

**ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR
UNIVERSIDADE DA CORUÑA**



BUQUE ATUNERO 1200 TN
CUADERNO 3
COEFICIENTES Y PLANO DE FORMAS

ALUMNO: AITOR RAMIL VIZOSO

TUTOR: D. FERNANDO LAGO RODRIGUEZ



**TRABAJO FIN DE MASTER
CUADERNO 3**

Alumno: Aitor Ramil Vizoso
Tutor: D. Fernando Lago Rodríguez



ÍNDICE

RPA	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CONTORNO DE PROA.....	4
APLICACIÓN DEL BULBO.....	4
CARACTERÍSTICAS DEL BULBO	5
CONTORNO DE POPA.....	7
DESARROLLO DE FORMAS	9
CURVA DE ÁREAS SECCIONALES.....	11
COMPROBACIÓN DE COEFICIENTES ADIMENSIONALES.....	12



**TRABAJO FIN DE MASTER
CUADERNO 3**

Alumno: Aitor Ramil Vizoso
Tutor: D. Fernando Lago Rodríguez



RPA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

GRADO EN INGENIERÍA DE PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE

CURSO 2.014-2015

PROYECTO NÚMERO: 13-P8

TIPO DE BUQUE: ATUNERO

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: Bureau Veritas, SOLAS, MARPOL.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: 1200 Tn.

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 16,5 nudos al 85% MCR y 15% de Margen de Mar. Autonomía de 8500 millas.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: Escotilla en cubierta.

PROPULSIÓN: Una línea de ejes accionada por motor diésel.

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 26 tripulantes.

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: Hélice transversal en proa.

Ferrol, Enero de 2.016.

ALUMNO: Aitor Ramil Vizoso.

INTRODUCCIÓN

En el presente cuaderno se desarrollará la generación de formas del buque y se efectuará la comprobación de los coeficientes adimensionales del mismo.

Dentro de la primera parte del cuaderno, se concretizarán los siguientes puntos:

- Contorno de proa y trazado del bulbo.
- Contorno de popa.
- Desarrollo de las formas.
- Plano de formas.
- Curva de áreas seccionales.

Como base para la realización de este cuaderno, se emplearán las dimensiones principales obtenidas en el Cuaderno 1: *“Dimensionamiento preliminar y elección de la cifra de mérito”*. Estas dimensiones se recogen en la siguiente tabla:

L	L_{pp}	B	D_{sup}	D_{prin}	T
75,50	64,45	13,45	8,90	6,50	5,85

Tabla 1. DIMENSIONES PRINCIPALES DEL BUQUE.

El objetivo de este cuaderno no es otro que lograr un equilibrio entre dimensiones y formas con el fin de satisfacer los siguientes puntos:

- Requisitos técnicos del buque (Capacidad de carga, capacidades de tanques, etc.).
- Formas hidrodinámicas, de forma que se reduzca lo máximo posible la resistencia al avance.
- Configuración que permita un buen comportamiento en la mar y buena maniobrabilidad.
- Facilidad y coste de construcción.

Para el desarrollo de las formas del buque se barajan tres opciones:

- Generación de formas propias.

En este método las formas se generan partiendo de una filosofía original y deberán de ser analizadas en un canal de experiencias hidrodinámicas. La ventaja de esta opción es una amplia versatilidad en el diseño y la mayor desventaja es un coste muy elevado.

- Series sistemáticas.

Las series sistemáticas se aplicarán de acuerdo al tipo de buque y a las características de partida del mismo. En este método se emplean unas formas estudiadas en canales de experiencia, por lo que se garantiza un buen comportamiento del buque.

- A partir de un buque base de características similares.

Este método consiste en hacer una transformación de las formas de un buque base, adecuándolas a las características necesarias del nuevo buque. Para emplear este método es imprescindible partir de un diseño que se asemeje al buque nuevo en cuanto a coeficientes de forma.

CONTORNO DE PROA

APLICACIÓN DEL BULBO

La determinación de dotar a una carena con bulbo de proa es un tema abierto dentro del campo de la ingeniería naval. De hecho, la viabilidad del bulbo puede variar dependiendo de si se estudia su efecto sobre la resistencia al avance del buque o sobre el comportamiento del mismo en la mar.

En el presente proyecto se fija el campo de aplicación habitual para esta etapa de proyecto, donde únicamente se conocen datos de dimensiones principales y aproximaciones de coeficientes adimensionales. Las siguientes expresiones han sido publicadas por investigadores de reconocido prestigio como Wigley, y en su conjunto forman un margen de aplicación dentro del cual el 95% de los buques llevan bulbo.

Requisito	Valor buque
$0,65 < C_b < 0,80$	0,52
$5,5 < L_{pp}/B < 7,0$	4,79
$0,24 < F_n < 0,57$	0,34
$C_b \cdot B/L_{pp} < 0,135$	0,108

Tabla 2. COMPROBACIÓN APLICACIÓN DEL BULBO.

Al no cumplirse todos los criterios, no se puede confirmar la idoneidad de la aplicación de bulbo en el buque. No obstante, tradicionalmente los buques atuneros siempre han tenido una carena configurada con bulbo de proa, por lo que se dotará al buque con bulbo.

CARACTERÍSTICAS DEL BULBO

A la hora de definir las características geométricas del bulbo, lo primero que se debe decidir es el tipo de bulbo a utilizar. Se diferencian tres tipos básicos: elípticos, en gota de agua y en peonza.

La primera diferencia a considerar es la forma local en la parte baja de las cuadernas del bulbo. En los dos primeros casos, esta zona es mucho más plana, por lo que aumenta considerablemente el riesgo de que aparezca slamming si se emerge el pie de roda. Para buques de pequeño porte este factor es determinante, por lo que se descartarán los bulbos tipo elíptico y en gota de agua, seleccionando un bulbo en peonza.

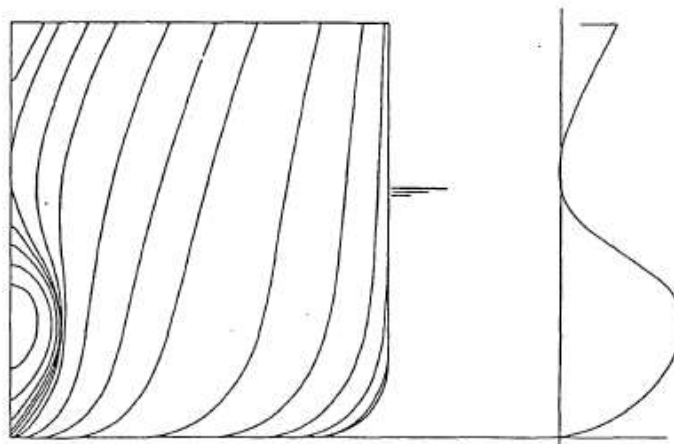


Ilustración 1. BULBO EN TIPO PEONZA.

Una vez seleccionado el tipo de bulbo, se comienzan a calcular los siguientes parámetros que lo definen geoméricamente:

Altura del bulbo

Es la ordenada sobre la línea de base del punto de protuberancia máxima. Para una inmensa mayoría de los buques, hb oscila entre el 35% y el 55% del calado máximo en proa. A falta de más datos, y para un diseño del bulbo preliminar, se toma un 45% del calado máximo como valor de partida.

$$hb = 0,45 \cdot T = 0,45 \cdot 5,85 = 2,63 \text{ m}$$

Protuberancia

Este parámetro es menos crítico que la altura: admite variaciones de mayor entidad sin grave deterioro de la calidad de las formas. En este caso la protuberancia se calculará mediante la siguiente expresión, ideada para bulbos normales y altos para condiciones de plena carga y lastre:

$$\frac{X}{L} = 0,2645 \cdot Cb \cdot \frac{B}{L} - 0,0046 = 0,2645 \cdot 0,52 \cdot \frac{13,45}{64,45} - 0,0046 = 0,0241$$

$$X = 0,0241 \cdot L = 0,0241 \cdot 64,45 = 1,55 \text{ m}$$

Área transversal

El valor del área transversal S_b será obtenido a partir de la Fig. 8.3.8. del libro “Proyecto de las formas de un buque”, de D. Fernando Junco. En este gráfico, entrando con los valores de L/B igual a 4,79 y un coeficiente de bloque de 0,52; se obtiene un S_b del 5,5%.

CONTORNO DE POPA

Es de vital importancia confeccionar unas formas en popa que garanticen que llega un flujo de agua incidente adecuado al propulsor, evitando la formación desigual de remolinos.

Estas zonas de popa, conocidas como vanos del codaste, se suelen definir con el apoyo de los reglamentos de las Sociedades de Clasificación. En este caso, la sociedad de clasificación aplicable al buque del proyecto no incluye el cálculo de los vanos del codaste, por lo que se utilizará el reglamento de la sociedad DNV.

Este reglamento, para buques de una única línea de ejes, ofrece las expresiones expuestas a continuación para calcular las distancias contenidas en la Ilustración 2. Estas expresiones dependen del radio del propulsor y el número de palas del mismo; al no tener dimensionado el propulsor, se hará un cálculo preliminar basándose en un propulsor aproximado de 4 metros de diámetro y cuatro palas.

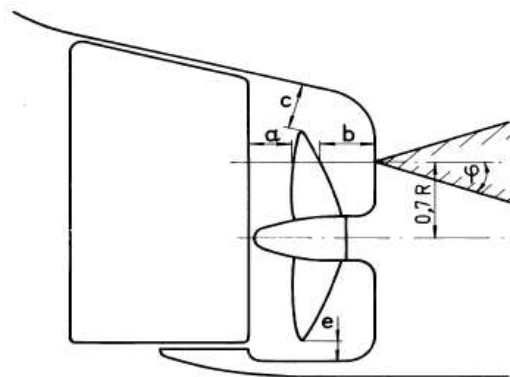


Ilustración 2. CLARAS DEL CODASTE POR DNV.

Requisito	Valor mínimo	Valor real buque
$a \geq 0,2 R (m)$	0,40	1,23
$b \geq (0,7 - 0,04 Z) R (m)$	1,08	1,56
$c \geq (0,48 - 0,02 Z) R (m)$	0,80	1,33
$e \geq 0,07 R (m)$	0,14	0,44

Tabla 3. CLARAS DEL CODASTE POR DNV.

Como comprobación se incluye la siguiente figura, donde se verifica el cumplimiento de las anteriores medidas.

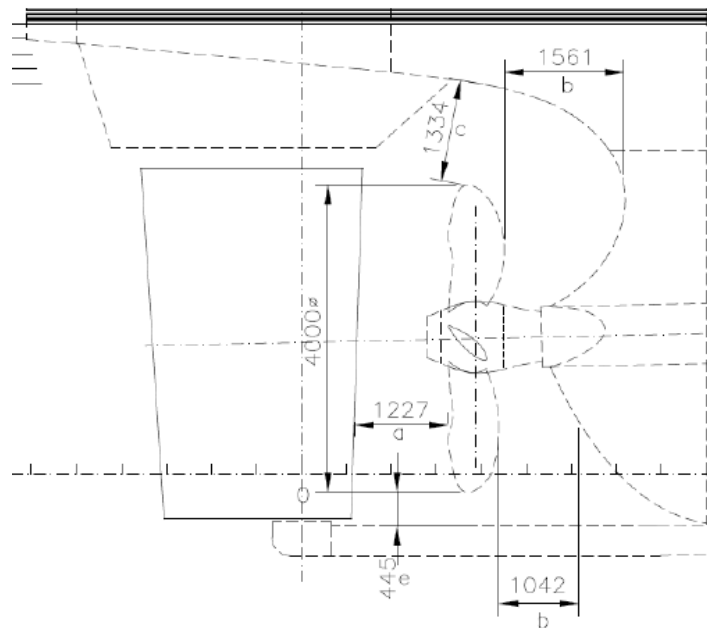


Ilustración 3. COMPROBACIÓN DE MEDIDAS.

DESARROLLO DE FORMAS

El desarrollo de las formas del buque se ha hecho mediante la derivación de las formas de un buque base. Se parte del plano de formas del buque atunero “Montelucía”, contenido en la base de datos de buques de referencia. A estas formas se les realiza una transformación afín, obteniendo la cartilla de trazado del buque de proyecto. Esta cartilla se introducirá en el software MaxSurf y se diseñarán las formas del buque, obteniendo así el plano de formas.

Tomando medidas en el plano de formas del buque base , se obtiene la siguiente cartilla de trazado:

Secciones	L. BASE	L.A. 1	L.A. 2	L.A. 3	L.A.4	L.A.5	L.A.6	L.A.7	L.A.8	L.A.9
-1	-	-	-	-	-	-	2518	3869	4709	5952
-1/2	-	-	-	-	-	-	3134	4321	5064	6186
0	-	-	-	-	-	347	3730	4764	5413	6420
1/2	-	-	-	-	-	1640	4300	5182	5741	6632
1	195	498	325	-	-	2798	4848	5582	6054	6828
1 1/2	300	993	854	803	1586	3791	5357	5957	6347	7008
2	300	1481	1488	1773	3000	4644	5827	6303	6619	7170
2 1/2	469	2010	2228	2830	4100	5352	6248	6617	6866	7312
3	686	2599	3077	3890	4990	5934	6614	6895	7086	7430
4	1132	3900	4746	5535	6240	6792	7175	7326	7424	7578
5	1633	5099	5965	6583	7021	7324	7503	7559	7586	7600
6	2223	5980	6769	7217	7462	7571	7600	7600	7600	7600
7	3017	6484	7201	7512	7598	7600	7600	7600	7600	7600
8	3944	6680	7321	7563	7600	7600	7600	7600	7600	7600
9	4195	6689	7324	7565	7600	7600	7600	7600	7600	7600
10	3979	6470	7143	7458	7594	7594	7600	7600	7600	7600
11	3359	5957	6708	7130	7390	7541	7597	7600	7600	7600
12	2584	5258	6049	6555	6914	7179	7374	7453	7502	7600
13	1829	4456	5273	5807	6223	6568	6861	7005	7109	7443
14	1340	3639	4416	4944	5365	5746	6115	6315	6474	7091
15	1039	2838	3546	4000	4382	4759	5165	5411	5621	6540
16	788	2136	2726	3082	3368	3673	4066	4339	4588	5784
17	574	1556	2087	2324	2454	2592	2923	3208	3477	4842
17 1/2	476	1314	1833	2032	2063	2086	2369	2648	2919	4313

Secciones	L. BASE	L.A. 1	L.A. 2	L.A. 3	L.A.4	L.A.5	L.A.6	L.A.7	L.A.8	L.A.9
18	384	1099	1628	1805	1745	1626	1840	2102	2363	3750
18 1/2	296	906	1471	1642	1518	1228	1340	1571	1811	3151
19	210	728	1358	1555	1394	915	880	1059	1261	2514
19 1/2	128	559	1265	1498	1361	706	458	566	716	1825
20	-	387	1160	1470	1371	632	9	79	171	1060
20 1/2	-	136	1007	1409	1385	654	-	-	-	-
21	-	-	718	1225	1308	428	-	-	-	-

Tabla 4. CARTILLA DE TRAZADO ATUNERO MONTELUCIA.

Una vez se dispone de la cartilla de trazado del buque base, se dispone a derivar las formas a las del buque de proyecto. Para ello se realiza una transformación afín, mediante la cual se obtendrán unas dimensiones a escala que mantendrán la proporcionalidad. Las ecuaciones para dicha derivación son las siguientes:

$$X_p = \frac{L_{pp_p}}{L_{pp_b}} \cdot X_b$$

$$Y_p = \frac{B_p}{B_b} \cdot Y_b$$

$$Z_p = \frac{T_p}{T_b} \cdot Z_b$$

De este modo, los coeficientes por los que se van a multiplicar los valores de la cartilla de trazado del buque de referencia resultan:

$$X_p = \frac{64,45}{79,22} \cdot X_b = 0,81 \cdot X_b$$

$$Y_p = \frac{13,45}{15,20} \cdot Y_b = 0,88 \cdot Y_b$$

$$Z_p = \frac{5,85}{6,50} \cdot Z_b = 0,90 \cdot Z_b$$

Atendiendo a lo anterior, una vez transformadas la separación entre secciones transversales, las distancias de las líneas de agua, y las semimangas, se obtiene la siguiente cartilla de trazado que corresponde con la del buque de proyecto:

Secciones	L. BASE	L.A. 1	L.A. 2	L.A. 3	L.A.4	L.A.5	L.A.6	L.A.7	L.A.8	L.A.9
-1	-	-	-	-	-	-	2228	3424	4167	5267
-1/2	-	-	-	-	-	-	2773	3824	4481	5474
0	-	-	-	-	-	307	3301	4216	4790	5681
1/2	-	-	-	-	-	1451	3805	4585	5080	5868
1	173	441	288	-	-	2476	4290	4939	5357	6042
1 1/2	265	879	756	711	1403	3355	4740	5271	5616	6201
2	265	1310	1317	1569	2655	4109	5156	5577	5857	6345
2 1/2	415	1779	1971	2504	3628	4736	5529	5855	6076	6470
3	607	2300	2723	3442	4415	5251	5853	6101	6270	6575
4	1002	3451	4200	4898	5522	6010	6349	6483	6569	6706
5	1445	4512	5278	5825	6213	6481	6639	6689	6713	6725
6	1967	5292	5990	6386	6603	6699	6725	6725	6725	6725
7	2670	5737	6372	6647	6723	6725	6725	6725	6725	6725
8	3490	5911	6478	6692	6725	6725	6725	6725	6725	6725
9	3712	5919	6481	6694	6725	6725	6725	6725	6725	6725
10	3521	5725	6321	6599	6720	6720	6725	6725	6725	6725
11	2972	5271	5936	6309	6539	6673	6722	6725	6725	6725
12	2287	4653	5353	5800	6118	6352	6525	6595	6638	6725
13	1618	3943	4666	5138	5507	5812	6071	6199	6291	6586
14	1186	3220	3908	4375	4747	5084	5411	5588	5729	6275
15	919	2511	3138	3539	3877	4211	4570	4788	4974	5787
16	697	1890	2412	2727	2980	3250	3598	3839	4060	5118
17	508	1377	1847	2056	2171	2294	2586	2839	3077	4285
17 1/2	421	1163	1622	1798	1825	1846	2096	2343	2583	3816
18	340	972	1441	1597	1544	1439	1628	1860	2091	3318
18 1/2	262	802	1302	1453	1343	1087	1186	1390	1602	2788
19	186	644	1202	1376	1234	810	779	937	1116	2225
19 1/2	113	495	1119	1326	1204	625	405	501	634	1615
20	-	342	1026	1301	1213	559	8	70	151	938
20 1/2	-	120	891	1247	1226	579	-	-	-	-
21	-	-	635	1084	1157	379	-	-	-	-

Tabla 5. CARTILLA DE TRAZADO BUQUE DE PROYECTO.

CURVA DE ÁREAS SECCIONALES

Con objeto de comprobar que con las formas obtenidas se obtienen los coeficientes adimensionales deseados, se obtiene del software MaxSurf el área de la sección maestra y el volumen de carena.



Ilustración 4. CURVA DE ÁREAS SECCIONALES.

Los resultados de área de la sección maestra y el volumen de carena para el calado de trazado son los siguientes:

- $S_m=76,13 \text{ m}^2$.
- $\nabla=3245 \text{ m}^3$.

COMPROBACIÓN DE COEFICIENTES ADIMENSIONALES

A partir de las formas obtenidas anteriormente y los datos que resultan de las mismas, como el volumen de carena, el área de la sección maestra, etc., se comprueba que los valores de los coeficientes de forma sean iguales o lo más parecidos posibles a los obtenidos de forma preliminar en el Cuaderno 1: *“Dimensionamiento preliminar y elección de la cifra de mérito”*.

COMPROBACIÓN COEFICIENTES ADIMENSIONALES				
Coeficientes Cuaderno 1		Coeficientes Carena		Porcentaje variación
Cb	0,52	Cb	0,54	3,86 %
Cm	0,95	Cm	0,95	0 %
Cp	0,54	Cp	0,60	11,11 %
Cf	0,72	Cf	0,79	9,72 %

Tabla 6. COMPROBACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE FORMA.

Atendiendo a los datos contenidos en la tabla anterior, se dan las formas del buque por buenas, considerando así las variaciones de coeficientes como asumibles.