

8
6
4
2
10M
8
6
4
2



2
9M
8
6
4
2
8M
8
6
4
2
7M
8
6
4
2
6M
8
6
4
2
5M
8



GENERAL

Por: Ingeniera Naval Magaly Martínez Aparicio. Fundación Náutica Pesquera Rafael Espinosa Gray

Imagen: Disco Plimsoll y línea de cubierta. Tomado de : <http://www.diariodenautica.com/>

APERTURA A CONOCIMIENTOS MARÍTIMOS ESPECIALIZADOS

RESUMEN

El francobordo, el modulo estructural y el arqueo son parámetros de control en el proceso de diseño naval, estos tres conceptos van concatenados.

Al calcular el Francobordo de acuerdo al Convenio de Líneas de Carga 66/88 (LL66/88), debe verificarse dicho resultado, con el modulo estructural de la embarcación, es decir debe haber una correlación entre la distancia vertical medida en la sección media del buque, desde el borde superior de la línea de cubierta y el borde superior de la línea de carga correspondiente, con la capacidad estructural de soportar los esfuerzos que proporcionarían las cargas que originan dicha línea de carga, más las causadas por la presión hidrostática y de rebufo. Por su parte el cálculo del Arqueo según ITC 69, usa las mismas características físicas y mecánicas de la embarcación determinadas en el LL66/88 para definir los volúmenes cerrados, excluidos y abiertos del buque.

Es por lo tanto fundamental e intrínseco que estos tres conceptos a todo lo largo del proceso de diseño de una embarcación sean acordes, así mismo al modificarse algunas de las constantes bajo las cuales se diseñó y construyó una embarcación, que directamente implican un cambio en los valores ya sea del francobordo, modulo estructural o arqueo, hace necesario la reevaluación de los tres cálculos correspondientes.

INTRODUCCIÓN

El presente artículo analiza la correlación fundamen-

tal que hay entre el francobordo, modulo estructural y aqueo, Para lo cual razonaremos que es y para qué es cada uno de estos parámetros, así mismo se evalúa el efecto en dicha relación por variación de alguno de ellos.

Los conceptos dados aquí, se basan en las definiciones, ecuaciones y reglamentos de los Convenios Internacional de Líneas de Carga 66/88, ITC 69 y los principios fundamentales de la resistencia de materiales aplicada a las embarcaciones, considerando que un buque es una viga cajón cargada y soportada por el mar, río o medio acuoso.

DESARROLLO

En otras palabras el francobordo es una distancia que garantiza la reserva de flotabilidad cuando el buque alcanza su máxima capacidad de carga, asegurando su navegabilidad frente al comportamiento dinámico, hidráulico, hidrológico y ambiental del fluido donde navega. Incluso trasciende, a las circunstancias en que el buque se encuentre averiado.

En términos generales el modulo estructural se define como la capacidad de la estructura de la viga cajón buque de resistir las cargas que se le aplican. La estructura de un buque se diseña de tal manera que los esfuerzos a la cual se le somete sean inferiores al límite de elasticidad del escantillonado y conociendo las cargas que originan dichos esfuerzos es relativamente sencillo calcularlos. Sin embargo hay otro factor que condiciona y hace más dispendioso este cálculo, la estructura calculada debe ser de un peso mínimo, de



manera que los esfuerzos se aproximen lo más posible al límite elástico, sin perder de vista que este mismo escantillonado debe responder a las deformaciones que ocasionan un aumento imprevisto de la carga.

Entre menos pese la estructura del buque mas capacidad de carga tendrá, lo que es seductor para el armador.

El Arqueo es una unidad adimensional necesaria para poder cobrar tasas, impuestos o derechos que los buques deben pagar por concepto de certificados, registros estatutarios, uso de muelles, canales, servicios portuarios, etc. Se basa en los espacios cerrados, abiertos, de carga así como los espacios excluidos, con lo cual se determinan las unidades de arqueo bruto y neto.

El diseño comienza con las principales dimensiones previamente establecidas, y el calculista naval debe determinar el conjunto completo de escantillonado que proporcionara la suficiente resistencia y menor costo para la seguridad u el objetivo que prima. Debido a que la estructura de un buque no se determina por fundamentos estructurales sino más bien por consideraciones más generales tales como los objetivos por el cual se ha concebido el diseño y las limitaciones naturales del proyecto, como son: capacidad de carga, estiba, calados, muelles, costos entre otras.

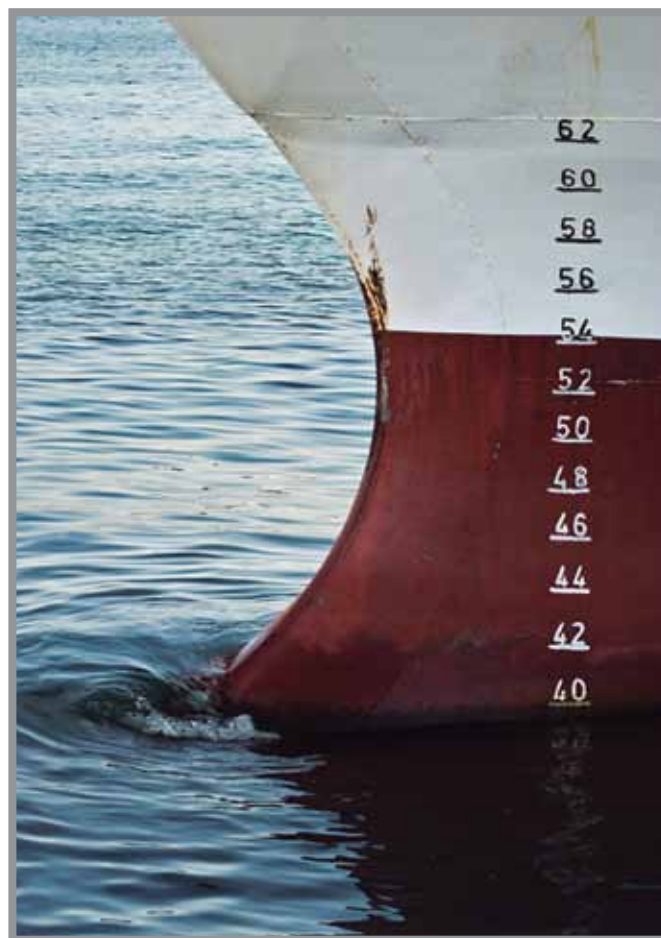
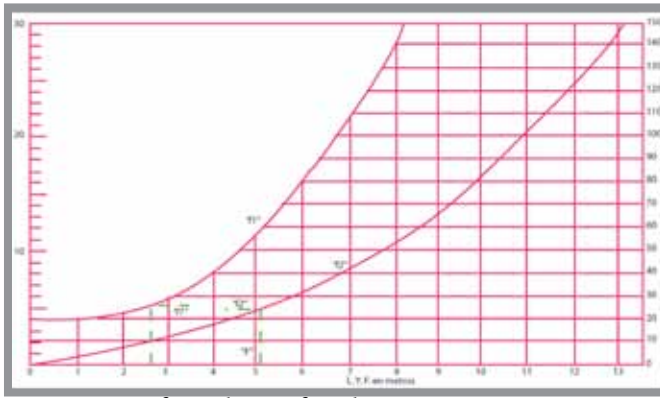
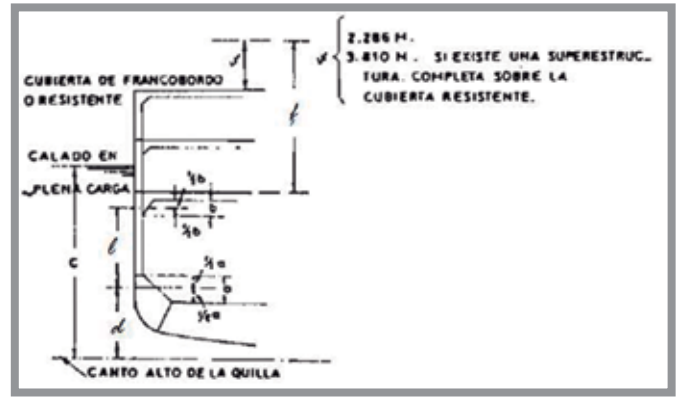


Imagen: Calado de proa. Tomado de: <http://www.ojodigital.com/foro/otras/259449-el-calado-del-barco.html>



Imágenes: Gráfico 1¹ y Gráfico 2¹



Podemos decir que el diseño Racional estructural del buque está basado en un procedimiento descrito a continuación:

- * Usando métodos estadísticos se prevé que los efectos de la carga externa sean de la mayor precisión posible
- * Los efectos de la carga y sus valores límite, se calcularán de manera precisa en toda la estructura para todos los casos de carga. (Calados)
- * El margen mínimo requerido entre los efectos de la carga y sus valores límite son seleccionados sobre la base del grado de seguridad necesario garantizando la flotabilidad, estabilidad y maniobrabilidad del buque.
- * El resultado de resistencia requerida se expresa en forma matemática teniendo en cuenta las variables de las limitaciones (en la mayoría de los casos las restricciones no lineales).

Debe tenerse en cuenta que el calculista naval tiene la libertad para especificar el grado de mérito de la estructura, es decir, que escoge los criterios que sean utilizados en el logro de la mejor estructura, y la influencia de cada variable de diseño en la medida de sus méritos. También el diseñador es capaz de especificar cualquier número de limitaciones en el diseño. Además de las limitaciones relacionadas con la fuerza. Es por esta razón que cuando se reforma un buque debe partirse de esta primicia.

Se puede comprobar matemáticamente que el módulo de inercia de una cuaderna que este por debajo de la cubierta de francobordo y arqueado está en función del calado, separación de cuadernas y puntal. Lo que se sintetiza en la siguiente formula¹:

$$w=I/y=s(T-d)(f_1+f_2)$$

Donde:

w: Modulo de inercia de la cuaderna en mm³

s: Espacio entre cuadernas en mm.

T: Calado en plena carga en m.

d: Distancia vertical desde el canto alto de la quilla hasta la mitad de la altura desde el doble fondo al costado al canto superior de la consola de margen. Cuando el buque no tiene doble fondo hasta la mitad de la altura entre el canto superior de la varenga en el centro y en el costado

f_1+f_2 = Coeficientes dados en el grafico 2, y dependen de los valores l y f en metros

Esta fórmula se aplica a los buques si:

$4,57 \leq \text{Puntal (P)} \leq 18,29$; $(L/10 + 1,52) \leq \text{Manga (B)} \leq (L/10 + 6,10)$ y la Relación

$10 \leq L/P \leq 13,5$, y la distancia entre la arista exterior de la cuaderna y la primera fila de puntales no superior a 6,10 m.

En Buques con una sola cubierta y la altura l no exceda de 3,96 m la ecuación anterior se multiplica por el coeficiente $f_3=0,50+0,164(l-2,44)$

Esto nos lleva a concluir que hay una relación directa entre el francobordo, el módulo estructural y manejo de volúmenes (arqueado) de la viga cajón buque, causada por las cargas en general a que está sometida, así como la capacidad y buena estiba de sus espacios abiertos, excluidos y cerrados. Este efecto permite definir la efectividad del buque y el logro de sus objetivos.

Referencias Bibliográficas.

¹ *Calculo de estructura del buque*, Ricardo Martin Domínguez- Escuela técnica superior de Ingenieros Navales, España 1969.