



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Ferry para navegación en Lago Ontario

15-05

CUADERNO 9: Francobordo y Arqueo.



Manuel Fraga Seoane



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

PROYECTO NÚMERO 15-05

TIPO DE BUQUE: FERRY PARA NAVEGACION EN LAGO ONTARIO CANADÁ.

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: ABS, USCG, SOLAS, MARPOL. ZONA ECA, ICE CLASS (LOW LEVEL).

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: 399 PAX EN ASIENTOS, 6 TRAILERS Y 24 TURISMOS SIMULTÁNEAMENTE o 60 TURISMOS SOLO.

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 13 NUDOS, 85% MCR, 10 % MM. SIETE DIAS DE OPERACIÓN. EL PERFIL DE LA NAVEGACION SERA DEFINIDO POR EL ALUMNO EN LA ZONA DE NAVEGACION PREVISTA EN EL LAGO ONTARIO A LA VISTA DE LAS CIUDADES DE CONEXION Y DE LOS BUQUES ALLI EXISTENTES.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: RAMPAS DE PROA Y POPA.

PROPULSIÓN: DUAL FUEL.

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 399 PAX MAS 20 TRIPULANTES.

Ferrol, marzo de 2016

Índice

1.- INTRODUCCIÓN	4
2.- CONVENIO INTERNACIONAL DE LÍNEAS DE CARGA DE 1966	4
2.1.- REGLA 3: DEFINICIONES DE LOS TÉRMINOS USADOS EN LOS ANEXOS	5
2.1.1.- <i>Eslora</i>	5
2.2.2.- <i>Puntal de francobordo</i>	6
2.2.3.- <i>Coefficiente de bloque</i>	6
2.2.4.- <i>Cubierta de francobordo</i>	6
2.2.5.- <i>Superestructura</i>	6
2.2.- REGLA 27: TIPOS DE BUQUES	7
2.3.- REGLA 28: TABLAS DE FRANCOBORDO	7
2.4.- REGLA 29: CORRECCIÓN AL FRANCOBORDO PARA BUQUES DE ESLORA INFERIOR A 100 M	8
2.5.- REGLA 30: CORRECCIÓN POR COEFICIENTE DE BLOQUE	8
2.6.- REGLA 31: CORRECCIÓN POR PUNTAL	8
2.7.- REGLA 32: CORRECCIÓN POR POSICIÓN DE LA LÍNEA DE CUBIERTA.....	8
2.8.- REGLAS REFERENTES A LAS SUPERESTRUCTURAS.....	9
2.9.- REGLA 38: ARRUFO.....	9
2.10.- REGLA 39: ALTURA MÍNIMA EN PROA Y FLOTABILIDAD DE RESERVA	10
2.11.- REGLA 40: FRANCOBORDOS MÍNIMOS	11
2.11.1.- <i>Francobordo de verano</i>	12
2.11.2.- <i>Francobordo tropical</i>	12
2.11.3.- <i>Francobordo de invierno</i>	13
2.11.4.- <i>Francobordo de invierno en el Atlántico Norte</i>	13
2.11.5.- <i>Francobordo en agua dulce</i>	13
2.12.- CONCLUSIÓN.....	13
3.- CONVENIO DE ARQUEO	14
3.1.- ARQUEO BRUTO.....	14
3.2.- ARQUEO NETO	16
4.- OBSERVACIONES AL CUADERNO 9	18
5.- BIBLIOGRAFÍA	19

1.- Introducción

En este Cuaderno 9 se tiene como objetivo la aplicación del Convenio internacional de líneas de carga de 1966 (1) y del Convenio internacional sobre arqueo de buques de 1969 (2).

El Convenio internacional de líneas de carga se refiere al francobordo de los buques. Trata de garantizar que los buques obtienen un francobordo suficiente para las navegaciones que el buque tenga previsto realizar.

El Convenio internacional sobre arqueo de buques se centra en asignar a cada buque un valor de arqueo bruto y arqueo neto, que tiene como finalidad la de comparar buques creados para distintos fines, con un patrón similar. Muchas tasas a pagar por los buques se asignan en función del arqueo.

2.- Convenio internacional de líneas de carga de 1966

Se define francobordo como la distancia vertical, medida en la sección media del buque, entre el borde superior de la línea de cubierta y el borde superior de la línea de francobordo.

El cálculo del valor mínimo del francobordo es la razón de ser de este apartado.

Primero de todo, se adjuntan las características principales del buque.

Dimensiones principales		
L	61,00	m
Lpp	56,54	m
B	17,8	m
D	4,73	m
T	3,07	m
D(cub.sup)	9,73	m
Cb	0,401	
Cp	0,529	
Cm	0,759	
Desplazamiento	1190	t
Velocidad	13	kn
Pasajeros	399	
Tripulantes	7	

Tabla 1.- Dimensiones principales.

A continuación, se analizarán única y exclusivamente las correcciones aplicables al buque proyecto.

2.1.- Regla 3: Definiciones de los términos usados en los anexos

2.1.1.- Eslora

Se tomará como eslora (L) el 96% de la eslora total medida en una flotación cuya distancia al canto alto de la quilla sea igual al 85% del puntal mínimo de trazado, o la eslora medida en esa flotación desde la cara proel de la roda hasta el eje de la mecha del timón, si esta segunda magnitud es mayor.

Como el buque proyecto no consta de timón, se toma como referencia el propulsor.

-Eslora en la flotación a 4,021 m = 60,251 m

-96% de la eslora en la flotación a 4,021 m = 57,841 m

-Eslora entre perpendiculares a 4,021 m = 55,125 m

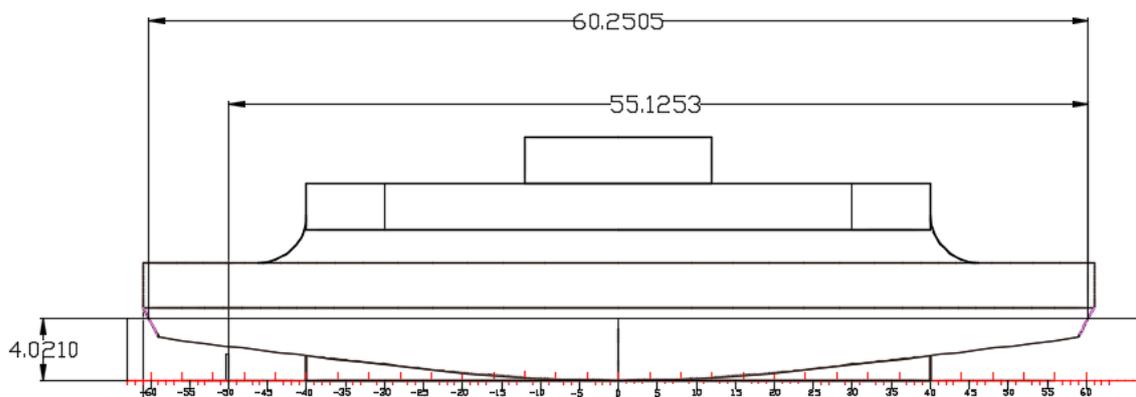


Figura 1.- Justificación de la eslora.

La eslora de francobordo será el 96% de la de eslora en la flotación al 85% del puntal (4,021 m).

$$L_{\text{francobordo}} = 57,84 \text{ m}$$

2.2.2.- Puntal de francobordo

Será la distancia vertical medida desde el canto alto de la quilla hasta el canto alto del bao de la cubierta de francobordo en el costado, más el espesor de la cubierta de francobordo en el costado.

$$D_{\text{francobordo}} = 4,73 + 0,011 = 4,741 \text{ m}$$

2.2.3.- Coeficiente de bloque

Corresponderá al calculado a un calado situado al 85% del puntal. Se obtiene de *Maxsurf* y su valor es 0,463.

2.2.4.- Cubierta de francobordo

Será la cubierta completa más alta expuesta a la intemperie y a la mar, dotada de medios permanentes de cierre en todas las aberturas en la parte expuesta de la misma, y bajo la cual todas las aberturas den los costados del buque estén dotadas de medios permanentes de cierre estanco.

La única cubierta completa que tiene el buque es la cubierta de carga rodada y cumple con la definición dada por el convenio.

2.2.5.- Superestructura

Una superestructura será una construcción provista de techo y dispuesta encima de la cubierta de francobordo, que se extienda de banda a banda del buque o cuyo forro lateral no esté separado del forro lateral no esté separado del forro del costado más de un 4% de la manga.

Esta definición se ajusta a la cubierta de pasajeros. Sin embargo, esta cubierta no contribuye efectivamente al francobordo, ya que entre la cubierta de carga rodada y esta, existe una zona donde el agua puede penetrar libremente en caso de avería. La cubierta del puente está en la misma situación. Por esto, se considerará que este buque no tiene superestructuras, a efectos de francobordo.

2.2.- Regla 27: Tipos de buques

El buque proyecto es un buque tipo B, ya que no ha sido proyectado para transportar cargas líquidas a granel (buques de tipo A).

2.3.- Regla 28: Tablas de francobordo

El francobordo tabular es el francobordo que se calcula en función del tipo de buque y de su eslora.

TABLA B

Tabla de francobordo para buques de tipo "B"

Eslera del buque (metros)	Francobordo (milímetros)	Eslera del buque (metros)	Francobordo (milímetros)	Eslera del buque (metros)	Francobordo (milímetros)
24	200	58	544	92	1116
25	208	59	559	93	1135
26	217	60	573	94	1154
27	225	61	587	95	1172
52	467	86	996	120	1690
53	478	87	1015	121	1709
54	490	88	1034	122	1729
55	503	89	1054	123	1750
56	516	90	1075	124	1771
57	530	91	1096	125	1793

Figura 2.- Tabla de francobordo tabular.

Como la eslora de francobordo es de 57,84 m habrá que interpolar entre 57 y 58. El resultado es el siguiente:

$$\text{Francobordo tabular} = 542 \text{ m}$$

2.4.- Regla 29: Corrección al francobordo para buques de eslora inferior a 100 m

Para buques de tipo B que no tenga superestructuras cerradas de más del 35% de la eslora, se incrementará el francobordo en la siguiente cantidad:

$$7,5 * (100 - L) * \left(0,35 - \frac{E_t}{L}\right) = 7,5 * (100 - 57,84) * \left(0,35 - \frac{0}{57,84}\right) = 111 \text{ mm}$$

2.5.- Regla 30: Corrección por coeficiente de bloque

No es aplicable debido a que el coeficiente de bloque no es superior a 0,68.

2.6.- Regla 31: Corrección por puntal

Si D es mayor que L/15 (que lo es en el buque proyecto: $4,73 > 3,86$), se aumentará el francobordo en el la siguiente cantidad:

$$\left(D - \frac{L}{15}\right) * R = \left(D - \frac{L}{15}\right) * \frac{L}{0,48} = \left(4,741 - \frac{57,84}{15}\right) * \frac{57,84}{0,48} = 107 \text{ mm}$$

2.7.- Regla 32: Corrección por posición de la línea de cubierta

Cuando el puntal real hasta el borde superior de la marca de la línea de cubierta sea superior o inferior a D, la diferencia entre los puntales se añadirá o restará, respectivamente al francobordo.

Por lo tanto:

$$\text{Correccion por línea de cubierta} = 8 \text{ mm}$$

2.8.- Reglas referentes a las superestructuras

Las reglas 33, 34, 35, 36 y 37 no se aplican al buque proyecto, ya que se refieren a las superestructuras y previamente se justificó que el buque proyecto carece de ellas a efectos de francobordo.

2.9.- Regla 38: Arrufo

En el convenio se establece una curva de arrufo estándar de la cubierta de francobordo. Si la curva de arrufo real encierra, con la horizontal al nivel del puntal del buque, un área menor que la encerrada por la curva de arrufo estándar, se aplicaría una corrección al francobordo, para aumentar el mismo.

En el caso del buque proyecto, la cubierta de francobordo no tiene arrufo. A pesar de ello, es necesario compararla con la de arrufo normal y realizar, en este caso, una corrección aditiva por defecto de arrufo.

A continuación, se presenta la tabla de arrufo normal.

	Situación	Ordenada (en mm)	Factor	Producto	Total
Mitad de proa	Perp. Proa	732	1	732	1953
	1/6 L desde Perp. Proa	325	3	975	
	1/3 L desde Perp. Proa	82	3	246	
	Centro del buque	0	1	0	
Mitad de popa	Centro del buque	0	1	0	3906
	1/3 L desde Perp. Popa	164	3	492	
	1/6 L desde Perp. Popa	650	3	1950	
	Perp. Popa	1464	1	1464	

Tabla 2.- Tabla de arrufo normal.

La curva de arrufo real será igual a 0, ya que el buque proyecto carece de arrufo.

	Situación	Ordenada (en mm)	Factor	Producto	Total
Mitad de proa	Perp. Proa	0	1	0	0
	1/6 L desde Perp. Proa	0	3	0	
	1/3 L desde Perp. Proa	0	3	0	
	Centro del buque	0	1	0	
Mitad de popa	Centro del buque	0	1	0	0
	1/3 L desde Perp. Popa	0	3	0	
	1/6 L desde Perp. Popa	0	3	0	
	Perp. Popa	0	1	0	

Tabla 3.- Tabla de arrufo real.

Por lo tanto las correcciones serán negativas.

$$\text{Corrección a proa} = 0 - 1953 = -1953 \text{ mm}$$

$$\text{Corrección a popa} = 0 - 3906 = -3906 \text{ mm}$$

No se concederá exceso de arrufo por toldilla o castillo porque no existen en el buque proyecto.

Las variaciones de arrufo tanto a proa como a popa se calcularán dividiendo la corrección total a proa o a popa entre 8.

$$\text{Variación de arrufo a proa} = -\frac{1953}{8} = -244 \text{ mm}$$

$$\text{Variación de arrufo a popa} = -\frac{3906}{8} = -488 \text{ mm}$$

Posteriormente, se suman las dos y se divide entre 2 para calcular la variación de arrufo total.

$$\text{Variación de arrufo total} = -\frac{732}{2} = -366 \text{ mm}$$

Esta variación final se multiplicará por 0,75-($S_l/(2*L)$). Pero como S_l , que es la longitud total de las superestructuras, es igual a cero, solo se multiplicará por 0,75.

$$\text{Corrección por arrufo} = 366 * 0,75 = 275 \text{ mm}$$

2.10.- Regla 39: Altura mínima en proa y flotabilidad de reserva

El convenio establece una altura mínima en proa que viene determinada por la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} F_b &= \left(6075 * \left(\frac{L}{100}\right) - 1875 * \left(\frac{L}{100}\right)^2 + 200 * \left(\frac{L}{100}\right)^3\right) \\ &\quad * \left(2,08 + 0,609 * C_b - 1,603 * C_{wf} - 0,0129 * \left(\frac{L}{d_1}\right)\right) = \\ &= \left(6075 * \left(\frac{57,84}{100}\right) - 1875 * \left(\frac{57,84}{100}\right)^2 + 200 * \left(\frac{57,84}{100}\right)^3\right) \\ &\quad * \left(2,08 + 0,609 * 0,463 - 1,603 * 0,81 - 0,0129 * \left(\frac{57,84}{d_1}\right)\right) \\ &= 2569 \text{ mm} \end{aligned}$$

Todos los valores se obtienen de las reglas previamente analizadas en el presente convenio, excepto el valor de C_{wf} que se obtiene de *Maxsurf*.

Regla	Correcciones	Unidades
R-28	542	mm
R-29	111	mm
R-30		mm
R-31	107	mm
R-32.1		mm
R-37		mm
R-38	275	mm
Sum	1035	mm

Tabla 4.- Correcciones al francobordo.

$$\text{Altura real} = 1035 \text{ mm}$$

Será necesario que cumpla con la altura mínima de proa. La altura mínima de proa, como se calculó en la regla 39 tiene un valor de:

$$\text{Altura mínima en proa} = 2569 \text{ mm}$$

Por lo tanto, para alcanzar este valor, se deberá aumentar el francobordo un valor tal como el siguiente:

$$\text{Corrección por altura mínima en proa} = 2569 - 1035 = 1534 \text{ mm}$$

2.11.1.- Francobordo de verano

Por lo que el francobordo de verano sería:

$$\text{Francobordo de verano} = 2569 + 8(\text{espesor cubierta}) = 2577 \text{ mm}$$

Y el calado de verano sería:

$$\text{Calado de verano} = 4738 - 2577 = 2161 \text{ mm}$$

2.11.2.- Francobordo tropical

El francobordo tropical será el mismo que el de verano restándole 1/48 del calado de verano:

$$\text{Francobordo tropical} = 2577 - \frac{1}{48} * 2161 = 2532 \text{ mm}$$

2.11.3.- Francobordo de invierno

El francobordo de invierno será el mismo que el de verano añadiéndole 1/48 del calado de verano:

$$\text{Francobordo de invierno} = 2577 + \frac{1}{48} * 2161 = 2623 \text{ mm}$$

2.11.4.- Francobordo de invierno en el Atlántico Norte

Será el mismo que el de invierno, con un adición de 50 mm:

$$\text{Francobordo invierno en el Atlántico Norte} = 2623 + 50 = 2673 \text{ mm}$$

2.11.5.- Francobordo en agua dulce

Será igual al de verano restándole $\Delta/(40T)$:

$$\text{Francobordo en agua dulce} = 2577 - \frac{1467}{40 * 7,897} = 2573 \text{ mm}$$

2.12.- Conclusión

El calado de verano resultó ser 2,16 metros. Comparando este valor con los calados de estabilidad y de escantillonado se tiene:

$$\text{calado de escantillonado} > \text{calado de estabilidad} > \text{calado de francobordo}$$

$$3,60 \text{ m} > 3,49 \text{ m} > 2,16 \text{ m}$$

Se puede comprobar que el buque no cumple este convenio, porque el francobordo mínimo sería de 2,58 metros, al calado de francobordo; pero, al calado de estabilidad, el francobordo sería de 1,3 metros. En este caso el calado de estabilidad limitaría el francobordo.

3.- Convenio de arqueo

El convenio diferencia entre arqueo bruto y arqueo neto.

3.1.- Arqueo bruto

El arqueo bruto de un buque (GT) se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$GT = K_1 * V$$

Siendo:

V = volumen total de todos los espacios cerrados del buque, en m³.

$$K_1 = 0,2 + 0,02 * \log(V)$$

El cálculo de los espacios cerrados se regirá por la regla 2 del convenio, que establece lo siguiente:

Son espacios cerrados todos los limitados por el casco del buque, por mamparos fijos o móviles y por cubiertas o techos que no sean toldos permanentes o móviles. Ninguna interrupción en cubierta o en el techo de un espacio, ni tampoco la ausencia de mamparos impedirá la consideración de un espacio como espacio cerrado.

Por lo tanto, atendiendo a esta definición se puede concluir que los espacios cerrados del buque proyecto son los siguientes:

-Volumen hasta la cubierta principal.

Mediante *Maxsurf*, se calculan las hidrostáticas a un calado del valor de la cubierta principal. De esta manera, se obtiene el volumen total bajo la cubierta principal.

Hydrostatics at DWL

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	2595	t
2	Volume (displaced)	2594,580	m ³
3	Draft Amidships	4,730	m
4	Immersed depth	4,730	m
5	WL Length	61,000	m
6	Beam max extents on WL	17,800	m
7	Wetted Area	1250,907	m ²
8	Max sect. area	66,342	m ²
9	Waterpl. Area	1061,956	m ²
10	Prismatic coeff. (Cp)	0,641	
11	Block coeff. (Cb)	0,505	
12	Max Sect. area coeff. (Cm)	0,788	

Figura 4.- Volumen encerrado bajo cubierta

-Volumen de la zona estanca a los costados por encima de la cubierta principal.

Los espacios que contribuyen a la zona estanca a cada banda son espacios de 40*5*2 m³. Esto es, 800 m³ (uno a cada banda). Se pueden comprobar las dimensiones de estos espacios en el Cuaderno 7.

-Volumen de la cubierta de pasajeros y del puente.

En el Cuaderno 2 se dan los valores que ocupan los aseos, la zona de tripulantes, la de pasajeros y el puente:

·Zona de pasajeros = 414 m²

·Zona descanso tripulantes = 49 m²

·Aseos = 59 m²

·Cubierta del puente = 144 m²

·Armarios = 29 m²

Todos estos espacios tienen una altura de 3 metros. Por lo tanto, si se suman todos y se multiplican por su altura, se tendrá el volumen total.

$$\begin{aligned} \text{Volumen total cubierta de pasajeros y puente} \\ = (414 + 49 + 59 + 144 + 29) * 3 = 2085 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

El volumen total de espacios cerrados del buque proyecto será igual a:

$$\text{Volumen total espacios cerrados} = 2595 + 800 + 2085 = 5480 \text{ m}^3$$

Ahora, se podrá calcular el arqueo bruto.

$$GT = K_1 * V = (0,2 + 0,02 * \log(5480)) * 5480 = 1506$$

3.2.- Arqueo Neto

El arqueo neto (NT) de un buque se calcula aplicando la siguiente fórmula;

$$NT = K_2 * V_c * \left(\frac{4 * d}{3 * D}\right)^2 + K_1 * \left(N_1 + \frac{N_2}{10}\right)$$

Además, se aplicarán las siguientes consideraciones:

- El factor $\left(\frac{4*d}{3*D}\right)^2$ no se tomará superior a 1.
- El término $K_2 * V_c * \left(\frac{4*d}{3*D}\right)^2$ no se tomará inferior a 0,25GT.
- NT no se tomará inferior a 0,30GT.

Siendo:

$$-V_c = \text{Volumen total de los espacios de carga en metros cúbicos} = 31,628 \text{ m}^3$$

El volumen total de los espacios de carga es el volumen de los tanques que se vacían al llegar a puerto, ya que según la definición del convenio se tiene:

Los espacios de carga que deben incluirse en el cálculo del arqueo neto son los espacios cerrados adecuados para el transporte de la carga que ha de descargarse del buque, a condición de que esos espacios hayan sido incluidos en el cálculo de arqueo bruto. Estos espacios de carga serán certificados mediante medios permanentes.

Los tanques serán los de aguas negras (30,405 m³), lodos (0,739 m³) y aceite usado (0,567 m³).

$$-K_2 = 0,2 + 0,02 * \log(V_c) = 0,23$$

$$-K_1 = 1,25 * (GT + 10000) / 10000 = 1,25 * (1506 + 10000) / 10000 = 1,438$$

-D = puntal de trazado en el centro del buque expresado en metros.

Siguiendo la definición del convenio, el puntal es igual a 4,73 metros.

-d = calado de trazado en el centro del buque expresado en metros.

Siguiendo la definición del convenio, el calado de la condición de carga más elevada es de 3,49 metros.

- N_1 = número de pasajeros en camarotes que no tenga más de 8 literas.

N_1 será igual a 0, ya que no hay camarotes en el buque proyecto.

- N_2 = número de los demás pasajeros

N_2 es igual a 399, ya que es el número de máximo de pasajeros del buque proyecto.

- $N_1 + N_2$ = número total de pasajeros que el buque está autorizado a llevar según el certificado de pasajeros del buque; cuando $N_1 + N_2$ sea inferior a 13 las magnitudes N_1 y N_2 se considerarán iguales a cero.

$N_1 + N_2$ es igual a 399.

-GT = arqueo bruto del buque calculado según lo dispuesto anteriormente.

El valor del arqueo bruto es igual a 1481.

$$NT = K_2 * V_c * \left(\frac{4 * d}{3 * D}\right)^2 + K_1 * \left(N_1 + \frac{N_2}{10}\right)$$

-El factor $\left(\frac{4*d}{3*D}\right)^2$ no se tomará superior a 1.

$$\left(\frac{4 * 3,49}{3 * 4,73}\right)^2 = 0,97$$

-El término $K_2 * V_c$ no será inferior a $0,25 * GT$.

$$K_2 * V_c = 0,23 * 31,628 = 7,27$$

$$0,25 * GT = 376,5$$

Se utilizará $0,25 * GT$.

$$NT = 376,5 * \left(\frac{4 * 3,49}{3 * 4,73}\right)^2 + 1,438 * \left(0 + \frac{399}{10}\right) = 422,58$$

NT no se tomará inferior a $0,3 * GT$.

$$0,3 * GT = 451,8$$

Este será el valor final del arqueo neto.

4.- Observaciones al Cuaderno 9

Al analizar los convenios tratados en este cuaderno de una manera más pormenorizada, más concretamente, al llegar a las partes donde se tratan las excepciones se encuentra información relativa al buque proyecto.

Dentro de los buques que no tienen la obligación de cumplir ambos convenios, se encuentran aquellos que navegan única y exclusivamente por los Grandes Lagos de América del Norte, dentro de los cuales se encuentra el Lago Ontario. Por lo tanto, el buque proyecto queda exento de tener que cumplir tanto con el Convenio internacional de líneas de carga como con el Convenio internacional de arqueo.

Cabe añadir, que la navegación por el Lago Ontario no requiere un francobordo mínimo ya que las navegaciones interiores no se caracterizan por un nivel alto de oleaje ni unas desavenencias temporales que exijan los requerimientos del convenio.

5.- Bibliografía

1. 139-lineas-carga-1966-1.pdf.
2. A24882-24891.pdf.