

# **ESTUDIO COMPARATIVO PARA LA SELECCIÓN DEL EQUIPO DE AMARRE EN UN BUQUE TIPO REMOLCADOR Y EN UN BUQUE DE GUERRA**

*Raúl Villa Caro, Ing. Naval y Oceánico / Capitán Marina Mercante*

*Luis Manuel Carral Couce, Dr. Ing. Naval y Oceánico*  
*José Ángel Fraguela Formoso, Dr. Ing. Naval y Oceánico*  
Universidad de la Coruña / Escuela Politécnica Superior

---

## **Abstract**

Classification Societies (SC) of ships listed in different chapters of the regulations, recommendations and requirements for the selection of mooring equipment on ships regarding quantification for each type of ship, the analysis of the materials used and tests to suffer the various elements of mooring equipment.

This article relates to how it affects the implementation of the different regulations of the SC when providing a tugboat and a military vessel from its mooring and anchoring systems. The research results are obtained by performing a comparison between the demands imposed by the SC to civilian ships and warships.

---

**Keywords:** Ship, mooring, number, equipment, classification, societies

---

## **Resumen**

Las Sociedades de Clasificación (SC) de buques indican, en diferentes capítulos de sus reglamentos, recomendaciones y requerimientos para la selección del equipo de amarre del barco en lo referente a la cuantificación para cada tipo de buque, al análisis de los materiales empleados y a las pruebas que sufrirán los distintos elementos de los equipos de amarre.

Este artículo versa acerca de cómo afecta la aplicación de los diferentes reglamentos de las SC a la hora de dotar a un remolcador y a un buque militar de sus sistemas de amarre y fondeo. Los resultados de la investigación se obtienen de la realización de una comparativa entre las exigencias impuestas por las SC a buques civiles y a buques de guerra.

---

**Palabras clave:** Buque, amarre, número, equipo, sociedades, clasificación

### **Introducción:**

Las razones que han llevado a realizar este artículo corresponden a la necesidad de analizar toda la normativa existente sobre amarre, tanto de las propias amarras, como de los equipos.

El objetivo principal buscado es el analizar el estado del arte de la tecnología, comparando las normativas existentes de las diferentes SC, para investigar las analogías y diferencias que existirán en los equipos de amarre dependiendo del reglamento de la SC propuesto, proponiendo unos mínimos que deben ser exigidos por cualquier SC y analizando si existirán, o no, grandes diferencias en el equipo de amarre, dependiendo de la SC elegida, aplicando el estudio a buques civiles y a buques de guerra.

### **Desarrollo:**

La normativa internacional sobre el amarre de buques es muy escasa y poco exigente. Emanan la sensación de que los organismos competentes en lo que se refiere a la construcción, armamento y explotación del buque no han dado una gran importancia a esta fase de la vida del buque. No existen normas ajustadas y obligatorias que, como en otros sectores, y basándose en unos cálculos de cierta precisión, determinen las características del equipo o estructura a instalar. Los astilleros y armadores fijan las condiciones del equipo de amarre en función de la experiencia o de normas internas, sin unas directrices externas adecuadas. Con esto, el resultado final que se obtiene es el de un buque orientado para la navegación en alta mar y, normalmente, preparado para el fondeo, pero muchas veces, poco adecuado técnicamente para la estancia en puerto, y para su amarre a los muelles.

El problema es fundamentalmente de competencias: ¿Quién debe fijar las normas sobre el equipo de amarre, la maniobra, la disposición de amarras y defensas, etc.? No termina de clarificarse si deben ser las SC, los armadores, los astilleros, los puertos o los Capitanes. Probablemente todos tienen mucho que decir, y se hace necesario un acuerdo sobre el tema.

Es indudable que de este acuerdo mejorarían los resultados económicos para todos los agentes implicados en el amarre, tanto evitando accidentes, como aumentando la rentabilidad de buques y puertos.

Unas de las instituciones más importantes dentro de la reglamentación de buques, al igual que ocurre con los sistemas de fondeo, son las ya citadas SC. Los organismos de este tipo emiten directrices que afectan a gran cantidad de aspectos de la construcción y armamento del buque, con el objetivo prioritario de la seguridad. Los buques que cumplen con tales requisitos reciben la certificación de la SC en cuestión y son

asegurados por ella. Hasta el momento, los Reglamentos de las SC de Buques se limitan a dar recomendaciones no obligatorias sobre el equipo de amarre. Pero además, tales orientaciones resultan insuficientes.

Analicemos como muestra el Reglamento del Lloyd's Register of Shipping (LRS) institución de reconocido prestigio internacional, también en el amarre:

- Número de equipo:

El número de equipo es una cifra característica de cada buque que sirve como base para el cálculo del equipo de amarre y fondeo, las cadenas del ancla y las estachas. Se define de forma general, como:

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

donde:

NE = Número de equipo

$\Delta$  = Desplazamiento del buque al calado de verano

B = Manga

H = Francobordo en la maestra (altura desde la flotación a la cubierta superior).

A = Área lateral por encima de la flotación, dentro de la eslora entre perpendiculares

Sobre un buque remolcador tipo de 24 metros de eslora, con las siguientes condiciones de viento y corriente:

—Viento: 48 nudos en dirección paralela a crujía.

—Corriente: 2.5 m/s en dirección paralela a crujía.

y suponiendo una longitud de cadena de 5 a 10 veces el calado, se calculan las fuerzas que debe soportar el buque, determinándose las características de la cadena y el ancla. Con esas mismas hipótesis se fija el equipo de amarre. Ahora bien, las condiciones de cálculo no son extremas, y en cualquier caso, el comportamiento del buque atracado es diferente al del buque fondeado. Por otra parte, no entran en consideración otros factores, como la influencia del estado de carga del buque, que puede hacer variar la superficie expuesta al viento o a la corriente, la componente lateral de la fuerza o el momento de giro, la influencia del calado reducido, etc.

Por todo ello, el cálculo no resulta ajustado, y probablemente habría que pensar en una nueva orientación, con condiciones más exigentes, como por ejemplo:

— Viento: 60 nudos en cualquier dirección

— Corriente : 4 nudos formando ángulos de hasta 5° con crujía

Debemos tener en cuenta que el comportamiento del buque amarrado incluye fenómenos más complicados, que no pueden ser despreciados ni simplificados en muchos casos.

Si bien el número de estachas del que esté dotado un buque viene determinado por el número de equipo (NE), es habitual que se vean incrementadas hasta el doble de las recomendadas. Para grandes buques, por ejemplo, NE=14600, la SC Bureau Veritas indica un número de 21 estachas de 200 metros de longitud cada una, con una carga de rotura (CR) no inferior a 75 tons. No es prudente equipar al buque con amarras de CR superior al que le corresponde por su NE, ya que podrían arrancar los polines del equipo de cubierta.

En términos generales para esloras inferiores a 90 metros no hay requisitos procedentes por su clasificación. Se debe cumplir que la suma de toda la resistencia de los cabos no sea inferior a la CR de la cadena de las anclas, que el cable de remolque no sea inferior al 40% de la CR de la cadena del ancla, que la fuerza de tracción de los chigres de cada costado no sea inferior a 1.5 la CR de los cabos exigidos, y que el freno de los chigres deba empezar a ceder al llegar al 50% de la CR del cabo, cuando se encuentre en la primera capa de estiba en el tambor.

En cuanto al número de estachas requerido para un amarre seguro, este dependerá mucho del criterio de los oficiales responsables, tanto de a bordo por parte del capitán u oficial de guardia, como ajenos al buque, como el práctico.

La estacha de amarre recibe su denominación según sea la posición en que trabaja:

- Si sale de proa y trabaja hacia proa, o bien, sale de popa y trabaja hacia popa, se denomina “largo” (formando un ángulo de 30° con la línea del muelle o crujía del buque).
- Si trabaja en dirección sensiblemente perpendicular al plano longitudinal del buque y línea de muelle, se denomina “través”.
- Si trabaja en sentido de proa a popa, o bien, de popa a proa, se denomina “retenida” o “sprin” (La palabra esprin es una asimilación de la palabra inglesa spring, muelle).

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 SC han creado reglamentos específicos para buques de Guerra, que se reconocen rápidamente porque incorporan el apellido “Naval Rules” en su nombre.

Partiendo del cálculo del EN del apartado anterior, se va a realizar una comparativa de cinco SC para el cálculo del equipo de amarre de un remolcador tipo.

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

Se pueden observar resultados similares a excepción de BV.

Si por el contrario analizamos un buque de guerra de desplazamiento medio de 20000 toneladas, le corresponderá un “NE” aproximado de 1800.

De acuerdo con la Sociedad de Clasificación Lloyd’s Register (Rules and Regulations for the Classification of Naval Ships, July 2002), para este tipo de buque que nos ocupa (Servicio no Restringido), se requiere el equipo dado en la tabla 13.7.2 de su reglamento, por lo que para el Número (NE) calculado, se tiene que: NE = 1800 y

$$1790 < 1800 < 1930; \text{ Letra F+}.$$

Pero de acuerdo con el volumen 1, parte 3, capítulo 5, Sección 2, de las reglas de la Sociedad de Clasificación específicas para buques de guerra (Lloyd’s Register. Rules and Regulations for the Classification of Naval Ships, January 2002), el Número de Equipo se calcula de forma similar a las reglas de la Sociedad para buques civiles, pero sin embargo, este número debe verse afectado por un coeficiente específico dependiente del porte del buque de guerra. En este caso, el número debe multiplicarse por 1.25, luego:

$$NE = 1800 \times 1.25 = 2250$$

Con este nuevo número (NE) calculado, y utilizando la tabla 5.5.1 de la referencia anterior se tiene que:

$$NE = 2250$$

$$2230 < 2250 < 2380; \text{ Letra I+}$$

Para el dimensionamiento de las estachas de amarre se suele utilizar la resistencia recomendada por la Sociedad de Clasificación aplicada a buques de guerra.

Si consideramos que estamos diseñando un buque de más de 90 m de eslora, de acuerdo con el apartado 7.1.3 del capítulo 5, parte 3 del volumen 1 de la referencia anterior del Lloyds para buques de guerra, se recomienda que la suma de las resistencias de todas las estachas de amarre utilizadas, no sea menor que la carga de rotura de la cadena de ancla reglamentaria de Grado U2, resultando un número de estachas consideradas de cinco.

A la vista de lo anterior se puede contrastar este número, con las estachas instaladas en las fragatas españolas (tanto de la serie F-100, como las antiguas FFG). Las fragatas suelen estar dotadas de seis estachas de

amarre (y un cabo de remolque), basadas en cabo elaborado con la combinación de dos materiales, polipropileno multifilamento y poliéster, ambos de alta tenacidad, confeccionado con dos elementos concéntricos; un alma central trenzada que soporta la mayor parte de la resistencia y una cubierta trenzada que asegura la protección y completa la resistencia.

Estas estachas, a través de la combinación de los dos materiales, tienen una mayor duración al roce y una mayor resistencia, manteniendo la propiedad esencial de la flotabilidad. Considerando las cargas de rotura mínimas necesarias, se eligen las estachas de amarre. El tipo de estacha usado en las F-100 es la duplex Compos (56 mm de diámetro, 220 m de longitud y 60527 kg de carga de rotura), aunque se podrían considerar otro tipo de estachas de similar carga de rotura.

Si variamos de tipo de buque de guerra, analizando ahora un barco tipo patrullero o buque de acción marítima, más cercano en eslora a nuestro remolcador, y bajo otro reglamento de clasificación, 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 un buque de guerra que cuente con el equipo de fondeo calculado según el “Design Procedures for Anchor and Windlasses”.

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:

$$F_s = \frac{2,382 \cdot A \cdot (h+18)}{h+60}$$

donde:

A: área lateral expuesta al viento, por encima de la línea de flotación de verano:

$$h = \frac{2A}{3L} = 5,8 \text{ m}$$

h: altura media sobre la línea de flotación, la cual se calcula como (valor aproximado de un buque de poca eslora)

L: eslora que corresponderá a un valor entre un 96% y un 97% de la eslora de flotación de verano..

Considerando una fuerza estática transversal debida al viento aproximada de 650 kN, y de acuerdo con la Sociedad de Clasificación, como mínimo el buque contará

con dos estachas de través y además, el diámetro de las estachas será de menos de 72 mm.

Por lo tanto, la carga mínima de rotura de las estachas de través será de  $650/2=325$  KN.

La Sociedad de Clasificación Bureau Veritas determina el número de estachas de amarre con las que el buque tendrá que contar, que son en total ocho:

- Largo de proa y largo de popa.
- Spring en zona de proa y en zona de popa.
- Travesés en zona de proa y través en zona de popa.
- Dos estachas de reserva (travesés y spring)

La longitud de las estachas de amarre será, según la Sociedad de Clasificación Bureau Veritas, la siguiente:

- Para través y spring, de entre  $0,7 \cdot L$  y  $L$ . (Siendo  $L$  la eslora correspondiente a la flotación de verano). Para un patrullero, estaríamos entre 61 m y 87 m.
- La longitud de los largos de proa y popa, debe ser de 1,5 veces la eslora correspondiente a la flotación de verano.

Si las comparamos con las longitudes recomendadas por la Sociedad de Clasificación Lloyd's Register para buques de guerra, estas últimas serían más demandantes. Para el Patrullero, según esta última Sociedad de Clasificación, se recomiendan las siguientes estachas de amarre:

- Cuatro estachas para el amarre
- Longitud de cada estacha, 180 m
- Carga mínima de rotura, 166 kN

Para finalizar el análisis de los buques de guerra, se pasará a estudiar un portaaviones:

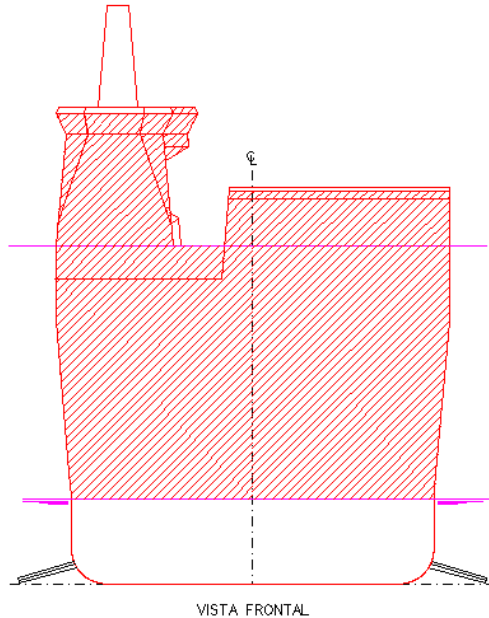


Ilustración 1

Si analizamos un buque de aproximadamente 25000 toneladas de desplazamiento y 200 m. de eslora, sustituyendo valores en la fórmula del cálculo de número de equipo:

$$N_c = \Delta^{2/3} + 2BH + \frac{A}{10}$$

Nos arrojará un NE en torno a 3400. Y de acuerdo con la tabla 13.7.1 antes mencionada, para el tipo de buque que nos ocupa (Servicio no Restringido), se requiere el equipo dado en la tabla 13.7.2 de la misma referencia. Para el Número (NE) calculado, se tiene que:

$$N_c = 3400$$

$$3400 < 3400 < 3600; \text{ Letra P}^+$$

Un buque de este porte incorporará equipos de amarre en las áreas de proa, áreas centrales y áreas de popa:

Para el dimensionamiento de las estachas de amarre se puede utilizar la resistencia recomendada por la Sociedad de Clasificación, con el condicionante de que la carga de rotura utilizada para el cálculo de las estachas, esté basada en los eslabones de la cadena calculada por el método utilizado por la Marina Americana.

De esta forma resultarán unos valores aproximados a:

- Cadena Grado U3 calculada: 95 mm
- Cadena Grado U2 equivalente: 107 mm
- Carga de Rotura: 5570 kN = 567788 kg



- N° de estachas consideradas: 6
- Carga de rotura mínima: 94631 kg

Por tratarse de un buque de más de 90 m de eslora, de acuerdo con el apartado 7.5.3 del capítulo 13, sección 7 de la referencia “Rules and Regulations for the Classification of Ships (July 2002)”, se recomienda que la suma de las resistencias de todas las estachas de amarre utilizadas, no sea menor que la carga de rotura de la cadena de ancla reglamentaria de Grado U2.

Podemos comparar el valor obtenido, con el que precisaría el buque de acuerdo con las reglas de la Sociedad de Clasificación:

- Cadena Grado U2 reglamentaria: 90 mm
- Carga de Rotura: 4090 kN = 416922 kg
- N° de estachas consideradas: 6
- Carga de rotura mínima: 69487 kg

### **Conclusión:**

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

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. El resultado final sería el siguiente:

- Ocho estachas para el amarre
- Longitud de cada estacha, 180 m
- Carga mínima de rotura, 325 kN

### **References:**

Capítulos referentes a la “Sección de Equipo” de las siguientes Sociedades de Clasificación:

- American Bureau of Shipping (ABS).
- LLOYds Register (LR).
- Bureau Veritas (BV).
- Det Norske Veritas (DNV).
- Germanischer Lloyd (GL).
- Rules and Regulations for the Classification of Naval Ships, July 2002 (LR).
- Naval ships (BV) .
- Design Procedures for Anchor and Windlasses