ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/285579653

Cálculo comparativo del equipo de amarre y fondeo de un remolcador

CHAPTER · DECEMBER 2015

DOI: 10.13140/RG.2.1.3463.3044

READS

13

1 AUTHOR:

Raul Villa Caro

University of A Coruña

34 PUBLICATIONS **3** CITATIONS

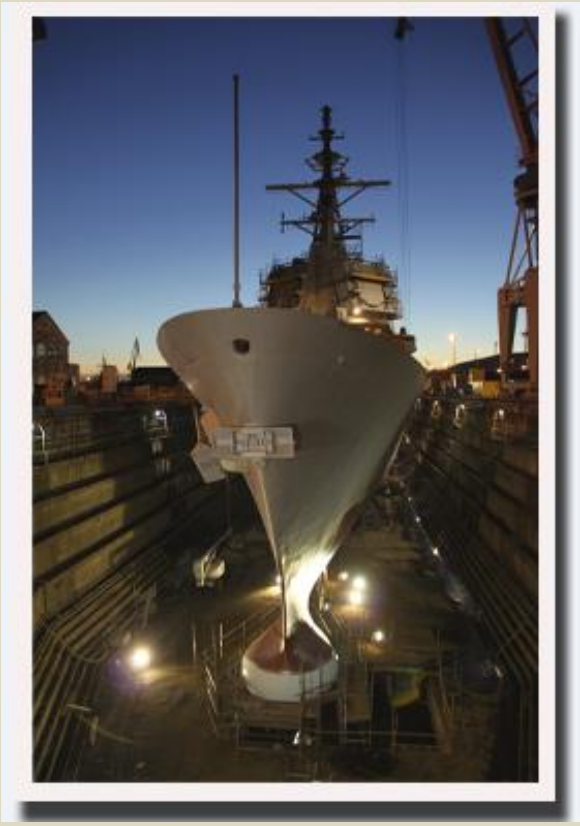
SEE PROFILE

Available from: Raul Villa Caro

Retrieved on: 26 February 2016

BOLETÍN TÉCNICO DE INGENIERÍA

Diciembre 2015
Número 9



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE ARMAS NAVALES

(ETSIAN-JEPER-DIENA)

A NUESTROS COLABORADORES

El acuse de recibo de los artículos enviados por nuestros estimados colaboradores no supone, por parte del BOLETÍN, compromiso de publicación. Normalmente no se devolverán los originales ni se sostendrá correspondencia sobre ellos hasta transcurridos seis meses de la fecha de su recibo, en cuyo momento el colaborador que los desee podrá reclamar la devolución.

Los originales habrán de ser inéditos, escritos en *Word* y se entregarán por vía informática (*Internet*, *Lotus Notes*) o grabados en CD. La extensión del texto no sobrepasarán las seis páginas y se presentará escrito a un espacio. La Redacción se reserva la aplicación de las correcciones ortográficas o de estilo que considere necesarias.

Las siglas y acrónimos se aclararán con su significado completo la primera vez que se utilicen (excepto las muy conocidas: ONU, OTAN, etc.) y deben corresponder a su versión en español cuando la haya (OTAN en lugar de NATO, Marina de los Estados Unidos en vez de *US Navy*, etcétera).

Las fotografías, gráficos e ilustraciones se acompañarán con un pie o título y tendrán una resolución de 300 dpi como mínimo, preferiblemente en formato JPG. Si no son del propio autor, se citará su procedencia y el autor realizará los trámites precisos para que se autorice su publicación. El BOLETÍN no se responsabilizará del incumplimiento de este requisito. Las ilustraciones enviadas en papel pasarán a formar parte del archivo del BOLETÍN y sólo se devolverán en casos excepcionales.

Se citará la bibliografía consultada.

Al final del artículo se incluirá el nombre y apellidos del autor, su categoría o profesión, el NIF, la dirección completa, con distrito postal, el número de teléfono y su dirección de correo electrónico.

Editora:
Mª José Pizarro García

ÍNDICE

EDITORIAL Pág. 1

VISITA Pág. 2

ARQUITECTURA DE CONTROL PARA SISTEMAS AUTÓNOMOS NO TRIPULADOS Pág. 5
CF (CIA) José María Riola Rodríguez
D. Juan Jesús Díaz Hernández

MODELADO EULER – LAGRANGE DE INTERACCIÓN LÍQUIDO – GAS APLICADO A LA EXHAUSTACIÓN DE TURBINAS GE LM 2500 EN FRAGATAS TIPO F100 COMO MÉTODO DE SUPRESIÓN DE FIRMA IR. PLANTEAMIENTO Y RESULTADOS Pág. 11
CF (CIA) José María Riola Rodríguez
TN (CIA) Julio Manuel Pernas Urrutia

¿POR QUÉ UN MÁSTIL INTEGRADO? Pág. 22
CF (CIA) Indalecio Seijo Jordán

APLICACIÓN DE DIAGRAMAS DE FALLO AL ANÁLISIS DE RIESGOS A BORDO DE SUBMARINOS Pág. 25
CC (CIA) Pedro Antonio Casas Alcaide

INTRODUCCIÓN A LA RADIACTIVIDAD. LEYES Y TIPOS DE DESINTEGRACIÓN RADIACTIVA Pág. 36
CC (CIA) Joaquín Ortega García

CÁLCULO COMPARATIVO DEL EQUIPO DE AMARRE Y FONDEO DE UN REMOLCADOR Pág. 44
TN (CIA) Raúl Villa Caro

DETECCIÓN Y SEGUIMIENTO AUTOMÁTICOS DE CONTACTOS VISUALES MEDIANTE COMPONENTES COMERCIALES DE BAJO COSTE Pág. 49
TN (CIA) Juan Manuel de Santiago Collada

SPAS, EL NUEVO SISEMA DE PROCESADOR ACÚSTICO DE SONOBOYAS DE SAEs Pág. 69
AN (CIA) Mª Concepción Mazón Herrera

EL ÚLTIMO VESTIGIO DE LA FÁBRICA DE SAN CARLOS Pág. 75
Arturo Rivera

INGENIEROS EN LA HISTORIA Pág. 78
FERNANDO CASADO DE TORRES E YRALAR

Cálculo comparativo del equipo de amarre y fondeo de un remolcador

TN (CIA-ETO) Raúl Villa Caro
Inspector de Nuevas Construcciones del Arsenal de Ferrol
Ingeniero Naval y Oceánico / Capitán de la Marina Mercante

Las Sociedades de Clasificación (SSCC) incluyen en sus reglamentos, capítulos y normas dirigidas al cálculo del equipo de amarre y fondeo de los diferentes tipos de buques, por lo que este artículo versará sobre cómo afecta la aplicación de los diferentes reglamentos de las SSCC a la hora de dotar a un remolcador de sus sistemas de amarre y fondeo. Se realizará una comparativa entre las exigencias de las SSCC a buques civiles y a buques militares.

INTRODUCCION

El objetivo principal es analizar el estado del arte de la tecnología, comparando las normativas existentes de las diferentes SSCC, para investigar las analogías y diferencias que existirán en los equipos de amarre y fondeo dependiendo del reglamento de la SC propuesto, analizando si existen o no diferencias, dependiendo de la SC elegida.

SISTEMA DE FONDEO

A continuación se va a proceder a explicar cómo se determina el equipo de fondeo para cada buque. En primer lugar se determina el tipo de buque de que se trata, estableciendo una mención al servicio al que va a ser destinado, diferenciando así entre buques de carga, petroleros, portacontenedores, pesqueros, gaseros, quimiqueros o remolcadores, entre otros.

En segundo lugar se le asigna una mención al tipo de navegación para el que va a ser utilizado, y tras haberle asignado a nuestro buque el tipo de navegación, tenemos que obtener el "Equipment Number" o "Número de Equipo" por medio de la siguiente fórmula:

$$NE = \Delta^{2/3} + 2 \cdot B \cdot H + \frac{A}{10}$$

- NE: Número de equipo
- Δ: Desplazamiento de trazado para la flotación de verano, expresado en toneladas.
- B: Manga de trazado expresada en metros.
- H: Francobordo en la cuaderna maestra desde la cubierta superior hasta la flotación de verano, más la suma de las alturas, en la cuaderna maestra, de cada hilera de casetas con una manga superior a B/4, expresado en metros.
- A: Área del plano de crujía, dentro de la eslora reglamentaria del buque, y de la superestructura y casetas que se hallen por encima de la flotación de verano, y que además su manga sea mayor de B/4, expresada en metros cuadrados.

No obstante, las propias SSCC hacen una serie de consideraciones sobre el "numeral" y el equipo requerido, así por ejemplo para ciertos tipos de buques, con ciertos tipos de servicios, les reduce el valor del número de equipo para algunos componentes del equipo de fondeo, llegando incluso en algunos casos a eximirle de dotar al buque de alguno de dichos elementos. En el caso de los remolcadores, y según la SC Lloyd´s, se establece una fórmula específica para el cálculo del número de equipo, que es la siguiente:

$$\mathrm{N.E.} = \Delta^{2/3} + 2(\mathrm{Bf} + \sum \mathrm{bh}) + 0.1\mathrm{A}$$

- f: Francobordo en la maestra desde la flotación de verano
- Δ: Desplazamiento de trazado en la flotación de verano
- B: Manga de trazado máxima
- H: Altura de cada hilada de superestructura o caseta, en el costado, que tenga una manga de B/4 o mayor (no se tendrá en cuenta el arrufo ni el trimado) (m)
- B: Manga de la superestructura o caseta más ancha de cada hilada (m)
- A: Área en el plano de crujía dentro de la eslora reglamentaria del buque y de las superestructuras o casetas por encima de la flotación de verano que se encuentren dentro de la eslora reglamentaria del buque, y que además tengan una manga mayor de B/4

Habiendo obtenido el tipo de buque, el tipo de servicio y su "número de equipo", el proceso termina con la determinación del equipo requerido entrando con el "número" en las tablas, obteniéndose:

- Equipo de anclas de leva sin cepo (peso y número).
- Cadena de eslabones con contrete para la anclas de leva (longitud y diámetro según el tipo de acero empleado).
- Masa del ancla de espía y su cable o cadena (longitud y carga de rotura).

En general todas las SSCC siguen procesos similares, con lógicas variaciones en la manera de determinación del equipo de fondeo.

Algunos utilizan la fórmula general a la que aplican algunas reducciones en función del tipo de buque y servicio que está destinado a prestar, mientras que otras, entre ellas el Lloyd´s Register, emplean distintas fórmulas también en función del tipo de buque y servicio que está destinado a prestar, pero todas tienen en común el acompañar sus reglamentos de unas tablas de equipo requerido, que resultan ser casi idénticas para todas ellas.

Ello es debido a que la International Association of Classification Societies (IACS), que es como un fórum que aglutina a todas las sociedades clasificadoras del mundo, ha servido para unificar criterios y eliminar el aislamiento en que trabajaban las distintas sociedades, creando el citado fórum. Como ejemplo de sus logros basta citar el acuerdo de que el peso del ancla o anclas de leva fuera el triple del "numeral" correspondiente a dicho buque, expresado en kilos.

SISTEMA DE AMARRE

La normativa internacional sobre el amarre de buques es muy escasa y poco exigente. No da la sensación de que los organismos competentes en lo que se refiere a la construcción, armamento y explotación del buque hayan dado una gran importancia a esta fase de la vida del buque. El resultado de ello es la obtención de un buque orientado para la navegación en alta mar y, normalmente, preparado para el fondeo, pero muchas veces, poco apropiado para la estancia en puerto.

Hasta el momento, los Reglamentos de las SSCC se limitan a dar recomendaciones no obligatorias sobre el equipo de amarre, que además suelen ser orientaciones insuficientes.

SISTEMAS DE AMARRE Y FONDEO EN BUQUES DE GUERRA

A pesar de que los buques de guerra están exentos de tener que cumplir los reglamentos de las Sociedades de Clasificación, en los últimos años, bajo la tutela del "Naval Ship Code", las SSCC han creado reglamentos específicos para buques de Guerra, que se reconocen rápidamente porque incorporan el apellido "Naval Rules" junto a su nombre.

RESULTADOS APLICADOS A UN REMOLCADOR:

SISTEMA DE FONDEO

Una vez detallada la forma de calcular el número de equipo de acuerdo con la normativa del Lloyd´s (LRS), se va a realizar una comparativa del cálculo, comparando los reglamentos de las principales sociedades de clasificación. Se van a estudiar cinco sociedades (ABS, BV, DNV, GL, y LRS).

De todas ellas, sólo Bureau Veritas (BV) utiliza una fórmula diferente para el cálculo del número de equipo. Utiliza una fórmula simplificada que sólo tiene en cuenta las dimensiones principales del buque. La fórmula responde a:

$$NE = K(LBD)^{2/3}$$

Se toma un coeficiente K=1.3, para remolcadores sin restricción (y K=2.2 para el resto).

Obteniendo datos de las tablas de número de equipo de las cinco sociedades se va a realizar una comparativa suponiendo un remolcador tipo de 24 metros de eslora:

Tabla 1

	ABS	**BV**	**DNV**	**GL**	**LRS**
Número de equipo	145	134	145	145	145
Ancla de leva sin cepo: • **Número** • **Peso por ancla (kg)**	 2 390	 2 400	 2 420	 2 420	 2 420
Cadena de ancla de leva con contrete (m): • **Longitud**	 275	 192.5	 275	 275	 275
Diámetro cadena (mm): • **Acero normal** • **Acero resistente**	 20.5 17.5	 20.5 17.5	 20.5 17.5	 20.5 17.5	 20.5 17.5

Se adjunta como ejemplo la tabla del Lloyd´s:

Tabla 2

13.7.2 Equipment – Bower anchors and chain cables

Equipment number		Equipment Letter	Stockless bower anchors		Stud link chain cables for bower anchors			
						Diameter, in mm		
Exceeding	Not exceeding		Number	Mass of anchor, in kg	Total length, in metres	Mild steel (Grade 1 or U1)	Special quality steel (Grade U2)	Extra special quality steel (Grade U3)
50	70	A	2	180	220	14	12,5	—
70	90	B	2	240	220	16	14	—
90	110	C	2	300	247,5	17,5	16	—
110	130	D	2	360	247,5	19	17,5	—
130	150	E	2	420	275	20,5	17,5	—
150	175	F	2	480	275	22	19	—

Los requerimientos para el número de anclas y diámetros de cadena son iguales para todas las SC, sin embargo existe una pequeña diferencia en el peso del ancla y la longitud de cadena. Bureau Veritas es la SC menos estricta en sus requerimientos, exigiendo un ancla de menor peso, y menos longitud de cadena, respecto a las otras SSCC.

SISTEMAS DE AMARRE:

Partiendo del cálculo del EN del apartado anterior, se va a realizar, de forma análoga a como se ha hecho con el fondeo, una comparativa de las SC para el cálculo del equipo de amarre del remolcador.

Tabla 3

	ABS	**BV**	**DNV**	**GL**	**LRS**
Número de equipo	145	134	145	145	145
Estacha de remolque:					
• **Longitud Mínima (m)**	180	-	180	180	180
• **Resistencia mínima a la rotura (kN)**	98	-	98	100	98
Estachas de amarre:					
• **Número**	3	2	3	3	3
• **Longitud Mínima (m)**	120	71.5	120	120	120
• **Resistencia mínima a la rotura (kN)**	54	110	49	50	49

De nuevo, como en fondeo, resultados similares a excepción de BV.

SISTEMAS DE AMARRE Y FONDEO EN BUQUES DE GUERRA

Si analizamos un buque tipo patrullero o buque de acción marítima, más cercano en eslora a nuestro remolcador, y bajo un reglamento de clasificación naval, nos encontraremos ante un buque que va a incorporar igualmente un sistema de amarre que conste de dos áreas. En este caso analizaremos el sistema de amarre y remolque correspondiente, calculado según la Sociedad de Clasificación Bureau Veritas.

Para el cálculo de los elementos correspondientes al sistema de amarre, se comienza por estudiar la carga mínima de rotura que establece la Sociedad de Clasificación Bureau Veritas para buques de guerra, la cual ha de ser la siguiente:

$$BL = \frac{F_S}{n}$$

Siendo "Fs" la fuerza transversal debida al viento, y "n" el número de estachas de amarre de través. La fuerza debida al viento en la dirección transversal viene dada por la fórmula. Considerando una fuerza estática transversal debida al viento aproximada de 650 kN, y de acuerdo con la Sociedad de Clasificación Bureau Veritas se determina el número de estachas de amarre con las que el buque tendrá que contar, que son en total ocho.

CONCLUSIONES

Cuando se analiza el equipo de fondeo aplicado a las cinco SC, para remolcador no restringido, los resultados son prácticamente iguales (con la excepción de BV), como se observa en las tablas.

En el caso del equipo de amarre, de nuevo, nos encontramos con resultados similares, a excepción de BV, que es menos restrictiva.

Al hacer la comparativa en buques de guerra, de porte similar a un remolcador comprobamos como la Sociedad de Clasificación Bureau Veritas es más demandante en lo referente a número de estachas y a carga mínima de rotura. Por esta razón, sería mejor considerar para la elección de las estachas de amarre, las características más demandantes de cada una de las Sociedades de Clasificación.