



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado
CURSO 2017/2018

PETROLERO SUEZMAX 148.000 TPM

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNA/O

Pablo Martínez Martínez

TUTORAS/ES

Vicente Díaz Casás

FECHA

DICIEMBRE 2016

El buque proyecto es un buque para transporte de petróleo crudo y derivados como la nafta por ejemplo. Este buque petrolero pertenece a la clase SUEZMAX, lo que significa que sus dimensiones están ajustadas al máximo a las de Canal de Suez.

La carga y descarga se realiza mediante bombas de pozo profundo, lo que significa que no posee una cámara de bombas sino que cada tanque dispone de su propia bomba. En esta zona de carga posee un sistema de lucha contra incendios por espuma.

O buque proxecto é un buque para transporte de petróleo crudo e derivados como a nafta por exemplo. O buque petrolero pertence á clase SUEZMAX, o cal significa que as súas dimensións están axustadas ó máximo as do Canle de Suez.

A carga e descarga realízase mediante bombas de pozo profundo, o que significa que non posee una cámara de bombas senón que cada tanque dispón da súa propia bomba. Nesta zona de carga o buque posee un sistema de loita contra incendios por espuma.

The Project ship is for transport of oil-crude and naftas. This oil-crude tanker belongs to the class of SUEZMAX, which means that dimensions are adjusted for the Suez Canal to the maximum.

The cargo system are formed by deep well pumps and that means that this vessel haven't got a chamber of pumps. In cargo area it has a fire protection system by foam.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO/MÁSTER
CURSO 2017/18**

PETROLERO SUEZMAX 148.000 TPM

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

CUADERNO 3

DISEÑO DE FORMAS

ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR



GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA
TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2.016-2017

PROYECTO NÚMERO 17-12

TIPO DE BUQUE: Petrolero Suezmax 148000 TPM

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: DNV, MARPOL, SOLAS, CONVENIO DE LINEAS DE CARGA TIER 3

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: 148000 TPM. Transporte de petróleo CRUDOS Y DERIVADOS.

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 15,8 nudos con 85%MCR+ 15% margen de mar

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: Bombas de carga y descarga en los tanques de carga. Calefacción en tanques de carga.

PROPULSIÓN: Motor diésel directamente acoplado.

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 30 personas

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: Los habituales en este tipo de buques.

Ferrol, 10 Setiembre 2016

ALUMNO/A: D^a PABLO MARTÍNEZ MARTÍNEZ



Fernando Junco Ocampo

Contenido

1 INTRODUCCIÓN	6
2 FORMAS DEL BUQUE	7
2.1 ALTURA DE LAS LINEAS DE AGUA.....	7
2.2 PUNTOS DE TANGENCIA CON EL FONDO	8
2.3 CARTILLA DE TRAZADO	9
2.4 PLANO DE FORMAS	11
2.5 CURVA DE ÁREAS SECCIONALES	11
2.6 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:	13
3 CONTORNO DE PROA, BULBO DE PROA	14
3.1 ALTURA DE MÁXIMA PROTUBERANCIA	15
3.2 ABCISA DE MÁXIMA PROTUBERANCIA	17
3.3 SECCIÓN TRANSVERSAL DEL BULBO.....	17
4 ANEXO I: CONTORNO DE PROA, BULBO DE PROA	19
5 ANEXO II: PLANO DE FORMAS	20

1 INTRODUCCIÓN

En este documento lo que se pretende es obtener las formas del buque según las dimensiones obtenidas mediante un predimensionamiento.

El contenido de este cuaderno es:

- Cálculo de los coeficientes de bloque, maestra y de flotación.
- Contornos de proa y popa.
- Trazado de bulbo.
- Generación o derivación del plano de formas.
- Plano de formas.
- Curva de áreas seccionales.

La elección de las formas es de máxima importancia en un proyecto, ya que ello influye directamente en:

- Disminuir la resistencia al avance del buque.
- Aumentar la velocidad operativa en la mar.
- Dotar al buque de la necesaria estabilidad (estática y dinámica) imprescindible para su seguridad.
- Evitar los fenómenos de turbulencia y separación.
- Mejorar las condiciones del flujo en torno a la carena, evitándose los fenómenos de cavitación y las posibles fluctuaciones de presión transmitidas al casco y las vibraciones a que ello puede dar lugar.

Como guía para la realización de este documento el buque base escogido "EAGLE SAN ANTONIO", se adjunta en el Anexo I al final del documento la información obtenida de la revista "Significant Ships".

Las dimensiones, calculadas en los anteriores cuadernos, para las formas son las siguientes:

Lpp (m)	273,5
B (m)	45,3
D (m)	24
T (m)	17,7
Cb	0,866
Cm	0,992
Cp	0,873
Cf	0,928
Fn	0,157
Pot (kW)	25040
Δ (t)	194672
Peso Rosca (t)	32610
TPM	148000

2 FORMAS DEL BUQUE

Para la obtención de las formas del casco del buque, se han utilizado las series sistemáticas B.S.R.A. (British Ship Research Association), que mediante el coeficiente de bloque perteneciente al buque nos proporciona en cada sección las semimangas del buque porcentualmente a unos determinados calados.

Estas series sistemáticas se puede aplicar a buques con o sin bulbo de proa, para este caso se escogen las series con bulbo de proa como ya se ha indicado anteriormente.

El campo de aplicación es para buques con C_b entre 0,52 y 0,88, y nuestro buque tiene un $C_b = 0,866$, con lo que las series son aplicables.

2.1 ALTURA DE LAS LINEAS DE AGUA

El procedimiento de utilización de las series sistemáticas B.S.R.A., comienza calculando las alturas de las líneas de agua. Mediante el calado de proyecto que se ha estimado ($T=17,7$ m), obtenemos las alturas de las líneas de agua de nuestro casco aplicándole unos de terminados porcentajes.

% calado	Flotación	
7,69	A	1,4
15,38	B	2,7
23,08	C	4,1
38,46	D	6,8
53,85	E	9,5
69,23	F	12,3
84,62	G	15,0
100	H	17,7
115,38	J	20,4
130,77	K	23,1

2.2 PUNTOS DE TANGENCIA CON EL FONDO

Una vez definidas las líneas de agua se dan los puntos de tangencia de cada sección con la línea base, para ello se utilizará el coeficiente de bloque del buque.

Los valores de las tangencias los obtenemos interpolando en la tabla dada por las B.S.R.A. para buque con bulbo en proa, para valores de C_b entre 0,84 y 0,86.

Sección	offsets	Semimanga
1/4	0,023	0,52
1/2	0,035	0,79
3/4	0,069	1,56
1	0,126	2,85
1 1/2	0,318	7,20
2	0,556	12,59
2 1/2	0,721	16,33
3	0,814	18,44
3 1/2	0,857	19,41
4	0,870	19,71
5	0,870	19,71
6	0,870	19,71
6 1/2	0,870	19,71
7	0,870	19,71
7 1/2	0,870	19,71
8	0,870	19,71
8 1/2	0,819	18,55
9	0,620	14,04
9 1/4	0,450	10,19
9 1/2	0,236	5,35
9 3/4	0,046	1,04

2.3 CARTILLA DE TRAZADO

El siguiente paso es el cálculo de los puntos en cada sección para cada línea de agua. El resultado de los valores tomados de las gráficas de las serias B.S.R.A. para cada línea de agua en cada sección se expresa en la siguiente tabla, solo se crea la cartilla de trazado entre las dos perpendiculares (Sección 0 =Ppp y Sección 10 = Ppr), es decir el cuerpo central del casco.

Eslora (m)	Secciones	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
0,0	0	0	0	0	0	0	0,12	0,31	0,42	0,48	0,53
6,8375	1/4	0,02	0,03	0,04	0,05	0,12	0,34	0,48	0,58	0,65	0,71
13,675	1/2	0,09	0,13	0,16	0,23	0,33	0,54	0,64	0,73	0,79	0,85
20,5125	3/4	0,19	0,25	0,31	0,4	0,53	0,67	0,77	0,84	0,88	0,93
27,35	1	0,32	0,4	0,46	0,57	0,71	0,82	0,87	0,93	0,96	0,98
41,025	1 1/2	0,57	0,67	0,75	0,87	0,94	0,96	0,98	1	1	1
54,7	2	0,78	0,88	0,94	1	1	1	1	1	1	1
68,375	2 1/2	0,91	0,96	0,99	1	1	1	1	1	1	1
82,05	3	0,96	0,99	1	1	1	1	1	1	1	1
95,725	3 1/2	0,98	1	1	1	1	1	1	1	1	1
109,4	4	0,97	1	1	1	1	1	1	1	1	1
136,75	5	0,98	1	1	1	1	1	1	1	1	1
164,1	6	0,98	1	1	1	1	1	1	1	1	1
177,775	6 1/2	0,97	1	1	1	1	1	1	1	1	1
191,45	7	0,97	1	1	1	1	1	1	1	1	1
205,125	7 1/2	0,98	1	1	1	1	1	1	1	1	1
218,8	8	0,98	1	1	1	1	1	1	1	1	1
232,475	8 1/2	0,96	0,99	1	1	1	1	0,99	1	1	1
246,15	9	0,85	0,93	0,97	0,98	0,95	0,95	0,96	1	1	1
252,9875	9 1/4	0,72	0,82	0,87	0,91	0,84	0,82	0,85	0,93	1	1
259,825	9 1/2	0,53	0,64	0,73	0,76	0,69	0,62	0,64	0,74	0,86	1
266,6625	9 3/4	0,27	0,44	0,54	0,6	0,51	0,38	0,37	0,44	0,52	0,62
273,5	10	0	0,06	0,19	0,37	0,31	0,12	0,03	0	0,05	0,1

A continuación, se muestra la cartilla de trazado final obtenida mediante las series B.S.R.A., que se obtiene de multiplicar la tabla anterior por la semimanga del buque proyecto ($B/2 = 22,650$ m), teniendo como resultado:

Eslora (m)	Secciones	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
		1,36	2,72	4,09	6,81	9,53	12,25	14,98	17,70	20,42	23,15
0,0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,72	7,02	9,51	10,87	12,00
6,8375	1/4	0,45	0,68	0,91	1,13	2,72	7,70	10,87	13,14	14,72	16,08
13,675	1/2	2,04	2,94	3,62	5,21	7,47	12,23	14,50	16,53	17,89	19,25
20,5125	3/4	4,30	5,66	7,02	9,06	12,00	15,18	17,44	19,03	19,93	21,06
27,35	1	7,25	9,06	10,42	12,91	16,08	18,57	19,71	21,06	21,74	22,20
41,025	1 1/2	12,91	15,18	16,99	19,71	21,29	21,74	22,20	22,65	22,65	22,65
54,7	2	17,67	19,93	21,29	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65
68,375	2 1/2	20,61	21,74	22,42	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65
82,05	3	21,74	22,42	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65
95,725	3 1/2	22,20	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65
109,4	4	21,97	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65
136,75	5	22,20	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65
164,1	6	22,20	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65
177,775	6 1/2	21,97	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65
191,45	7	21,97	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65
205,125	7 1/2	22,20	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65
218,8	8	22,20	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65	22,65
232,475	8 1/2	21,74	22,42	22,65	22,65	22,65	22,65	22,42	22,65	22,65	22,65
246,15	9	19,25	21,06	21,97	22,20	21,52	21,52	21,74	22,65	22,65	22,65
252,9875	9 1/4	16,31	18,57	19,71	20,61	19,03	18,57	19,25	21,06	22,65	22,65
259,825	9 1/2	12,00	14,50	16,53	17,21	15,63	14,04	14,50	16,76	19,48	22,65
266,6625	9 3/4	6,12	9,97	12,23	13,59	11,55	8,61	8,38	9,97	11,78	14,04
273,5	10	0,00	1,36	4,30	8,38	7,02	2,72	0,68	0,00	1,13	2,27

2.4 PLANO DE FORMAS

Para el trazado de las formas del buque se utiliza el programa "Maxsurf Modeler Avanced". En él se introducen los valores de la tabla anterior que sirven de referencia para dar forma al casco.

Para ellos se crea una superficie que se moldea de formas que pase lo más cerca posible a los puntos de referencia de la B.S.R.A. y tratando de que no queden irregularidades, obteniendo un plano de formas que se adjunta al final del documento en el Anexo (?).

Los contornos de proa y popa no se obtienen de las B.S.R.A., sino que se dibujan imitando las formas del buque base.

2.5 CURVA DE ÁREAS SECCIONALES

En función del coeficiente de la maestra, se puede calcular una estimación del área máxima de la sección maestra (A_m):

$$C_m = \frac{A_m}{B \cdot T}$$

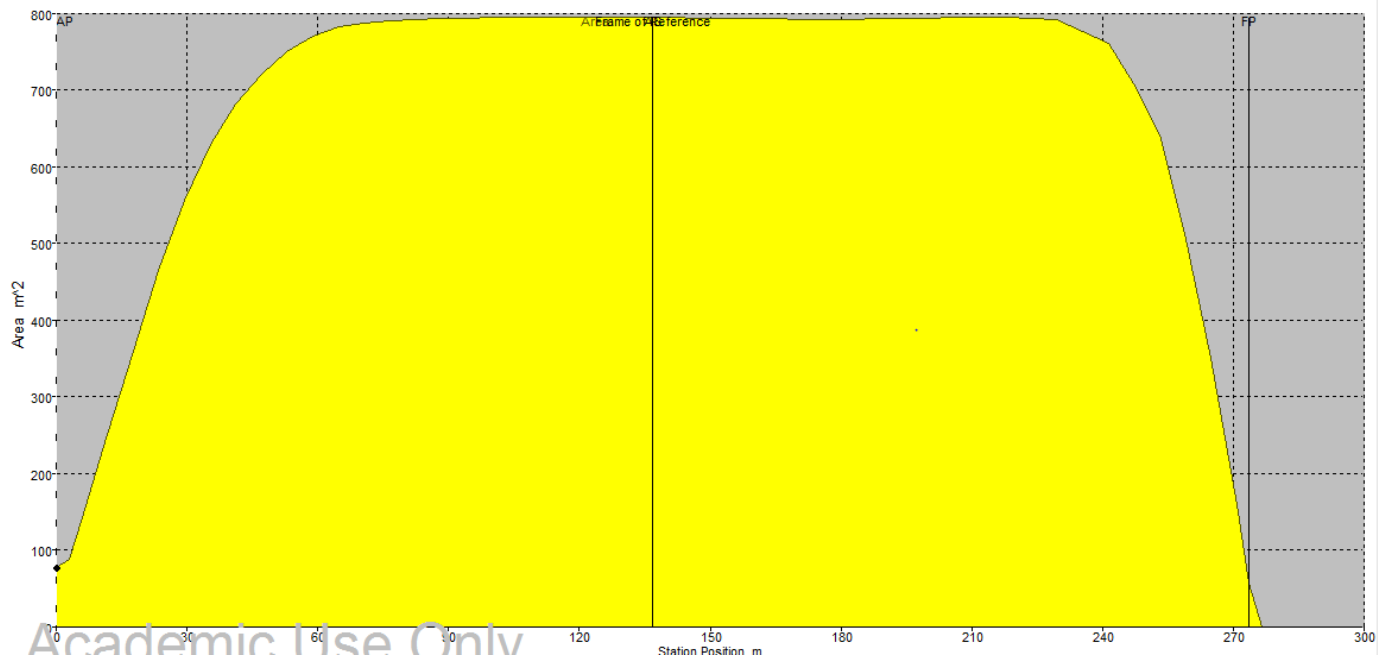
$$A_m = C_m \cdot B \cdot T$$

Siendo:

- $C_m = 0,992$
- $B = 45,3 \text{ m}$
- $T = 17,7 \text{ m}$

$$A_m = 795.5 \text{ m}^2$$

En la curva de áreas seccionales real para el calado de diseño $T = 17,7$ m, que se muestra a continuación, se puede observar que el área calculada anteriormente está muy próxima a los valores reales dados por esta curva obtenida con ayuda de Maxsurf.



2.6 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:

Una vez conseguido el diseño de las formas del buque, el programa Maxsurf me facilita una primera aproximación de los valores hidrostáticos, resultando un volumen de carena de 189924 m³ y una superficie mojada de 19843 m².

Las principales características finales del buque a proyectar quedarían de la siguiente forma:

Lpp (m)	273,5
B (m)	45,3
D (m)	24
T (m)	17,7
Cb	0,866
Cm	0,992
Cp	0,873
Cf	0,928
Fn	0,157
Pot (kW)	25040
Δ (t)	194672
Peso Rosca (t)	32610
Vol. Carena (m3)	189924
Superficie Mojada (m2)	19843
TPM	148000

El plano de forma se adjunta al final del documento.

3 CONTORNO DE PROA, BULBO DE PROA

Según los apuntes de la asignatura “Proyectos de buque y artefactos” es conveniente la aplicación de bulbo de proa cuando:

- Cuando el C_b está entre 0,65 y 0,815, pero nuestro buque tiene un $C_b=0,866$ con lo que según este criterio no procedería instalar bulbo.
- Si el Número de Froude está entre 0,24 y 0,55, en mi caso el buque tiene un $F_n= 0,157$, con lo que no sería necesario instalar bulbo de proa.
- Si no se cumple la siguiente desigualdad:

$$\frac{B}{L_{pp}} C_b > 0,135 \rightarrow \frac{45,3}{273,5} 0,866 = 0,147$$

Se cumple la relación, entonces no procede instalar bulbo de proa.

- Tienen bulbo el 95% de los buques que están simultáneamente dentro de los siguientes rangos:

$$0,65 < C_b < 0,815 \rightarrow 0,65 < 0,866 < 0,815 \rightarrow \text{NO CUMPLE}$$

$$5,5 < \frac{L_{pp}}{B} < 7,0 \rightarrow 5,5 < \frac{273,5}{43,5} = 6,28 < 7,0$$

Según este criterio tampoco procedería la instalación de bulbo de proa.

La decisión de llevar bulbo o no se toma para mejoras propulsivas en las distintas condiciones de carga, sin olvidar otros aspectos como la mejora del comportamiento en la mar.

En definitiva, y dado que todos los buques de la base de datos de este proyecto llevan instalado el bulbo de proa, siguiendo este criterio el presente buque proyecto llevará bulbo de proa.

El bulbo de proa ayudará al buque a:

- Reducir la resistencia por formación de olas, creando una interferencia en el sistema de olas de proa disminuyendo el tren de olas generado.
- Reducir la resistencia por olas rompientes, ya que amortigua la zona de proa.
- Reducir la resistencia viscosa, al reducir los torbellinos de proa.
- Aumentar la fricción, al aumentar la superficie mojada.

Para definir el bulbo de proa, necesitamos calcular los parámetros fundamentales, son los siguientes:

- Altura de máxima protuberancia.
- Abcisa de máxima protuberancia.
- Sección transversal.

3.1 ALTURA DE MÁXIMA PROTUBERANCIA

Es la ordenada sobre la línea de base del punto de protuberancia máxima. Para adimensionalizarla el parámetro utilizado es el calado.

La relación $\frac{h}{T}$ está íntimamente relacionada con la efectividad del bulbo.

Para obtener un buen rendimiento del bulbo, éste debe estar relativamente próximo a la flotación, para buques con un Fn entre 0.14 y 0.30 la efectividad del bulbo ha de ser:

$$\frac{h}{T} > 0,45$$

En este caso el Fn es 0,157, lo que significa que estoy dentro del rango de los números de Froude moderados.

Tengo un T de 17,7 m, con lo que h será:

$$h = 0,45 * T$$

$$h = 0,45 * 17,7$$

$$h = 7,965 \text{ m}$$

Según mi buque base Eagle San Antonio cuyas dimensiones principales son:

Lpp (m)	267
B (m)	49
D (m)	23,3
T (m)	17,2
Δ (t)	18168 2
Cb	0,786

Con estos datos tendríamos un h' de:

$$h' = 0,45 * 17,2$$

$$h' = 7,74 \text{ m}$$

Con lo que tengo un factor de corrección de:

$$K = \frac{7,965}{7,74} = 1,03$$

La **altura del bulbo** será:

$$h = 7,965 * 1,03 = \mathbf{8,2 \text{ m}}$$

3.2 ABCISA DE MÁXIMA PROTUBERANCIA

La protuberancia es la abcisa del punto situado más a proa del contorno longitudinal del bulbo, referido a la perpendicular de proa.

Esto se calcula mediante la siguiente expresión:

$$X_x = 0,2462 * Cb * \frac{B}{Lpp} - 0,0046$$

$$X_x = 0,2462 * 0,866 * \frac{45,3}{273,5} - 0,0046$$

$$X_x = 0,031$$

$$X = X_x * Lpp = 3,1 \text{ m}$$

3.3 SECCIÓN TRANSVERSAL DEL BULBO

Según el libro "Proyecto básico del buque mercante" el área transversal del bulbo en %, Sa20, se obtiene de la siguiente tabla en función de las relaciones de Cb, eslora y manga.

Los valores de Sa20 se encuentran dentro de los rangos siguientes, según el tipo de buque:

- Cargueros: 7-10%
- Graneleros: 9-12%
- **Petroleros: 10-14%**

ÁREA TRANSVERSAL, Sa20=100 × S20/S10

L.PP/BE	Cb						
	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
4,80	5,5	6,2	6,6	7,2	7,9	8,6	9,3
5,00	5,8	6,4	6,9	7,4	8,2	8,8	9,6
5,20	6,1	6,7	7,3	7,8	8,4	9,0	9,8
5,40	6,3	6,9	7,6	8,1	8,6	9,3	10,1
5,60	6,5	7,2	7,8	8,4	8,9	9,6	10,4
5,80	6,7	7,4	8,0	8,6	9,2	9,9	10,7
6,00	6,9	7,6	8,2	8,8	9,5	10,2	11,0
6,20	7,2	7,9	8,5	9,1	9,7	10,5	11,3
6,40	7,5	8,1	8,7	9,3	10,0	10,8	11,6
6,60	7,8	8,4	9,0	9,6	10,3	11,1	11,9
6,80	8,0	8,6	9,2	9,8	10,5	11,4	12,2
7,00	8,2	8,8	9,4	10,0	10,7	11,6	12,5
7,20	8,4	8,9	9,6	10,2	11,0	11,8	12,8

$$Cb = 0,866$$

$$\frac{Lpp}{B} = 6,04$$

Interpolando en la tabla:

$$\frac{6,5 - 6}{11,3 - 11} = \frac{6,5 - 6,04}{11,3 - Sa20}; Sa20 = 11,024 \%$$

Ahora obtengo el valor del área de la sección maestra hasta el calado de proyecto S10:

$$S10 = B * T * Cm = 45,3 * 17,7 * 0,992 = 799,4 \text{ m}^2$$

$$S20 = 11,024\% * S10 = 88,12 \text{ m}^2$$

Las características finales del bulbo son las que se muestran a continuación:

- Altura del bulbo: 8,2 m
- Máxima protuberancia: 3,1 m
- Área bulbo: 88,12 m²

4 ANEXO I: CONTORNO DE PROA, BULBO DE PROA

5 ANEXO II: PLANO DE FORMAS