1.510	2.04
0.800	100.00%	2.76	2.40	1.402	0	1.521	

Tabla n° 5.5 Tanque de Combustible.

TANQUE DE LODOS (BR)							
<i>Babor</i>				Densidad: 0.9 TM/m <sup>3</sup>			
Sonda (m)	Carga (%)	Volumen (m <sup>2</sup> )	Peso (TM)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (TM-m)
0.000	0.00%	0.000	0.00				
0.019	5.00%	0.009	0.01	4.745	0.107	0.175	0.00
0.068	10.00%	0.018	0.02	4.692	0.142	0.197	0.01
0.106	20.00%	0.026	0.02	4.629	0.19	0.226	0.01
0.144	20.00%	0.054	0.05	4.607	0.224	0.248	0.02
0.182	40.00%	0.072	0.06	4.585	0.246	0.265	0.02
0.210	50.00%	0.090	0.08	4.568	0.262	0.282	0.02
0.228	60.00%	0.108	0.10	4.557	0.272	0.298	0.02
0.256	70.00%	0.126	0.11	4.549	0.28	0.212	0.02
0.294	80.00%	0.144	0.12	4.542	0.285	0.228	0.02
0.222	90.00%	0.162	0.15	4.528	0.289	0.241	0.01
0.281	95.00%	0.171	0.15	4.515	0.291	0.249	0.01
0.400	100.00%	0.180	0.16	4.497	0.292	0.258	

Tabla n° 5.6 Tanque de Lodos.

TANQUE DE LASTRE							
<i>Central</i>				Densidad: 1.025 TM/m <sup>3</sup>			
Sonda (m)	Carga (%)	Volumen (m <sup>2</sup> )	Peso (TM)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	FSM (TM-m)
	0.00%	0.00	0.00				
0.27	5.00%	0.03	0.03	10.810	0.000	0.220	0.01
0.33	10.00%	0.06	0.06	10.824	0.000	0.262	0.03
0.42	20.00%	0.12	0.12	10.834	0.000	0.320	0.08
0.49	30.00%	0.18	0.18	10.839	0.000	0.365	0.15
0.55	40.00%	0.24	0.25	10.842	0.000	0.403	0.22
0.60	50.00%	0.30	0.31	10.844	0.000	0.437	0.31
0.64	60.00%	0.36	0.37	10.846	0.000	0.468	0.40
0.69	70.00%	0.42	0.43	10.847	0.000	0.497	0.50
0.73	80.00%	0.48	0.49	10.848	0.000	0.523	0.60
0.76	90.00%	0.54	0.55	10.849	0.000	0.548	0.71
0.78	95.00%	0.57	0.59	10.849	0.000	0.560	0.77
	100.00%	0.60	0.62	10.849	0.000	0.571	

Tabla n° 5.7 Tanque de Lastre.

#### 5.15.4 Cálculo del Francobordo Reglamentario

La asignación de la Línea de Máxima Carga, para naves marítimas de 10 o más toneladas de registro bruto está regulada por La Dirección General de Capitanías y Guardacostas por Resolución Directoral N° 0222-96/DCG del 14 de agosto de 1996 y su modificación por Resolución Directoral N° 0336-2013/DCG del 22 de abril del 2013.

Según esta norma la eslora para cálculo de Francobordo Básico es el 96% de la eslora total en una línea de flotación situada a una distancia de la quilla igual al 85% del puntal de trazado (D). En el Plano de Líneas de Forma con Puntal de 1.95 m (85%D) trazamos la eslora de flotación, que resulta 12.65 m; la eslora para cálculo de Francobordo Básico (96% eslora Total de Flotación):

$$L = 0.96 \times 12.65\text{m}$$

$$L = 12.1 \text{ m}$$

En el artículo 21 el Francobordo básico sobre el cual se aplicarán las correcciones contempladas será tomado de la siguiente tabla:

L (m)	F (mm)
12	185
16	220

Tabla n° 5.8 Francobordo Básico

De la tabla n° 5.8 el *Francobordo Básico* es 186 mm.

Se considera "*Puntal Standard*" a los siguientes valores:

- D standard 2 m. para las naves con L de 12 a 18,20 m.
- D standard 2.67 m. para naves con L de más de 18.20 a 55 m.  
Pudiéndose interpolar entre estos valores para esloras comprendidas entre estos límites.

Por tanto, al ser el Puntal estándar mayor al Puntal Real no habrá reducción aplicable al francobordo.

La longitud de superestructura (Puente de Mando) es de 2.5m y de acuerdo al artículo 25 inciso f; la longitud efectiva del Puente de Mando está dado por:

$$\begin{aligned}
 \text{Long. Efect. Puente de Mando} &= \text{Long. Puente de Mando} \times \\
 &\quad \times \left( \text{Puente de Mando} / \text{Manga del Buque} \right) \\
 &= 3.5 \times (3 / 4.7) \\
 &= 2.2 = 2.2 \times (L / L)
 \end{aligned}$$

$$\text{Long. Efect. Puente de Mando} = 0.17 \times L$$

Del artículo 27 inciso b, el porcentaje de reducción por corrección por Puente de Mando es del 8%; entonces, el francobordo básico se disminuye en 15mm.

Para calcular la corrección por arrufo, primero calcularemos el área del arrufo estándar.

ESTACIONES	ORDENADA (mm)	FACTOR	
PPp	259	1	259
1/6 L de PPp	159	2	477
1/2 L de PPp	40	2	120
0	0	1	0
1/2 L de PPr	80	2	240
1/6 L de PPr	219	2	957
PPr	718	1	718
		Σ	2871

Tabla n° 5.9 Arrufo Estándar.

Área estándar de Arrufo es:  $(2/8) \times (L/6) \times 2.52 = 2.25\text{m}^2$ . Calculamos directamente de las líneas de forma y obtenemos Área real de Arrufo:  $1.78\text{m}^2$ . Cuando el área del arrufo real es menor que la correspondiente al arrufo estándar, se hará la siguiente adición en el francobordo:



$$a = \left( 0.75 - \frac{S}{2L} \right) \times \left( \frac{A_{STD} - A_{REAL}}{L} \right) \times 100$$

Donde:

a: adición al francobordo en mm.

S: longitud total de superestructura y caseta cerrada en mm.

A std: área del arrufo estándar en m<sup>2</sup>

A real: área del arrufo real en m<sup>2</sup>

Evaluando obtenemos a = 2mm.

En la tabla 7.10 se presenta un resumen de cálculos, obteniéndose finalmente un Francobordo de 174mm.

RESUMEN DE CALCULOS	
Francobordo básico	186mm
Corrección por puntal	0mm
Corrección por caseta	-15mm
Corrección por arrufo	+2mm
Francobordo calculado	174mm

Tabla n° 5.10 Francobordo Calculado.

### 5.15.5 Cálculo de Arqueo

Se aplicará el "Convenio Internacional sobre arqueo de buques del 23 de Junio de 1969 Londres". Dentro del arqueo se hacen las siguientes diferenciaciones:

- Arqueo neto: Expresión de la capacidad utilizable del buque.
- Arqueo bruto: Expresión del tamaño total del buque.

#### 5.15.5.1 Arqueo Bruto (GT)

De acuerdo con la regla 3 del convenio, el Arqueo Bruto se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$GT = K_1 V$$

Donde:

$$K_1 = 0.2 + 0.02 \text{Log}_{10} V$$

V = Volumen total de todos los espacios cerrados del buque, incluyendo los apéndices, en m<sup>3</sup>.

El volumen de los espacios cerrados por debajo de la cubierta principal y el puente de mando es:

$$V = 116 \text{ m}^3$$

Entonces  $K_1 = 0.2413$ , por tanto el arqueo bruto será:

GT = 28 toneladas de arqueo bruto.

#### **5.15.5.2 Arqueo Neto (NT)**

En este caso, al no embarcar pasajeros ni volumen de carga, el valor del arqueo neto será el mínimo que establece la regla 4 del convenio, es decir:

$$NT = 0.3 \times GT = 0.3 \times 28$$

NT = 8.4 toneladas de arqueo neto.

#### **5.15.6 Cálculo de Estabilidad Intacta Preliminar.**

Al no contar con la totalidad de pesos, el estudio de la Estabilidad Intacta Preliminar del buque se basará en los valores estimados de  $KG=1.85m$ ,  $\Delta_T=53.1tn$  y  $PM=6.3tn$  y se considerará que el buque no está trimado para  $\Delta_T$ .

Por tanto, de las curvas hidrostáticas para un desplazamiento de  $\Delta_T=53.1tn$  el buque tendrá un calado  $T=1.61m$ .

Además, al considerar que el buque no está trimado para  $\Delta_T$ ; se cumple que el centro de carena longitudinal (LCB) y el centro de gravedad longitudinal (LCG) numéricamente son iguales, con un valor de  $LCB=LCG= 6.19m$  para el calado de  $T=1.61m$ .

Condiciones de Carga consideradas es como sigue:

- 1) **Condición en Rosca:** El buque se encuentra sin carga, sin consumibles, sin lastre, sin tripulantes y efectos (ver Tabla n° 5.11 y n° 5.12; ver Fig. n° 5.7).
- 2) **Condición de Zarpe:** De la condición en rosca descrita en el párrafo anterior, el buque es llevado a la condición de ZARPE con 100% de consumibles y tripulación completa (ver Tabla n° 5.13 y n° 5.14; ver Fig. n° 5.8).
- 3) **Condición de Llegada a Puerto:** El buque se encuentra con 10% de consumibles y tripulación completa (ver Tabla n° 5.15 y n° 5.16; ver Fig. n° 5.9).

Nro.	Item	Descrip.	Desplaz. y Pesos tn	Centro de Gravedad				Momentos			
				VCG Desde LB (m)	LCG Desde "Cd -1" (m)	TCG Desde LC		M <sub>V</sub> (tn - m)	M <sub>L</sub> (tn - m)	M <sub>T</sub>	
						Br (m)	Er (m)			Br (tn - m)	Er (tn - m)
<b>Desplazamiento Total Δ<sub>T</sub></b>			<b>53.10</b>	<b>1.850</b>	<b>6.190</b>	<b>0.0</b>		<b>98.24</b>	<b>328.69</b>	<b>0.0</b>	
1	Deducción Peso de Tripulantes y Efectos.	08	-1.600	3.600	8.810		0.30	-5.76	-14.10		-0.48
2	Deducción Peso de Tanque de Combustible.	100%	-2.400	1.530	2.400			-3.67	-5.76		
3	Deducción Peso de Tanque de Aceite Hidráulico 1.	100%	-0.180	1.500	3.200			-0.27	-0.58		
4	Deducción Peso de Tanque de Aceite Hidráulico 2.	100%	-0.070	1.500	8.300			-0.11	-0.58		
5	Deducción Peso de Tanque de Agua Dulce.	100%	-1.200	1.270	3.910			-1.52	-4.69		
6	Deducción Peso de Tanque de Lodos.	100%	-0.160	0.360	5.500	0.29		-0.06	-0.88	-0.046	
7	Deducción Peso de Tanque de Lastre.	100%	-0.620	0.570	10.850			-0.35	-6.73		
8	Deducción Peso de Provisiones.	100%	-0.080	1.500	9.750		1.600	-0.12	-0.78		-0.13
			<b>46.79</b>	<b>1.846</b>	<b>6.296</b>	<b>0.012</b>		<b>86.4</b>	<b>294.6</b>	<b>-0.046</b>	<b>-0.61</b>

Tabla n° 5.11 Condición en Rosca.

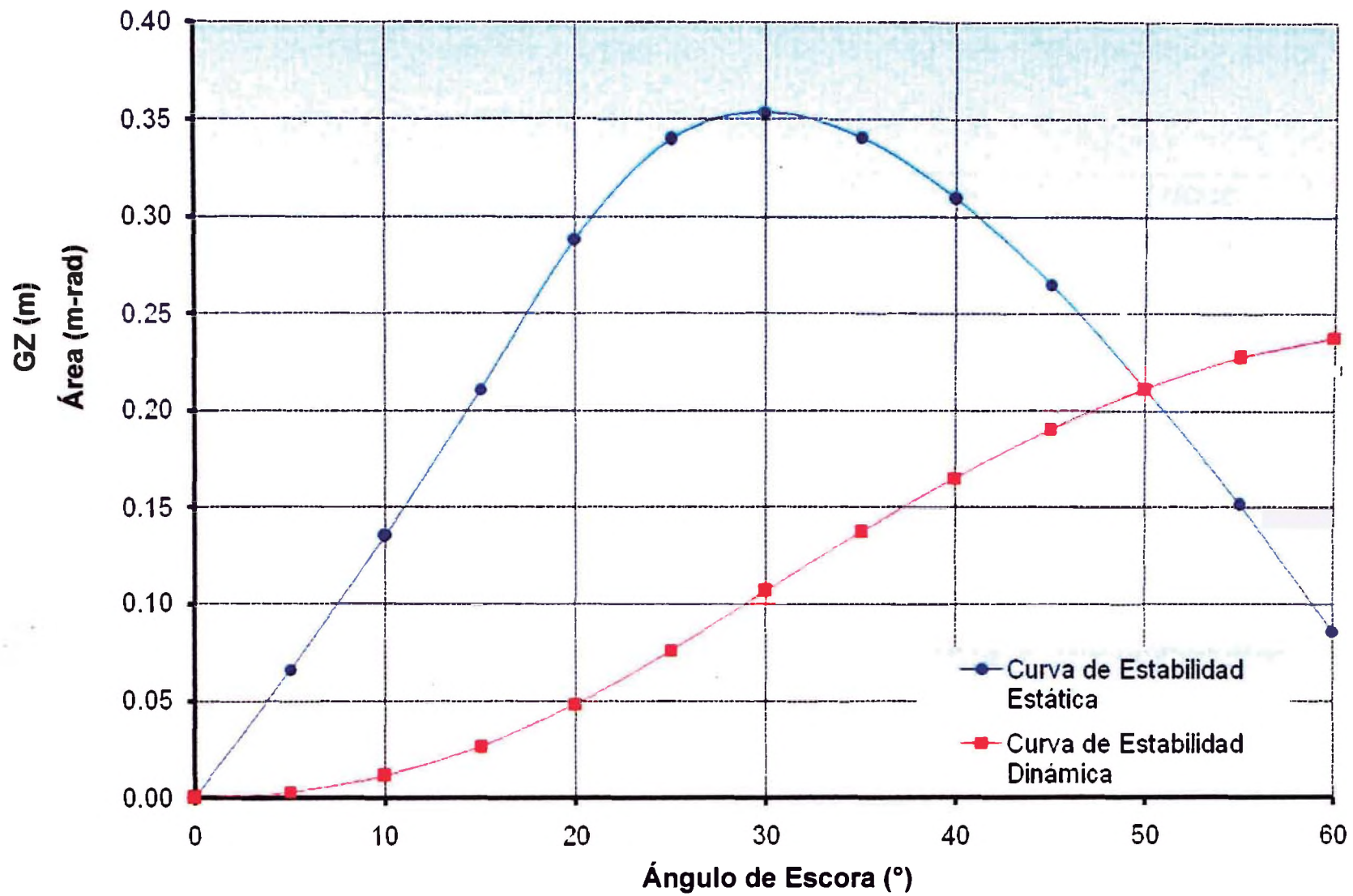


Fig. n° 5.7 Curvas de Estabilidad Estática y Dinámica (Condición en Rosca).

T (Calado medio)	1.487 m
KMT	2.601 m
KG	1.846 m
GMT	0.755 m
Corrección por Superficie Libre	0.0 m
LCB desde "Cd -1"	6.20 m
MTC	11.63 tn-m/°
LCF desde "Cd -1"	6.061 m
T <sub>PROA</sub>	1.497 m
T <sub>POPA</sub>	1.476 m

	OMI	BUQUE	
Área de 0° a 30°	0.055 m-rad	0.107 m-rad	CUMPLE
Área de 0° a 40°	0.09 m-rad	0.166 m-rad	CUMPLE
Área de 30° a 40°	0.03 m-rad	0.059 m-rad	CUMPLE
Brazo Adrizante a 30°	0.2 m	0.354 m	CUMPLE
Angulo a GZ <sub>MAX</sub>	25 °	30.07 °	CUMPLE
GZ <sub>MAX</sub>		0.354 m	
GM <sub>0</sub>	0.35 m	0.755 m	CUMPLE

Tabla n° 5.12 Resultados de Condición en Rosca.

Nro.	Item	Descrip.	Desplaz. y Pesos tn	Centro de Gravedad				Momentos			
				VCG Desde LB (m)	LCG Desde "Cd -1" (m)	TCG Desde LC		M <sub>V</sub> (tn - m)	M <sub>L</sub> (tn - m)	M <sub>T</sub>	
						Br (m)	Er (m)			Br (tn - m)	Er (tn - m)
<b>Desplazamiento en Rosca Δ<sub>R</sub></b>			<b>46.79</b>	<b>1.846</b>	<b>6.296</b>	<b>0.012</b>	<b>0.0</b>	<b>86.4</b>	<b>294.6</b>	<b>0.56</b>	
1	Tripulantes y Efectos.	08	1.600	3.600	8.810		0.30	5.76	14.10		0.48
2	Tanque de Combustible.	100%	2.400	1.530	2.400			3.67	5.76		
3	Tanque de Aceite Hidráulico 1.	100%	0.180	1.500	3.200			0.27	0.58		
4	Tanque de Aceite Hidráulico 2.	100%	0.070	1.500	8.300			0.11	0.58		
5	Tanque de Agua Dulce.	100%	1.200	1.270	3.910			1.52	4.69		
6	Tanque de Lodos.	100%	0.160	0.360	5.500	0.29		0.06	0.88	0.046	
7	Tanque de Lastre.	100%	0.620	0.570	10.850			0.35	6.73		
8	Provisiones.	100%	0.080	1.500	9.750		1.600	0.12	0.78		0.13
			<b>53.10</b>	<b>1.850</b>	<b>6.190</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>98.24</b>	<b>328.69</b>	<b>0.61</b>	<b>0.61</b>

Tabla n° 5.13 Condición de Zarpe.



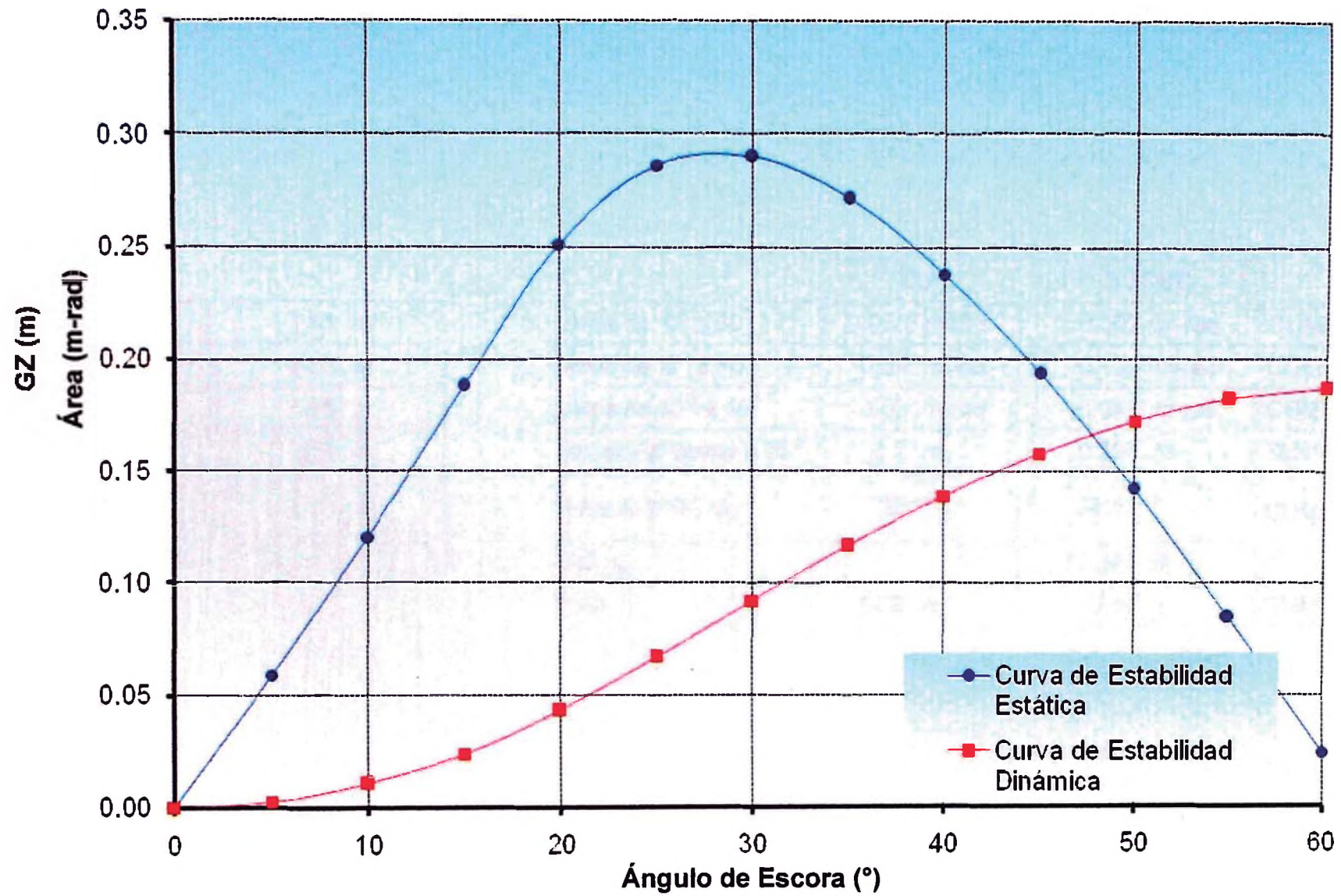


Fig. n° 5.8 Curvas de Estabilidad Estática y Dinámica (Condición de Zarpe).

T (Calado medio)	1.61 m
KMT	2.53 m
KG	1.85 m
GMT	0.68 m
Corrección por Superficie Libre	0.0 m
LCB desde "Cd -1"	6.188 m
MTC	12.334 tn-m/°
LCF desde "Cd -1"	6.131 m
T <sub>PROA</sub>	1.61 m
T <sub>POPA</sub>	1.61 m

	OMI	BUQUE	
Área de 0° a 30°	0.055 m-rad	0.092 m-rad	CUMPLE
Área de 0° a 40°	0.09 m-rad	0.139 m-rad	CUMPLE
Área de 30° a 40°	0.03 m-rad	0.047 m-rad	CUMPLE
Brazo Adrizante a 30°	0.2 m	0.290 m	CUMPLE
Angulo a GZ <sub>MAX</sub>	25 °	28.11 °	CUMPLE
GZ <sub>MAX</sub>		0.292 m	
GM <sub>0</sub>	0.35 m	0.68 m	CUMPLE

Tabla n° 5.14 Resultados de Condición de Zarpe.

Nro.	Item	Descrip.	Desplaz. y Pesos tn	Centro de Gravedad				Momentos			
				VCG Desde LB (m)	LCG Desde "Cd -1" (m)	TCG Desde LC		M <sub>V</sub> (tn - m)	M <sub>L</sub> (tn - m)	M <sub>T</sub>	
						Br (m)	Er (m)			Br (tn - m)	Er (tn - m)
	<b>Desplazamiento en Rosca Δ<sub>R</sub></b>		<b>46.79</b>	<b>1.846</b>	<b>6.296</b>	<b>0.012</b>	<b>0.0</b>	<b>86.4</b>	<b>294.6</b>	<b>0.56</b>	
1	Tripulantes y Efectos.	08	1.600	3.600	8.810		0.30	5.76	14.096		0.48
2	Tanque de Combustible.	10%	0.240	1.141	2.403			0.274	0.577		
3	Tanque de Aceite Hidráulico 1.	100%	0.18	1.500	3.200			0.270	0.576		
4	Tanque de Aceite Hidráulico 2.	100%	0.07	1.500	8.300			0.105	0.581		
5	Tanque de Agua Dulce.	10%	0.120	0.916	3.911			0.110	0.469		
6	Tanque de Lodos.	10%	0.016	0.197	5.692	0.143		0.003	0.091	0.002	
7	Tanque de Lastre.	10%	0.062	0.262	10.82			0.016	0.671		
8	Provisiones.	10%	0.008	1.500	9.750		1.600	0.012	0.078		0.013
			<b>49.09</b>	<b>1.893</b>	<b>6.35</b>	<b>0.001</b>		<b>92.9</b>	<b>311.7</b>	<b>0.564</b>	<b>0.493</b>

Tabla n° 5.15 Condición de Llegada a puerto.



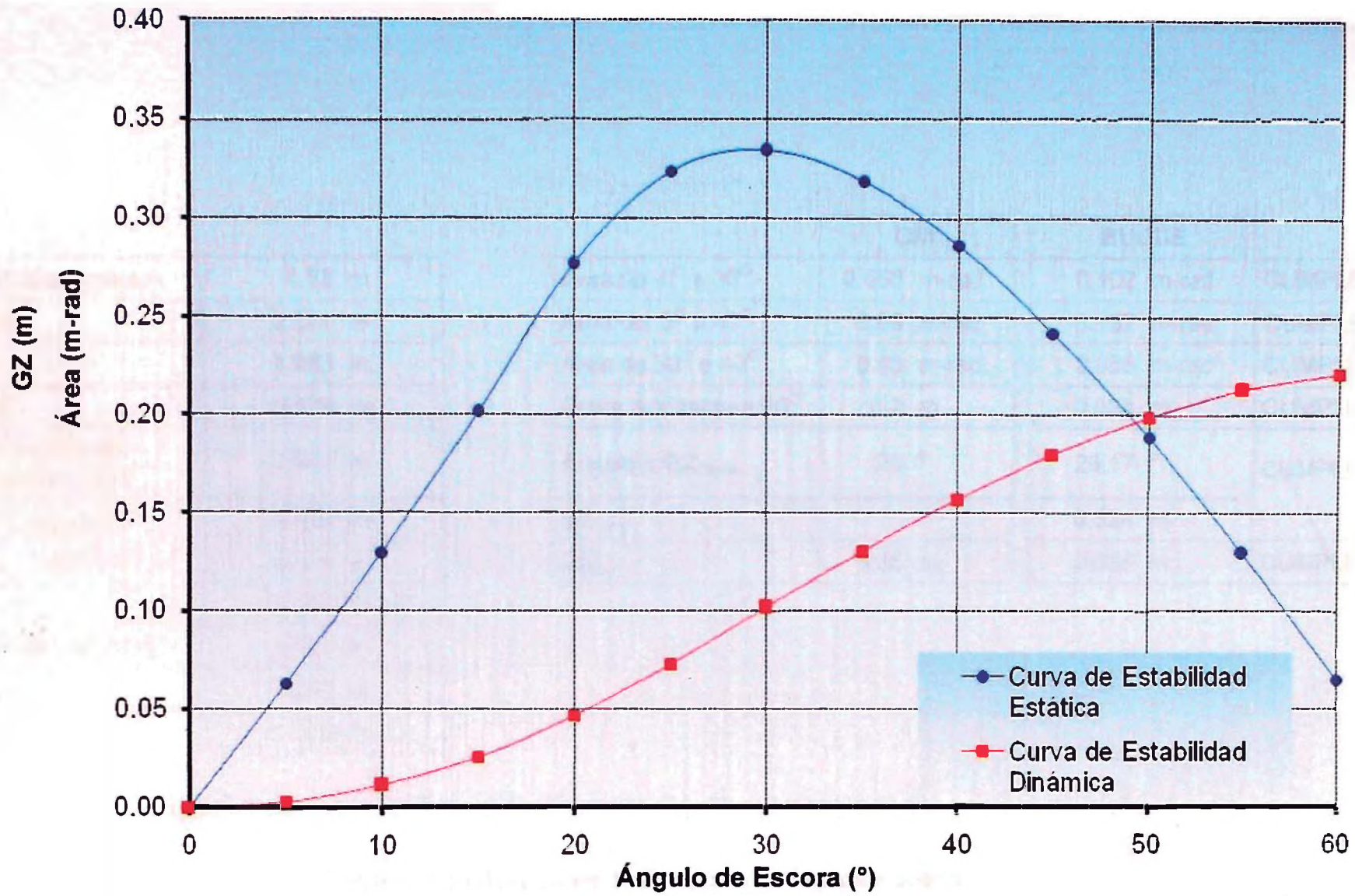


Fig. n° 5.9 Curvas de Estabilidad Estática y Dinámica (Condición de llegada a puerto).

T (Calado medio)	1.53 m
KMT	2.571 m
KG	1.893 m
GMT	0.678 m
Corrección por Superficie Libre	0.043 m
GMT CORREGIDO	0.635 m
LCB desde "Cd -1"	6.194 m
MTC	11.883 tn-m/°
LCF desde "Cd -1"	6.087 m
T <sub>PROA</sub>	1.548 m
T <sub>POPA</sub>	1.506 m

	OMI	BUQUE	
Área de 0° a 30°	0.055 m-rad	0.102 m-rad	CUMPLE
Área de 0° a 40°	0.09 m-rad	0.157 m-rad	CUMPLE
Área de 30° a 40°	0.03 m-rad	0.055 m-rad	CUMPLE
Brazo Adrizante a 30°	0.2 m	0.334 m	CUMPLE
Angulo a GZ <sub>MAX</sub>	25 °	29.17 °	CUMPLE
GZ <sub>MAX</sub>		0.334 m	
GM <sub>0</sub>	0.35 m	0.635 m	CUMPLE

Tabla n° 5.16 Resultados de Condición de Llegada a puerto.

## 5.16 Elección del Sistema de Propulsión

A continuación se presentan las características principales del sistema de propulsión, el cual está formado por el eje de propulsión, el motor y caja reductora a instalar en cada línea de eje y la hélice.

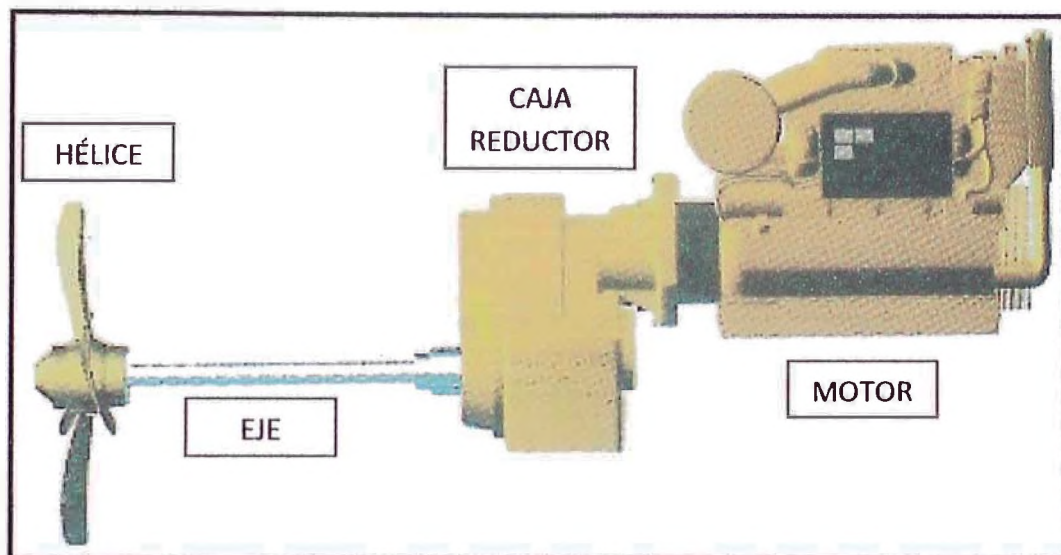


Figura n° 5.10 Sistema de propulsión con Motor Diesel- Reductor- Eje - Hélice

### 5.16.1 Número de ejes

Se dispondrán dos líneas de ejes. Las razones principales por las cuales se instalan dos líneas de ejes son:

- Mejorar la maniobrabilidad del buque.
- El reducido calado del buque y la necesidad de potencia a instalar.

- El diámetro de la hélice es una limitación importante, debido al reducido calado del buque, y el utilizar dos hélices permite que estas estén menos cargadas, lo que disminuye el riesgo de cavitación.

#### **5.16.2 Motores a instalar en cada línea de ejes.**

A la hora de seleccionar el motor propulsor además de garantizar la potencia requerida se plantean requisitos adicionales:

- El número de cilindros del motor no sea múltiplo del número de palas de la hélice para evitar problemas de resonancia.
- El motor permita su mantenimiento en el interior de la sala de máquinas, siendo en este caso el factor crítico el desmontado de los cilindros.
- El motor seleccionado será de cuatro tiempos pues el rango de potencia estimada es bajo; además, durante las operaciones del buque se necesitan bajas revoluciones y en un motor de dos tiempos el barrido a estas revoluciones es muy deficiente.

#### **5.16.3 Caja Reductora a instalar en cada línea de ejes.**

A la hora de seleccionar una reductora es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- La relación de reducción será tal que permita que el motor y el propulsor funcionen dentro de las velocidades determinadas en el proyecto y en las especificaciones del motor, evitando sobrecargas en hélice y motor.
- La reductora será capaz de absorber la máxima potencia que pueda generar el motor propulsor si comprometer su integridad.
- La reductora seleccionada no estará sobredimensionada buscando absorber mucha más potencia que la estrictamente necesaria evitando aumentar el peso de la misma y el espacio destinado en la sala de máquinas.

#### 5.16.4 Propulsor a instalar en cada línea de ejes.

El propulsor seleccionado en el buque es una hélice y para elevar el rendimiento estará alojada dentro de una tobera.

La mayor velocidad del flujo en el disco de la hélice conduce a un aumento del rendimiento de la propulsión. Mediante el cálculo teórico se demuestra que el rendimiento del propulsor ( $\eta$ ) depende de un coeficiente de carga  $\xi_T$  de modo que (ver Ref. 11):

$$\eta_0 = 1 + \sqrt{\frac{E}{\xi_T}}$$

De esta expresión concluimos que cuanto más cargada esté la hélice tanto menor será el rendimiento y viceversa.



El valor de  $\xi_T$  será alto para grandes fuerzas de empuje  $T$  y hélices de diámetro reducido. Este es el caso común para los remolcadores y arrastreros de pesca.

Por esta razón el objetivo es reducir el coeficiente de carga  $\xi_T$ . El valor de la fuerza de empuje está determinado por la tracción indispensable para el remolque o arrastre y no se puede reducir.

Por otra parte, para aumentar el rendimiento, el diámetro debe ser siempre el máximo posible, siempre que sea compatible con las formas del codaste y el calado de proyecto.

La única posibilidad que queda para reducir el valor del coeficiente  $\xi_T$  es aumentar la velocidad del flujo en el disco de la hélice. Este es el motivo de la instalación de la tobera, que se sitúa en primer lugar en buques con hélices muy cargadas. Una tobera instalada en un remolcador, permite reducir la demanda de potencia en un 25% (sin afectar la fuerza de empuje). A su vez, sin variar la potencia, la instalación de una tobera permite obtener una fuerza de tracción mucho mayor.

El calado limita el diámetro de la hélice. Por ello se debe de aumentar el número de palas con el fin de no sobrecargar la hélice excesivamente.

Las desventajas de la tobera consisten en la reducida maniobrabilidad y la peor condición de trabajo de la hélice es en marcha atrás. Para los remolcadores de puerto la buena maniobrabilidad constituye un factor muy importante, por lo que éstos se dotan, muchas veces, de toberas giratorias.

En este caso, la tobera montada sobre un eje vertical sustituye al timón; las maniobras se efectúan girando la tobera y dirigiendo el flujo del agua en la

dirección deseada El rendimiento de la tobera giratoria es muy inferior al de la tobera fija, por las condiciones de flujo más desfavorables (la tobera giratoria no se puede ajustar tan bien al casco como la fija, por lo que se desperdicia una parte del agua succionada por la hélice). Por tanto, para el proyecto usaremos una tobera fija.



Figura n° 5.11 Hélice con tobera con timón triple.



Figura n°5.12 Hélice con tobera con un timón.

### 5.17 Coeficientes y rendimientos propulsivos.

A continuación se definirá las diferentes potencias que se encuentran en el sistema propulsivo:

- *Potencia indicada (IHP: Indicated Horsepower)*. Es la potencia del ciclo térmico del motor.
- *Potencia al freno. (BHP: Brake Horsepower)*. Es la potencia del motor, medida en el acoplamiento del motor al eje (por medio de un freno).
- *Potencia en el eje (SHP = Shaft Horsepower)*. Es la potencia transmitida a través del eje.

- *Potencia entregada a la hélice (PHP = Propeller Horsepower)*
- *Potencia de empuje (THP = Transformed Horsepower)*. Es la potencia transformada por la hélice.
- *Potencia efectiva de remolque (EHP = Effective Horsepower)*. Es la potencia que realmente se emplea en mover el barco o la potencia que sería necesario emplear para remolcar el barco a la velocidad de proyecto.

### 5.17.1 Coeficientes propulsivos.

#### 1) *Coeficiente de Estela:*

El coeficiente de estela valora la influencia de la pérdida de velocidad del agua que recibe la hélice debido a la presencia del buque.

Se define como:

$$w = \frac{V - V_a}{V}$$

Donde:

V: Velocidad del buque.

V<sub>a</sub>: Velocidad del agua que atraviesa el disco de la hélice.

La velocidad V<sub>a</sub> es a la que debería desplazarse el propulsor, a las mismas revoluciones, en aguas libres para que ofreciese el mismo empuje, siendo habitualmente V<sub>a</sub> menor que V debido a que el buque arrastra en su movimiento una cantidad de agua que hace disminuir el flujo hacia la hélice. Normalmente en aguas libres el par requerido es

menor que el que se necesita en el buque, lo que viene reflejado por el rendimiento rotativo relativo.

El método Holtrop-Mennen estima el coeficiente de la estela (para dos líneas de ejes) de la siguiente manera:

$$w = 0.3095 \times C_B + 10 \times C_V \times C_B - \frac{0.23 \times D}{\sqrt{B \times T}}$$

Donde:

w: Coeficiente de estela.

$C_B$ : Coeficiente de Bloque.

$C_V$ : Coeficiente viscoso.

D: Puntal.

B: Manga.

T: Calado

## 2) *Coeficiente de Succión:*

Este coeficiente valora el aumento de resistencia que se produce en el buque debido a la presencia de las hélices, que modifican las características del flujo en popa. El coeficiente de succión se define como:

$$t = \frac{T - R}{T}$$

Donde:

t: Coeficiente de succión.

R: Resistencia de remolque.

T: Empuje que debe proporcionar las hélices

El método Holtrop-Mennen estima el coeficiente de succión de la siguiente manera:

$$t = 0.325 \times C_B \frac{0.1885 \times D}{\sqrt{B \times T}}$$

### 5.17.2 Rendimientos propulsivos.

#### 1) Rendimiento del Casco ( $\eta_H$ ):

El rendimiento del casco depende del efecto de los coeficientes de estela y succión. Se define como:

$$\eta_H = \frac{1-t}{1-w}$$

#### 2) Rendimiento rotativo relativo ( $\eta_r$ ):

Este coeficiente valora la variación entre la potencia que absorbe la hélice por el hecho de estar instalada en el buque y la que absorbe en el ensayo de aguas libres, a las mismas revoluciones y ofreciendo un mismo empuje. Esta variación es debida a la existencia del campo de estelas en la hélice.

#### 2) Rendimiento mecánico ( $\eta_m$ ):

El rendimiento mecánico valora la pérdida de potencia debido a los rozamientos en la reductora, chumaceras y bocina.

4) *Rendimiento del propulsor aislado ( $\eta_o$ ):*

Es el rendimiento de la hélice sin interactuar con el casco, el cual depende del tipo, tamaño y velocidad.

5) *Rendimiento propulsivo ( $\eta_P$ ):*

Es el producto de estos cuatro rendimientos anteriormente mencionado, quedando nuestra relación de la siguiente manera:

$$\eta_P = \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_m \times \eta_o$$



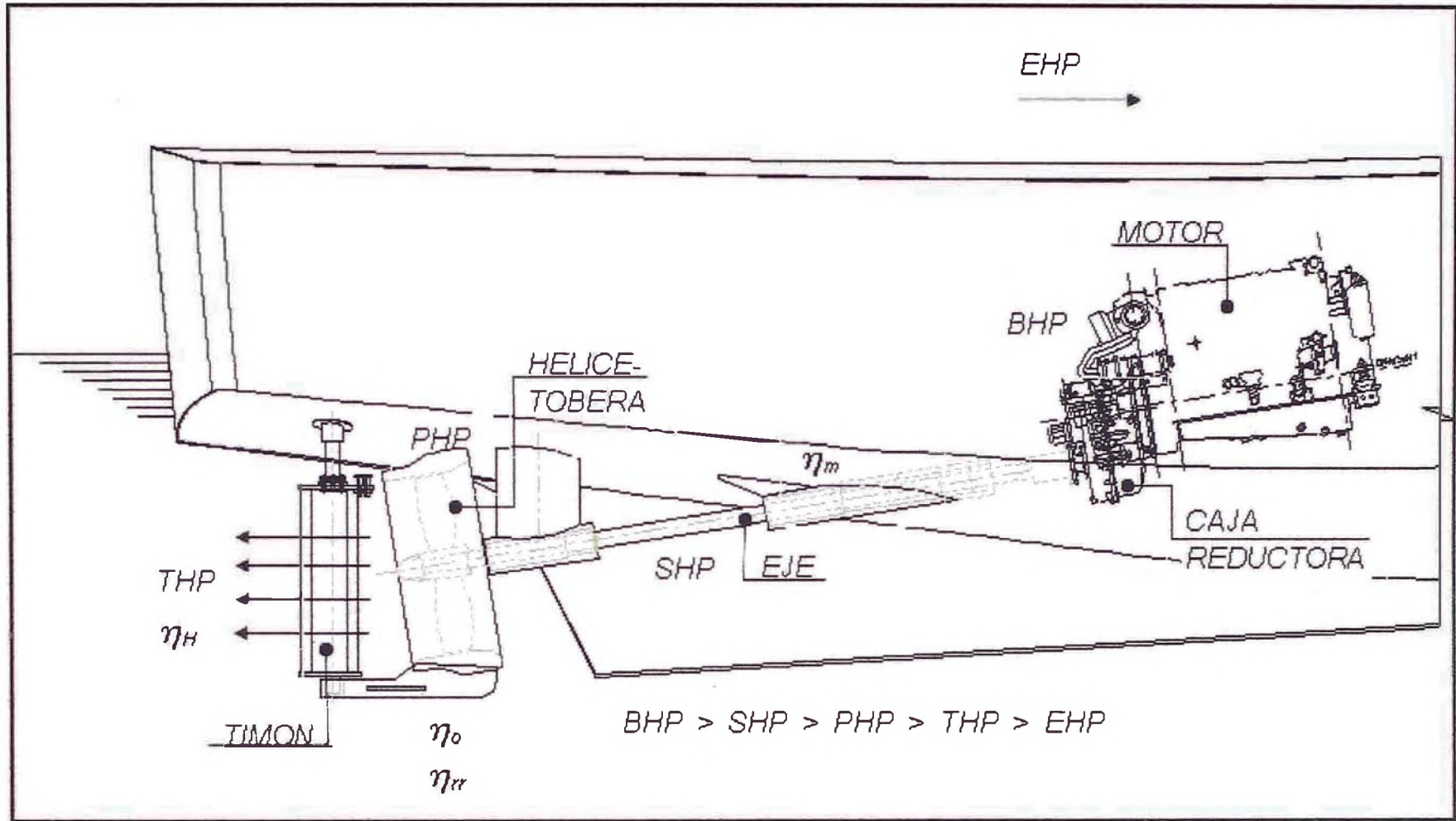


Figura n° 5.13 Sistema de Propulsión del Proyecto.



### 5.18 Estimación de la Resistencia y Potencia al Avance.

La estimación de la resistencia al avance de un buque es un problema de gran complejidad matemática, ya que se deben tener en cuenta tanto las olas como los fenómenos de turbulencia. Para hacer un estudio del flujo de agua que envuelve la carena, se puede optar por tres alternativas; estas son:

- *Métodos experimentales:* Tradicionalmente, los ensayos con modelos han sido la única manera de determinar el comportamiento de las formas de un buque, sin embargo la experimentación resulta un proceso caro y lento.
- *Métodos numéricos:* En los últimos años han aparecido diferentes herramientas de simulación por ordenador que permiten estudiar el comportamiento de las formas de un buque. La ventaja de estos métodos reside en la posibilidad de evaluar los efectos de las modificaciones en un diseño, a medida que se van realizando.
- *Métodos estadísticos:* Estos métodos se basan en análisis de regresión sobre ensayos sobre modelos y mediciones de velocidad en barcos reales. Existen varios de estos métodos publicados.

Para el proyecto usaremos el método estadístico de Holtrop y Mennen, basándonos en su publicación de 1982 "An approximate power prediction method".

#### 5.18.1 El Método de Holtrop y Mennen

Este método de predicción de resistencia es una de las técnicas extensamente usadas en la predicción de la resistencia de buques de desplazamiento. Como todos los métodos, sin embargo, esta técnica es limitada con una variedad conveniente de parámetros de forma de casco. Este algoritmo

está diseñado para predecir la resistencia de petroleros, buques de carga generales, buques de pesca, remolcadores, portacontenedores y fragatas. La compleja formulación del método ha sido elaborada efectuando análisis de regresión de una muestra básica constituida por ensayos de remolque y ensayos de autopropulsión. La variedad de parámetros para los cuales los coeficientes de las expresiones básicas son válidos y se muestra en la siguiente tabla:

	<b>Min</b>	<b>Max</b>
<b>Fn</b>	-	0.45
<b>Cp</b>	0.55	0.85
<b>B/T</b>	2.1	2.0
<b>L/B</b>	2.9	9.5

Tabla n° 5.16 Límites de aplicación del método de Holtrop y Mennen.

Los datos de entrada del método Holtrop-Mennen se resumen en la siguiente tabla:

<b>DIMENSIONES PRINCIPALES</b>			
<b>Lpp</b>	12.1	[m]	Eslora entre perpendiculares
<b>Lf</b>	12.65	[m]	Eslora de la flotación
<b>B</b>	4.7	[m]	Manga
<b>Tm</b>	1.6	[m]	Calado en medio
<b>Tpr</b>	1.6	[m]	Calado en proa
<b>Tpp</b>	1.6	[m]	Calado en popa
<b>Lcb</b>	2.0	[%]	Posición longitudinal del centro de carena
<b>COEFICIENTES DE FORMAS</b>			
<b>Cb</b>	0.395		Coefficiente de bloque
<b>Cm</b>	0.589		Coefficiente de la cuaderna maestra
<b>Cp</b>	0.672		Coefficiente prismático
<b>Cf</b>	0.829		Coefficiente de la flotación
<b>SUPERFICIE MOJADA</b>			
<b>Sm</b>	71.95	[m <sup>2</sup> ]	Área mojada del casco
<b>Sm<sub>ap</sub></b>	2.2	[m <sup>2</sup> ]	Área mojada de los apéndices
<b>Ae</b>	2.58	[m <sup>2</sup> ]	Área mojada del espejo
<b>CARACTERISTICAS DEL AGUA</b>			
<b>Densidad</b>	1025	[Kg/m <sup>3</sup> ]	
<b>Viscosidad cinemática</b>	1.882x10 <sup>-6</sup>	[m <sup>2</sup> /s]	

Tabla n° 5.17 Datos de partida del Holtrop- Mennen.

También se ha considerado los apéndices del buque en el cálculo de la resistencia al avance, cuyos coeficientes se muestran en la siguiente tabla:

<b>APÉNDICES</b>	<b>1+K<sub>2</sub></b>
Timón y Quillote	1.75
Arbotante	2
Eje	2

Tabla n° 5.18 Coeficientes (1+K<sub>2</sub>)

La expresión de la resistencia al avance en aguas tranquilas es la siguiente:

$$R_T = R_F (1 + K_1) + R_{APP} + R_W + R_B + R_{TR} + R_A$$

Donde:

$R_F$  Resistencia friccional, se calcula por la formula de ITTC-1957.

(1+K<sub>1</sub>): Factor de formas, describe la resistencia viscosa de la forma del casco en relación a  $R_F$ .

$R_{APP}$  Resistencia por apéndices.

$R_W$  Resistencia por formación y rompimiento de olas.

$R_B$  Resistencia de presión por presencia de bulbo cerca a la flotación.

$R_{TR}$  Resistencia adicional por inmersión del espejo.

$R_A$  Correlación de resistencia entre modelo y buque.

VELOCIDAD		Fn	Rn x 10 <sup>6</sup>	1+K <sub>1</sub>	C <sub>F</sub> x 10 <sup>-2</sup> (ITTC-57)	R <sub>V</sub> [Kg]	R <sub>APP</sub> [Kg]	R <sub>W</sub> [Kg]	R <sub>A</sub> [Kg]	R <sub>T</sub> [Kg]	EHP [HP]
knot	m/s										
5.0	2.57	0.2222	18.65	1.456	2.70	97.82	27.77	4.80	19.01	149.41	5.12
5.5	2.82	0.2445	20.51	1.456	2.66	116.52	22.08	12.29	22.00	186.00	7.02
6.0	2.09	0.2667	22.28	1.456	2.62	126.72	28.82	22.54	27.27	226.46	9.72
6.5	2.24	0.2890	24.24	1.456	2.59	158.40	44.97	66.22	22.12	201.72	12.45
7.0	2.60	0.2112	26.10	1.456	2.56	181.52	51.54	116.89	27.26	287.22	18.59
7.5	2.86	0.2224	27.97	1.456	2.52	206.11	58.51	222.20	42.77	520.69	27.20
8.0	4.12	0.2557	29.82	1.456	2.50	222.11	65.89	427.68	48.66	774.24	42.49
8.5	4.27	0.2779	21.70	1.456	2.48	259.52	72.68	719.62	54.94	1107.76	64.59
9.0	4.62	0.4001	22.56	1.456	2.46	288.25	81.86	1028.47	61.59	1460.27	90.15
9.5	4.89	0.4222	25.42	1.456	2.44	218.57	90.44	1202.61	68.62	1780.22	116.00
10.0	5.14	0.4446	27.29	1.456	2.42	250.17	99.41	1551.58	76.02	2077.19	142.48
10.5	5.40	0.4668	29.16	1.456	2.40	282.14	108.77	1817.68	82.82	2292.41	172.28

Tabla n° 5.19 Resistencia al avance en Aguas Tranquilas.

VELOCIDAD		$F_n$	$R_n \times 10^6$	$1+K_1$	$C_F \times 10^{-2}$ (ITTC-57)	$R_V$ [Kg]	$R_{APP}$ [Kg]	$R_W$ [Kg]	$R_A$ [Kg]	$R_T$ [Kg]	$EHP$ [HP]
knot	m/s										
11.0	5.66	0.4890	41.02	1.456	2.28	417.47	118.52	2145.55	92.00	2772.54	209.27
11.5	5.92	0.5112	42.89	1.456	2.26	452.17	128.65	2572.62	100.56	2256.00	256.84
12.0	6.17	0.5225	44.75	1.456	2.25	490.21	129.16	2125.72	109.49	2874.59	218.92
12.5	6.42	0.5557	46.62	1.456	2.22	528.59	150.06	2862.51	118.80	4660.96	299.62
13.0	6.69	0.5779	48.48	1.456	2.22	568.20	161.22	4787.29	128.50	5645.52	502.41
13.5	6.94	0.6002	50.24	1.456	2.21	609.24	172.98	5926.26	128.57	6857.16	624.97
14.0	7.20	0.6224	52.21	1.456	2.29	651.69	185.01	7226.52	149.02	8222.26	799.18

Tabla n° 5.19 (Continuación) Resistencia al avance en Aguas Tranquilas.



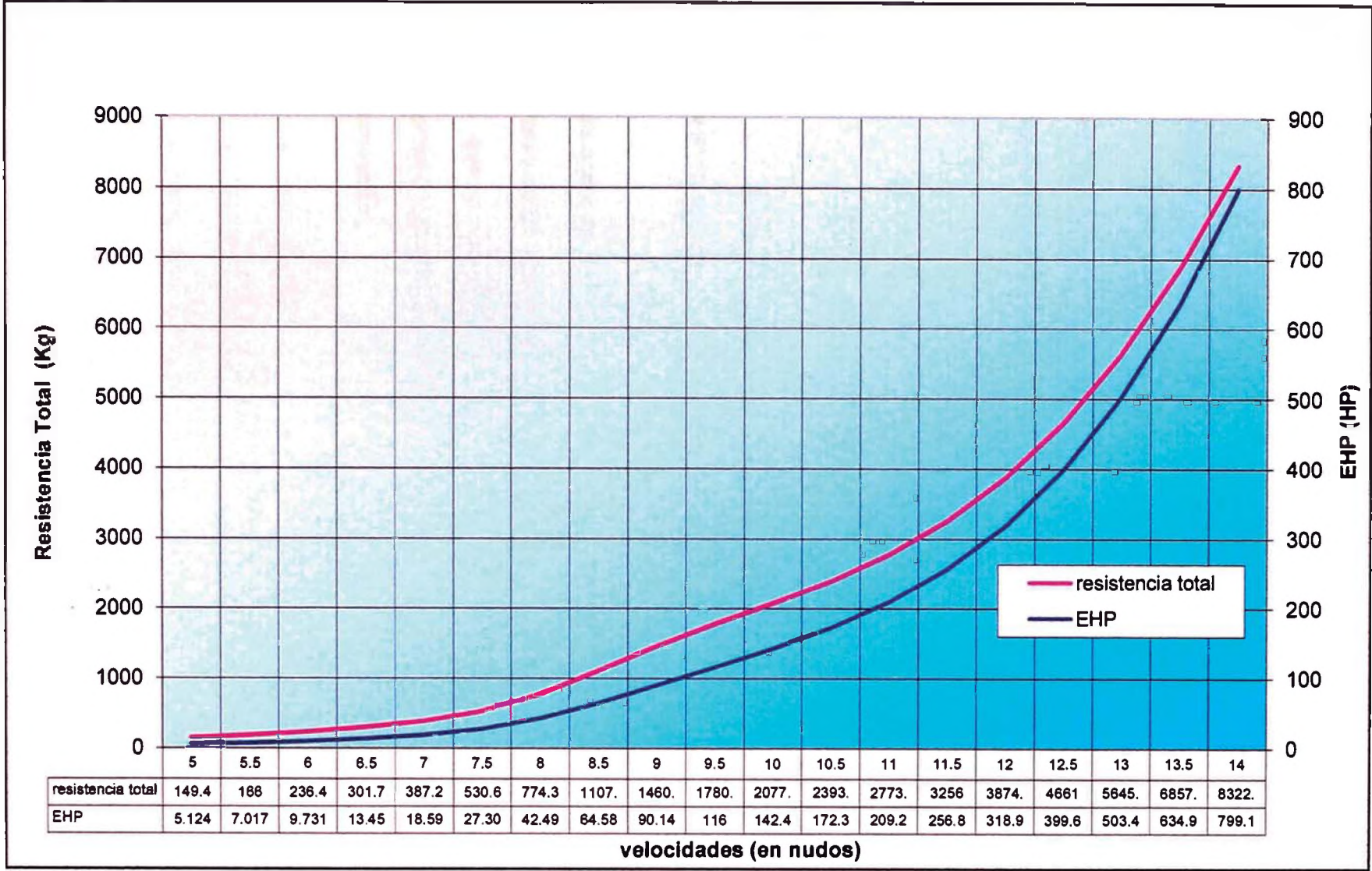


Figura n° 5.20 Curvas de *Resistencia Total* y *EHP* obtenida por el método de Holtrop y Mennen.

De los resultados anteriores, para una velocidad de proyecto de 10 nudos, necesitamos una potencia de remolque de  $EHP = 142.5HP$ .

Consideramos un rendimiento propulsivo  $\eta_p = 0.65$  por lo que la potencia al freno que debe proporcionar los dos motores en conjunto a la velocidad de 10 nudos es:

$$BHP = \frac{EHP}{\eta_p} = \frac{142.5}{0.65}$$

$$BHP = 219HP$$

Por tanto cada motor como mínimo debe proporcionar una potencia de  $BHP=109.5 HP$ .

### 5.19 Estimación del Bollard Pull (Tiro a un Punto Fijo)

Para nuestro proyecto elegimos una hélice de la serie Kaplan 4-70 en tobera No. 19A, que son comúnmente usados por su facilidad de construcción y tener un comportamiento hidrodinámico deseado. Las características principales de esta hélice son las siguientes:

- Tipo de hélice : Serie Kaplan 4-70 (paso fijo)
- Diámetro de la hélice (D) : 1.
- Área-Disco ( $A_E / A_O$ ) : 1. (por justificar)
- Paso-Diámetro ( $P/D$ ) : 1.3 (por justificar)
- Numero de palas (z) : 4
- Tipo de tobera : n° 19A.



Utilizando la fórmula de Keller (ver Ref. 11), se puede hallar la relación de área-disco mínima para evitar la cavitación de cada una de las hélices, esto es:

$$\left( \frac{A_e}{A_o} \right)_{\min} = \frac{(1.3 + 0.3Z)T}{(P_0 - P_v)D^2} + k$$

Donde:

- T es el empuje por hélice (4000kg)
- $P_0$  es la presión estática en el eje, y  $P_v$  la presión de vapor del agua a 15°C, pudiéndose expresar la resta de ambas como:  
 $(P_0 - P_v) = 1025 \cdot h + 10136$  [kg/m<sup>2</sup>]; Siendo h la inmersión del eje de la hélice y para el proyecto se estima un valor de 1.45m.
- Z es el número de palas.
- D es el diámetro de la hélice en metros.
- k es un coeficiente igual a 0.1 para buques de dos hélices.

Reemplazando:

$$\left( \frac{A_e}{A_o} \right)_{\min} = 0.96$$

Por tanto se justifica el valor tomado de  $(A_E / A_O) = 1.0$  (ver Fig. 8.6)

**Table 6.4** Extent of the Wageningen B-screw series (taken from Reference 6)

Blade number (Z)	Blade area ratio, $A_E/A_O$									
2	0.30									
3	0.35		0.50			0.65		0.80		
4	0.40	0.45	0.55	0.60	0.70	0.75	0.85	1.00		
5	0.45		0.60			0.75		1.05		
6	0.50			0.65		0.80		1.05		
7	0.55				0.70		0.85			

Figura n° 5.14 Relación entre  $A_E/A_O$  y Z en Serie Wageningen B-screw.  
(Fuente: ver Ref. 11)

La justificación de la elección de la relación Paso/Diámetro se pospondrá hasta que se seleccione la caja reductora en el apartado 5.22.

En general, las fuerzas y los momentos producidos por el propulsor se expresan en términos de una serie de números adimensionales para expresar las características de funcionamiento generales y son como sigue:

$$\text{Coeficiente de Empuje: } K_T = \frac{T}{\rho_m n^2 D^4}$$

$$\text{Coeficiente de Torque: } K_Q = \frac{Q}{\rho_m n^2 D^5}$$

$$\text{Coeficiente de Avance: } J = \frac{V_A}{nD}$$

Donde:

$T$  = Empuje [kg]

$Q$  = Torque [kg.m]

$D$  = Diámetro de la hélice [m]

$V_A$  = Velocidad de avance de la hélice [m/s]

$n$  = Revoluciones por segundo de la hélice [rps]

$\rho_m$  = Densidad másica del agua de mar (104.48 Kg.s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>)

Además la potencia entregada a la hélice en términos del torque:

$$PHP = \frac{2\pi n Q}{75} \text{ [HP]}$$

La potencia entregada por el motor ( $BHP$ ), puede ser relacionada con la potencia entregada a la hélice ( $PHP$ ):

$$BHP = \frac{PHP}{\eta_m}$$

Donde:  $\eta_m$  = rendimiento mecánico en la línea de ejes

Con el fin de estimar el empuje  $T$  usamos las ecuaciones anteriores (eliminando  $n$  de ellas), obtenemos:

$$T = \left( \frac{75}{2\pi} \rho_m^{1/2} \right)^{2/3} \times \frac{K_T}{K_Q^{2/3}} (BHP \times \eta_m \times D)^{2/3}$$

Sin embargo al considerar la instalación de una tobera, el empuje total está compuesto, como una primera aproximación, por la suma algebraica del empuje de la hélice y de la tobera; esto es:

$$T = T_P + T_N$$

Donde:  $T_P$  es el empuje de la hélice y  $T_N$  de la tobera

En su forma adimensional tendríamos:

$$K_T = K_{TP} + K_{TN}$$

Donde el factor  $\rho_m n^2 D^4$  es como antes se mencionó.

Los resultados de pruebas con modelos normalmente se presentan trazando los valores de  $K_T$  y  $K_{TN}$  como una función de coeficiente de avance  $J$ ; tal como se muestra en la figura 8.6 para un paso fijo de hélice-tobera. Además, el torque no está dividido pues la hélice absorbe toda la torsión del motor.

Las características de las hélices son expresadas por medio de regresiones polinomiales de  $K_T$ ,  $K_Q$  y  $K_{TN}$ , como función de  $P/D$  y  $J$ , estas regresiones se expresan de la siguiente forma (ver Ref. 11):

$$K_T = \sum A_{x,y} (P/D)^x J^y$$

$$K_{TN} = \sum B_{x,y} (P/D)^x J^y$$

$$K_Q = \sum C_{x,y} (P/D)^x J^y$$

Estas curvas deben de ser corregidas ya que se deben de tener en cuenta los efectos de escala. Las correcciones están basadas en la teoría del perfil equivalente, en la cual seleccionando una sección anular característica del propulsor (0.7 o 0.75 R) proporciona una buena aproximación al comportamiento del propulsor.

La corrección al coeficiente de empuje y torque esta dado por:

$$K_{T,Buque} = K_T - \Delta K_T$$

$$K_{Q,Buque} = K_Q - \Delta K_Q$$

Donde:  $\Delta K_T$  y  $\Delta K_Q$  son las correcciones por escala de los coeficientes de empuje y torque, y están dadas por:

$$\Delta K_r = -0.3\Delta C_D \left( \frac{P}{D} \right) \left( \frac{cz}{D} \right)$$

$$\Delta K_\rho = 0.25\Delta C_D \left( \frac{cz}{D} \right)$$

El término  $\Delta C_D$  está relacionado con el cambio del coeficiente de fricción introducido por la diferencia de los regímenes de flujo entre el modelo y el de plena escala, y se calcula como sigue:

$$\Delta C_D = C_{DM} - C_{DS}$$

Donde:

$$C_{DM} = 2 \left( 1 + \frac{2t}{c} \right) \left( \frac{0.044}{R_{nx}^{1/6}} - \frac{5}{R_{nx}^{2/3}} \right)$$

$$C_{DS} = 2 \left( 1 + \frac{2t}{c} \right) \left( 1.89 + 1.62 \times \log_{10} \left( \frac{c}{K_p} \right) \right)^{-2.5}$$

En estas relaciones:  $t$  es el grosor de sección;  $P/D$  es paso-diámetro; el  $c$  es la longitud de cuerda de sección y  $R_{nx}$  es el número Reynolds local, todo está relacionado con la sección localizada a  $0.75R$  (ver Ref. 11 – Table 6.5). La rugosidad de la pala  $K_p$  es tomada como  $20 \times 10^{-6} \text{m}$  (ver Ref. 11).

En este método supone que la superficie de la pala de la hélice de tamaño natural es hidrodinámicamente áspera y el procedimiento de escalamiento sólo considera el efecto del número Reynolds en el coeficiente de fricción.

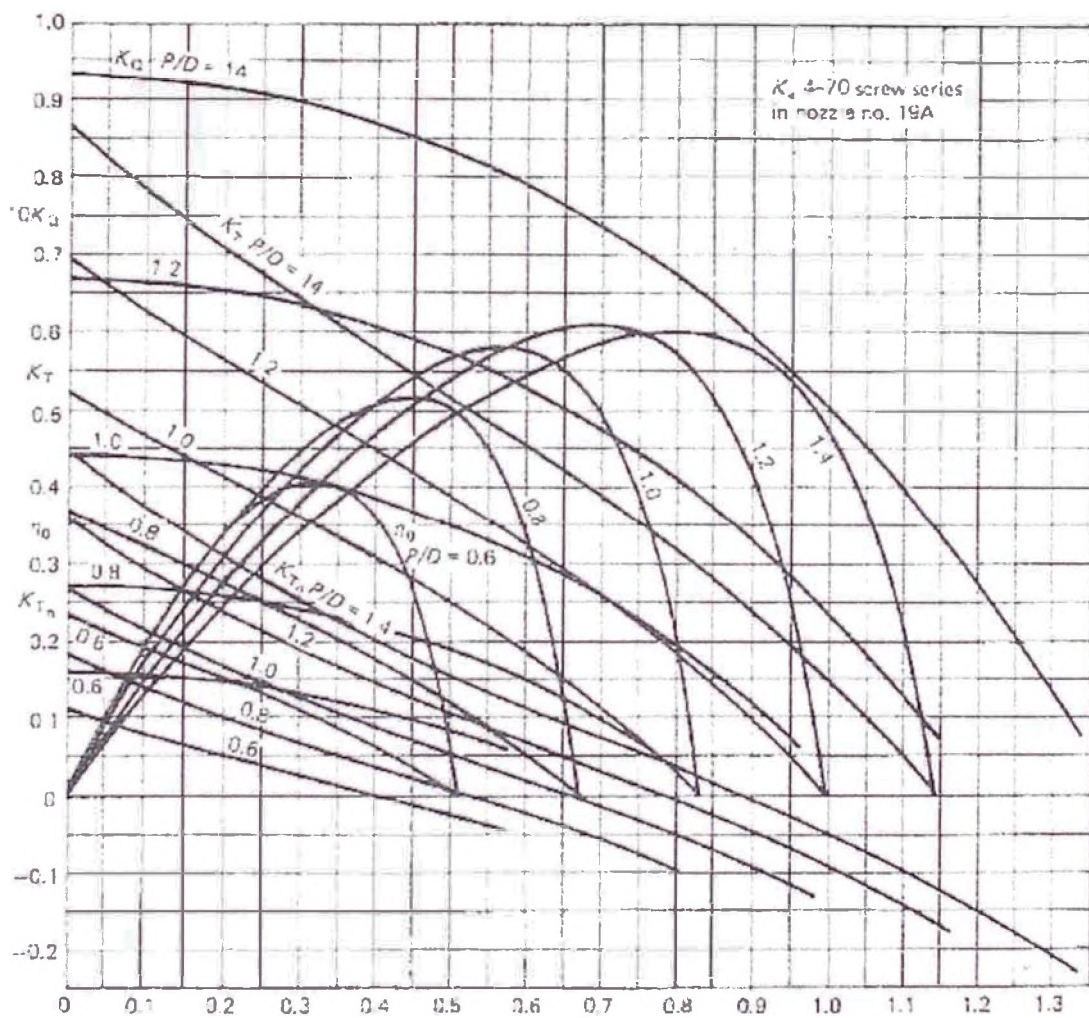


Figura n° 5.15 Hélices de serie 4-70 con tobera no. 19A en aguas abiertas.

(Fuente: ver Ref. 11)

Para la hélice elegida, serie Kaplan  $K_a$  4-70 en tobera No. 19A, su expresión polinomial es la siguiente:

$$\begin{aligned}
 K_T = & 0.02055 - 0.148687J - 0.291127J^3 - 0.422612(P/D)J + 0.667657 \\
 & (P/D)^2 + 0.2851(P/D)^2 J^2 - 0.172529(P/D)^3 - 0.017282(P/D)^6 J \\
 K_{TN} = & 0.076594 - 0.075222J - 0.061881J^2 - 0.120894J^3 - 0.27062J^5 + \\
 & 0.222447J^6 - 0.271227(P/D) - 0.687921(P/D)J + 0.225189 \\
 & (P/D)J^2 - 0.081101(P/D)J^6 + 0.666028(P/D)^2 + 0.724285 \\
 & (P/D)^2 J^2 - 0.202467(P/D)^3 - 0.54249(P/D)^3 J^2 - 0.016149 \\
 & (P/D)^3 J^6 + 0.099819(P/D)^4 J^3 + 0.020084(P/D)^5 J - \\
 & 0.001876(P/D)^6 J^2 \\
 K_Q = & 0.006725 - 0.016206J^2 - 0.007244J^4 - 0.024012(P/D)J^2 + \\
 & 0.005192(P/D)^2 J^2 + 0.046605(P/D)^3 - 0.007266(P/D)^4 - 0.00172 \\
 & (P/D)^6 - 0.000227(P/D)^6 J + 0.000861(P/D)^6 J^2
 \end{aligned}$$

Para la condición de Bollard Pull (Tiro a Punto Fijo) la velocidad del buque es cero, y el coeficiente de avance de la hélice ( $J$ ) también es cero. Para el proyecto es necesario 8 toneladas de Bollard Pull y como tenemos dos líneas de eje, cada propulsor debe entregar 4 toneladas.



Reemplazamos en las expresiones polinomiales  $(P/D)$  y  $J=0$ :

$$K_T = 0.7798$$

$$K_{TN} = 0.4042$$

$$K_Q = 0.0797$$

Las correcciones por escala de los coeficientes:

$$\Delta K_T = 0.00241874$$

$$\Delta K_Q = -0.001552484$$

Entonces:

$$K_{T, Buque} = 0.7774$$

$$K_{TN, Buque} = 0.4018$$

$$K_{Q, Buque} = 0.0813$$

Evaluamos el empuje para un  $BHP_{BP}=280HP$  y  $\eta_m=0.9$ :

$$T = \left( \frac{75}{2\pi} \rho_m^{1/2} \right)^{2/3} \times \frac{K_T}{K_Q^{2/3}} (BHP_{BP} \times \eta_m \times D)^{2/3}$$

$$T = \left( \frac{75}{2\pi} \times 104.48^{1/2} \right)^{2/3} \times \frac{0.7774}{0.0813^{2/3}} (280 \times 0.9 \times 1)^{2/3}$$

$$T = 4057.7 \text{ kg}$$

En la figura n° 5.6 se muestra que la línea de propulsión tiene un ángulo de inclinación de  $\psi=9^\circ$ , por tanto el empuje efectivo será menor a lo calculado, tal como se muestra en la Fig. n° 5.16. Entonces el empuje efectivo estará dado por:

$$T_{\text{EFECTIVO}} = T \times \text{Cos} \psi = 4057.7 \times \text{Cos} 9^\circ$$

$$T_{\text{EFECTIVO}} = 4007.7 \text{ kg} \approx 4.0 \text{ toneladas}$$

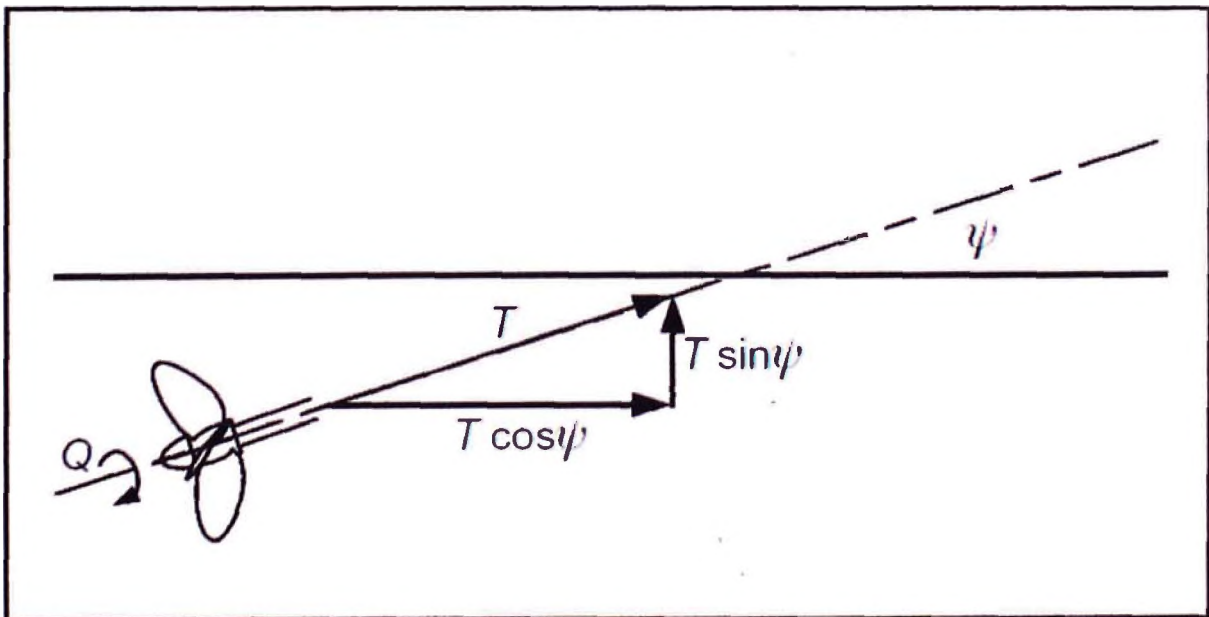


Figura n° 5.16 Componentes del empuje para un eje inclinado.

(Fuente: ver Ref. 11)

El empuje total será 8.0 tn, para una potencia total  $BHP_{BP\ TOTAL} = 560HP$ ,  
cumpliendo el valor requerido para el proyecto.

### 5.20 Potencia a instalar.

La potencia requerida en condición de Bollard Pull es superior a la requerida en la condición de navegación a 10knots.

Si consideramos un margen de servicio de 15% la potencia instalada mínima debe ser:

$$PI_{MINIMO} = \frac{BHP_{BP\ TOTAL}}{0.85} = \frac{560}{0.85}$$

$$PI_{MINIMO} = 658HP$$

Como se van a instalar 2 motores, la potencia mínima de cada uno deberá ser:

$$PI_{MINIMO\ PARA\ CADA\ MOTOR} = 329HP$$

### 5.21 Selección de Motor.

Se selecciono un motor diesel electrónico marca *CUMMINS* para servicio continuo (*Continuous Duty*), de las siguientes características:

Motor marca	CUMMINS
Modelo	QSM11-M350
Combustible	DIESEL 2
Nro. de cilindros	6
Desplazamiento / Cilindrada	11 LT.
Relación de compresión	16.1:1
Diámetro x Carrera	4.92 x 5.79 in
<b>Potencia máxima</b>	<b>350 HP @ 1800 RPM</b>
Torque máximo	1250 LB/FT @ 1350 RPM
Velocidad máxima gobernada	1800 RPM
Ciclos de operación	4
Capacidad de aceite en carter (gal/lt)	10.3 / 39

**SISTEMA DE ADMISION TURBOALIMENTADO Y POST ENFRIADO.-** Cuenta con turbocompresor Holset y conductos de admisión de baja restricción para asegurar una combustión más limpia y un bajo consumo de combustible.

**SISTEMA DE ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE.-** Sistema de inyección electrónica HPI de alta precisión, que controla la inyección de combustible de

acuerdo a la carga del vehículo y la potencia requerida, mejorando notablemente el consumo de combustible y reduciendo el nivel de emisiones.

**SISTEMA DE REFRIGERACION.-** Sistema Heat Exchanger, con accesorios completos y filtro de refrigerante de acción centrífuga.

**SISTEMA DE LUBRICACION.-** El sistema cuenta con bomba de alta capacidad, inyectores de aceite para lubricación y refrigeración interna de los pistones, y enfriador de aceite, lo que asegura una larga vida útil del motor.

#### ACCESORIOS ADICIONALES:

- Volante y cubre volante.
- Turbocompresor Holset.
- Bomba de agua.
- Soporte frontal.
- Motor de arranque 12 voltios.
- Alternador de carga de batería 12 voltios y 130 amp.
- Enfriador de aceite.
- Varilla de medición de aceite.
- Modulo de control electrónico CELECT
- Codo para conexión de escape.
- Bomba de agua salada.
- Intercambiador de calor.
- Accesorios completos para el sistema de refrigeración

- Panel Digital (Main Station)
- Panel Digital (Second Station)

## 5.22 Selección de Caja Reductora.

Para la potencia del motor se selecciono una caja reductora de marca ZF MARINE modelo ZF W350-1 para servicio continuo, de las siguientes características:

MODEL	RATIOS	POWER/RRPM		INPUT POWER CAPACITY				MAX RPM	WEIGHT			
		kW	hp	1600 rpm		1800 rpm			kg	lb		
				kW	hp	kW	hp					
ZF W350-1	3.026°, 3.500, 3.988, 4.536, 4.962, 5.458°	0.2071	0.2778	331	444	373	500	435	583	2400	500	1100
	5.955											
	6.409°	0.1781	0.2389	285	382	321	430	374	502	2400		

Figura n° 5.17 ZF MARINE - PRODUCT SELECTION GUIDE 2014 -

La selección de la reducción adecuada se basará para cual se obtiene un mayor valor de eficiencia del propulsor, y está dada por la siguiente relación (ver Ref. 11):

$$\eta_o = \frac{K_r J}{K_Q 2\pi}$$

Se calculo para las diferentes reducciones la eficiencia del propulsor, y se muestran en la tabla n° 5.21:

P/D	REDUCCION							
	3.026	3.5	3.968	4.536	4.962	5.458	5.995	6.409
1.0	0.542	0.572	0.575	0.522	0.410	0.116	-	-
1.1	0.528	0.569	0.593	0.588	0.548	0.428	0.124	-
1.2	0.508	0.554	0.587	0.607	0.600	0.554	0.424	0.216
1.3	0.485	0.531	0.569	0.600	<b>0.610</b>	0.598	0.541	0.446
1.4	0.460	0.505	0.543	0.578	0.595	0.599	0.576	0.529

Tabla n° 5.21 Eficiencia del propulsor para diferentes valores de P/D y reducción.

La mayor eficiencia es de 0.61 para una reducción de 4.962 y un P/D igual a 1.3, quedando justificada la elección de este valor.

### 5.23 Material a Utilizar

Se emplea el acero ASTM A131 Grado A en toda la estructura, con un límite elástico no inferior a 225 N/mm<sup>2</sup>. Además, tiene algunas ventajas sobre el acero de alta resistencia:

- Es más barato.
- Es más fácil de soldar.

En la siguiente tabla se muestran las propiedades mecánicas de los aceros en función de su grado, según aparece en el Reglamento de ABS Pt 2, Ch 1, Sec 2, Tabla 2:

<i>Grade</i>	<i>Tensile Strength N/mm<sup>2</sup> (kgf/mm<sup>2</sup>, ksi)</i>	<i>Yield Point min. N/mm<sup>2</sup> (kgf/mm<sup>2</sup>, ksi)</i>	<i>Elongation<sup>1 2 3 4</sup> min. %</i>
A, B, D, E	400-520 <sup>(5)</sup> (41-53, 58-75)	235 (24, 34)	22

*Notes:*

- 1 Based on alternative A flat test specimen or alternative C round specimen in 2-1-1 Figure 2.
- 2 For Grade A sections, the upper limit of tensile strength may be 550 N/mm<sup>2</sup> (56 kgf/mm<sup>2</sup>, 80 ksi).
- 3 Minimum elongation for alternative B flat specimen in 2-1-1 Figure 2 is to be in accordance with 2-1-2 Table 3.
- 4 (2008) Minimum elongation for ASTM E8M E8 or A370 specimen is 2-1-2 Table 3 for 200 mm (8 in.) specimen and 22% for 50 mm (2 in.) specimen.
- 5 Steel ordered to cold flanging quality may have tensile strength range of 380-450 N/mm<sup>2</sup> (39-46 kgf/mm<sup>2</sup>, 55-65 ksi) and a yield point of 205 N/mm<sup>2</sup> (21 kgf/mm<sup>2</sup>, 30 ksi) minimum. See also 2-1-2 13.5 and 3-1-2 1.1.

Tabla n° 5.22 Propiedades mecánicas de aceros en función de su grado



## 5.24 Resistencia Longitudinal.

El buque debe tener una mínima resistencia longitudinal y momento de inercia en la sección media.

### 5.24.1 Mínimo Modulo de Sección.

El módulo de sección mínimo requerido de viga-buque,  $SM$ , en la cuaderna maestra del barco, debe ser determinado de acuerdo con la siguiente ecuación: (Pt. 3 Ch. 2 Sec. 1 /3.1)

$$SM = C_1 C_2 L^2 B (C_b + 0.7) \quad [m - cm^2]$$

Donde:

$$C_1 = 30.67 - 0.98L \quad 12 \leq L < 18 \text{ m}$$

$$C_2 = 0.01$$

Reemplazando:

$$SM = 185.14 \text{ m} - cm^2$$

### 5.24.2 Momento de Inercia de la Viga-Buque.

El momento de inercia de la viga-buque,  $I$ , en la cuaderna maestra del barco, debe ser determinado de acuerdo con la siguiente ecuación:

(Pt. 3 Ch. 2 Sec. 1 / 3.5)

$$I = \frac{L \times SM}{33.3} \text{ m}^2 - \text{cm}^2$$

$$I = 72.28 \text{ m}^2 - \text{cm}^2$$

## 5.25 Escantillonado de Cuaderna Maestra.

A continuación se presenta el cálculo de aquellos elementos estructurales que aparecen en la cuaderna maestra.

### 5.25.1 Forro Exterior (Planchaje).

Los espesores del forro exterior va depender de su posición y según el reglamento esta dado por:

- a) **Planchaje de Fondo** (Pt. 3 Ch. 2 Sec. 2 / 3.3.1) .- El espesor de las planchas de fondo en todas partes no debe ser menor a lo obtenido de la siguiente ecuación:

$$t = \frac{s\sqrt{h}}{254} + 2.5 \quad [mm]$$

Donde:

$s$  = Distancia entre los longitudinales de fondo, en milímetros (550 mm).

$h$  = Puntal, D, en metros, pero no menor a 0.1L o 1.18d, el que sea mayor.

Reemplazando:

$$t = 5.8 \text{ mm}$$

- b) **Planchaje Lateral** (Pt. 3 Ch. 2 Sec. 2 / 5.1) .- El espesor de las planchas laterales no debe ser menor a lo obtenido de la siguiente ecuación:

$$t = \frac{s\sqrt{h}}{268} + 2.5 \quad [mm]$$

Donde:

$s$  = Distancia entre los longitudinales laterales, en milímetros (450mm).

$h$  = Puntal, D, en metros, pero no menor a 0.1L o 1.18d, el que sea mayor.

Reemplazando:

$$t = 4.8 \text{ mm}$$

c) **Planchaje de Cubierta de Francobordo** (Pt. 3 Ch. 2 Sec. 3 / 3.1) .-

El espesor de la plancha de la cubierta no debe ser menor a lo obtenido de la siguiente ecuación (el espesor requerido no debe ser menor a 5mm):

$$t = \frac{s\sqrt{h}}{254} + 2.5 \quad [mm]$$

Donde:

s = Distancia entre longitudinales de cubierta, en milímetros (550mm).

h = 0.028L+1.08 [m], (Pt. 2 Ch. 2 Sec. 3 / 3.1.1).

Reemplazando:

$$t = 5.1 \text{ mm}$$

### 5.25.2 Estructura de Fondo.

a) **Longitudinales de Fondo:** (Pt. 3 Ch. 2 Sec. 4/ 5.7) .- El modulo de sección, SM, de cada refuerzo con su plancha asociada no debe ser menor a lo obtenido de la siguiente ecuación:

$$SM = 7.8 \times c \times h \times s \times t^2 \quad [cm^3]$$

Donde:

$$c = 1.0$$

s = Distancia entre los longitudinales de fondo (0.55 m)

l = Longitud no soportada (1.0 m)

h = Distancia vertical (2.3 m)

Reemplazando:

$$SM = 9.86 \text{ cm}^3$$

b) **Varengas:**

- i. El modulo de sección, SM, de cada varenga con su plancha asociada no debe ser menor a lo obtenido de la siguiente ecuación (Pt. 3 Ch. 2 Sec. 4/ 5.3.1):

$$SM = 7.8 \times c \times h \times s \times l^2 \quad [\text{cm}^3]$$

Donde:

$$c = 0.915$$

h = Distancia vertical del centro del área soportada a la cubierta de costado (1.9 m). Ver Fig. 9.1.

s = Espaciamiento (1.0 m)

l = Longitud no soportada (0.9m)

Reemplazando:

$$SM = 11.0 \text{ cm}^3$$

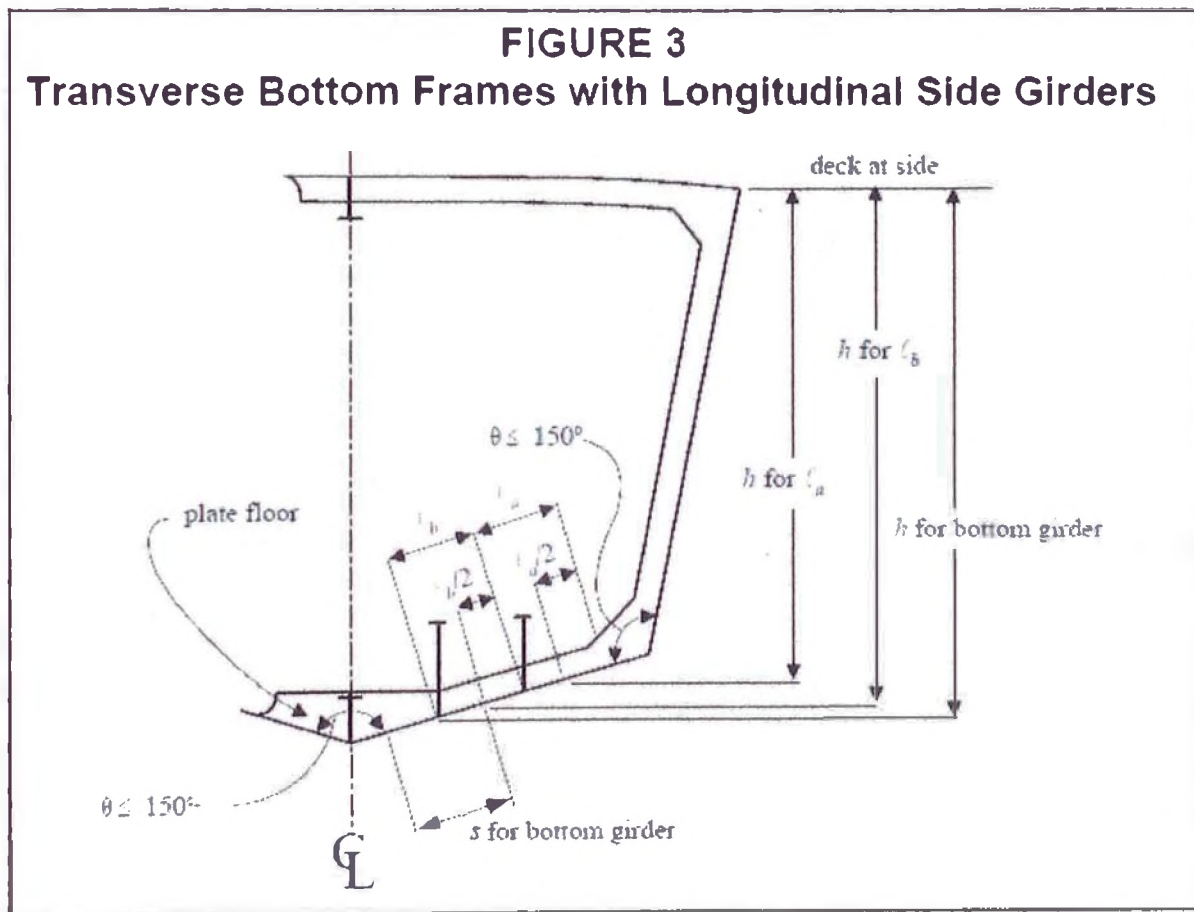


Figura n° 5.18 Tomado de la Ref. 2 (Pt. 3·Ch. 2 Sec. 4/ Figure 3)

- ii. Mínima altura ,  $hw$ , no debe ser menor a lo obtenido de la siguiente ecuación (Pt. 3 Ch. 2 Sec. 4/ 5.3.2):

$$hw = 145 \times l \text{ mm}$$

$$hw = 130.5 \text{ mm}$$

- iii. El espesor mínimo del alma,  $t$ , no debe ser menor a lo obtenido de la siguiente ecuación (Pt. 3 Ch. 2 Sec. 4/ 5.3.3):

$$t = 0.01 \times hw + 3 \text{ mm}$$

$$t = 4.3 \text{ mm}$$

### 5.25.3 Estructura de Costado

- a) **Cuadernas:** (Pt. 3 Ch. 2 Sec. 5/ 5.1) .- El modulo de sección,  $SM$ , de cada refuerzo con su plancha asociada no debe ser menor a lo obtenido de la siguiente ecuación:

$$SM = 7.8 \times c \times h \times s \times l^2 \quad [cm^3]$$

Donde:

$$c = 0.915$$

$s$  = Espaciamiento (m)

$l$  = Longitud no soportada (m)

$h$  = Distancia vertical (m)

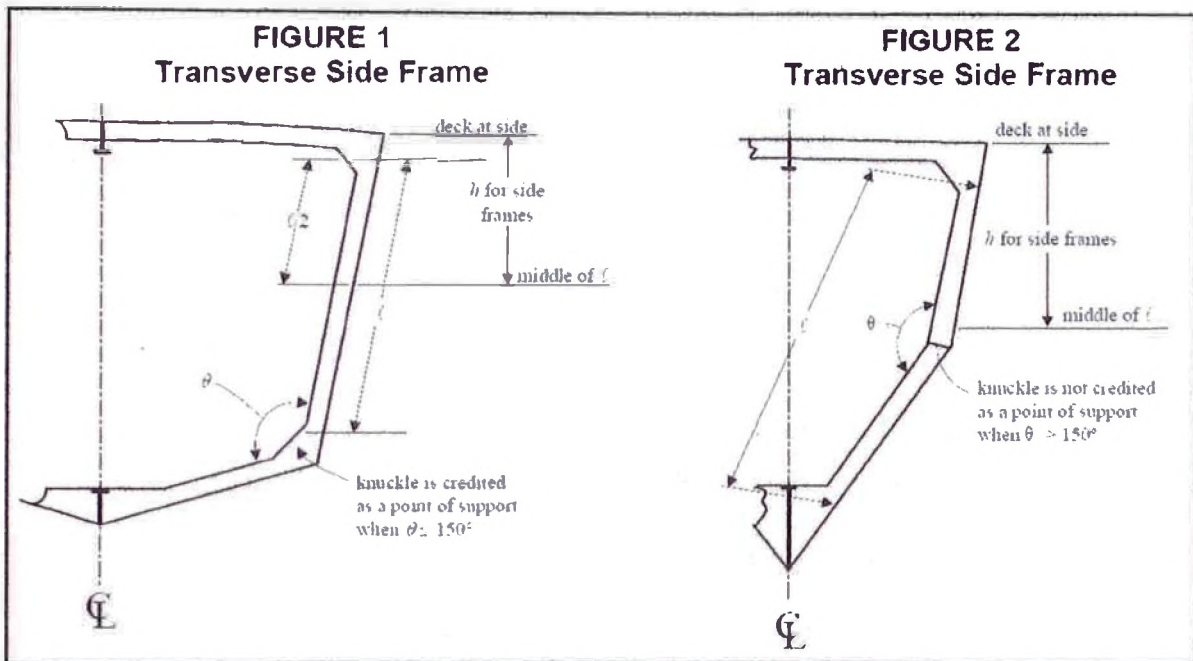


Figura n° 5.19 Tomado de la Ref. 2 (Pt. 3 Ch. 2 Sec. 5/ Figure 1 y 2)

Para las cuadernas a popa de la Cd. 9, tenemos:

$$c = 0.915$$

$s$  = Espaciamiento (1.0 m)

$l$  = Longitud no soportada (1.45 m, con cartela)

$h$  = Distancia vertical (0.8 m)

Reemplazando:

$$SM = 11.84 \text{ cm}^3$$



Para las cuadernas a proa de la Cd. 9, tenemos:

$$c = 0.915$$

$$s = \text{Espaciamiento (0.5 m)}$$

$$l = \text{Longitud no soportada (2.26 m, con cartela)}$$

$$h = \text{Distancia vertical (1.78 m)}$$

Reemplazando:

$$SM = 32.44 \text{ cm}^3$$

- b) **Longitudinales de Costado:** (Pt. 3 Ch. 2 Sec. 5/7.1) .- El modulo de sección, SM, de cada refuerzo con su plancha asociada no debe ser menor a lo obtenido de la siguiente ecuación:

$$SM = 7.8 \times c \times h \times s \times l^2 \quad [\text{cm}^3]$$

Donde:

$$c = 0.915$$

$$s = \text{Espaciamiento (0.4 m)}$$

$$l = \text{Longitud no soportada (1.0 m)}$$

$$h = \text{Distancia vertical (1.4 m)}$$

Reemplazando:

$$SM = 4.0 \text{ cm}^3$$

#### 5.25.4 Estructura de Cubierta

- a) **Bao:** (Pt. 3 Ch. 2 Sec. 6/1.2) .- El modulo de sección, SM, de cada refuerzo con su plancha asociada no debe ser menor a lo obtenido de la siguiente ecuación:

$$SM = 7.8 \times c \times h \times s \times l^2 \quad [cm^3]$$

Donde:

$$c = 0.6$$

s = Espaciamiento (1.0 m)

l = Longitud no soportada (4.22 m)

h =  $0.02L + 0.76$  [m], (Pt. 3 Ch. 2 Sec. 6 / 1.3.1) Distancia vertical (1.02 m).

Reemplazando:

$$SM = 85.6 \text{ cm}^3$$

- b) **Longitudinales de Cubierta:** (Pt. 3 Ch. 2 Sec. 6/1.2) .- El modulo de sección, SM, de cada refuerzo con su plancha asociada no debe ser menor a lo obtenido de la siguiente ecuación:

$$SM = 7.8 \times c \times h \times s \times l^2 \quad [cm^3]$$

Donde:

$$c = 0.7$$

s = Espaciamiento (0.55 m)

l = Longitud no soportada (1.0 m)

h =  $0.02L + 0.76$  [m], (Pt. 3 Ch. 2 Sec. 6 / 1.3.1) Distancia vertical (1.02 m).

Reemplazando:

$$SM = 3.06 \text{ cm}^3$$

- c) **Eslora:** (Pt. 3 Ch. 2 Sec. 6/3.3) .- El modulo de sección, SM, de cada refuerzo con su plancha asociada no debe ser menor a lo obtenido de la siguiente ecuación:

$$SM = 7.8 \times c \times b \times h \times l^2 \quad [\text{cm}^3]$$

Donde:

$$c = 0.6$$

b = Media manga del área soportada por la eslorá (2.35 m)

l = Longitud no soportada (2.85 m)

h =  $0.02L + 0.76$  [m], (Pt. 3 Ch. 2 Sec. 6 / 1.3.1) Distancia vertical (1.02 m).

Reemplazando:

$$SM = 91.12 \text{ cm}^3$$

### 5.25.5 Mamparos:

- a) **Planchaje de Mamparo de Colisión** (Pt. 3 Ch. 2 Sec. 7 / 5.1) .- El espesor del mamparo de colisión no debe ser menor a lo obtenido de la siguiente ecuación:

$$t = sk\sqrt{qh/c} + 1.5 \quad [mm]$$

Donde:

s = Distancia entre refuerzos (550 mm)

$\alpha = 3.80/2.07 = 1.84 < 2$ . Ratio de panel.

k = 0.99

q = 1.0

h = Distancia vertical (2.07 m).

c = 254

Reemplazando:

$$t = 4.6 \text{ mm}$$

- b) **Planchaje de Mamparo Estanco** (Pt. 3 Ch. 2 Sec. 7 / 5.1) .- El espesor del mamparo de estanco no debe ser menor a lo obtenido de la siguiente ecuación:

$$t = sk \sqrt{qh/c} + 1.5 \quad [mm]$$

Donde:

s = Distancia entre refuerzos (550 mm)

$\alpha = 4.68/2.71 = 1.73 < 2$ . Ratio de panel.

k = 0.98

q = 1.0

h = Distancia vertical (2.3 m).

c = 290

Reemplazando:

$$t = 4.3 \text{ mm}$$

- c) **Refuerzos Verticales** (Pt. 3 Ch. 2 Sec. 7 / 5.3) .- El modulo de sección, SM, de cada refuerzo con su plancha asociada no debe ser menor a lo obtenido de la siguiente ecuación:

$$SM = 7.8 \times c \times h \times s \times l^2 \quad [cm^3]$$

Donde:

$c = 0.56$  (con cartela)

$s =$  Espaciamiento (0.55 m)

$l =$  Longitud no soportada (2.07 m)

$h =$  Distancia vertical (1.04 m)

Reemplazando:

$$SM = 10.65 \text{ cm}^3$$

### 5.25.6 Quilla

- a) **Plancha de Quilla** (Pt. 3 Ch. 2 Sec. 10 / 1.3) .- El espesor de la plancha de la quilla no debe ser menor que la plancha de fondo:

$$t = 5.8 \text{ mm}$$

- b) **Quilla de Roda** (Pt. 3 Ch. 2 Sec. 10 / 3.1) .- El espesor (t) y el ancho (w) no debe ser menor a lo obtenido de la siguiente ecuación:

$$t = 0.625 \times L + 6.35 \quad [mm]$$

$$w = 1.25 \times L + 90 \quad [mm]$$

Reemplazando:

$$t = 14.5 \text{ mm}$$

$$w = 106.4 \text{ mm}$$

### 5.25.7 Puntales

Se colocará un puntal en la línea de crujía, debajo de la zona donde se instalará la base del gancho de remolque.

- a) **Carga Permissible** (Pt. 3 Ch. 2 Sec. 6 / 5.2) .- La carga permissible de un puntal será:

$$W_a = (k - n \times l / r) \times A \quad [kN]$$

Donde:

$$k = 12.09$$

$$n = 0.0444$$

$$l = \text{Longitud del puntal (177.2 cm)}$$

$$r = \text{Radio de giro (cm)}$$

$$A = \text{Área del puntal (cm}^2\text{)}$$

Reemplazando:

$$W_a = (12.09 - 7.87 / r) \times A \text{ kN}$$

- b) **Carga Calculada** (Pt. 3 Ch. 2 Sec. 6 / 5.5) .- La carga que debe soportar un puntal será:

$$W = n \times b \times h \times s \quad [kN]$$

Donde:

$$n = 7.04$$

b = Manga del área que soporta el puntal (4.7 m)

h =  $0.02L + 0.76$  [m], Distancia vertical (1.02 m).

s = Longitud del área que soporta el puntal (5.5 m)

Reemplazando:

$$W = 185.6 \text{ kN}$$

Por tanto, la carga permisible,  $W_a$ , ha de ser mayor o igual a la calculada anteriormente,  $W$ , entonces:

$$W_a \geq W$$

Para un tubo Ø5" SCH40 ( $A=27.74\text{cm}^2$  y  $r=4.77\text{cm}$ ):

$$W_a = 205.1 \text{ kN} \geq W \quad (OK)$$



### 5.25.8 Superestructura

#### a) *Mamparo Expuesto a proa:*

- i. *Refuerzo* (Pt. 3 Ch. 2 Sec. 9 / 3.3) .- El modulo de sección,  $SM$ , de cada refuerzo con su plancha asociada no debe ser menor a lo obtenido de la siguiente ecuación:

$$SM = 3.5 \times s \times l^2 \times h \quad [cm^3]$$

Donde:

$s$  = Espaciamiento (0.5 m)

$l$  = Longitud no soportada (1.0 m)

$h$  = Distancia vertical (9.9 m, para mamparo expuesto a proa)

Reemplazando:

$$SM = 17.3 \text{ cm}^3$$

- ii. *Planchaje* (Pt. 3 Ch. 2 Sec. 9 / 3.5) .- El espesor de la plancha no debe ser menor a lo obtenido de la siguiente ecuación:

$$t = 3 \times s \times \sqrt{h} \quad [mm]$$

Donde:

s = Espaciamiento (0.5 m)

h = Distancia vertical (9.9 m)

Reemplazando:

$$t = 4.7 \text{ mm}$$

Además, el espesor de la plancha no debe ser menor a lo obtenido de la siguiente ecuación:

$$t = (s/0.6) \times (6 + 0.02 \times L) \quad [mm]$$

Reemplazando:

$$t = 6.2 \text{ mm}$$

Entonces el mínimo espesor requerido será:

$$t = 5.2 \text{ mm}$$

b) **Mamparo Expuesto Lateral:**

- i. *Refuerzo* (Pt. 3 Ch. 2 Sec. 9 / 3.3) .- El modulo de sección, SM, de cada refuerzo con su plancha asociada no debe ser menor a lo obtenido de la siguiente ecuación:

$$SM = 3.5 \times s \times l^2 \times h \quad [cm^3]$$

Donde:

s = Espaciamiento (0.5 m)

l = Longitud no soportada (1.0 m)

h = Distancia vertical (3.3 m)

Reemplazando:

$$SM = 5.8 \text{ cm}^3$$

- ii. *Planchaje* (Pt. 3 Ch. 2 Sec. 9 / 3.5) .- El espesor de la plancha no debe ser menor a lo obtenido de la siguiente ecuación:

$$t = 3 \times s \times \sqrt{h} \quad [mm]$$

Donde:

s = Espaciamiento (0.5 m)

h = Distancia vertical (3.3 m)

Reemplazando:

$$t = 2.7 \text{ mm}$$

Además, el espesor de la plancha no debe ser menor a lo obtenido de la siguiente ecuación:

$$t = (s/0.6) \times (5 + 0.02 \times L) \quad [mm]$$

Reemplazando:

$$t = 5.3 \text{ mm}$$

Entonces el mínimo espesor requerido será:

$$t = 5.3 \text{ mm}$$

c) **Mamparo Expuesto a Popa:**

- i. **Refuerzo** (Pt. 3 Ch. 2 Sec. 9 / 3.3) .- El modulo de sección, SM, de cada refuerzo con su plancha asociada no debe ser menor a lo obtenido de la siguiente ecuación:

$$SM = 3.5 \times s \times l^2 \times h \quad [cm^3]$$

Donde:

s = Espaciamiento (0.5 m)

l = Longitud no soportada (1.0 m)

h = Distancia vertical (3.3 m)

Reemplazando:

$$SM = 5.8 \text{ cm}^3$$

- ii. *Planchaje* (Pt. 3 Ch. 2 Sec. 9 / 3.5) .- El espesor de la plancha no debe ser menor a lo obtenido de la siguiente ecuación:

$$t = 3 \times s \times \sqrt{h} \quad [mm]$$

Donde:

s = Espaciamiento (0.5 m)

h = Distancia vertical (3.3 m)

Reemplazando:

$$t = 2.7 \text{ mm}$$

Además, el espesor de la plancha no debe ser menor a lo obtenido de la siguiente ecuación:

$$t = (s/0.6) \times (5 + 0.02 \times L) \quad [mm]$$

Reemplazando:

$$t = 5.3 \text{ mm}$$

Entonces el mínimo espesor requerido será:

$$t = 5.3 \text{ mm}$$

### 5.26 Resumen de Escantillonado.

A continuación se muestra el resumen del escantillonado calculado por ABS y el seleccionado.

<b>Planchaje</b>	<b>t (ABS) (mm)</b>	<b>t (mm)</b>
Fondo	5.8	6.4
Lateral	4.8	6.4
Cubierta de Francobordo	5.1	6.4
Mamparo de Colisión	4.6	4.8
Mamparo Estanco	4.2	4.8

Tabla n° 5.23 Resumen de Planchaje de Casco y Mamparos.

Estructura	SM (ABS) (cm <sup>2</sup> )	Refuerzo	SM (cm <sup>2</sup> )
Longitudinal de Fondo	9.86	Plt. 6.4x63.5mm	12.2
Varenga $t_{\min}=4.3\text{mm}$ $hw_{\min}=130.5\text{mm}$	11.0	Plt. 4.8x160mm	54.8
Cuaderna	11.8 32.4	Plt. 4.8x150mm	37.1
Longitudinal de Costado	4.0	Plt. 4.8x50mm	4.7
Bao	85.6	'L' ó 'T': Alma 6.4x150mm / Ala 6.4x80mm	112
Longitudinal de Cubierta	3.06	Plt. 4.8x50mm	4.4
Eslora	91.1	'T': Alma 6.4x150mm / Ala 6.4x75mm	120.2
Refuerzo de Mamparo	10.7	Plt. 6.4x75mm	12.3

Tabla n° 5.24 Resumen de Refuerzos de Estructura.

### 5.27 Comprobación del Módulo de Sección y Momento de Inercia de la Sección Maestra.

Para calcular el modulo de sección y momento de inercia de la sección maestra a partir de la figura n° 5.20, se obtiene:

$$I = 845.1 \text{ m}^2 - \text{cm}^2$$

$$y = 1543 \text{ mm}$$

$$SM = 547.7 \text{ m cm}^2$$

Comparando con los resultados anteriormente calculados en el apartado 5.24.1 y 5.24.2, estos cumplen satisfactoriamente.

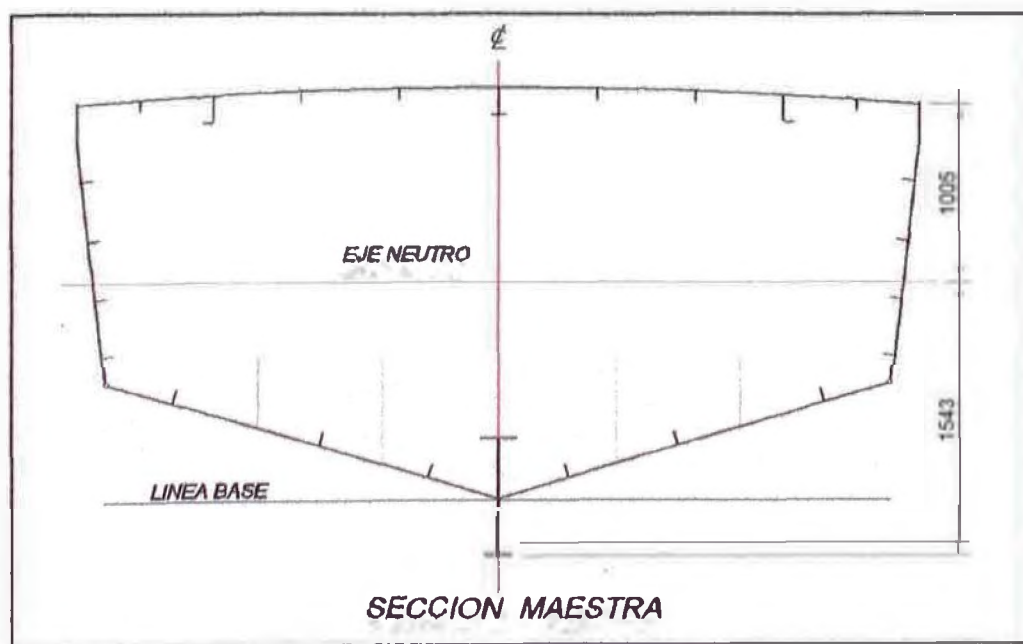


Figura n° 5.20 Sección Maestra.



**CAPITULO VI**  
**ANALISIS ECONÓMICO**

**6.1 Evaluación Económica**

**6.1.1 Inversión inicial requerida**

Para realizar esta estimación se tomo como base los ratios de producción del Astillero SIMAC (Servicios Industriales de la Marina - Callao). Se ha estimado el costo de acero procesado en un valor de 8.0 \$/kg.

ITEM	DESCRIPCION	UND.	Metrado Unitario	P.U US.\$	Importe US.\$	Total US.\$
<b>1.0</b>	<b>DISEÑO</b>					<b>37500.00</b>
1.1	Diseño	GBL	1.00	37500.00	37500.00	
<b>2.0</b>	<b>CASCO</b>					<b>174008.84</b>
2.1	Planchaje (Fondo, Costado, Espejo), Quillote y Amurada	Kg	9752.16	8.00	78017.30	
2.2	Cuadernas y Mamparos Longitudinales	Kg	4437.55	8.00	35500.42	
2.3	Cubierta	Kg	3250.94	8.00	26007.49	
2.4	Base del Motor	Kg	1218.77	8.00	9750.14	
2.5	Quilla	Kg	1091.69	8.00	8733.50	
2.6	Miscelaneo (Bitas, Gancho de Remolque, Defensas, etc)	GBL	1.00	16000.0	16000.0	

<b>3.0</b>	<b>SUPER ESTRUCTURA</b>					<b>30809.67</b>
3.1	Planchaje y refuerzos	Kg	2815.21	8.00	22521.67	
3.2	Mástil	Kg	286.00	8.00	2288.00	
3.3	Misceláneo (Bases de equipos, Ventanas, etc)	GBL	1.00	6000.00	6000.00	
<b>4.0</b>	<b>SISTEMA DE TUBERIAS</b>					<b>60639.71</b>
4.1	Suministro, Fabricación y Montaje de los sistemas de tuberías.	GBL	1.00	60639.71	60639.71	
<b>5.0</b>	<b>GRANALLADO, ARENADO Y PINTADO</b>					<b>15037.15</b>
5.1	Granallado, Arenado y pintado	GBL	1.00	15037.15	15037.15	
<b>6.0</b>	<b>PROPULSION Y GOBIERNO</b>					<b>256878.89</b>
6.1	Suministro, Fabricación y Montaje del Sistema Propulsor y Gobierno	GBL	1.00	256878.89	256878.89	
<b>7.0</b>	<b>SISTEMA ELECTRICO</b>					<b>58696.99</b>
7.1	Suministro, Fabricación y Montaje del Sistema Eléctrico	GBL	1.00	58696.99	58696.99	
<b>8.0</b>	<b>SISTEMA ELECTRONICO</b>					<b>32340.17</b>
8.1	Suministro, Fabricación y Montaje del sistema electrónico	GBL	1.00	32340.17	32340.17	
<b>9.0</b>	<b>SISTEMA DE FONDEO</b>					<b>23594.21</b>
9.1	Suministro, Fabricación y Montaje del Sistema de Fondeo	GBL	1.00	23594.21	23594.21	
<b>10.0</b>	<b>ACOMODACION</b>					<b>33012.50</b>
10.1	Suministro, Fabricación y Montaje de Acomodación	GBL	1.00	33012.50	33012.50	
<b>11.0</b>	<b>LANZAMIENTO Y PROTOCOLO DE PRUEBAS</b>					<b>10000.00</b>
11.1	Lanzamiento y Protocolo de Pruebas (Pruebas de Navegación y de Sistemas)	GBL	1.00	10000.00	10000.00	
	<b>COSTO DIRECTO</b>			US \$		<b>750,018.13</b>
	<b>G.G. Y UTILIDADES 10%</b>			US \$		<b>75,001.81</b>
	<b>SUB TOTAL SIN IGV</b>			US \$		<b>825,019.94</b>

Tabla n° 6.1 Inversión Estimada.

La inversión requerida para el proyecto es de \$825,019.94 dólares americanos sin incluir IGV, para el año 2014; esto se muestra en la tabla 6.1.

El valor de venta sería de US \$ 973,523.53 incluido IGV para el año 2014.

### 6.1.2 Ingresos por operaciones

Se ha estimado en base al tarifario de ENAPU S.A. (Versión N° 24 - Modificado por Acuerdo N° 042/09/2014/D -) y estadísticas del tráfico anual de naves en el puerto del Callao, tal como se muestra en la tabla n° 6.2.

ITEM	DESCRIPCION	UND.	P.U US.\$	SERVICIOS ATENDIDOS X DIA	US.\$ x DIA	US.\$ x AÑO
<b>1.0</b>	<b>AMARRE / DESAMARRE</b>					<b>1,266,988.00</b>
1.1	Naves de travesía Internacional	GBL	200.00	14.00	3,200.00	1,168,000.00
1.2	Naves de tráfico de cabotaje	GBL	67.80	4.00	271.20	98,988.00
					<b>TOTAL US.\$</b>	<b>1,266,988.00</b>

Tabla n° 6.2 Ingreso Anual estimado por Operación.

### 6.1.3 Egresos por operación y otros gastos

Constituido por: Pago a ENAPU S.A. por acceso a la infraestructura portuaria para brindar el servicio de amarre y desamarre en el Terminal Portuario, Consumibles, Salario de tripulación, Mantenimiento y Misceláneos (Seguro de

Embarcación, Gastos Administrativos, Fondo para renovación de equipos  
 ° 6.3 se muestran los egresos para el 1<sup>er</sup> año.

ITEM	DESCRIPCION	UND.	P.U US.\$	SERVICIOS ATENDIDOS X DIA	US.\$ x DIA	US.\$ x AÑO 1
<b>1.0</b>	<b>AMARRE / DESAMARRE COBRADO POR ENAPU</b>					<b>199,290.00</b>
1.1	Naves de travesía Internacional	UNID.	35.00	14.00	490.00	178,850.00
1.2	Naves de tráfico de cabotaje	UNID.	14.00	4.00	56.00	20,440.00
<b>2.0</b>	<b>CONSUMIBLES</b>					<b>277,102.16</b>
2.1	Combustible	GAL.	2.70	264 gal/día	-	260,172.00
2.2	Alimentación	GBL	1.00	-	-	9,125.00
2.3	Otros (3% del costo del combustible)	GBL	1.00	-	-	7,805.16
<b>3.0</b>	<b>SALARIO DE TRIPULACION</b>					<b>102,375.00</b>
3.1	01 Piloto, 01 Maquinista, 01 Capataz; 04 Gavieros	GBL	1.00	-	-	102,375.00
<b>4.0</b>	<b>MANTENIMIENTO</b>					<b>15,000.00</b>
4.1	Mantenimiento	GBL	1.00	-	-	15,000.00
<b>5.0</b>	<b>MISCELANEOS</b>					<b>45,000.00</b>
5.1	Seguro de Embarcación, Seguro de Personal, Gastos Administrativos, Fondo para renovación de equipos	GBL	1.00	-	-	45,000.00
					<b>TOTAL US.\$</b>	<b>638,767.16</b>

Tabla n° 6.3 Egresos estimados por Operación para el 1<sup>er</sup> año.

#### 6.1.4 Resumen de Ingresos y Egresos por Operación

Los ingresos y egresos estimados para el 1<sup>er</sup> año que generará la embarcación durante la realización de sus operaciones, obtenemos la utilidad bruta estimada para el 1<sup>er</sup> año.

Ingreso estimado por Operación	:	US \$ 1, 120,988.00
Egreso estimado por Operación	:	US \$ 638,767.16
Utilidad bruta estimada por Operación	:	US \$ 482,220.84

#### 6.2 Proyección Económica Del Proyecto

El periodo de servicio de la embarcación auxiliar tipo amarradora se estima de 30 años como vida útil total, sin embargo el estudio estará basado en 10 años por estar dentro de la vida útil económica, a finales de este periodo la embarcación se realizará un mantenimiento integral.

Se ha estimado un incremento anual del 2% de los egresos por operación y una tasa de impuesto a la Renta de 30% sobre la utilidad bruta, manteniendo constante los ingresos anuales.

El tiempo de recuperación de la inversión según la utilidad anual neta estimada es aproximadamente dos años con seis meses.

	Año	Inversión	Ingresos Anuales	Gastos Operativos Anuales	Utilidad Bruta Anual
n		US.\$	US.\$	US.\$	US.\$
0	2014	825,019.94	-	-	-
1	2015	-	1,120,988.00	638,767.16	482,220.84
2	2016	-	1,120,988.00	651,542.50	469,445.50
3	2017	-	1,120,988.00	664,573.35	456,414.65
4	2018	-	1,120,988.00	677,864.82	443,123.18
5	2019	-	1,120,988.00	691,422.12	429,565.88
6	2020	-	1,120,988.00	705,250.56	415,737.44
7	2021	-	1,120,988.00	719,355.57	401,632.43
8	2022	-	1,120,988.00	733,742.68	387,245.32
9	2023	-	1,120,988.00	748,417.54	372,570.46
10	2024	-	1,120,988.00	763,385.89	357,602.11

Tabla n° 6.4 Utilidad Bruta Anual estimados para 10 años.

	Año	Inversión	Utilidad Bruta Anual	Impuestos (30%)	Utilidad Neta Anual	Utilidad Neta Anual
n		US.\$	US.\$	US.\$	US.\$	US.\$
0	2014	825,019.94				
1	2015		482,220.84	144,666.25	337,554.59	337,554.59
2	2016		469,445.50	140,833.65	328,611.85	666,166.44
3	2017		<b>456,414.65</b>	<b>136,924.39</b>	<b>319,490.25</b>	<b>985,656.69</b>
4	2018		443,123.18	132,936.95	310,186.23	1,295,842.91
5	2019		429,565.88	128,869.76	300,696.12	1,596,539.03
6	2020		415,737.44	124,721.23	291,016.21	1,887,555.24
7	2021		401,632.43	120,489.73	281,142.70	2,168,697.94
8	2022		387,245.32	116,173.60	271,071.72	2,439,769.66
9	2023		372,570.46	111,771.14	260,799.33	2,700,568.99
10	2024		357,602.11	107,280.63	250,321.48	2,950,890.47

Tabla n° 6.5 Utilidad Neta Anual estimados para 10 años.

### 6.2.1 Valor Actual Neto (VAN)

Para evaluar el VAN se tomará como tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) un valor de 12%. En la tabla n° 6.6 el flujo económico del proyecto, para el cual se obtiene un VAN de US.\$ 892,231.84.

	Flujo Económico
n	US.\$
0	-825019.94
1	337,554.59
2	328,611.85
3	319,490.25
4	310,186.23
5	300,696.12
6	291,016.21
7	281,142.70
8	271,071.72
9	260,799.33
10	250,321.48

Tabla n° 6.6 Flujo Económico estimados para 10 años.

### 6.2.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

TIR es la tasa de descuento que hace el VAN igual a cero, por tanto tenemos para el proyecto TIR = 36.68%.

### 6.2.3 Ratio Beneficio-Costo (B/C)

El B/C es un indicador que relaciona el valor actual de los beneficios del proyecto con los costos del mismo, más la inversión inicial. Por tanto tenemos para el proyecto  $B/C = 1.54$ .

Para el análisis económico realizado para el proyecto hemos obtenido lo siguiente:

$$VAN > 0$$

$$TIR > TMAR$$

$$B/C > 1$$

Por tanto, el proyecto es rentable.

### 6.3 Análisis de Sensibilidad

Se analizó la variación del número de servicios atendidos por día de naves de travesía internacional, para los indicadores económicos VAN, TIR y B/C; manteniendo constante la TMAR de 12% y una vida útil económica de 10 años.

En la tabla n° 6.7 se muestran los resultados y se puede apreciar que el mínimo cantidad de servicios atendidos por día de naves de travesía internacional son once para que el proyecto sea rentable.



Servicios Atendidos por Día Amarre / Desamarre		VAN	TIR	B/C	Tiempo de Retorno de Inversión
Naves de Travesía Internacional	Naves de Tráfico de Cabotaje	US.\$	%		Años
9	4	-279,764.37	1.54	0.92	8.8
10	4	-45,365.13	10.48	1.06	5.5
<b>11</b>	<b>4</b>	<b>189,034.11</b>	<b>17.90</b>	<b>1.18</b>	<b>4.2</b>
12	4	423,433.35	24.56	1.30	3.4
13	4	657,832.59	30.77	1.42	2.9
14	4	892,231.84	36.68	1.54	2.5
15	4	1,126,631.08	42.40	1.65	2.3
16	4	1,361,030.32	47.97	1.75	2.0
17	4	1,595,429.56	53.45	1.86	1.8
18	4	1,829,828.80	58.84	1.96	1.7
19	4	2,064,228.04	64.19	2.05	1.5
20	4	2,298,627.28	69.49	2.15	1.4

Tabla n° 6.7 Variación del número de servicios atendidos por día para un flujo económico estimados para 10 años.

## CONCLUSIONES

Mediante el desarrollo del presente proyecto, se ha demostrado que es factible y viable la construcción de este tipo de embarcación auxiliar clasificada, cumpliendo con las reglas y estándares de: DIRECCION GENERAL DE CAPITANIAS Y GUARDACOSTAS (DICAPI); AUTORIDAD PORTUARIA NACIONAL (APM) y las normas y procedimientos para la prevención de riesgos laborales durante las maniobra de amarre y desamarre de buques en puerto, propuestas por la ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO (OIT).

Contar con una embarcación auxiliar tipo amarradora de las características planteadas en el proyecto incide en:

- Disminución de tiempo de respuesta para el servicio.
- Disminución de tiempo durante el servicio.
- Confiabilidad en la capacidad de equipos seleccionados.

Con lo cual conlleva a que el tiempo de uso del muelle o boya sea menor en un 3 a 5% y el tiempo de espera de otras naves para el servicio de atraque sea menor en un 3%. Lo anterior se traduce para el caso del Muelle Sur en un aumento del 2% anual de naves atendidas.

Las ventajas de construir una embarcación nueva en lugar de modificar cascos existentes o utilizar un remolcador, se resumen en siguiente cuadro

Propiedad Técnica	Embarcación Auxiliar Tipo Amarradora	Remolcador Convencional	Embarcación —Adaptada—
Función	3	2	2
Diseño para el requerimiento	3	3	2
Seguridad	3	3	2
Maniobrabilidad	3	2	1
Tiempo de Vida Económica	3	3	2
Costo de Operación	3	1	2
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>	<b>14</b>	<b>11</b>
Valoración:			
1 = Bajo			
2 = Medio			
3 = Bueno			
4 = Ideal			

Tabla n° C.1 Ventajas de construir una embarcación nueva.

El tamaño de la embarcación auxiliar es adecuado:

- Maniobrabilidad. Menores radios de evolución en comparación a una embarcación auxiliar de una hélice y de un remolcador.
- Estabilidad. La embarcación cumple los criterios de estabilidad intacta de la IMO Res. A.749.
- Bollard Pull y Potencia. El bollard pull de ocho toneladas es el idóneo pues atiende la demanda requerida; por tanto justifica la potencia instalada; sin sacrificar costos de operación en comparación de utilizar un remolcador durante la maniobra.

Actualmente existen proyectos de inversión de infraestructura portuaria por US\$ 1500 millones, entre los que destacan: Los terminales de Paita, El puerto de minerales del Callao, El muelle Norte del Callao, y El Terminal General San Martín de Pisco. Por tanto, hay un mercado para el diseño y construcción de este tipo de embarcación auxiliar, cuyo tiempo estimado de recuperación de la inversión son de dos años con seis meses y está dentro de su vida económica; para lo cual tiene un B/C mayor a uno, siendo el proyecto es rentable.

## RECOMENDACIONES

Las dimensiones de la embarcación auxiliar y selección de equipos son recomendados para la capacidad actual instalada de los muelles y boyas que cuentan nuestros puertos.

Establecer planes de emergencia para salvaguardar la seguridad personal y de la embarcación auxiliar.

Ejecutar las operaciones de prevención y lucha contra incendio, de acuerdo con el plan de emergencia, para preservar la seguridad del buque y su tripulación.

El mantenimiento de uso de los equipos utilizados en las operaciones de amarre y desamarre se realizaran de acuerdo a los manuales de mantenimiento de forma que se asegure su rendimiento. Las reparaciones y sustituciones de los elementos dañados en los cabos guías, bozas y cables, se efectuaran utilizando procedimientos adecuados de forma que asegure su operatividad. Los equipos de amarre y desamarre se estiban en sus almacenes teniendo en cuenta sus características, de manera que se evite el deterioro de los mismos.

El amarre y desamarre de cabos se efectuaran utilizando los medios de protección establecidos para garantizar la seguridad de acuerdo con la normativa vigente. Los equipos de protección personal establecidos en la legislación vigente se utilizaran de acuerdo a los manuales de prevención de riesgos, para minimizar los mismos durante las operaciones de amarre y desamarre. Las faenas a realizar en las operaciones de amarre y desamarre se ejecutaran teniendo en cuenta las normas relativas a la prevención de accidentes con el fin de minimizar los riesgos durante las mismas.

## BIBLIOGRAFIA

1. El Proyecto Básico del Buque Mercante, R. Alvaríño, J. J. Ázpiroz y M. Meizoso, Fondo Editorial de Ingeniería Naval (FEIN); Madrid - España, año 1997.
2. American Bureau of Shipping, Rules For Building And Classing: Steel Vessels Under 90 Meters (295 Feet) In Length. Año 2012.
3. Una aproximación al cálculo del peso del acero en anteproyecto, Pedro Vicente Fernández. Revista: Ingeniería Naval, marzo 2006. Madrid, España.
4. Teoría del Buque, Bonilla De La Corte, Antonio. Cádiz, España, 1979.
5. Practical Ship Design, David G. M. Watson. Vol. 1. Elsevier, 1º Edition, 1998.
6. DICAPI. Resolución Directoral. Normas N° 0222-96/DCG y N° 0206-1999/DCG.
7. DICAPI. Resolución Directoral N° 0336-2013/DCG.

8. Ship Design And Performance For Masters and Mates, Dr. C.B. Barrass. Butterworth-Heinemann, 5° Edition, 1999.
9. Tug use in port: a practical guide, Henk Hensen. The Nautical Institute, 2° Edition, 2003.
10. An approximate power prediccion method, J. Holtrop y M. Mennen. International Ship Building Progress, 1982.
11. Marine Propellers and Propulsion, John Carlton. Elsevier Butterworth-Heinemann Second edition, 2007.
12. Tugs Today: Modern Vessels and Towing Techniques, C. J. Dowswell y M.J. Gaston. Patrick Stephens, 1996.
13. Teoria del Buque, Flotabilidad y Estabilidad, Olivella Puig Joan. ediciones UPC, 1994.
14. OMI, "Código de estabilidad sin Averías para todos los tipos de buques regidos por los instrumentos de la OMI". Resolución a.749 (18).
15. Embarcaciones Auxiliares, K. D. Troup. Limusa, 1988



16. Ship Design for Efficiency and Economy, Schneekluth and Bertram. Second edition 1998.
17. Ship design and Construction, Taggart R. The Society of Naval Architects and Marine Engineers. 1980.
18. Introduction to Naval Architecture, TUPPER, E. Third Edition. Oxford, Great Britain, Elsevier Science. 2002.
19. Equipo y Servicios: Volumen II Fondeo, Amarre y Remolque, Eduardo Comas Turnes. ETSIN, 1986.
20. Design of Ship Hull Structures A Practical Guide for Engineers, Yasuhisa O., Yu T., Masaki M. y Tetsuo O. Springer. 2009.
21. Cruceros y Lanchas Veloces, Baader Juan. Nautica Baader, Buenos Aires, 1972.
22. Revista: Ingeniería Naval n° 880, abril 2010. Madrid, España.
23. Marine Products Guide 2014, Cummins.
24. Product Selection Guide 2014, ZF Marine.

25. Prevención de accidentes a bordo de los buques en el mar y en los puertos,  
Organización Internacional del Trabajo (OIT). 1996.

### Imágenes de Internet

- Figura 1.1 Maniobra de amarre  
Fuente: [http://www.ac-nice.fr/plpms/images/articles/coup\\_oeil/450px-mooring\\_boat\\_with\\_container\\_ship.jpg](http://www.ac-nice.fr/plpms/images/articles/coup_oeil/450px-mooring_boat_with_container_ship.jpg)
- Figura nº 4.1: Multitug 0149  
Fuente: <http://www.aryashipyard.com/>
- Figura nº 4.2: Multitug 0249  
Fuente: <http://www.aryashipyard.com/>
- Figura nº 4.3 Laila, Amarradora de 13.6m de eslora total  
Fuente: <http://www.astillerosriadeaviles.com>
- Figura nº 4.4 Yawar 1, Amarradora de 13.15m de eslora total.  
Fuente: <http://www.astillerosriadeaviles.com>
- Figura nº 5.11 Hélice con tobera con timón triple.  
Fuente: <http://www.propellerpages.com/>
- Figura nº 5.12 Hélice con tobera con un timón.  
Fuente: <http://www.propellerpages.com/>

**ANEXOS**

**ANEXO 1  
BASE DE DATOS**

**REMOLQUES UNIDOS**



Fig. A1.1 Cerho (Fuente: <http://www.gruporemolquesunidos.com/>)

**ZUMAIA**



Fig. A1.2 Zumaia IV (Fuente: <http://www.zumaiashipping.com/>)



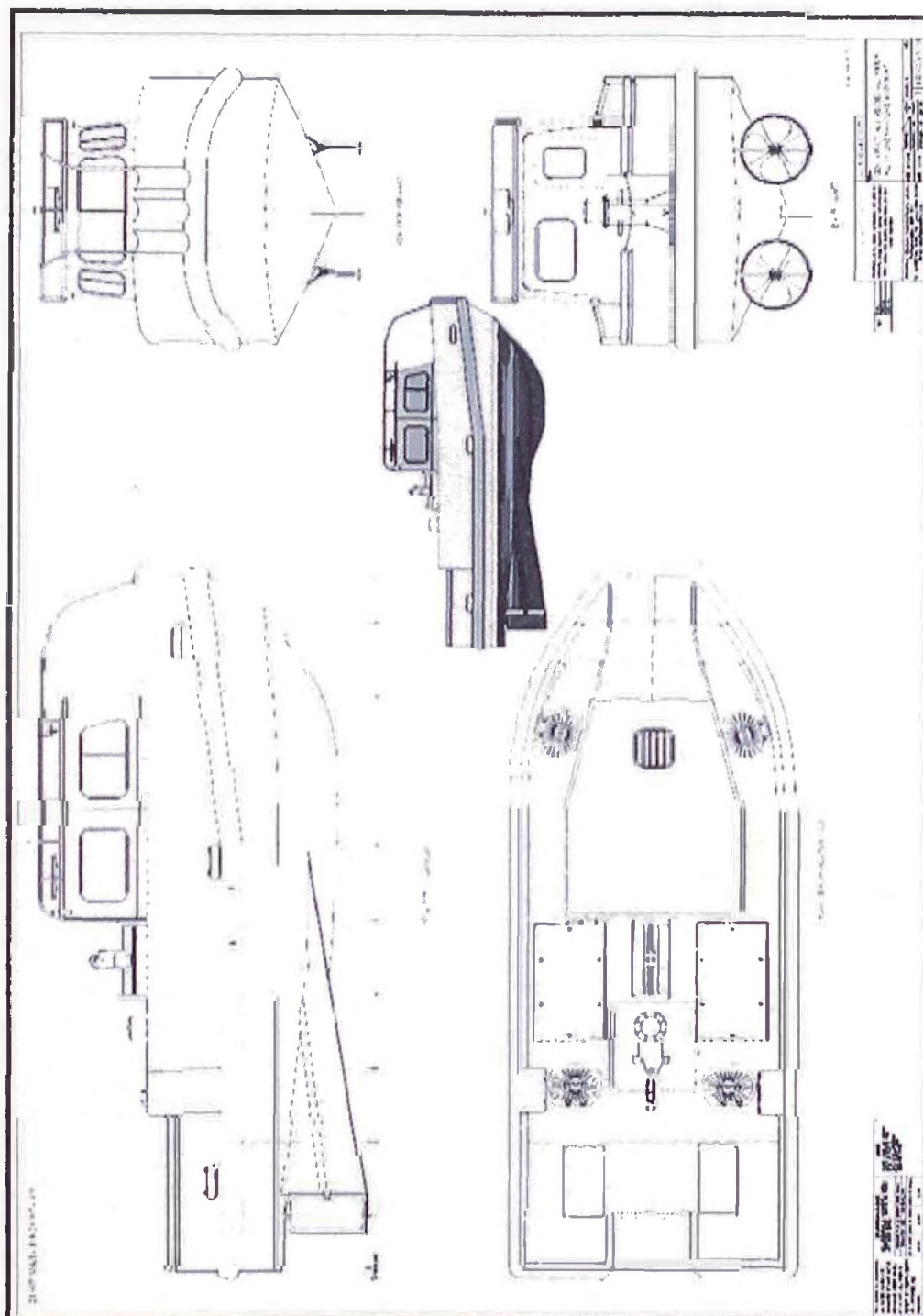


Fig. A1.4 ALNDB\_59 (Fuente: [http://almaritec.co.uk/downloads/alnDB\\_59.pdf](http://almaritec.co.uk/downloads/alnDB_59.pdf) )



## ARYA SHIPYARD

**0149N** DETAIL

**MULTI  
TUG**

**ESPECIFICACIONES**

Cáscara	: Acero
Superestructura	: Acero
Longitud oa	: 14.95 m
Viga oa	: 5,00 m
Profundidad en lados	: 2,00 m
Borrador	: 1,60 m
Capacidad total del tanque	: 8,2 m <sup>3</sup>
Rango de potencia (total)	: 500 - 900hp
Rango de velocidad	: 9,0 a 12,3 nudos
Rango de tracción a punto fijo	: 4,5-12 Tbp
Gama de precios	: € 250k - 450k










Fig. A1.5 Multitug 0149 (Fuente: <http://www.aryashipyard.com/>)

**TUG** DETAIL

**MULTI  
0249**

**ESPECIFICACIONES**

Cáscara	: Acero
Superestructura	: Acero
Longitud oa	: 14.95 m
Viga oa	: 5,00 m
Profundidad en lados	: 2,21 m
Borrador	: 1,70 m
Capacidad total del tanque	: 13,2 m <sup>3</sup>
Rango de potencia (total)	: 600 - 1300hp
Rango de velocidad	: 9,0 a 12,3 nudos
Rango de tracción a punto fijo	: 8 - 15 Tbp
Gama de precios	: € 390k - 650K










Fig. A1.6 Multitug 0149 (Fuente: <http://www.aryashipyard.com/>)

**CHEOY LEE SHIPYARD**

Fig. A1.7 Amarrador de 21m de eslora (Fuente: <http://cheoyleena.com/>)

**CONSULMAR**

Fig. A1.8 Xaloc Uno de 12m de eslora (Fuente: <http://www.consulmar.es/>)



**FERAMAR REMOLCADORES, S.L.**



Fig. A1.9 Yarcla (Fuente: <http://www.feramar.es/>)



Fig. A1.10 Yarcla Tres (Fuente: <http://www.feramar.es/>)

**ANEXO 2**  
**TIPOS DE CABOS Y ESTACHAS – RECOMENDACIONES DE USO**

# CABO NYLON 6 CORDONES

Diámetro m/m Diameter m/m Diamètre m/m	Pulgadas de mena Inches circumference Pouce circonférence	Peso gr/mt Weight gr/m Poids gr/m	Carga rotura mínima daN Breaking load daN C. rupture minimum daN
36	4 1/2	1008	29441
40	5	1248	30330
44	5 1/2	1491	41600
48	6	1595	49200
52	6 1/2	2015	52878
56	7	2163	65300
60	7 1/2	2368	68700
62	7 3/4	2443	77400
64	8	2822	74700
68	8 1/2	3091	92100
70	8 3/4	3376	101900
72	9	3679	105700
76	9 3/4	4283	117700
84	10 1/2	5036	137400
90	11 1/4	5895	161700
96	12		186000

**Descripción:**

Cabo de 6 cordones fabricado a base de fibras de Poliamida de alta tenacidad: combinando fibras de monofilamento y multifilamento.

Es un cabo ideal para los trabajos en que se requiere máxima resistencia a la abrasión, seguridad y elasticidad.

Se fabrica de 36 m/m hasta 96 m/m.

**Acabados:**

Bajo pedido se suministra con:

- Gazas.
- Guardacabos.

**Aplicaciones:**

- Náutica (Amarres, fondeos).
- Trabajos en cabrestante de tensión.

**Características:**

- Materia prima: Poliamida; Monofilamento y Multifilamento. (AT)
- Peso específico 1.14.
- Absorción de agua del 1 al 7%.
- Flotabilidad negativa.
- Excelente resistencia a la exposición de los rayos UV.
- Excelente resistencia a la abrasión.
- Buena elasticidad.
- Empalmable.
- Temperatura máxima 80° C.
- Punto de fusión 215° C.

# ESTACHA NYLON 8 CORDONES

## Descripción:

Cabo de 8 cordones squareline fabricado a base de fibras de Poliamida de alta tenacidad.

El proceso especial de torcido que empleamos para su fabricación le confiere mayor duración al roce.

Se fabrica de 6 m/m hasta 128 m/m.

## Acabados:

Bajo pedido se suministra con:

- Gases.
- Guartacabos.

## Aplicaciones:

- Amarras.
- Remolque.
- Industria.
- Pesca.
- Náutica.

## Características:

- Materia prima: Poliamida. (AT)
- Peso específico 1.14.
- Absorción de agua del 1 al 7%.
- Flotabilidad negativa.
- Buena elasticidad.
- Buena flexibilidad.
- Buena resistencia a la exposición de los rayos UV.
- Excelente resistencia a la abrasión.
- Empalmable.

Díametro m/m Diameter m/m Diamètre m/m	Pulgadas de mena Inches circumference Pouce circonférence	Peso gr/mt Weight gr/m Poids gr/m	Carga rotura mínima daN Breaking load daN C. rupture minimum daN
8	1	39	1491
12	1 1/2	89	3188
16	2	158	5466
20	2 1/2	247	8305
24	3	355	11688
28	3 1/2	483	15604
32	4	631	20042
36	4 1/2	799	24994
40	5	986	30451
44	5 1/2	1193	36407
48	6	1420	42857
52	6 1/2	1667	49795
56	7	1933	57215
64	8	2525	73488
72	9	3195	91643
80	10	3945	111653
88	11	4773	133493
96	12	5681	157141
104	13	6667	182579
112	14	7732	209788
128	16	10099	269453



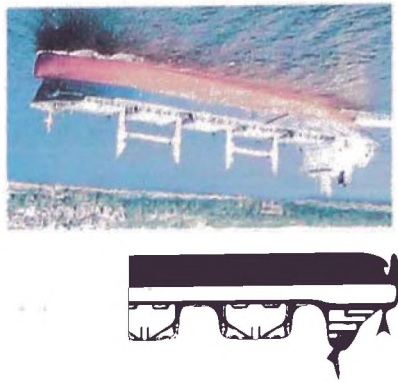
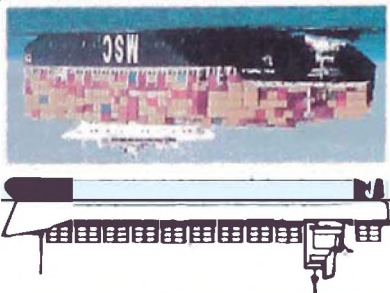
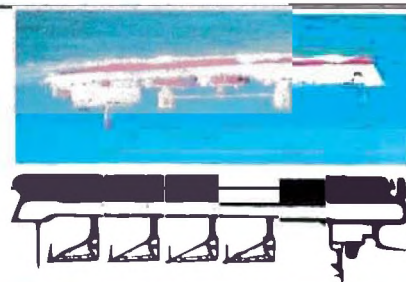
Pasajeros, toros Car, container carriers	Superflex dia. (mm)	Polysteel dia. (mm)	Polipropileno dia. (mm)	Nylon dia. (mm)	Cable acero 6x(W/S)36+IWRC	Super max
	(circ/in)	(circ/in)	(circ/in)	(circ/in)	dia (mm)	dia (mm)
5,000t. dw.	48(6")	52(6-1/2")	56(7")	48(6")	26	20
12,000t. dw.	52(6-1/2")	56(7")	60(7-1/2")	52(6-1/2")	28	22
25,000t. dw.	56(7")	60(7-1/2")	64(8")	56(7")	30	24
40,000t. dw.	60(7-1/2")	64(8")	72(9")	60(7-1/2")	32	26
80,000t. dw.	64(8")	68(8-1/2")	76(9-1/2")	64(8")	36	28



Bulk carriers, tankers	Superflex dia. (mm)	Polysteel dia. (mm)	Polipropileno dia. (mm)	Nylon dia. (mm)	Cable acero 6x(W/S)36+IWRC	Super max
	(circ/in)	(circ/in)	(circ/in)	(circ/in)	dia (mm)	dia (mm)
5.- 10,000t. dw.	48(6")	52(6-1/2")	56(7")	48(6")	26	20
10.- 20,000t. dw.	52(6-1/2")	56(7")	60(7-1/2")	52(6-1/2")	28	22
20.- 40,000t. dw.	56(7")	60(7-1/2")	64(8")	56(7")	32	24
40.- 80,000t. dw.	60(7-1/2")	64(8")	72(9")	60(7-1/2")	36	26
80.- 150,000t. dw.	64(8")	68(8-1/2")	76(9-1/2")	64(8")	38	28
150.- 250,000t. dw.	68(8-1/2")	72(9")	80(10")	68(8-1/2")	40	30
Above 250,000t. dw.	72(9")	76(9-1/2")	88(11")	70(9")	44	32

**ANEXO 3  
CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE BUQUES DE ALTURA**

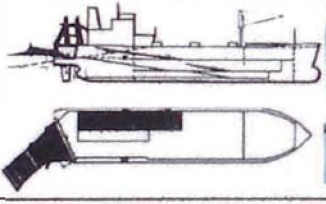

BUQUES CARGUEROS		BUQUES 3 PORTACONTENEDORES		BUQUES GRANLEROS	
1 P.M.	1 BLS ENCHA	MANGRA	PUNTA	CALADO	DE SIZ.
mm	mm	mm	mm	mm	mm
700	52	0.3	3.6	3.5	3.5
1.000	97	10.9	4.8	4.3	4.3
2.000	83	13.1	5.1	4.6	4.6
3.000	84	14.5	5.8	4.8	4.8
4.000	105	15.8	5.5	5.1	5.1
5.000	105	15.8	5.5	5.1	5.1
7.500	105	15.8	5.5	5.1	5.1
10.000	133	19.8	11.2	8.0	8.0
15.000	152	22.5	12.8	8.2	8.2
20.000	165	24.8	13.8	10.0	10.0
30.000	188	27.7	15.0	11.3	11.3
40.000	208	30	18.0	12.5	12.5
55.000	218	32.3	18.7	12.8	12.8
70.000	233	32.3	18.0	13.7	13.7
100.000	258	39.3	21.4	15.4	15.4
150.000	285	44.3	24.5	16.8	16.8
200.000					
250.000					
300.000					
350.000					
400.000					
450.000					
500.000					
550.000					
600.000					
650.000					
700.000					
750.000					
800.000					
850.000					
900.000					
950.000					
1.000.000					
1.100.000					
1.200.000					
1.300.000					
1.400.000					
1.500.000					
1.600.000					
1.700.000					
1.800.000					
1.900.000					
2.000.000					
2.100.000					
2.200.000					
2.300.000					
2.400.000					
2.500.000					
2.600.000					
2.700.000					
2.800.000					
2.900.000					
3.000.000					
3.100.000					
3.200.000					
3.300.000					
3.400.000					
3.500.000					
3.600.000					
3.700.000					
3.800.000					
3.900.000					
4.000.000					
4.100.000					
4.200.000					
4.300.000					
4.400.000					
4.500.000					
4.600.000					
4.700.000					
4.800.000					
4.900.000					
5.000.000					
5.100.000					
5.200.000					
5.300.000					
5.400.000					
5.500.000					
5.600.000					
5.700.000					
5.800.000					
5.900.000					
6.000.000					
6.100.000					
6.200.000					
6.300.000					
6.400.000					
6.500.000					
6.600.000					
6.700.000					
6.800.000					
6.900.000					
7.000.000					
7.100.000					
7.200.000					
7.300.000					
7.400.000					
7.500.000					
7.600.000					
7.700.000					
7.800.000					
7.900.000					
8.000.000					
8.100.000					
8.200.000					
8.300.000					
8.400.000					
8.500.000					
8.600.000					
8.700.000					
8.800.000					
8.900.000					
9.000.000					
9.100.000					
9.200.000					
9.300.000					
9.400.000					
9.500.000					
9.600.000					
9.700.000					
9.800.000					
9.900.000					
10.000.000					







BUQUES TANQUEROS		T.P.M.	F.SI. ORA (m)	MANGA (m)	PUNTAJ (m)	CALADO (m)	DESP. (Ton)
 		500	43	7.8	3.8	3.5	657
		1.000	61	8.9	4.6	4.2	1.333
		2.000	77	11.1	6.0	5.1	2.700
		3.000	88	12	6.6	5.7	4.000
		4.000	96	13.0	7.2	6.	5.300
		5.000	104	14.0	8.1	6.5	6.700
		10	140	18.5	10.5	7.9	13.300
		20.000	164	23.4	12.7	9.2	26.700
		30.000	187	26.9	14.4	10.3	40.000
		40.000	208	29.2	15.9	11.0	53.300
		50.000	222	31.4	17.	11.7	66.700
		60.000	235	33.3	18.1	12.3	80.000
		80.000	259	36.5	19.9	13.2	106.700
		100.000	278	39.3	21.4	14.0	133.300
		150.000	300	45.0	25.0	16.0	200.000
		200.000	316	48.0	26.0	16.0	266.600
		250.000	330	53.3	30.0	20.5	333.333
	275.000	340	51.0	29.3	20.5	335.000	
	300.000	350	53.0	27.0	21.0	390.000	
	350.000	365	55.5	28.0	22.0	420.000	
	400.000	380	58.0	29.2	23.0	475.000	
	500.000	415	73.0	30.5	24.0	600.000	

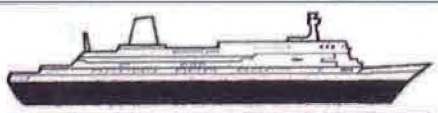

  

BUQUES ROLL ON - ROLL OFF		T.P.M.	F.SI. ORA (m)	MANGA (m)	PUNTAJ (m)	CALADO (m)	DESP. (Ton)
 		5.000	121	18.3	13.8	9.0	9.500
		10.000	153	23.4	17.0	7.4	16.400
		15.000	177	26.2	19.2	8.4	27.500
		20.000	197	28.6	21.0	9.1	35.
		25.000	216	31.0	22.0	9.8	45.000
		30.000	231	32.0	23.5	10.2	52.000
		35.000	245	32.2	24.8	10.8	63.000
		40.000	260	32.2	26.2	11.4	72.000
		45.	275	32.2	27.0	12.0	81.500
		50.000	287	32.2	28.5	14.4	87.500

BUQUES LASH		T.P.M.	F.SI. ORA (m)	MANGA (m)	PUNTAJ (m)	CALADO (m)	DESP. (Ton)
 		30000	250	30.5	-	10.7	74
		38000	287	32.4	-	11.9	38
		40000	272	30.6	-	11.6	89
		45000	270	33.0	-	10.5	83
		47000	272	30.5	-	12.4	89

BUQUES DE PASAJEROS Y CRUCEROS		T.P.M.	F.SI. ORA (m)	MANGA (m)	PUNTAJ (m)	CALADO (m)	DESP. (Ton)
 	Pasajeros	2.000	83	16.6	-	4.0	2.000
		4.000	107	18.5	-	4.	4.000
		7.000	130	21.2	-	5.7	7.000
		10000	147	23.2	-	6.6	10.000
		20.000	180	25.7	-	8.0	20.000
		30.000	207	28.4	-	8.0	30.000
		50.000	248	32.3	-	8.0	50.000
		70.000	278	35.2	-	8.0	70.000
		40.000	189	27.1	-	8.7	24.000
		50.000	211	30.5	-	7.6	28.000
Cruceros		70.000	295	32.3	-	8.0	38.000
		105.000	280	40.0	-	8.5	58.000
		140.000	311	48.0	-	8.8	75.000

## ANEXO 4

### TIPO Y CARACTERÍSTICAS DE AMARRADEROS EN LOS PRINCIPALES PUERTOS DEL PERU

#### A4.1 CALLAO

Terminal portuario APM Terminals	
Posición del Terminal	Lat 12° 02' 45" (S) - Long. 77° 08' 47" (O)
Tipo de Amarradero	Espigon
Máximo Calado	10 mts - 12.5 mts
Máxima Eslora	181 mts - 350 mts
Tipo de Carga	Harina de pescado, fertilizantes, concentrados de miental, carga general, vehículos y contenedores

Terminal portuario Dubai Ports DP WORLD	
Posición del Terminal	Lat 12° 02' 48" (S) - Long. 77° 08' 47" (O)
Tipo de Amarradero	Muelle
Máximo Calado	18 mts
Máxima Eslora	650 mts
Tipo de Carga	Contenedores

Terminal Quimpac	
Posición del Terminal	Lat 11° 58' 34.3" (S) - Long. 77° 09' 40.1" (O)
Tipo de Amarradero	Multiboyas
Máximo Calado	10.5 mts.
Máxima Eslora	205 mts.
Tipo de Carga	Soda Caústica



Terminal 1 Refinería La Pampilla Repsol	
Posición del Terminal	Lat 11° 55' 04" (S) - Long. 77° 09' (O)
Tipo de Amarradero	Multiboyas
Máximo Calado	11.6 mts.
Máxima Eslora	133 mts. - 245 mts.
Tipo de Carga	Petroleo

Terminal 2 Refinería La Pampilla Repsol	
Posición del Terminal	Lat 11° 55' 04" (S) - Long. 77° 09' (O)
Tipo de Amarradero	Multiboyas
Máximo Calado	16.1 mts.
Máxima Eslora	283 mts.
Tipo de Carga	Petroleo

Terminal 3 Refinería La Pampilla Repsol	
Posición del Terminal	Lat 11° 55' 04" (S) - Long. 77° 09' (O)
Tipo de Amarradero	Multiboyas
Máximo Calado	13 mts.
Máxima Eslora	133 mts. - 245 mts.
Tipo de Carga	Petróleo

Terminal Sudamericana de Fibras	
Posición del Terminal	Lat 11° 58' 11.1" (S) - Long. 77° 09' 16.9" (O)
Tipo de Amarradero	Multiboyas
Máximo Calado	9.5 mts.
Máxima Eslora	200 mts.
Tipo de Carga	Productos químicos



Terminal Portuario Cementos Lima (Conchan)	
Posicion del Terminal	Lat 12° 15' S - Long 76° 56' O
Tipo de Amarradero	Muelle
Máximo Calado	11 mts.
Máxima Esloza	185 mts.
Tipo de Carga	Cemento, granos, carbon

#### A4.2 CHIMBOTE

Terminal Portuario Chimbote	
Posicion del Terminal	Lat 09° 05' " (S) - Long 78° 37" (O)
Tipo de Amarradero	Muelle
Máximo Calado	8.5 mts.
Máxima Esloza	185 mts.
Tipo de Carga	Acero, Harina de pescado

Terminal Consorcio Terminales	
Posicion del Terminal	Lat 09° 06' 15' " (S) - Long 78° 33' 49" (O)
Tipo de Amarradero	Multiboyas
Máximo Calado	8.7 mts.
Máxima Esloza	244 mts.
Tipo de Carga	Petroleo Residual, Biodiesel 2, Alcohol Carburante, Gasolina 84 oct

<b>Terminal Siderperú</b>	
Posición del Terminal	Lat 09° 04' 35 " (S) - Long 78° 36' 35.9" (O)
Tipo de Amarradero	Muelle
Máximo Calado	9 mts.
Máxima Eslora	260 mts.
Tipo de Carga	Productos de acero, hierro y barras de acero

<b>Terminal Colpex</b>	
Posición del Terminal	Lat 09° 05' 40.6 " (S) - Long 78° 34' 26.8" (O)
Tipo de Amarradero	Multiboyas
Máximo Calado	10.2 mts.
Máxima Eslora	185 mts.
Tipo de Carga	Aceite de pescado

<b>Terminal ENAPU (Chancay)</b>	
Posición del Terminal	Lat 11° 07 " (S) - Long 77° 37" (O)
Tipo de Amarradero	Muelle
Máximo Calado	8.5 mts.
Máxima Eslora	185 mts.
Tipo de Carga	Acero, Harina de pescado

<b>Terminal Oleaginosa Pacific Oil (Chancay)</b>	
Posición del Terminal	Lat 09° 08' 37.5" S - Long 78° 34' 26.8"
Tipo de Amarradero	Boyas
Máximo Calado	16 mts.
Máxima Eslora	210 mts.
Tipo de Carga	Aceite de pescado



**A4.3 ILO**

<b>Terminal Portuario Tablones - SPCC</b>	
Posicion del Terminal	Lat 17° 30' 13" (S) - Long. 71° 21' 37" (O)
Tipo de Amarradero	4 boyas de amarre
Máximo Calado	13 mts.
Máxima Eslora	230 mts.
Tipo de Carga	PI-500, D-2

<b>Terminal Portuario de Southern Perú Copper Corporation</b>	
Posicion del Terminal	Lat. 17° 38' (S) - Long. 71° 21' (O)
Tipo de Amarradero	Muelle
Máximo Calado	10.7 mts.
Máxima Eslora	240 mts.
Tipo de Carga	Metales CU, Concentrados CU, Carga general, Ácido sulfúrico a Granel.

<b>Terminal GMP</b>	
Posicion del Terminal	Lat 17° 38' 32" (S) - Long. 71° 20' 53" (O)
Tipo de Amarradero	Multiboyas
Máximo Calado	12.10 mts.
Máxima Eslora	197 mts.
Tipo de Carga	Residual 6, Biodiesel 2, Gasolina 95 y Diesel de Exportación, entre otros

<b>Terminal Portuario ENERSUR</b>	
Posicion del Terminal	Lat. 17° 48' 30" (S) - Long. 71° 11' 24" (O)
Tipo de Amarradero	Muelle tipo plataforma (Dolphin)
Máximo Calado	13 mts
Máxima Eslora	200 mts.
Tipo de Carga	Carbon a granel

Terminal TLT	
Posicion del Terminal	Lat 17° 40' 25" (S) - Long. 71° 22' 30" (O)
Tipo de Amarradero	Multiboyas
Máximo Calado	17 mts.
Máxima Eslora	190 mts.
Tipo de Carga	Líquidos a granel
Remolcadores requeridos	1 remolcadores para entrada y salida

Terminal Portuario de Ilo - Enapu S.A.	
Posicion del Terminal	Lat. 17°38'42" (S) - Long. 71°21'04" (O)
Tipo de Amarradero	Muelle
Máximo Calado	10.9 mts.
Máxima Eslora	303 mts.
Tipo de Carga	Harina de pescado, Carga General, Trigo/Maiz a granel, Mineral de hierro, Nitratos de amonio.

#### **A4.4 MOLLENDO**

Terminal Consorcio Terminales - Mollendo	
Posicion del Terminal	17° 01.5' (S) 72° 00.8' (W)
Tipo de Amarradero	Multiboyas
Máximo Calado	13.90 mts.
Máxima Eslora	214 mts
Tipo de Carga	Líquida a granel



Terminal Internacional del Sur S.A. TISUR (Matarani)	
Posición del Terminal	Lat 16° 59' 42.5" (S) - Long 72° 06' 13.2" (O)
Tipo de Amarradero	Muelle
Máximo Calado	9.7 mts.
Máxima Eslora	205 mts
Tipo de Carga	Aceite de pescado, ácido sulfúrico, granos, acero, carga general y contenedores

#### A4.5 PAITA

Terminal Portuario Euroandinos	
Posición del Terminal	Lat 05° 05' " (S) - Long 81° 07" (O)
Tipo de Amarradero	Muelle
Máximo Calado	7.6 mts. - 10.1 mts.
Máxima Eslora	165 mts - 200 mts.
Tipo de Carga	Carga general, Contenedores y Fertilizantes
Remolcadores requeridos	2 remolcadores entrada y salida (para c/operación)

Terminal Petroperú (Bayovar)	
Posición del Terminal	Lat 04° 47' 00' " (S) - Long 81° 03' 20" (W)
Tipo de Amarradero	Multiboyas
Máximo Calado	9 mts - 20 mts.
Máxima Eslora	160 mts. - 330 mts.
Máximo DWT	16,500 mts. - 250,000 mts.
Tipo de Carga	Crudo, residual primario

Terminal Vale (Bayovar)	
Posición del Terminal	
Tipo de Amarradero	Muelle
Máximo Calado	18 mts.
Máxima Eslora	250 mts.
Tipo de Carga	Ácidos, químicos, lubricantes, crudo, diesel, combustible, gas, kerosene, LNG, LPG, Metanol y Naphta

#### A4.6 PISCO

Terminal Marítimo General de San Martín	
Posición del Terminal	Lat 13° 48' (S) - Long. 76° 17' (O)
Tipo de Amarradero	Muelle
Máximo Calado	10 mts
Máxima Eslora	165 mts. - 185 mts.
Tipo de Carga	Acido sulfúrico, aceite de pescado, contenedores, carga general y granos

Terminal Consorcio de Terminales	
Posición del Terminal	Lat 13° 44' (S) - Long. 76° 14' (O)
Tipo de Amarradero	Multiboyas
Máximo Calado	8.53 mts.
Máxima Eslora	182.9 mts.
Tipo de Carga	Kerosene, gasolina, turbo diesel y otros

#### A4.7 SALAVERRY

Terminal Portuario ENAPU S.A.	
Posición del Terminal	Lat 08° 13' " (S) - Long 81° 07' (O)
Tipo de Amarradero	Muelle
Máximo Calado	9.75 mts.
Máxima Eslora	200 mts. - 220 mts.
Tipo de Carga	Contenedores, fertilizantes, Mineral, Granos

Terminal Consorcio de Terminales	
Posición del Terminal	Lat 08° 13' " (S) - Long 78° 58' (O)
Tipo de Amarradero	Multiboyas
Máximo Calado	7.58 mts.
Máxima Eslora	182 mts.
Tipo de Carga	Petroleo Residual, Biodisel 2, alcohol carburante, gasolina


#### A4.8 TALARA

Terminal Petroperú	
Posición del Terminal	Lat 04° 34' 05" - Long 81° 18' 50"
Tipo de Amarradero	Multiboyas
Máximo Calado	10.36 mts.
Máxima Eslora	230 mts.
Tipo de Carga	Crudo, residuos y combustible







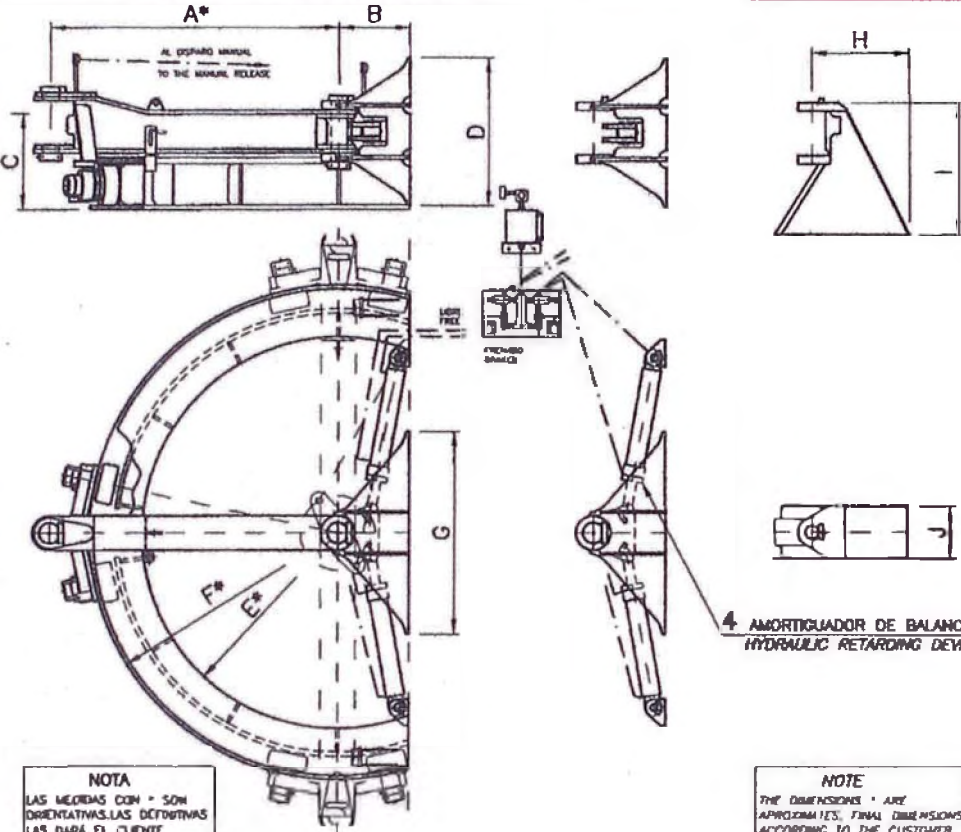
	<b>ACCESORIOS DE</b> <b>GANCHO DE REMOLQUE</b>	<b>ACCESSORIES OF</b> <b>TOWING HOOK</b>	Plano n. <sup>o</sup> 43370-E Drawing n.
			<b>SERIE : 1514</b>
			SIMPL N° 102/03    Fecha 10.08.03 Date

**1 BRAZO Y PISTA CON ANCLAJE A MAMPARO**  
*TOW BAR AND RAIL TRACK W/ BULKHEAD CONNECTION*

**2 ANCLAJE A MAMPARO**  
*BULKHEAD CONNECTION*

**3 ANCLAJE A CUBIERTA**  
*DECK CONNECTION*

**NOTA**  
 LAS MEDIDAS CON \* SON ORIENTATIVAS. LAS DEFINITIVAS LAS DARÁ EL CLIENTE

**NOTE**  
 THE DIMENSIONS \* ARE APPROXIMATES. FINAL DIMENSIONS ACCORDING TO THE CUSTOMER

T.N.	A*	B	C	D	E*	F*	G	H	I	J
mm.										
4		123		270			369	243	364	135
10	850	164	202	360	510	650	492	308	450	180
16	910	290	351	495	543	769	677	357	471	248
28	1275	340	436	630	836	1092	861	449	591	315
40	1400	370	455	752	1005	1190	1110	556	690	368
55	1570	390	508	810	1070	1355	1107	595	799	405
75	1810	410	515	900	1330	1580	1230	648	861	450
100	2432	451	648	990	1830	2185	1353	710	938	495

**EJEMPLO DE PEDIDO** de un gancho de remolque con brazo giratorio y pista de rodadura, anclaje a mamparo y amortiguador de balance de 28 t. de carga de trabajo SERIE 1514.

Gancho de Remolque 1514 - 28 - 1 - 4    Amortiguador/Hydraulic retarding 4  
*Towing hook*

— Serie

— Tamaño Nominal/Nominal Size

— Brazo.../ Tow bar... 1

T.N.: TAMAÑO NOMINAL = Carga de trabajo en t.

**EXAMPLE FOR THE ORDER** of a towing hook with tow bar and rail track, bulkhead connection and hydraulic retarding device of 28 t. working load SERIES 1514.

T.N.: NOMINAL SIZE = Working load in t.

Nos reservamos el derecho de introducir modificaciones sin previo aviso.    We reserve the right to introduce changes without notice.

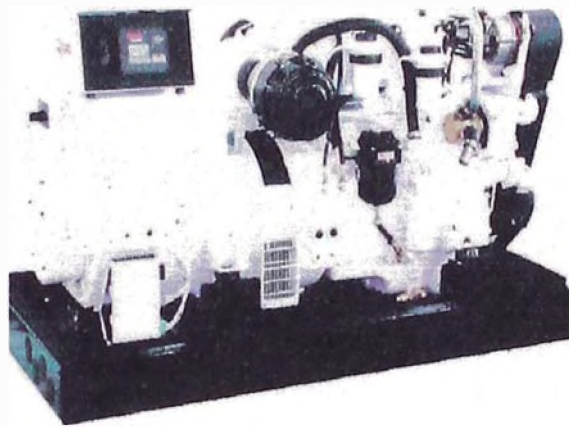
**ANEXO 6**  
**ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL MOTOR PRINCIPAL.**

*Motor diesel electrónico marca CUMMINS, modelo QSM11-M350*



MOTOR MARCA	CUMMINS
MODELO	QSM11-M350
COMBUSTIBLE	DIESEL 2
Nro. DE CILINDROS	6
DESPLAZAMIENTO / CILINDRADA	11 LT.
RELACION DE COMPRESION	16.1:1
DIAMETRO X CARRERA	4.92 x 5.79 in
POTENCIA MAXIMA	350 HP @ 1800 RPM
TORQUE MAXIMO	1250 LB/FT @ 1350 RPM
VELOCIDAD MAXIMA GOBERNADA	1800 RPM
CICLOS DE OPERACIÓN	4
CAPACIDAD DE ACEITE EN CARTER (GAL/LT)	10.3 / 39

**ANEXO 7**  
**ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL GENERADOR ELECTRICO.**



*GRUPO ELECTRÓGENO DIESEL MARINO, MARCA ONAN, MODELO 21.5 MDKBR, DE LA SERIE DIGITAL e-QD (ELECTRONIC QUIET DIESEL), DE 21.5 KW DE POTENCIA, TRIFASICO, 60 HZ, 240 VOLTIOS Y 1800 RPM.*

**ANEXO 8**  
**UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS Y GRISES**

**HAMANN**  **AG**

SOLUTIONS FOR A BETTER ENVIRONMENT

## WASTE WATER TREATMENT

High Quality sewage treatment plants

Certified according to **MEPC 159 (55)**

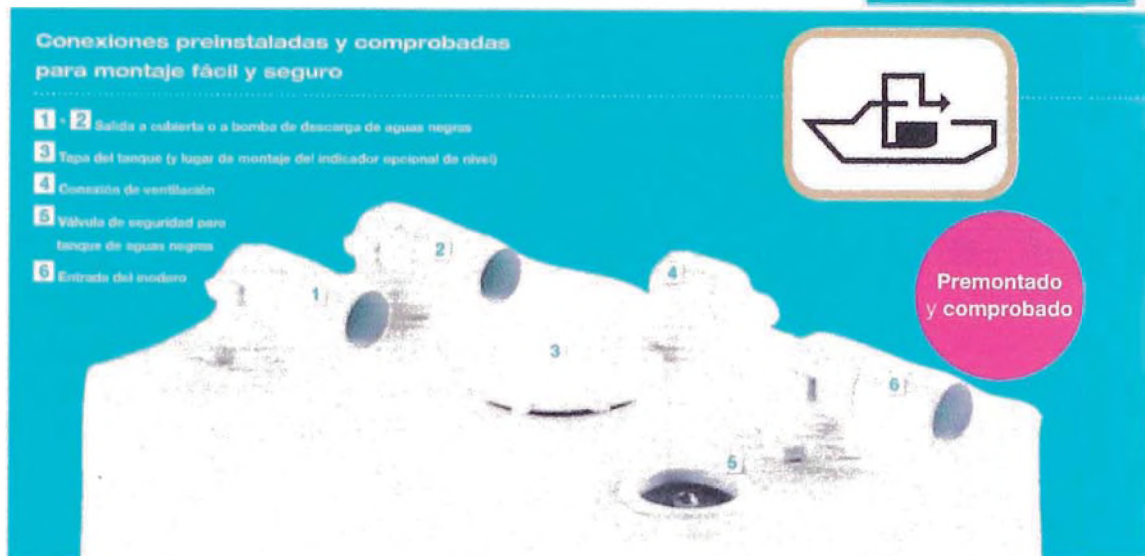
### THE ORIGINAL SUPER MINI PLUS

THE ULTIMATE ANSWER  
 AND SOLUTION  
 FOR ENVIRONMENTAL  
 AWARENESS  
 & OUR BELIEF IN A CLEANER,  
 GREENER TOMORROW.



- ▶ Treats waste water produced by up to 15 persons
- ▶ Exceptionally simple, no sieves, no odour, no clogging
- ▶ Extremely small, compact and very low in weight  
 (LxWxH: 900x630x730mm, 73kg)
- ▶ Tolerates salinity changes and hard detergents
- ▶ Simple plug & play installation and start-up
- ▶ Fully automatic system

82 Sistema marino de tanque de aguas negras

### Conexiones preinstaladas y comprobadas para montaje fácil y seguro

- 1 \* 2 Salida a cubierta o a bomba de descarga de aguas negras
- 3 Tapa del tanque (y lugar de montaje del indicador opcional de nivel)
- 4 Conexión de ventilación
- 5 Válvula de seguridad para tanque de aguas negras
- 6 Entrada del muelle

Premontado  
y comprobado

Desde hace décadas, SeaLand es el proveedor líder en sistemas de tanques de aguas negras. El know-how y la experiencia acumulada en numerosos proyectos OEM son la base de nuestras populares soluciones de reequipamiento sanitario.

Los tanques de aguas negras SeaLand han sido especialmente desarrollados para el mercado europeo y cumplen con las exigencias de la norma ISO 8099. Son duraderos y estancos al olor, fáciles de instalar y de utilizar.

- Diseño libre de olores, a prueba de fugas
- Fácil montaje con conexiones premontadas

Válvula de alivio para descarga segura en el muelle

Otros modelos a petición, para prácticamente todo tipo de barcos

- Amplia gama de accesorios

Dometic DHT42L / DHT61L /  
DHT88L / DHT110L / DHT137L

Tanque de aguas negras para inodoros marinos  
Disponible en 5 tamaños: 42, 61, 88, 110 y 137 litros

DHT42L // N.º de art. 9107100001 // Precio 276,11 €  
DHT61L // N.º de art. 9107100002 // Precio 307,86 €  
DHT88L // N.º de art. 9107100003 // Precio 361,19 €  
DHT110L // N.º de art. 9107100004 // Precio 377,60 €  
DHT137L // N.º de art. 9107100005 // Precio 407,49 €

5 años  
de garantía  
limitada\*

### Dometic DVF1619

Filtro de ventilación (Ø 16 mm o 19 mm) para el tanque de aguas negras Detiene el escape de olores a través de la ventilación del tanque de aguas negras

- Material filtrante de tipo único absorbedor de olores
- Elimina la necesidad de sustancias químicas en el tanque de aguas negras
- Incluye adaptadores para mangueras de 16 y 19 mm
- Dimensiones (An x Al x Fo): 400 x 80 x 80 mm
- Peso: 1 kg

Volumen de entrega: filtro de ventilación, dos adaptadores de manguera de 16 mm, dos adaptadores de manguera de 19 mm, soporte de montaje, dos sujetadores, manual de Instrucciones

N.º de art. 9107100008 // Precio 73,67 €

### Dometic DVF38

Filtro de ventilación para tanque de aguas negras, 38 mm de diámetro

N.º de art. 9108553365 //  
Precio 180,90 €

### TankSaver®

Válvula de seguridad para tanque de aguas negras  
→ Material: Caucho, PE  
→ Dimensiones: Ø 76 mm, salida de aire 115"

N.º de art. 9108554455 //  
Precio 68,98 €



## ANEXO 9 DEFENSAS TIPO D Y M

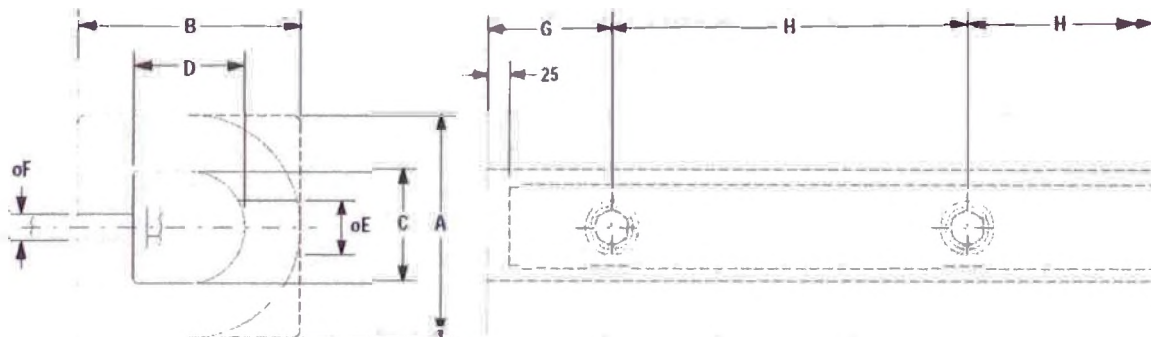
### DD-Fenders

DD-Fenders come in many sizes to suit a wide variety of general purpose applications. They are ideal for smaller quays and wharves serving fishing boats, tugs, barges and other work craft. DD-fenders are also commonly used on pontoons and on inland waterways for lock protection.

Fender Size	E (kNm)	R (kN)
100	1.4	77
150	3.2	115
200	5.7	153
250	8.9	191
300	12.9	230
350	17.6	268
400	23.0	306
500	35.9	383



**Marine  
Fendering  
Systems**



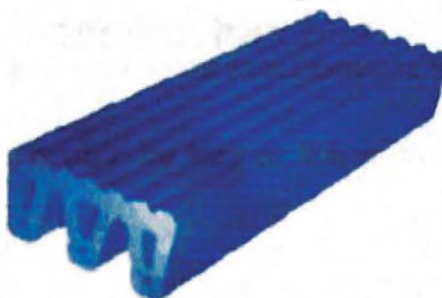
### FIXING DIMENSIONS

#### DD - FENDERS

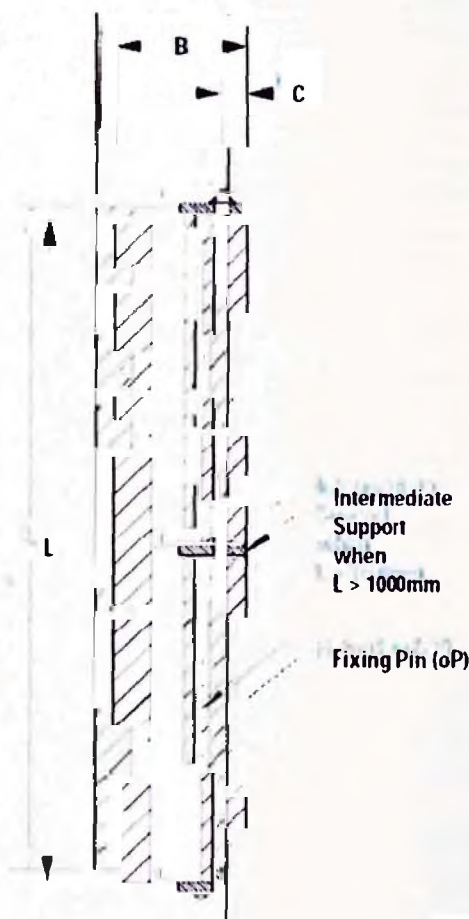
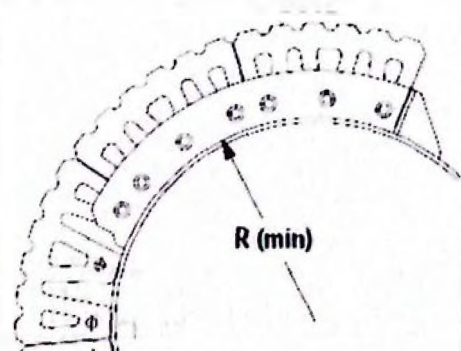
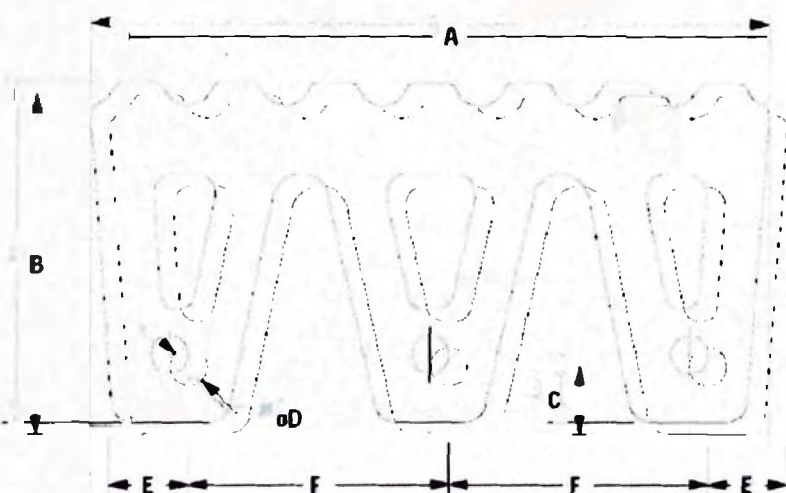
A	B	C	D	oE	oF	G	H	Flat Bar	Bolt Size	Wt (kg/m)
80	70	45	30	30	15	90-130	200-300	35 x 5	M12	4.4
100	100	50	45	30	15	90-130	200-300	40 x 5	M12	8.1
125	125	60	60	40	20	110-150	250-350	50 x 6	M16	12.5
150	150	75	75	40	20	110-150	250-350	60 x 8	M16	17.5
200	150	100	80	50	25	130-180	300-400	80 x 10	M20	21.9
200	200	100	100	50	25	130-180	300-400	90 x 10	M20	31.2
250	200	125	100	60	30	140-200	350-450	90 x 12	M24	37.8
250	250	125	125	60	30	140-200	350-450	90 x 12	M24	48.7
300	300	150	150	60	30	140-200	350-450	110 x 12	M24	70.2
350	350	175	175	75	35	140-200	350-450	130 x 15	M30	95.5
300	360	190	190	75	35	140-200	350-450	140 x 15	M30	112.6
400	300	175	150	75	35	140-200	350-450	130 x 15	M30	93.0
400	400	200	200	75	35	140-200	350-450	150 x 15	M30	124.8
500	500	250	250	90	45	160-230	400-500	180 x 20	M36	195.0

## M-FENDERS

M-fenders are also used for pushing. They provide a large flat contact face for very low hull pressures – useful when working with soft hulled ships such as tankers and bulk carriers. The grooved profile gives extra grip and the M-fender can easily be mounted around on straight sections and fairly small radii at the bow and stern quarters of a tug.



**Marine  
Fendering  
Systems**



A (mm)	B (mm)	C (mm)	oD (mm)	E (mm)	F (mm)	oP (mm)	L(max) (mm)	Flat Bar (mm)	R(min) (mm)	Weight (kg/m)
400	200	40	23	50	150	20	2000	100 x 15	450	56
500	250	50	27	60	190	24	2000	125 x 20	550	80
600	300	60	33	70	230	30	2000	150 x 20	650	132

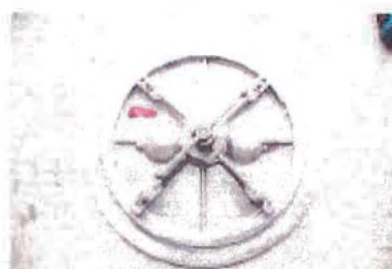


## ANEXO 10 ESCOTILLAS

### Escape and inspection hatches

THORMARINE ☎ +31 (0)50-5274003 ☎ +31 (0)84-7203498 🌐 WWW.THORMARINE.EU

#### Flush deck hatches operable by key or T handle



All hatches are standard round, oval or square



#### Standard with:

galvanized casted steel or aluminium cover, deck ring made of Stainless, aluminium or steel

lift out or hinged, hinged available with coaming

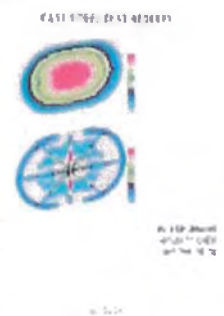
quick acting hatch with 4 dogs, or strongback

round lift out: clear opening: 356, 406, 457, 508 and 610 mm

round hinged: clear opening: 559 mm

oval lift out or hinged: clear opening: 381 x 610 or 343 x 521 mm

key: galvanized steel, build in T handle stainless or bronze



#### Options

Handwheel below

All hatches are ABS, US Coast Guard or DNV certified

**THORMARINE**  
Van Moerkerkenlaan 9  
9721 TA Groningen  
The Netherlands

www.thormarine.eu  
sales@thormarine.eu  
fax: +31(0)84-7203498  
tel: +31(0)50-5274003

**ANEXO 11**  
**TAPAS DE ESCOTILLA DE POPA (BR/ER)**

Las dos escotillas de aproximadamente 1.9m x 1.1m (Br/Er), cuyas tapas soportaran una presión de diseño según la siguiente formula (ABS-2012: Pt. 3 Ch. 2 Sec. 12 / 5.3.2):

$$p = 25.5 - 0.142(100 - L_f) \text{ [kN / m}^2\text{]}$$

$$p = 13.2 \text{ kN / m}^2$$

Además el máximo esfuerzo y deflexión de la tapa de la escotilla, bajo la presión de diseño, deberá cumplir lo siguiente (ABS-2012: Pt. 3 Ch. 2 Sec. 12 / 9.5.1):

- Máximo esfuerzo permisible: 0.8Y
- Máxima deflexión permisible: 0.0056 veces la luz.
- Espesor de la tapa: 0.01s, perno no menor a 6mm.
- Se asumirá que la tapa esta simplemente apoyada.

Donde:

Y: Esfuerzo de fluencia del material.

s: espaciamiento entre refuerzos.

Se emplea el acero ASTM A131 Grado A, con un límite elástico de 235 N/mm<sup>2</sup>.

Se plantea la siguiente configuración de refuerzos para la tapa de escotilla

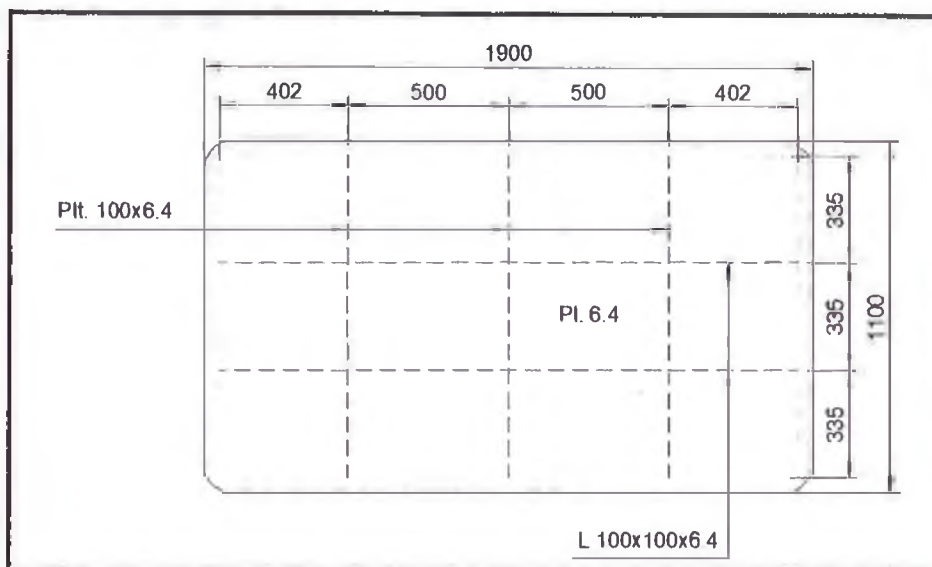


Fig. A8.1 Configuración de refuerzos de la tapa de escotilla (unidades en milímetros).

El modelo de una viga simplemente apoyada y con una carga uniformemente distribuida se presenta en la Fig. A8.2.

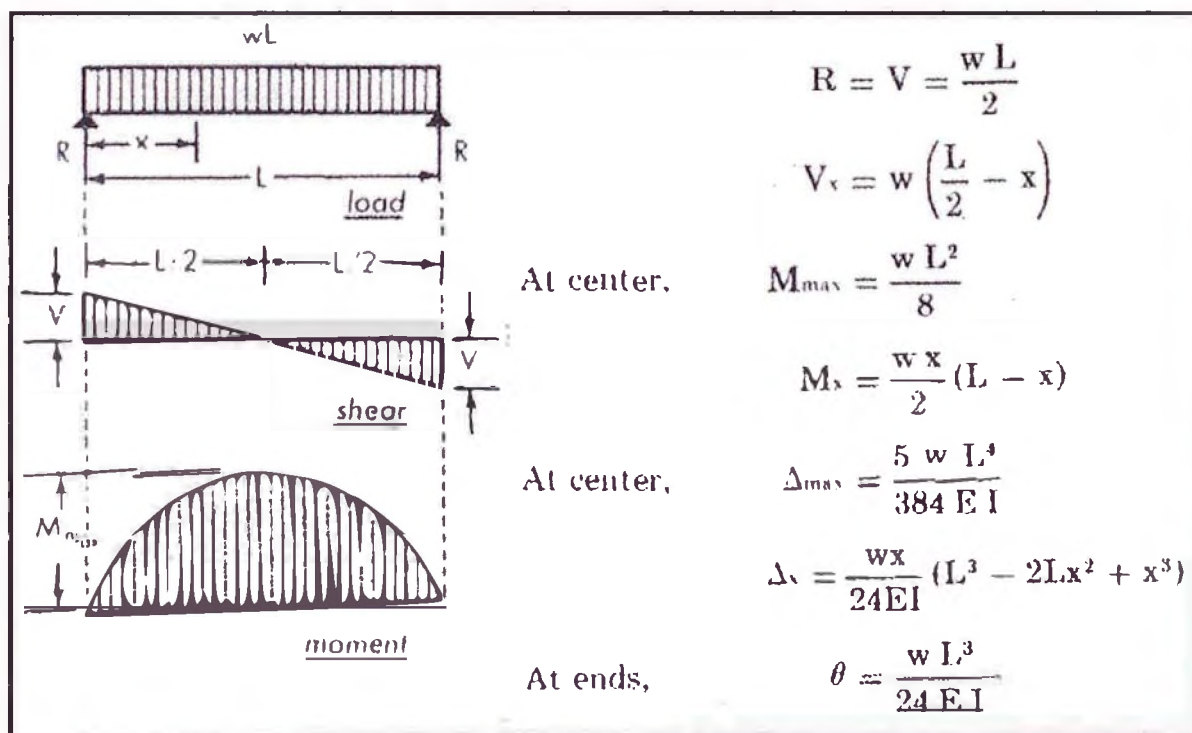


Fig. A8.2 Viga simplemente apoyada y con una carga uniformemente distribuida.

Según el modelo planteado se presentara dos casos.

a) Caso 1:

Datos:

$$p_1 = p/2 = 6.6 \text{ kN/m}^2$$

$$L = 1.804 \text{ m}$$

$$a = 1.005 \text{ m}$$

$$w = 6.63 \text{ kN/m}^2$$

$$s = 0.335 \text{ m}$$

$$I_{xx} = 1.25 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$y_c = 80.7 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$SM = 15.485 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$Y = 235 \text{ N/mm}^2$$

$$E = 2.1 \times 10^{11} \text{ Pa}$$

Resultados:

- Máximo momento flector:

$$M_{\max} = 2697.1 \text{ mN}$$

- Máximo esfuerzo permisible:

$$\sigma_d = 0.8 \times Y$$

$$\sigma_d = 188 \text{ N/mm}^2$$

- Máximo esfuerzo de flexión:

$$\sigma_f = 174.2 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_f < \sigma_d \text{ (ok)}$$

- **Máxima deflexión permisible:**

$$v_d = 10.1 \text{ mm}$$

- **Máxima deflexión:**

$$v = 3.4 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

$$v < v_d \text{ (ok)}$$

- **Espesor de tapa:**

$$e = 3.35 \text{ mm}$$

$$e < 6.4 \text{ mm (ok)}$$

b) Caso 2:

$$p_2 = p/3 = 4.4 \text{ kN/m}^2$$

$$L = 1.804 \text{ m}$$

$$a = 1.005 \text{ m}$$

$$w = 7.94 \text{ kN/m}^2$$

$$s = 0.451 \text{ m}$$

$$I_{xx} = 2.02 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$y_c = 93.5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$SM = 21.66 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$Y = 235 \text{ N/mm}^2$$

$$E = 2.1 \times 10^{11} \text{ Pa}$$

**Resultados:**

- Máximo momento flector:

$$M_{\max} = 1002.1 \text{ mN}$$

- Máximo esfuerzo permisible:

$$\sigma_d = 0.8 \times Y$$

$$\sigma_d = 188 \text{ N/mm}^2$$

- Máximo esfuerzo de flexión:

$$\sigma_f = 46.3 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_f < \sigma_d \text{ (ok)}$$

- Máxima deflexión permisible:

$$v_d = 5.6 \text{ mm}$$

- Máxima deflexión:

$$v = 0.4 \times 10^{-6} \text{ mm}$$

$$v < v_d \text{ (ok)}$$

- Espesor de tapa:

$$e = 4.51 \text{ mm}$$

$$e < 6.4 \text{ mm (ok)}$$

El espesor y los refuerzos de la tapa de escotilla seleccionados cumplen con lo establecido por ABS.

**ANEXO 12**  
**NUMERAL DE EQUIPO**

Para buques diseñados para servicio de remolque, el EN puede calcularse con la siguiente ecuación (ABS-2012: Pt. 3 Ch. 5 Sec. 1 / 3.5):

$$EN = k\Delta^{2/3} + m(Ba + \sum bh) + nA$$

Donde:

k	1
m	2
n	0.1
$\Delta$	52.7 tn
B	4.7 m
b	3.4 m
h	2.3 m
a	0.77 m
A	20.84 m <sup>2</sup>

Reemplazando:

$$EN = 38.1$$

Con este valor nos remitimos a Pt. 3 Ch. 5 Sec. 1 /Tabla 1:

Número de anclas:	2
Masa por Ancla:	75 Kg.
Longitud de cadena:	192.5m.



Diámetro de cadena: 12.5mm.

Grado de cadena: 1

Al ser la embarcación de servicio limitado (ABS-2012: Pt. 3 Ch. 5 Sec. 1 / 7.3),  
tenemos:

Número de anclas: 1

Masa por Ancla: 75 Kg.

Longitud de cadena: 96.25m.

Diámetro de cadena: 12.5mm.

Grado de cadena: 1

**ANEXO 13**  
**DIMENSIONAMIENTO DEL PAÑOL DE CADENAS**

El volumen de las cadenas se puede estimar con la siguiente fórmula (ver Ref.19):

$$V = 0.082 \times d^2 \times L \times 10^{-4} [m^3]$$

Donde:

d: Es el diámetro del eslabón (12.5 mm).

L: Es la longitud de la cadena (96.25m).

Reemplazando:

$$V = 0.123 m^3$$

Para calcular la altura del pañol de cadenas, adicionamos: una altura de 0.6 m entre la parte superior del pañol y la cadena estibada; y una altura 0.2m para la rejilla inferior, destinada para el depósito del fango.

Si asumimos que la base del pañol es de 600mmx475mm, tendremos una altura de cadena de 0.43m; sin embargo al estibar la cadena siempre se forma un montículo central de forma piramidal, por tal, aumentaremos esta altura en un 25% más; entonces la altura mínima del pañol de cadenas:

$$H_{MIN} = 1.25 \times 0.43 + 0.6 + 0.2$$

$$H_{MIN} = 1.34 m$$

**ANEXO 14**  
**BITAS LATERALES DE POPA**

La carga de diseño no debe ser menor a la carga segura de trabajo SWL  
(SWL=Safe Working Load); según ABS-2012: Pt. 3 Ch. 2 Sec. 6 / 1.6, tenemos:

$$SWL = 1.25 \cdot BP = 1.25 \cdot 8$$

$$SWL = 10 \text{ TN}$$

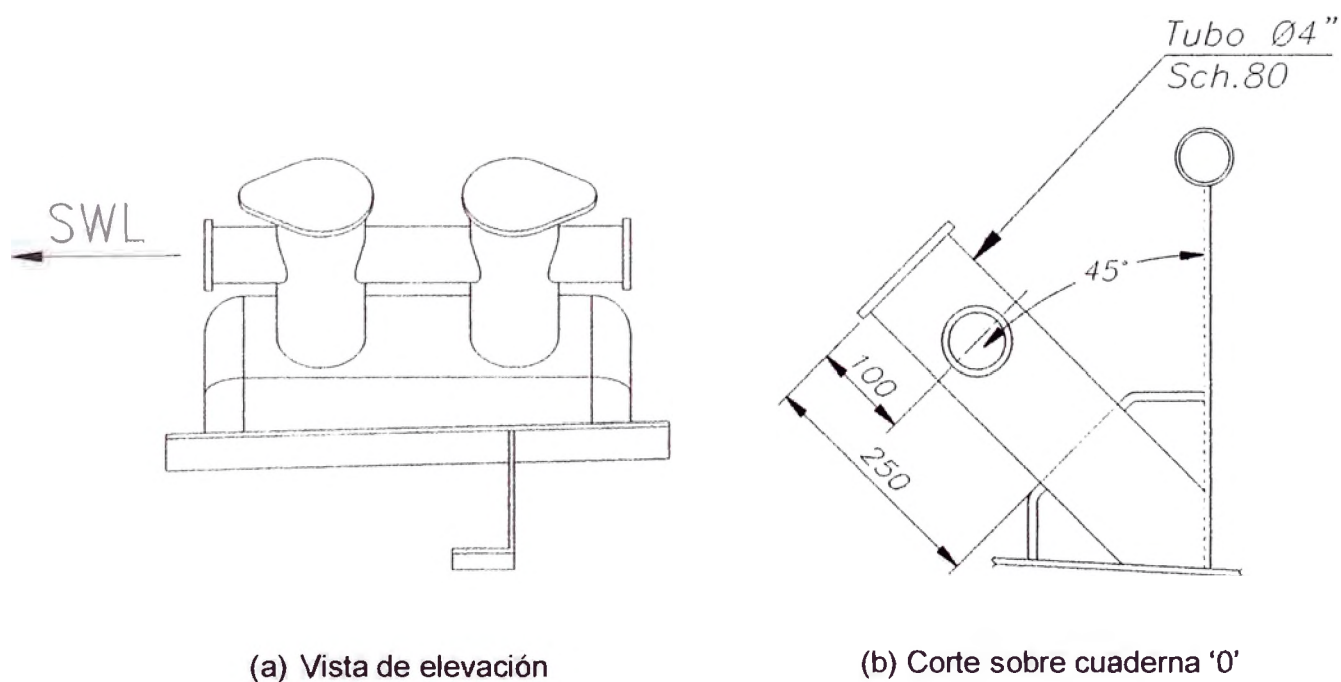


Fig. A11.1 Bita Lateral de Popa.

Modelo de viga para la bita lateral de popa:

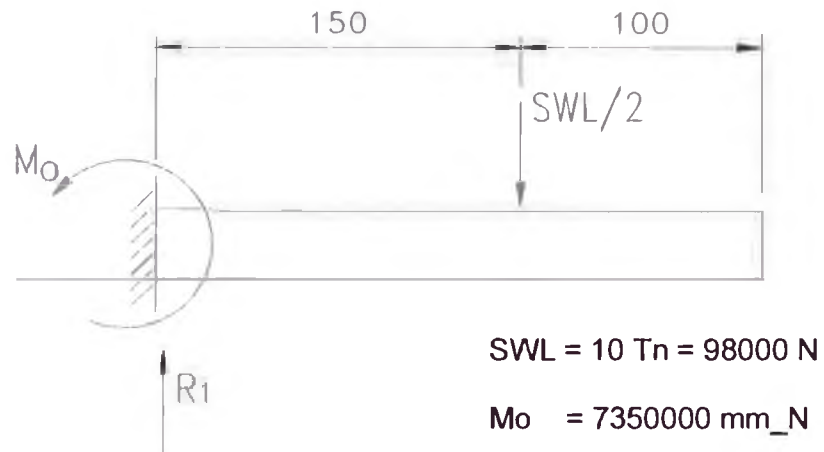


Fig. A11.2 Modelo de viga para la bita lateral de popa.

Esfuerzo de Flexión:

$$\sigma_f = \frac{M_0}{w_x} = \frac{M_0 \times \bar{x}}{I_{xx}}$$

$$= \frac{7350000 \times 57.15}{4000261.7}$$

$$\sigma_f = 105 \text{ N/mm}^2$$

Este resultado es menor al esfuerzo admisible según ABS-2012: Pt. 3 Ch. 2 Sec.

6 / 1.6.3.

**ANEXO 15**  
**BASE DE GANCHO DE REMOLQUE**

**A12.1 UBICACIÓN**

La base del gancho de remolque se ubica en la línea de crujía entre las cuadernas 4 y 5.5, tal como se muestra la Fig. A12.1.

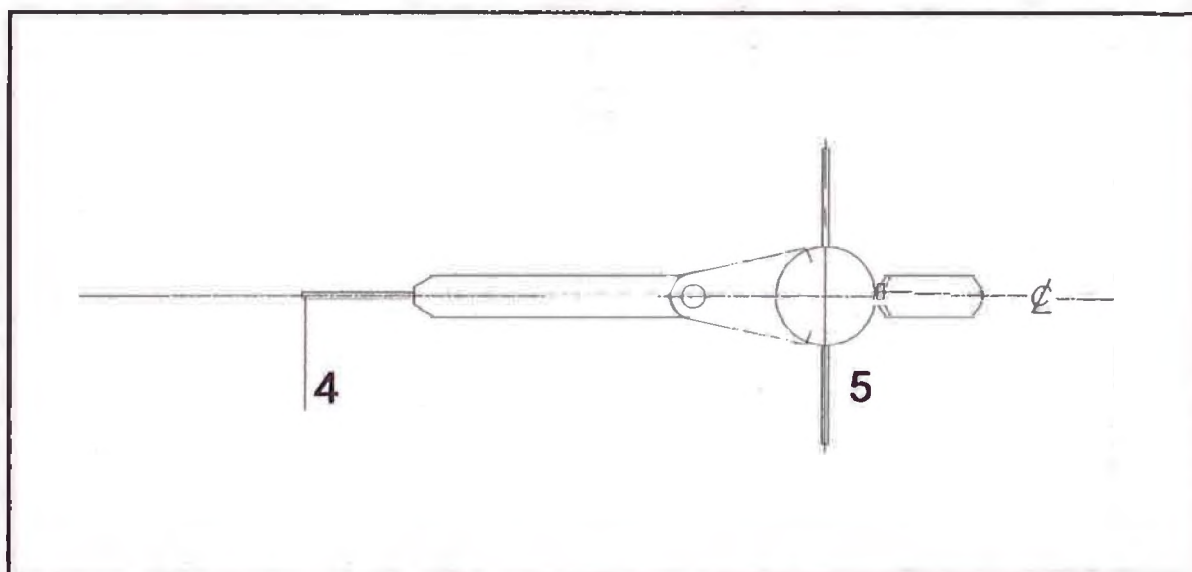


Fig. A12.1 Ubicación de Base de Gancho de Remolque.

**A12.2 CRITERIOS DE DISEÑO**

El material a usar es ASTM A131 Grado A para plancha y ASTM A53-B para tubo, tal como se muestra la figura A12.2.

La carga de diseño (RL) no debe ser menor a dos veces el bollard pull, por tanto  $RL = 16$  tn; y los esfuerzos no deben exceder a:

$$\text{Esfuerzo Normal} = 0.75 \cdot Y = 0.75 \cdot 235 = 176 \text{ N/mm}^2.$$

$$\text{Esfuerzo Cortante} = 0.45 \cdot Y = 0.45 \cdot 235 = 106 \text{ N/mm}^2.$$

Donde:  $Y$  = Esfuerzo de fluencia del material.

Lo anterior es según ABS-2012: Pt. 5 Ch. 8 Sec. 3 / 5.

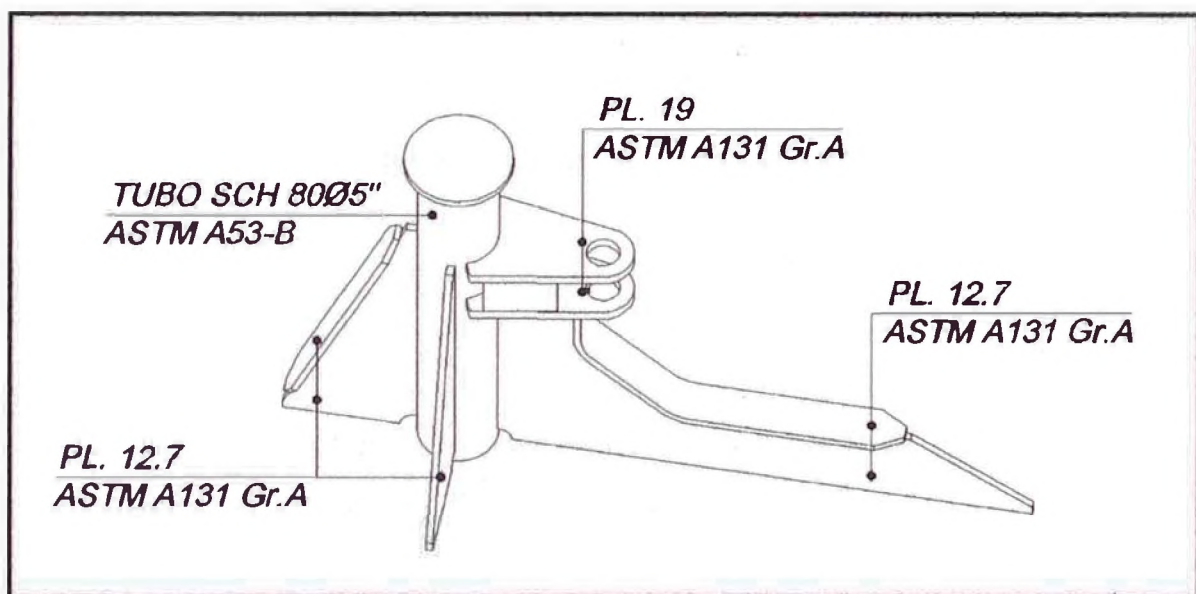


Fig. A12.2 Base de Gancho de Remolque.

### A12.3 SOLUCION

Se uso el software comercial de elementos finitos ALGOR v23.1, cuyo modelo se muestra en la figura A12.3.

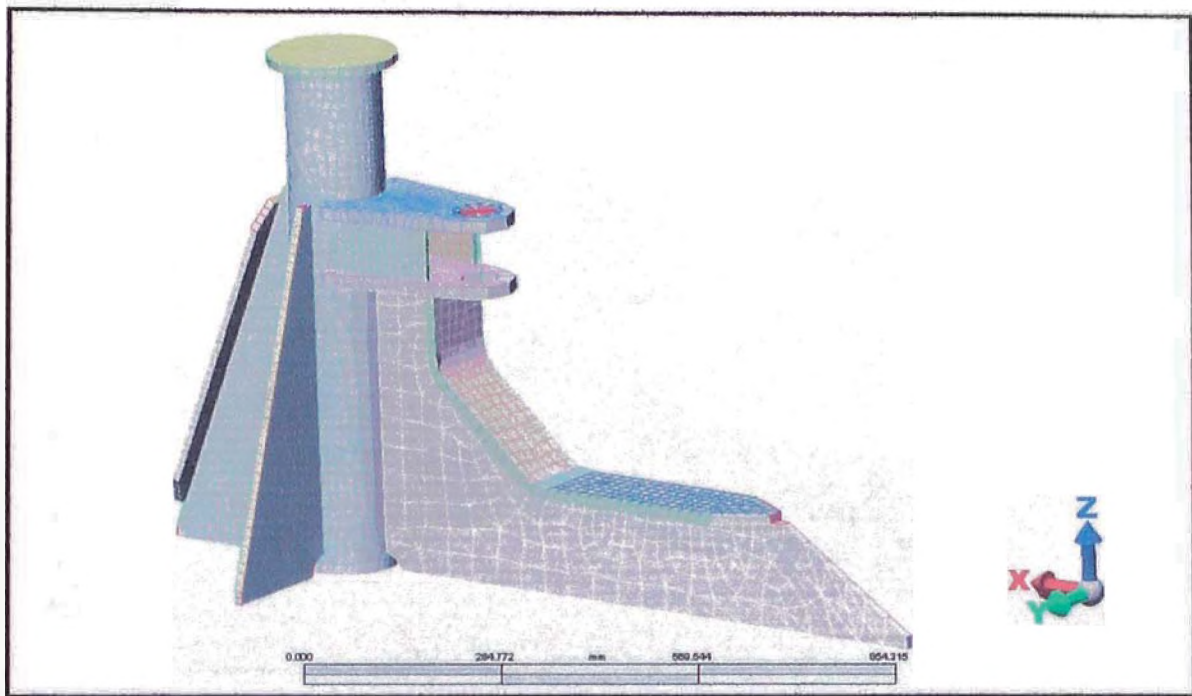


Fig. A12.3 Modelado de la Base de Gancho de Remolque usando ALGOR v23.1.

#### A12.4 RESULTADOS

El estudio se realizo a diferentes ángulos entre la fuerza  $RL$  y la línea de crujía, tal como se muestran en las Fig. A12.4 al A12.8.



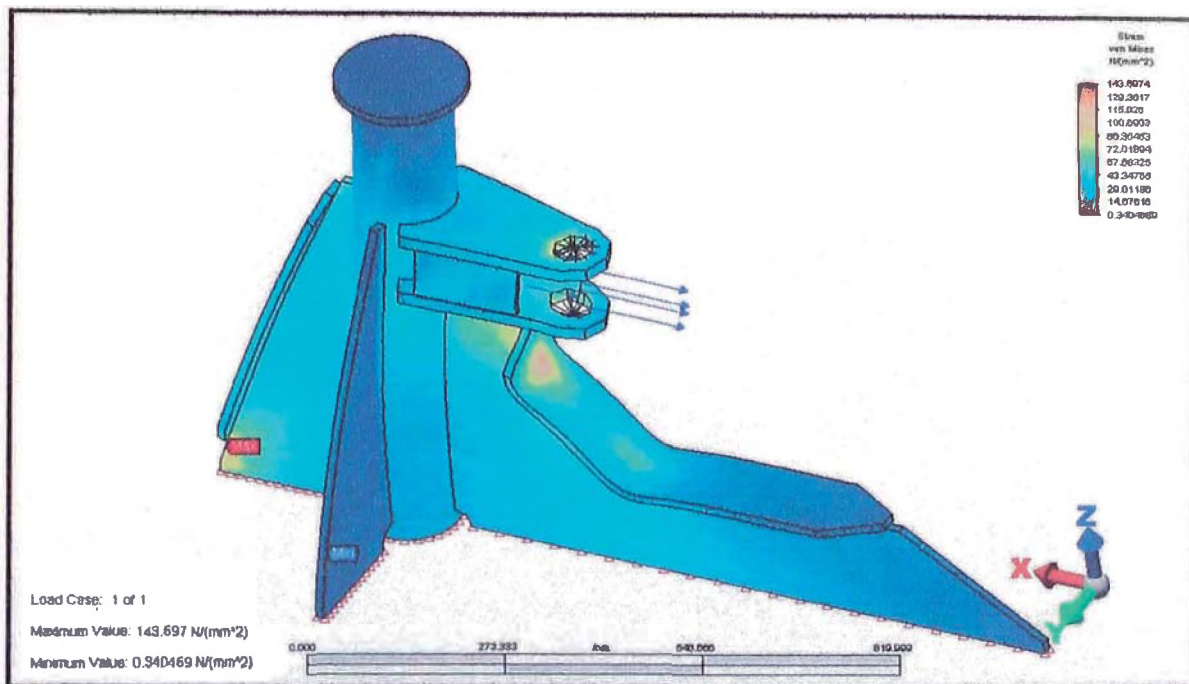


Fig. A12.4 Angulo de 0° entre RL y LC.

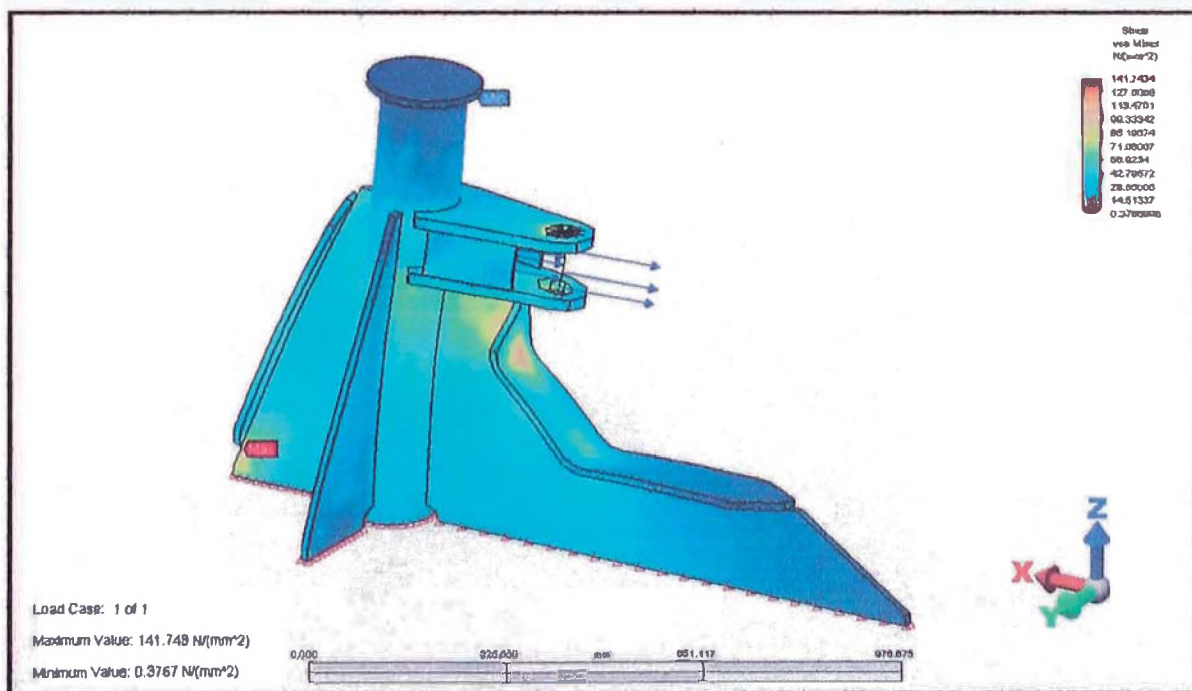


Fig. A12.5 Angulo de 5° entre RL y LC.

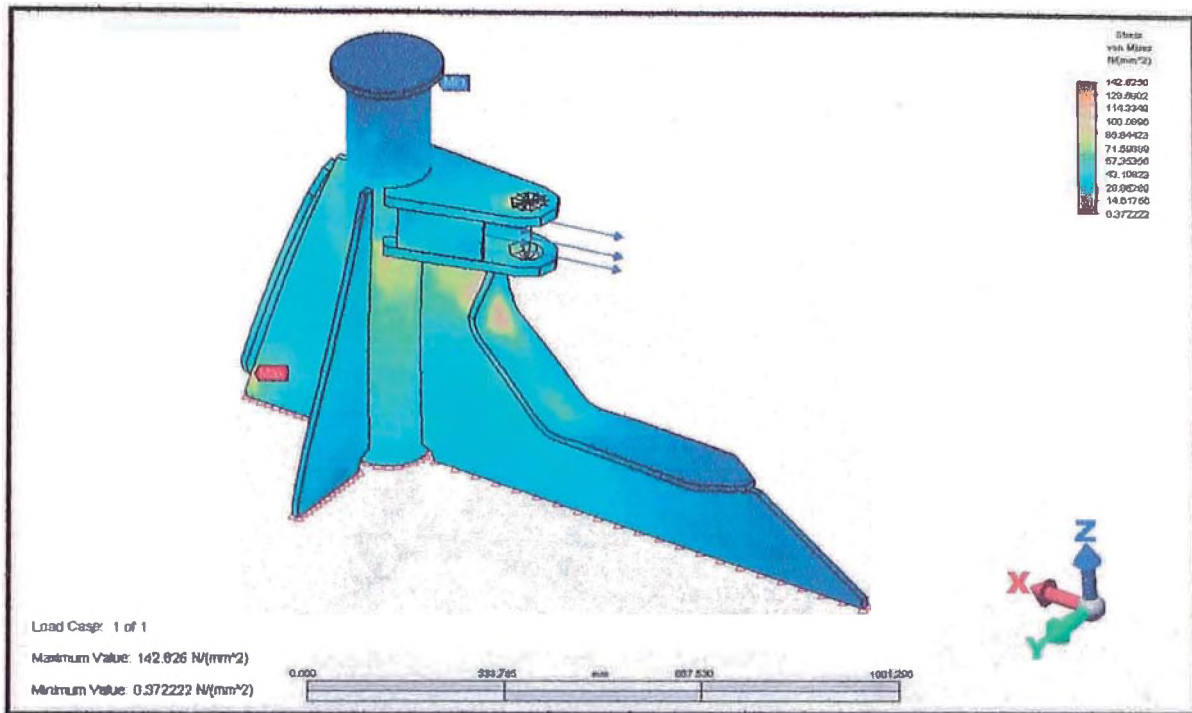


Fig. A12.6 Angulo de 10° entre RL y LC.

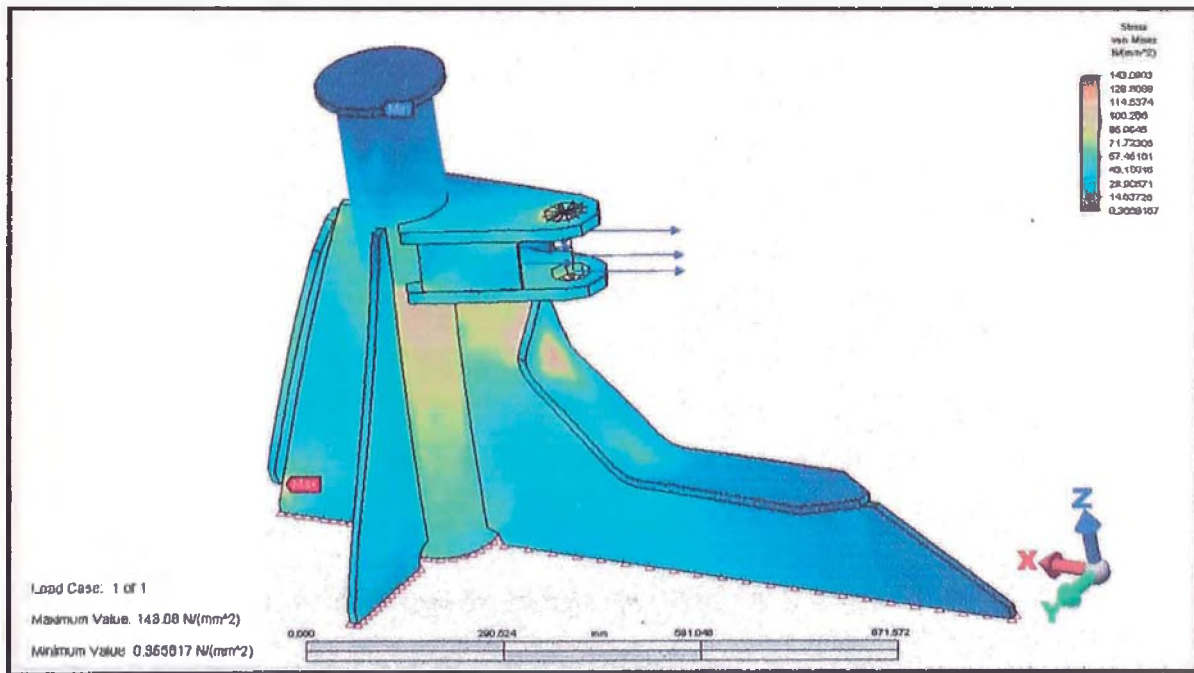


Fig. A12.7 Angulo de 15° entre RL y LC.

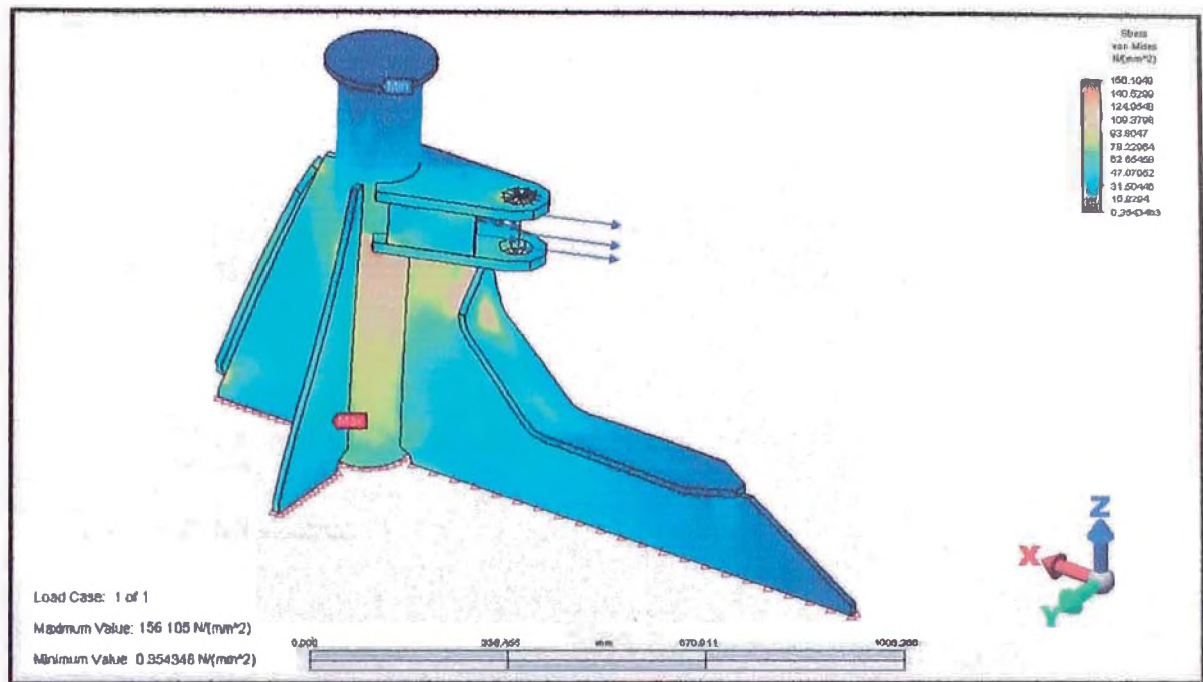


Fig. A12.8 Angulo de 20° entre RL y LC.

<b>Angulo entre RL y LC.</b>	<b>Esfuerzo Máximo (N/mm<sup>2</sup>)</b>
0°	143.7
5°	141.7
10°	142.8
15°	143.1
20°	156.1

Tabla A12.1 Resumen de resultados.

Los resultados muestran que los esfuerzos debido a la carga RL de 16 tn a diferentes ángulos es menor al esfuerzo admisible.

## ANEXO 16 COTIZACION



**Astilleros**  
**RÍA DE AVILÉS**  
S.L. - S/11

C/ Seo Balandrín, 4/1  
13418 San Juan de Nieva  
GOZÓN - Asturias (España)  
Tf: +34(0) 985 54 25 33  
Fax: +34(0) 985 54 25 45  
[comercial@astillerosriadeaviles.es](mailto:comercial@astillerosriadeaviles.es)  
[www.astillerosriadeaviles.es](http://www.astillerosriadeaviles.es)

**Precio/unidad:** 682.000 €/ud (entrega en el puerto de Avilés - Asturias - España)

**Validez Oferta:**

30 días

**Período de Entrega:**

**Primera Unidad:**

6 meses desde la firma y entrada en vigor del contrato.

**Segunda Unidad:**

7 meses desde la firma y entrada en vigor del contrato.

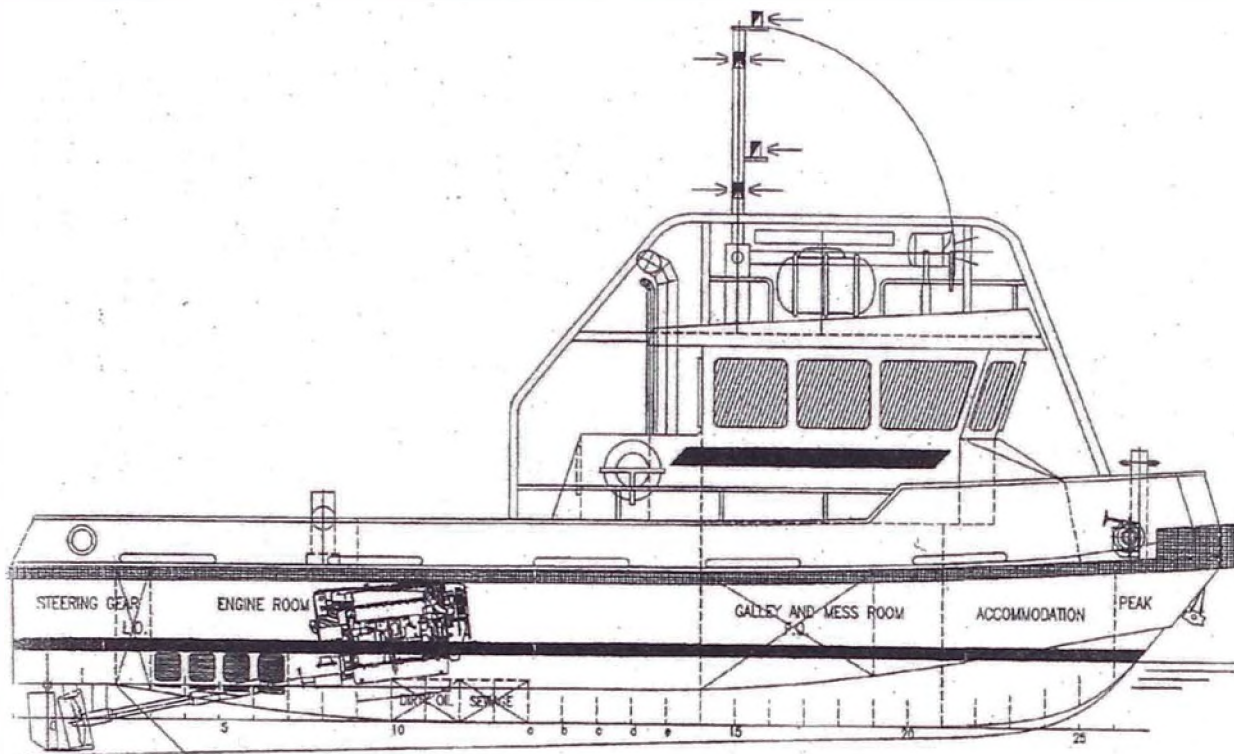
**Forma de pago:**

- 20 % a la firma del contrato
- 10 % a la puesta de quilla
- 20 % al armado de bloques en taller
- 10 % a la terminación del casco
- 20 % al colocar motores principales a bordo
- 10 % a la botadura
- 10 % al realizar pruebas oficiales

**Suministros del Armador**

- Gasoil, aceites, víveres, traslado del buque a su destino, personal para el traslado del buque a su destino.





FRAME SPACING 400 MM.

MAIN PARTICULARS

LENGTH OVERALL	14.00 M.
LENGTH B. P.	12.65 M.
BREADTH MOULDED	4.40 M.
DEPTH	1.80 M.
DESIGN DRAUGHT	0.80 M.
AFT DRAUGHT (MAX.)	1.313 M.

MODIF.	DATE	NAME	APPROVED BY	DATE
<b>ASTILEROS</b> <b>RIA DE AVILES, S.A.</b>				
			SAN JUAN DE NIEVA ASTURIAS - ESPAÑA	
DRAWN	DATE	NAME	YARD N. :	DRAWING N.
CHECKED	SEPT.-2007	MARTIN	120-121	1020 001
			FILE NAME:	1020 001-Q.01MG
SCALE :		14 M. TWIN-SCREW MULTI-PURPOSE WORK BOAT		REF. 070903
1:50		GENERAL ARRANGEMENT		SHEET N. :

## ANEXO 17

### ESTABILIDAD DE REMOLCADORES

CIRCULAR N° 2/79  
 ASUNTO ESTABILIDAD DE REMOLCADORES  
 FECHA 22.05.79

La experiencia acumulada desde la comunicación de la Circular 1/77 sobre criterios de estabilidad para remolcadores y la tendencia a aumentar en los remolcadores existentes la potencia propulsora y de remolque, así como la conveniencia de utilizar en lo posible la forma de presentación de cálculos e información, aconsejan una reconsideración de la mencionada Circular, del modo siguiente:

#### 1 - CONSIDERACIONES GENERALES -

La presente Circular se aplicará a los remolcadores de nueva construcción así como a los que efectúen obras de reforma a fin de mejorar sus características de propulsión y de remolque, y entrará en vigor a partir del día 1 de Septiembre de 1979.

Una vez realizada la experiencia de estabilidad, se remitirán a la Inspección General de Buques y Construcción Naval el Acta de la Experiencia de Estabilidad (original y tres copias) y el libro de estabilidad (por duplicado).

#### 1.1 - Acta de Pruebas de Estabilidad

En el Acta se recogerán, además de los datos que explícitamente se indican en el impreso oficial, los siguientes:

- Peso y situación del centro de gravedad del lastre fijo que, en su caso, pueda haberse colocado en el buque. Se hará constar la prohibición expresa de modificar este lastre fijo sin la autorización previa del Inspector de Buques.

- Enumeración detallada de los pesos existentes a bordo del buque en el momento de efectuar la experiencia de estabilidad y que posteriormente se han de disminuir por no pertenecer al desplazamiento del buque en rosca. Análogamente se indicarán los pesos que faltan en dicho momento para completar el desplazamiento en rosca.

- Nota indicativa, en su caso, de la exención de la experiencia de estabilidad mencionando explícitamente la fecha del escrito correspondiente de la Inspección General.

Se hacen notar que al considerarse a todos los efectos que las curvas de estabilidad quedan interrumpidas en el valor correspondiente al ángulo de inundación, entre los datos relativos a las diferentes situaciones de carga no aparecerá ninguno que corresponda a un ángulo superior a dicho ángulo de inundación.

#### 1.2 - Libro de Estabilidad

Constará de las cuatro partes siguientes:

Información general sobre el buque.

Experiencia de estabilidad.

Situación de carga. Criterios de estabilidad.

Instrucciones al Capitán.

Se confeccionará conforme a las instrucciones indicadas en los apartados 2, 3, 4 y 5 de la presente Circular.

#### 1.3 - Generalidades.

- Todos los planos y esquemas, así como todas las hojas del Libro de Estabilidad vendrán firmadas por el Ingeniero Naval responsable de los cálculos.

- La Línea de base a utilizar en los cálculos será la horizontal que pasa por el punto de intersección del canto bajo de la quilla y la perpendicular media (o sea la perpendicular en el punto medio de la eslora entre perpendicularidades). Excepcionalmente cuando se trate de reforma, podía admitirse como línea de base la que figure en el estudio de estabilidad anterior a la reforma debiéndose hacer constar en este caso tal circunstancia.

- En el trazado de las Curvas Hidrostáticas, Curvas de valores KN, Curvas GZ, Valores de estabilidad dinámica, Curvas de Capacidades de Tanques, se utilizará papel milimetrado.

- Las escalas a utilizar en el trazado de planos, esquemas y curvas, será alguna de las siguientes 1/10, 1/20, 1/25, 1/40, 1/50, 1/100, o sus múltiplos.

#### 1.4.- Nota.-

Dado el elevado número de cálculos a comprobar por esta Inspección General y a fin de agilizar la tramitación de los expedientes correctamente remitidos, se devolverán todos aquellos que no se atengan a estas instrucciones con indicación expresa del motivo de su devolución, lo cual no deberá interpretarse como indicación de que el resto de la información remitida es correcta.

### 2 - INFORMACION GENERAL SOBRE EL BUQUE.

#### 2.1 - Características Generales -

Se incluirá una hoja con las características generales del buque, que como mínimo, recogerá las siguientes

- Nombre del buque
- Constructor.
- Eslora entre perpendicularidades.
- Manga de trazado
- Puntal de construcción.
- Espesor del forro (sólo en buques de madera)
- Asiento de proyecto.
- Espesor de la quilla.

#### 2.2.- Planos y esquemas generales -

Se incluirán los siguientes planos y esquemas que deberán estar colocados, para facilidad de manejo, al final del libro de estabilidad.

- Plano de formas.

- Plano de curvas Hidrostáticas trazadas para el asiento de proyecto y que en buques de madera, se referirán al buque fuera de forros, comprendiendo, al menos, las curvas siguientes en función del calado medio (referido a la línea de base)

Desplazamiento en agua dulce y en agua salada de 1.026 Tm/m<sup>3</sup> de peso específico.

Toneladas por centímetro de inmersión.

Ordenada del centro de carena sobre la línea base

Abscisa del centro de carena respecto a la perpendicular de popa

Abscisa del centro de gravedad de la flotación respecto a la perpendicular de popa

Ordenada del metacentro transversal sobre la línea de base

Ordenada del metacentro longitudinal sobre la línea de base.

- Plano de curvas de estabilidad de formas (brazos KN para distintos desplazamientos y ángulos de escora) Como mínimo deben figurar las correspondientes a 10°, 20°, 30°, 40° y 50°. Se trazarán en el supuesto de que el centro de gravedad se encuentra en la base y para el asiento de proyecto.

Se indicarán en el plano las superestructuras, casetas y troncos que se han considerado incluidas para el trazado de las curvas. A este respecto se tendrá en cuenta lo indicado en los apartados 3, 4 y 7 del Apéndice I de la OM de 29-07-70.

Asimismo, se dibujará en este plano la curva que indique el ángulo de inundación en función del desplazamiento del buque.

- Plano de disposición general (perfil y cubiertas).

- Plano de Curvas de Capacidades de Tanques. En función del nivel del líquido se indicará volumen, ordenada del centro de gravedad sobre la base y abscisa del centro de gravedad desde la perpendicular de popa. Asimismo, se indicará para cada tanque momentos de inercia máximo de la superficie libre del líquido, eslora máxima, manga máxima y puntal máximo. En aquellos buques en que algún otro espacio, además de los tanques, pueda presentar superficie libre teniendo en cuenta el uso a que pueda destinarse en el servicio normal del buque, deberá incluirse para dichos espacios la información citada en el párrafo anterior. Por último, se indicará para cada espacio de carga la ordenada sobre la base y la abscisa respecto a la perpendicular de popa de su centro de gravedad.



- Esquema a escala que indique en su perfil longitudinal del buque: la línea de base, perpendiculares de proa y popa, y posición de las marcas de los calados de proa y popa
- Esquema que indique en una sección transversal, el punto considerado como el comienzo de inundación.
- En el caso de que en trazado de las curvas KN se incluyan superestructuras o casetas o bien cuando el punto de inundación considerado esté a mayor altura que alguna abertura de casco, superestructuras o casetas, se deberá adjuntar un esquema indicativo de la posición de las aberturas, con indicación de las características de sus medios de cierre y de las dimensiones de los umbrales de las puertas.
- El ángulo de inundación es el de escora para el que se sumerge alguna de las aberturas del casco, superestructuras o casetas que no pueden cerrarse de modo estanco. A este respecto se tendrá en cuenta lo indicado en el apartado 8 del Apéndice I de la O.M. de 29-07-70

### 3.- EXPERIENCIA DE ESTABILIDAD

#### 3.1 - Datos de la experiencia

Se indicarán en el orden siguiente.

- Calados en las marcas de proa y popa al canto bajo de la quilla
- Enumeración de los pesos (y sus centros de gravedad) que se encuentren a bordo en el momento de la experiencia y que sean ajenos al desplazamiento en rosca del buque
- Enumeración de los pesos (y sus centros de gravedad) que no estén situados en el buque en el momento de la experiencia y que formen parte del desplazamiento en rosca del buque
- Enumeración de los pesos (y sus centros de gravedad) que estén situados en un lugar distinto del que les corresponde en el desplazamiento en rosca del buque.
- Pesos utilizados para la experiencia y su posición en el buque
- Distancia de traslado y los pesos
- Posición de los péndulos y su longitud.
- Desviación de los péndulos indicándose expresamente que la mencionada desviación corresponde al momento total del peso situado en una banda (mitad del peso total) por la distancia total de traslado entre ambas bandas.

#### 3.2 - Cálculos a incluir

Se incluirán los siguientes cálculos, y en el orden que se indica:

- Momento escorante.
- Desviación media de los péndulos
- Calados sobre la base en las perpendiculares de proa y popa.
- Asiento del buque en la experiencia
- Desplazamiento, que se calculará conforme a lo indicado en 3.3.
- Altura metacéntrica transversal sin corregir por superficies libres.
- Corrección por superficies libres de tanques. Se efectuará conforme a lo indicado en el apartado 4.4 para la corrección del GM inicial
- Altura metacéntrica transversal corregida por superficies libres
- Radio metacéntrico longitudinal. Solo en el caso indicado en el apartado 3.3.2 en cuyo caso se determinará por cálculo directo
- Posición del centro de carena (ordenada sobre la base y abscisa desde la perpendicular de popa). Se efectuará conforme a lo indicado en el apartado 3.3.
- Radio metacéntrico transversal. Se efectuará por cálculo directo.
- Ordenada del metacentro transversal sobre la base
- Ordenada del centro de gravedad del buque en la experiencia sobre la base
- Abscisa del centro de gravedad del buque en la experiencia desde la perpendicular de popa. Se determinará conforme a lo indicado en el apartado 3.3.
- Desplazamiento, ordenada sobre la base del c. de g. y abscisa desde la perpendicular de popa del c. de g., del buque en rosca.

#### 3.3 - CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA -

La realización de los cálculos se atenderá a una de las alternativas siguientes:

3.3.1 - Si el asiento o de la experiencia difiere del asiento de proyecto en más de  $0.03 \times L_{pp}$  o en más de 1 metro

Desplazamiento, Ordenada y Abscisa del centro de carena. Se obtendrán por cálculo directo. Abscisa del centro de gravedad desde la perpendicular de popa. Lógicamente, al conocerse la posición del centro de carena real, bastará corregir esta por el asiento.

3.3.2 - En los restantes casos:

Desplazamiento:

$$D = D_0 - X_i \times t \times q \times (T_m \times cm)$$

En donde D = Desplazamiento obtenido en las curvas hidrostáticas en función del calado medio

$X_i = c \cdot d \cdot g$  de la flotación obtenido en las curvas hidrostáticas en función del calado medio, con relación a  $O$ , en cm.

$t \cdot q =$  Diferencia entre el asiento real y el de proyecto

$T_m \times cm =$  Toneladas por cm. De inmersión obtenido en las curvas hidrostáticas en función del calado medio

Radio metacéntrico longitudinal (R). Se obtendrá por cálculo directo.

Ordenada del centro de carena

$$KC = KC_0 + \frac{1}{2} R \times (t \cdot q)^2$$

$KC =$  ordenada del centro de carena obtenida de las curvas hidrostáticas, en función de D

Abscisa del centro de carena ( $X_c$ ). Se obtendrá directamente de las curvas hidrostáticas en función de D.

Abscisa del centro de gravedad desde la perpendicular de popa.

$$X_c = X_{c0} - (R - a) \cdot t \cdot q$$

En los cálculos directos, cuando se trate de buques de madera, las semimangas se tomarán fuera de forros.

#### 4 - SITUACIONES DE CARGA. CRITERIOS DE ESTABILIDAD

4.1 - Situaciones de carga que se han de estudiar.

En principio, se deben estudiar las principales condiciones de carga previstas por el Armador para la explotación del buque, en todo caso, como mínimo se estudiarán las siguientes:

4.1.1 - Salida de puerto, totalmente cargado con carga homogénea distribuida por todos los espacios de carga y con el total de combustible y provisiones.

4.1.2 - Llegada a puerto en las mismas condiciones que en el apartado anterior, pero con un 10% de combustible y provisiones.

4.1.3 - Cuando entre las dos situaciones mencionadas se proceda a llenar, por razones de estabilidad algún tanque de lastre, la condición "Buque inmediatamente antes de lastrar".

4.1.4 - Cuando se preven la necesidad de navegar en zonas de formación de hielos, se estudiará la situación de carga más desfavorable en el supuesto de acumulación de hielos. Se considerará como situación de carga desfavorable, de las indicadas en este apartado, la que presente un valor menor de la estabilidad dinámica a  $30^\circ$ .

4.2 - Criterios de estabilidad

Las curvas de estabilidad de las situaciones de carga indicadas en el apartado 4.1 deberán cumplir los siguientes criterios:

4.2.1 - El área bajo la curva de brazos adrizantes (curva de valores GZ) no será inferior a 0,055 metros-radianes hasta el ángulo de inclinación de  $30^\circ$  ni inferior a 0,090 metros-radianes hasta el ángulo de inclinación de  $40^\circ$ , o hasta el ángulo de comienzo de la inundación a través de las aberturas, si éste es menor de  $40^\circ$ . Asimismo, el área bajo la curva de brazos adrizantes entre los ángulos de inclinación de  $30^\circ$  y de  $40^\circ$ , o entre los ángulos de  $30^\circ$  y el de comienzo de la inundación a través de las aberturas, si éste es menor de  $40^\circ$ , no será inferior a 0,03 metros-radianes.

El brazo adrizante GZ será como mínimo de 0,20 metros 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 0,35 metros

4.2.2.- El ángulo de escora que tomará el remolcador al estar sometido, por separado, a cada uno de los momentos escorantes que se indican a continuación, y para cuya escora se produzca el equilibrio estático entre el momento escorante aplicado y el momento adrizante del remolcador (desplazamiento x brazo GZ correspondiente al ángulo de escora) será inferior al necesario para que se produzca la zozobra del remolcador o su inundación a través de las aberturas

Los momentos escorantes a considerar son los siguientes.

$$M1 = 1/19,6 C1 C2 n V^2 Ap (h \cos q + C3 Cm)$$

M1= Momento escorante en tonelámetros

C1= Coeficiente de tracción lateral (figura 1)

C2= Corrección de C1 por el ángulo de escora (figura 2)

n= peso específico del agua

V= Velocidad lateral del buque remolcador= 2,57 metros/segundo (5 nudos)

Ap= área de la proyección sobre el plano diametral de la parte sumergida del remolcador, en metros cuadrados.

H= altura del gancho de remolque sobre la flotación, en metros.

q= ángulo de escora.

C3= distancia del centro de presión del área Ap a la flotación, expresada como fracción del calado medio real (figura 3)

Cm= calado medio real, en metros

$$M2 = C4 \cdot C5 \cdot T (h \cos q + C6 Cm) \text{ siendo:}$$

M2= momento escorante, en tonelámetros.

C4= fracción del tiro máximo a punto fijo del remolcador que se puede suponer que actúa transversalmente = 0,70.

C5= Corrección de C4 por la posición longitudinal del gancho de remolque (figura 4)

T= Tiro máximo a punto fijo del remolcador en toneladas.

C6= Distancia a la flotación del centro de resistencia efectivo, como fracción del calado = 0,52

H, Cm y q tienen los mismos significados que en la fórmula del momento escorante M1.

Cuando el buque este provisto de un dispositivo de gancho giratorio, previa conformidad de la Inspección General, se podría añadir en los paréntesis de las fórmulas de los momentos escorantes M1 y M2 un término sustractivo de la forma

$$r \sin q$$

siendo r el radio de giro, en metros. Para ello será preciso que se incluyan los planos del gancho de remolque en el libro de estabilidad

El valor de T que figura en la fórmula del momento escorante M2 se deberá medir mediante una prueba de tracción a punto fijo del remolcador, realizada en presencia de la Inspección de Buques Local o, caso de no ser esto posible, mediante un Certificado expedido por una sociedad de clasificación, a satisfacción de la Inspección General de Buques

En circunstancias especiales, cuando en algún buque sea imposible satisfacer todos los

requisitos de estabilidad mencionados anteriormente, a causa del tipo de servicio que haya de prestar o de sus condiciones particulares de proyecto, la Inspección General de buques podía eximir a algún remolcador de cumplir las normas establecidas, siempre que se acompañe para ello un estudio detallado en el que se demuestre que las condiciones de estabilidad del buque son totalmente satisfactorias para sus condiciones de trabajo, en todos los estados de carga previsibles.

#### 4.3.- CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA EN LOS CALCULOS

4.3.1 - En general, se hará uso de las curvas hidrostáticas y de los valores KN trazadas para el asiento de proyecto, pero en aquellas situaciones en que el asiento calculado de servicio difiera en más de 0.02 Lpp del asiento de proyecto, los valores GZ de las curvas de estabilidad estática también el cálculo directo de las curvas de estabilidad para el asiento real. Asimismo, cuando se considere necesario, se podrá exigir dicho cálculo directo.

4.3.2 - En circunstancias especiales se podrán tener en cuenta las superestructuras que se consideren cerradas, realizando los cálculos de estabilidad hasta el ángulo para el que comienza la entrada de agua, siempre que esto no de lugar a una inundación peligrosa del buque ( en este ángulo, la curva de estabilidad estática deberá tener uno o más escalones y en los cálculos siguientes no deberá considerarse el espacio inundado).

En los casos en que el buque pudiera llegar a zozobrar por inundación a través de alguna abertura, la curva de estabilidad se interrumpirá en el ángulo de inundación correspondiente a dicha abertura, y se considerará que el buque, en este instante, ha perdido su estabilidad.

4.3.3.- En todos los casos la carga se supondrá homogénea, a menos que esto resulte incompatible con la práctica, lo cual habrá de demostrarse explícitamente.

4.3.4 - La altura metacéntrica inicial y los brazos adrizantes habrán de corregirse por efecto de superficies libres conforme al procedimiento indicado en el apartado 4.4.

4.3.5 - Las curvas de estabilidad se dibujarán hasta el ángulo de inundación con trazo continuo y a partir de este punto, con trazo discontinuo.

4.3.6 - cuando un buque de transporte carga sobre cubierta se indicará su peso así como la altura de su centro de gravedad.

4.3.7 - En la situación de carga indicada en el apartado 4.1.1 se supondrá que el buque está cargado hasta su línea de carga de verano con los tanques de lastre vacíos.

#### EFFECTO DE LOS LIQUIDOS EN LOS TANQUES Y EN OTROS ESPACIOS DONDE PUEDEN APARECER SUPERFICIES LIBRES -

4.4.1 - El valor de  $M_x$  para cada tanque es el obtenido por la fórmula

siendo:

$M_x$  =Momento por superficie libre para una inclinación de q grados, en tonelámetros.

V= Capacidad total del tanque en metros cúbicos

b= Dimensión máxima del tanque en la dirección de la manga, en metros.

n= Peso específico del líquido contenido en el tanque, en toneladas por metro cúbico.

z=  $v/b$  1 h.

l= Dimensión máxima del tanque en la dirección de la eslora, en metros.

Kq= Coeficiente adimensional que se obtiene de la tabla, en función de b/h y q. Los valores intermedios se determinan por interpolación. La citada tabla es la incluida en el Apéndice I de la O M de 29-07-70.

4.4.2 - Los tanques para los que el valor de  $M_x$  para 30° sea menor que el producto 0.01 x Desplazamiento en rosca, no es preciso que sean considerados en los cálculos.

4.4.3.- Los residuos de líquidos que queden normalmente en los tanques vacíos no se tendrán en cuenta en los cálculos.

4.4.4.- Dentro del mismo servicio (agua dulce, lastre, fuel-oil, etc.) y para una determinada situación de carga, se tendrán en cuenta en principio, solo aquellos tanques que en algún



momento dan lugar a superficie libre hasta que el buque se encuentre en la siguiente situación de carga estudiada. De entre éstos solo se considerarán los siguientes

Los que presenten superficie libre en todo el intervalo.

Entre los que se consumen en un orden prefijado, los que den el mayor valor del momento por superficie libre. En el caso de que esté previsto consumir al mismo tiempo o de más de un tanque (por ejemplo, cuando haya de consumirse simultáneamente de tanques simétricos respecto a crujía), se considerarán a la vez todos los tanques, que de acuerdo con el orden de consumos previsto, presenten superficie libre al mismo tiempo, eligiéndose de sus respectivos momentos por superficie libre.

4.4.5 - La corrección será la suma de las correcciones correspondientes a los tanques de cada servicio.

Corrección del  $GM = E_i n_i / D$

$i$  = momento de inercia máximo de las superficies libres que puedan aparecer en el tanque, en  $m^4$

Corrección de los valores  $GZ = E M_i / D$

para cada ángulo  $q$

4.4.6 - De forma análoga se corregirán también por aquellos espacios en que pueda aparecer superficie libre por cualquier otro motivo

-Resumen Final

Al final de esta parte del libro se incluirá un resumen que recoja, para todas las situaciones de carga estudiadas, los datos que han de figurar en el Acta de Pruebas de Estabilidad.

## 5 - INSTRUCCIONES AL CAPITAN

Las instrucciones al capitán deberán incluir lo siguiente:

### 5.1 - Instrucciones de tipo General

Se incluirán literalmente las siguientes recomendaciones:

5.1.1 - El cumplimiento de los criterios de estabilidad no asegura la inmunidad del buque a la zozobra en cualquier circunstancia, ni exime al capitán de sus responsabilidades. Dos capitanes deben tener prudencia y buen sentido marinerol, prestando atención al estado de la mar, estación del año, previsiones del tiempo y zona en la que navega el buque.

5.1.2 - Se cuidará que la estiba de la carga se realice de modo que puedan satisfacerse los criterios de estabilidad. En caso de necesidad puede admitirse para ello el empleo de lastre

5.1.3 - Todas las puertas de acceso y otras aberturas a través de las cuales puede entrar agua en el casco, cassetas, castillo, etc. se cerrarán convenientemente en caso de mal tiempo y para ello todos los dispositivos necesarios se mantendrán a bordo en un buen estado y listos para su empleo

5.1.4 - Antes de salir de puerto se cuidará de que la carga y las piezas de respeto se hallen debidamente estibadas y trincadas de forma que las posibilidades de su corrimiento debidas al cabeceo y al balance se reduzcan al mínimo posible.

5.1.5 - Todas las tapas ciegas portátiles se conservarán en buen estado y serán cerradas con seguridad en caso de mal tiempo.

5.1.6 - Se cuidará en todo momento que el número de tanques parcialmente llenos sea mínimo.

5.1.7 - Deberán seguirse las instrucciones que existan relativas al llenado de los tanques de lastre de agua salada, recordando siempre que los tanques parcialmente llenos afectan desfavorablemente a la estabilidad y pueden ser peligrosos.

5.1.8 - En caso de mal tiempo, deberán cerrarse y asegurarse los dispositivos de cierre previstos en los tubos de aireación de los tanques de combustible.

5.1.9 - Se prestará especial atención a la formación de hielo en cubiertas, superestructuras y arboladura, y se procurará eliminar el hielo acumulado por todos los medios posibles.

### 5.2 - Procedimiento para verificar la estabilidad del buque

Se incluirá en este apartado una explicación detallada del procedimiento para efectuar un cálculo completo de estabilidad y de los criterios de estabilidad a cumplir por el buque. Es

decir estado de pesos y centros de gravedad, cálculo del GM, cálculo de la curva GZ, corrección por superficies libres, la forma de calcular el asiento y los calados, forma de pasar de calados en las perpendiculares a calados en las marcas, etc

#### 5.3 - Procedimiento aproximado para comprobar la estabilidad

Se indicará expresamente que lo que se indica en este apartado solo tiene un valor orientativo y que es más exacto efectuar el cálculo indicado en 5.2

Se incluirá una tabla que indique, en función de los calados, el valor máximo que puede tener la ordenada del centro de gravedad del buque, que asegure que la estabilidad cumple con los criterios definidos en los apartados a), b), c) y d) de 4.2. Por separado del libro de estabilidad se remitirá a esta Inspección General una explicación del procedimiento utilizado para confeccionar esta tabla.

También se indicará en este apartado, la forma de calcular la ordenada del centro de gravedad del buque.

Para los buques de eslora menor a 70 metros, se incluirá también, como procedimiento alternativo, una descripción clara del método de determinación aproximada de la estabilidad del buque por medio de la medición del periodo de balance, según el Apéndice III de la O.M. de 29.07.70. Para ello, se indicará claramente cuales han de ser los valores de  $f$  para cada situación de carga, teniendo en cuenta que no es correcto emplear el valor de  $f$  deducido durante la experiencia de estabilidad en todas las situaciones de carga del buque, ya que el valor de  $f$  y, por lo tanto, el periodo de balance, dependen del estado de carga

Se explicará también detalladamente un procedimiento sencillo para provocar el balance del buque y poder medir su periodo de balance en las diversas situaciones de carga. Por ejemplo, mediante el traslado alternativo y a intervalos de tiempo iguales, de un peso (p.e., varios hombres) a las bandas del buque.

#### 5.4 - Instrucciones especiales.-

**Lastre fijo.** En el caso de que exista en el buque, se dará su peso y situación, se indicará la prohibición absoluta de modificarla sin autorización previa de la Inspección General de Buques.

**Lastres Líquidos.** Se indicará en que situaciones de carga o en que momento de la navegación, a partir de una situación de carga determinada, es necesario lastrear. Se indicará los tanques que se han de llenar y en que orden, así como el estado aproximado de los diversos consumos en el momento de lastrear.

**Consumos.** Se indicará el orden en que se deben realizar los diversos consumos de los tanques a partir de cada situación de carga. Asimismo, se indicará, si ello es necesario, los trasiegos que se han de hacer, y cuando y en que orden.

Esta Circular anula y sustituye a la Circular 1/77.

Sírvase acusar recibo de la misma.

Dios guarde a Vd. muchos años. Madrid, 22 de Mayo de 1979 EL INSPECTOR GENERAL

-Antonio Prego García-

SR INGENIERO JEFE DE LA INSPECCION DE BUQUES

Comandancia Militar de Marina de

FIGURA 1- COEFICIENTE DE TRACCION LATERAL PARA ESTIMACIONES DE LAS FUERZA EXTERNAS SOBRE EL REMOLCADOR

Figura (Ver imagen)

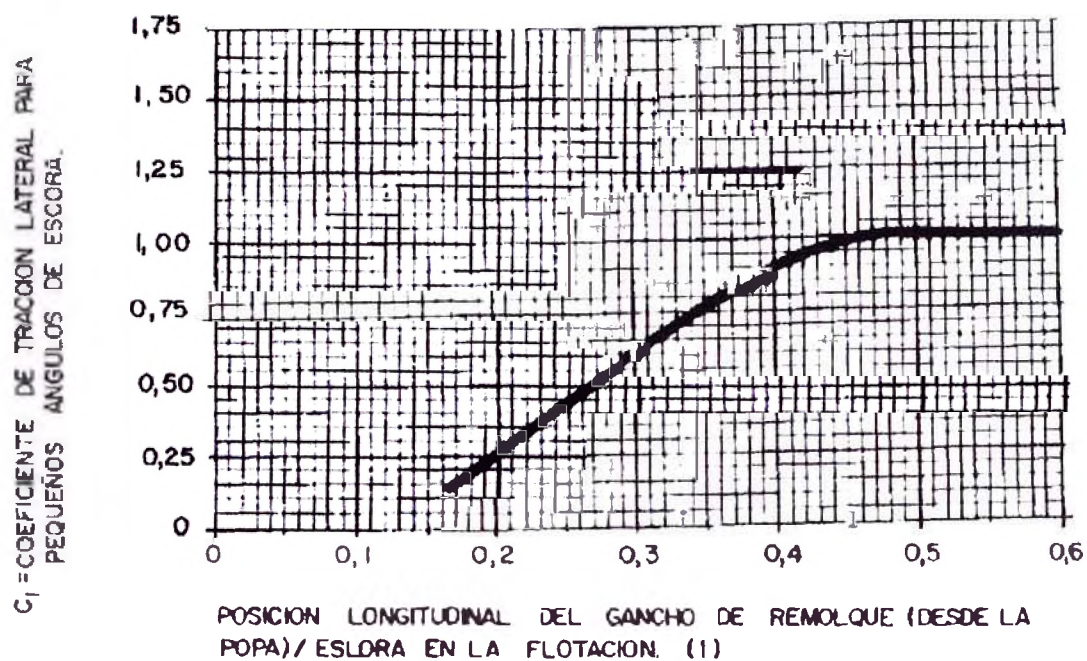


FIGURA 2.- RELACION DEL COEFICIENTE DE TRACCION LATERAL—ANGULO ESCORA NORMALIZADO

(1) Si el buque tiene una superestructura en la sección *médía* se consideraría el borde de la cubierta como si tal superestructura no existiera  
Fig. 2a (Ver imagen)



$C_2$  = COEFICIENTE DE TRACCION LATERAL APARENTE/  
COEFICIENTE DE TRACCION LATERAL CON ESCORA NULA

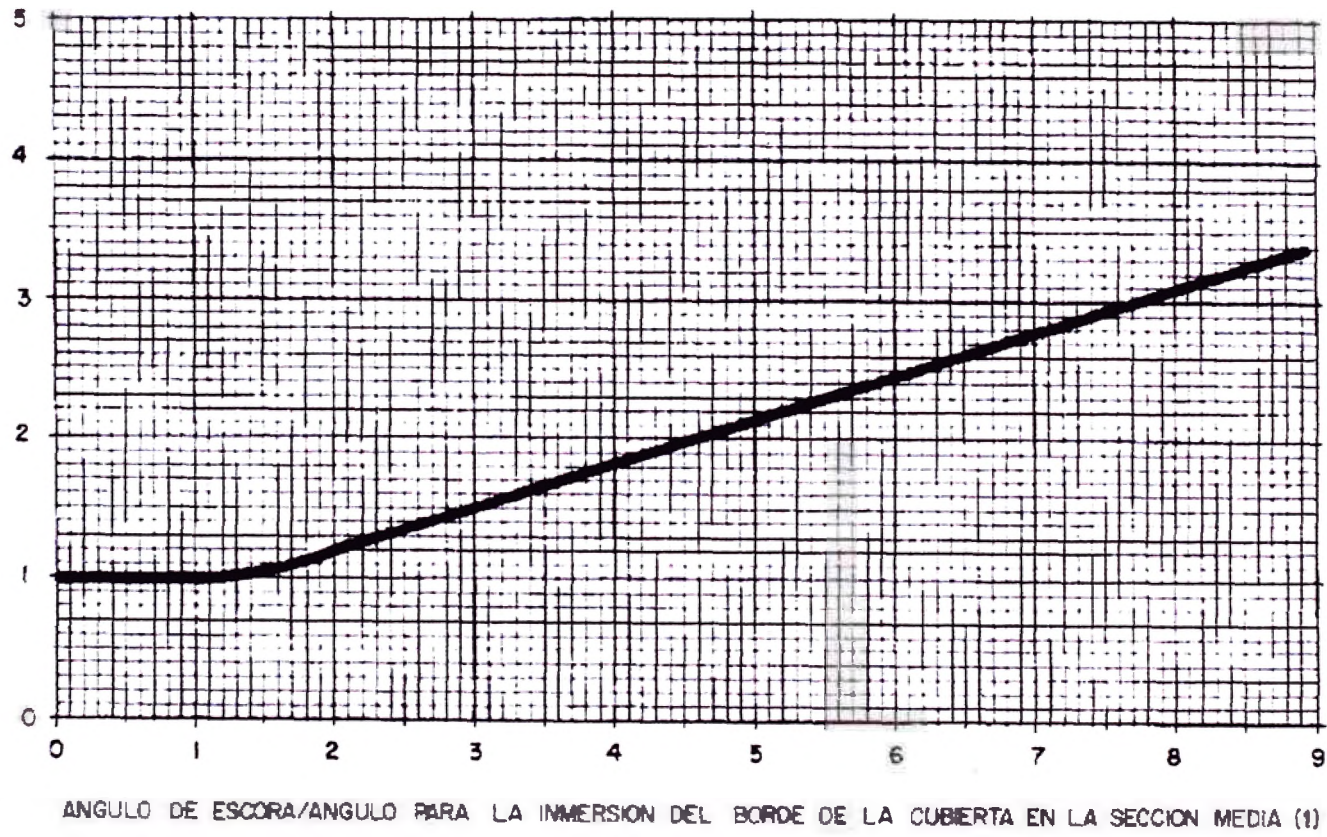
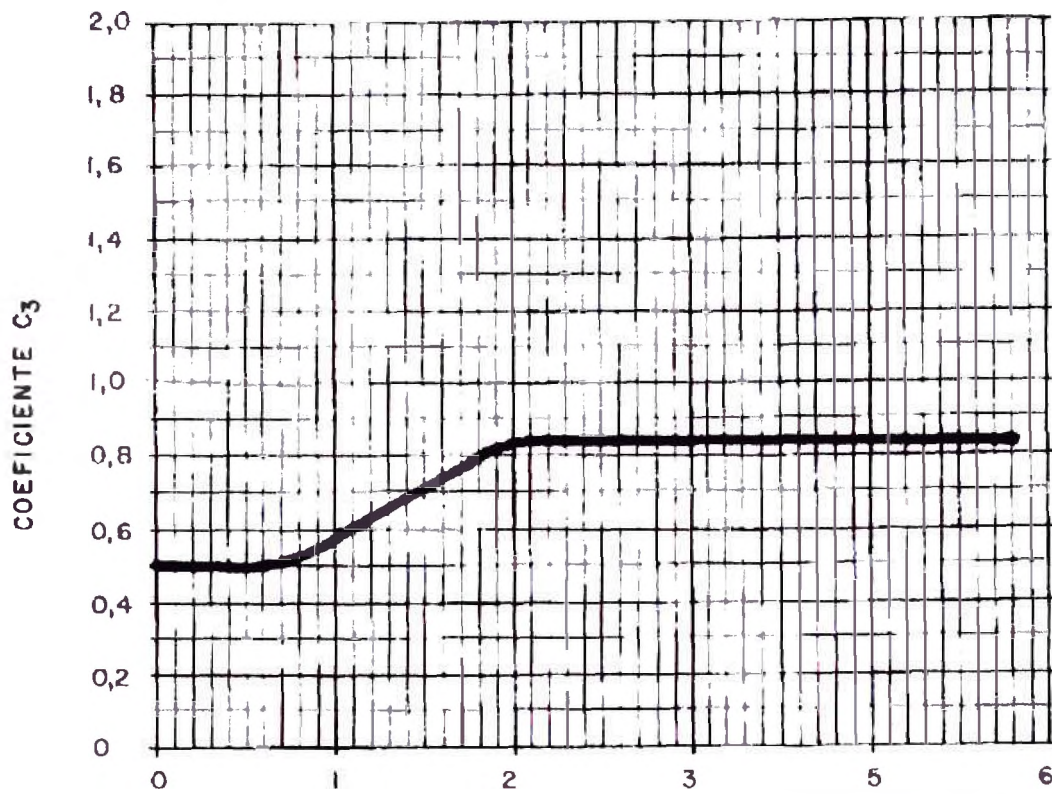


FIGURA 3 - DISTANCIA A LA FLOTACION DEL CENTRO DEL AREA  $A_p$ - TOMADA COMO FRACCION DEL CALADO/ANGULO DE ESCORA NORMALIZADO.  
Figura (Ver imagen)



ANGULO DE ESCORA/ANGULO PARA LA INMERSION DEL BORDE DE LA CUBIERTA EN LA SECCION MEDIA.

FIGURA 4 - REDUCCION EN EL MOMENTO ESCORANTE EFECTIVO-POSICION LONGITUDINAL DEL GANCHO DE REMOLQUE  
Figura (Ver imagen)



FACTOR DE CORRECCION PARA EL TIRO EFECTIVO EN EL GANCHO C<sub>5</sub>