



SECCION XI

METODOLOGIA DE CALCULO PARA LA DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE TRACCION REQUERIDA POR LOS REMOLCADORES

11.1 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ASISTENCIA DE REMOLCADORES

Las fuerzas totales que actúan sobre un buque durante la maniobra deben en teoría ser compensadas por remolcadores, mediante la fuerza de tracción de éstos, para compensar el efecto de la fuerza total generada por vientos, corrientes y olas, que en el presente caso tienen mayor influencia en la maniobra. Sin embargo, hay algunos factores importantes que deben ser tomados en cuenta tales como los que a continuación se indican.

Los remolcadores deben tener suficiente reserva de fuerza para empujar o jalar un buque contra el viento o la corriente, o para detener a un buque que está derivando, con suficiente rapidez para evitar que se genere una situación de peligro. Sin embargo, los remolcadores no siempre pueden empujar o jalar en ángulo recto a un buque, por ejemplo, durante la maniobra de arribo, un buque puede tener arrancada hacia delante, mientras el remolcador trata de empujar al buque transversalmente, lo cual da lugar a que la velocidad del buque disminuya la potencia efectiva del remolcador.

Los remolcadores empujando en la proa o en la popa del buque frecuentemente no pueden empujar constantemente, debido a que los movimientos de balance del buque dificultan el contacto.

Cuando se producen movimientos de guiñada en el buque, el remolcador no debe jalar proa por el lado de la guiñada, para no aumentar la caída del buque hacia ese lado.

Por otra parte, cuando el cabo de remolque no es lo suficientemente largo, la corriente producida por la hélice del remolcador que está jalando perpendicularmente, actúa sobre el casco del buque disminuyendo la efectividad del remolcador, este efecto puede evitarse utilizando una adecuada longitud de espía de remolque o un adecuado ángulo de empuje.

Las circunstancias expuestas hacen evidente la necesidad de establecer un factor de seguridad cuando se calculan las fuerzas de viento, corriente y olas actuando sobre un buque.

11.1.1 FUERZAS A SER COMPENSADAS POR TRACCION DE REMOLQUE

Durante la maniobra los factores ambientales tales como vientos, corrientes y olas, producen fuerzas sobre el buque que pueden desviarlo de la ruta establecida, por lo que deben ser compensados con un vector de compensación de corriente aplicado al rumbo y velocidad del buque navegando o por fuerza de remolcadores aplicadas sobre el buque maniobrando.



ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL TERMINAL SUBMARINO MULTIBOYAS PUNTA ARENAS

FUERZAS PRODUCIDAS POR EL VIENTO

Las fuerzas producidas por el viento sobre un buque pueden ser calculadas utilizando ecuaciones en las que intervienen los siguientes factores que producen dichas fuerzas:

C_{Yw} = Coeficiente de fuerza del viento transversal

C_{Xw} = Coeficiente de fuerza del viento longitudinal

C_{XYw} = Coeficiente del momento de guiñada

ρ = densidad del aire en Kg/m^3

V = Velocidad del viento en m/seg

A_L = Área lateral expuesta al viento en m^2

A_T = Área del corte de sección del corte transversal del buque perpendicular al viento.

A_{BP} = Longitud entre perpendiculares en m

Fuerza transversal

$$F_{yw} = 0.5 C_{Yw} \rho V^2 A_T \text{ Newton}$$

La fuerza del viento que incide transversalmente sobre el buque, se produce en la fase de aproximación, habiéndose observado durante los estudios hidrográficos efectuados para el proyecto, que la máxima velocidad de viento esperada en Talara es de 30 nudos (15 m/seg.) proveniente del sur.

Por lo que asignando al coeficiente C_{Yw} un valor de 1.0 y a la densidad del aire un valor de 1.28Kg/m^3 , se obtiene la fuerza transversal producida por el viento sobre un buque tanque en la fase de aproximación.

En la aproximación al TSPA esta fuerza incide directamente por el costado de babor del buque, el cual debe aproximarse a baja velocidad, por lo que es necesario contar con fuerza de remolque suficiente para controlar el buque de modo que pueda alcanzar la posición de fondeo del ancla de estribor y luego retener el efecto de orza del viento que hace girar el buque a estribor, para fondear el ancla de babor y poder retroceder hasta la posición de amarre sin que el casco se acerque a la troncal más de lo necesario.

A continuación se presentan como modelo los cálculos efectuados con buques que arribaron al Terminal Submarino Multiboyas Punta Arenas.

11.1.2 MODELO DE CÁLCULO FUERZA PRODUCIDA POR EL VIENTO SOBRE UN BUQUE TIPO PANAMAX DE 235 METROS DE ESLORA

Un buque Tipo Panamax de 235 metros de eslora, total, 230 metros de eslora entre perpendiculares, y un puntal de 20 metros, que ingresa al terminal en lastre con un calado de 8 metros, ha sido tomado como modelo para el cálculo por ser el máximo tamaño de buque que ha ingresado al Terminal en los últimos dos años.



ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL TERMINAL SUBMARINO MULTIBOYAS PUNTA ARENAS

Para fines de estudio se calcula, cuál hubiera sido la fuerza transversal producida por el viento sobre este buque, si hubiera ingresado en lastre, con un calado de 8 metros y a su arribo se hubiera presentado un viento de 25 nudos (12.87 m/seg).

$$F_{yw} = 0.5 C_{yw} \rho V^2 A_L \text{ Newton}$$

$$A_L = 12\text{m} * 230\text{m} = 2,760$$

$$F_{yw} = 0.5 * 1.0 * 1.28\text{Kg/m}^3 * 165.6\text{m}^2 / \text{seg}^2 * 2,760\text{m}^2 = 292.51 \text{ kNewtons}$$

29.8 toneladas fuerza

El modelo de cálculo demuestra que 29.8 toneladas fuerza serían producidas solamente por el efecto de un viento de 25 nudos, actuando perpendicularmente sobre una banda del buque, sin considerar el efecto de la corriente por lo que este buque para ser controlado en una maniobra de ingreso se requeriría de una fuerza de tracción de por lo menos 49.6 toneladas, solamente para compensar la fuerza del viento transversal, considerando que la fuerza efectiva de un remolcador es el 60% de la fuerza disponible.

Utilizando el mismo principio, si se conoce el área del buque expuesta al viento y la fuerza de remolque disponible, se puede determinar la velocidad del viento que genera los esfuerzos que podrían ser controlados por la fuerza de remolque aplicable, que como se ha indicado es aproximadamente un 60% de la capacidad total de la fuerza de remolque disponible, *que se considerará de 60 toneladas para fines de estudio conformada por dos remolcadores de 30 toneladas cada uno, por lo que la fuerza total aplicable sería de 36 toneladas correspondientes a un total de 60 Tons de fuerza de tracción disponible.*

A continuación se presenta como modelo, un cálculo de la máxima velocidad de viento transversal al buque, tipo escogido, que podría ser controlada con una disponibilidad total de fuerza de tracción de 60 toneladas

$$(F_{yw}) = (60 \text{ tons} * 60\% = 36 \text{ Ton})$$

$$F_{yw} = 0.5 C_{yw} \rho V^2 A_L \text{ Newton}$$

$$V^2 = F_{yw} \text{ Newton} / 0.5 * C_{yw} * \rho * A_L$$

$$V^2 = (36\text{Ton} * 9.81\text{m/seg}^2) \text{ kNewtons} / (2,760\text{m}^2 * 0.5 * 1.0 * 1.28\text{Kg/m}^3)$$

$$V^2 = 353.16 \text{ kNewtons} / 2,760\text{m}^2 * 0.5 * 1.0 * 1.28\text{Kg/m}^3$$

$$V^2 = 253,160 \text{ Newton} / 1,766.4) \text{ m}^2 / \text{seg}^2$$

$$V = \sqrt{143.3} = 11.97 \text{ m/s}$$

$$V = 23.25 \text{ nudos}$$

Por lo anteriormente expuesto se puede afirmar que disponiendo de un total de 60 toneladas de bollard pull, un buque que presenta un área expuesta al viento de 2,760 m², puede ingresar al terminal con una fuerza de viento máxima de 23.25 nudos, sin considerar la influencia de la corriente.



ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL TERMINAL SUBMARINO MULTIBOYAS PUNTA ARENAS

El Práctico deberá calcular en cada caso, la máxima velocidad del viento con la que puede entrar el buque, teniendo en cuenta el área del buque expuesta al viento, la dirección y velocidad de la corriente, la influencia de las olas y la capacidad de remolque disponible.

Si la suma vectorial de las fuerzas generadas por el viento, la corriente y las olas iguala o supera a la máxima velocidad calculada para la fuerza de remolque disponible, el buque no deberá entrar al terminal, debiendo tener en cuenta que en la ruta de aproximación al Terminal Submarino Multiboyas Punta Arenas tanto el viento como la corriente predominante inciden por la banda de estribor del buque.

11.1.3 FUERZA LONGITUDINAL PRODUCIDA POR EL VIENTO

$$F_{xw} = 0.5 C_{xw} \rho V^2 A_T \text{ Newton}$$

La fuerza del viento que incide longitudinalmente por la proa del buque, se produce, cuando el buque se aproxima al terminal navegando hacia el Sur.

Los estudios hidrográficos efectuados, indican que la máxima velocidad de viento esperada es de 25 nudos (12.9 m/seg), proveniente del SSW (por la proa del buque). Por lo que asignando al coeficiente C_{xw} un valor de 1.0 y a la densidad del aire un valor de 1.28 Kg/m^3 , y calculando el área transversal (A_T) del buque se obtiene la fuerza longitudinal producida por el viento sobre un buque tanque en la aproximación al MCLT.

A continuación se presenta un modelo de cálculo, del esfuerzo generado por un viento de 25 nudos (12.87 m/seg) incidiendo por la proa de un buque Pánamax de 56,800 DWT y 79,000 Tons. de desplazamiento máximo, con una eslora máxima de 235 metros un puntal de 20 metros, y una manga de 32.2 metros, que ingresa a puerto con un calado de 8 metros, por lo que su francobordo era de 12 metros, con una altura del castillo de popa sobre cubierta de 15.0 metros.

$$F_{xw} = 0.5 C_{xw} \rho V^2 A_T \text{ Newton}$$

$$A_T = (15 \times 28 + 32.2 \times 12) \text{ m}^2 = 806.4 \text{ m}^2$$

$$F_{xw} = 0.5 \times 1.0 \times 1.28 \text{ Kg/m}^3 \times 165.76 \text{ m}^2 / \text{seg}^2 \times 806.4 \text{ m}^2 = 85.548 \text{ KNewtons}$$

$$F_{xw} = 8.72 \text{ toneladas}$$

Como se puede observar la fuerza generada por el viento que incide por proa o por popa del buque no es significativa y puede ser controlada por la propulsión del buque.

11.1.4 MOMENTO DE GUIÑADA

De forma similar a la mostrada en los ejemplos que anteceden, el Práctico podrá calcular el momento de guiñada del buque producido por el viento utilizando la siguiente formula.

$$M_{yx} = 0.5 C_{xyw} \rho V^2 A_L L_{BP} \text{ Newton-metro}$$

Debe tenerse en cuenta que la fuerza lateral, la fuerza longitudinal y el momento de giro, tienen coeficientes que dependen de la forma del buque, del calado y de la escora, así como de la existencia de superestructuras como el puente el castillo de popa los mástiles, rampas, etc., y del ángulo de incidencia del viento.



ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL TERMINAL SUBMARINO MULTIBOYAS PUNTA ARENAS

Los coeficientes C_Y , C_X , y C_{XY} difieren en cada buque y son determinados mediante modelos a escala en túneles de viento. Cada buque debe contar abordo con la información correspondiente a los coeficientes de fuerza de viento, para todos los ángulos de incidencia de viento y para ciertas condiciones de carga.

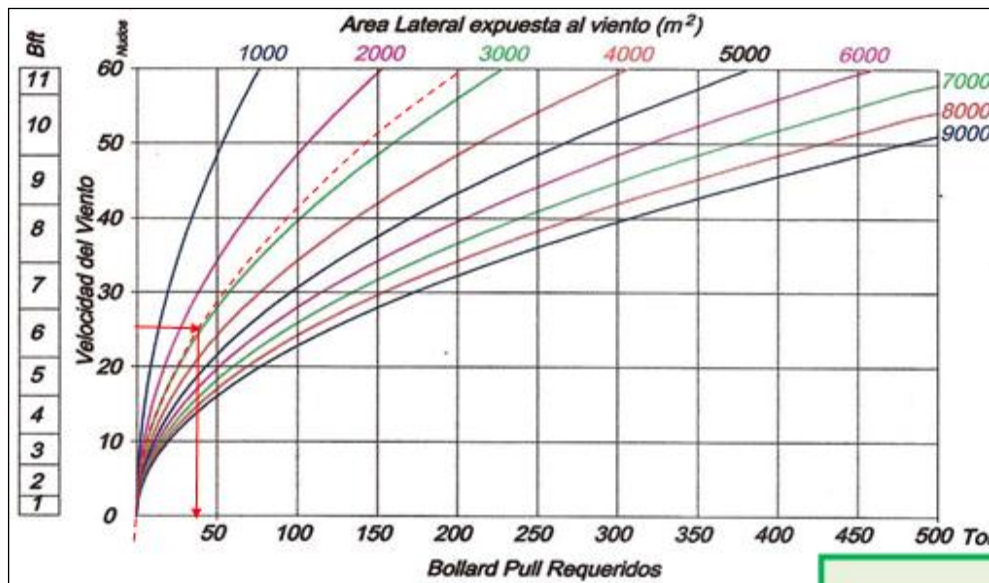
Las fuerzas laterales producidas por el viento, son evidentemente las más grandes y las que tienen mayor importancia en los cálculos de la capacidad de tracción requerida y el coeficiente para viento lateral C_{Yw} varía entre 0.8 y 1.0. Con valores de 1.0 para el coeficiente C_{Yw} , de 1.28 Kg/m^3 para la densidad del aire y calculando el resultado en Kg fuerza en lugar de Newtons, la fórmula para fuerzas laterales de viento puede ser simplificada a $F_{YW} = 0.065 V^2 A_L \text{ Kgf}$.

Para mayor confiabilidad, un margen de seguridad de de 20 a 25% debe ser añadido a la formula descrita resultando la siguiente fórmula práctica para estimar la capacidad de tracción requerida para contrarrestar vientos laterales: **$F_w = 0.08 V^2 A_L \text{ Kgf}$** .

El gráfico que se presenta a continuación, se basa en esta fórmula donde:

$$1 \text{ mt./seg} = 2 \text{ nudos.}$$

Habiéndose aplicado un factor de seguridad de 20% que se incluye, en la fórmula es en algunos casos más grande debido a que el coeficiente de fuerza natural del viento tiene valor 1.0, siendo frecuente el valor de 0.8 El grafico que se muestra es válido solamente para remolcadores que están jalando a un buque por el costado con una espía larga por lo que no se considera el efecto cuando producido por la corriente del remolcador incidiendo sobre el casco del buque.





ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL TERMINAL SUBMARINO MULTIBOYAS PUNTA ARENAS

Este gráfico permite al Práctico calcular directamente la velocidad del viento con la que puede ingresar al Terminal, considerando el área lateral del buque expuesta al viento, el total de bollard pull disponible, y teniendo en cuenta que la fuerza aplicable es el 60% del bollard pull disponible.

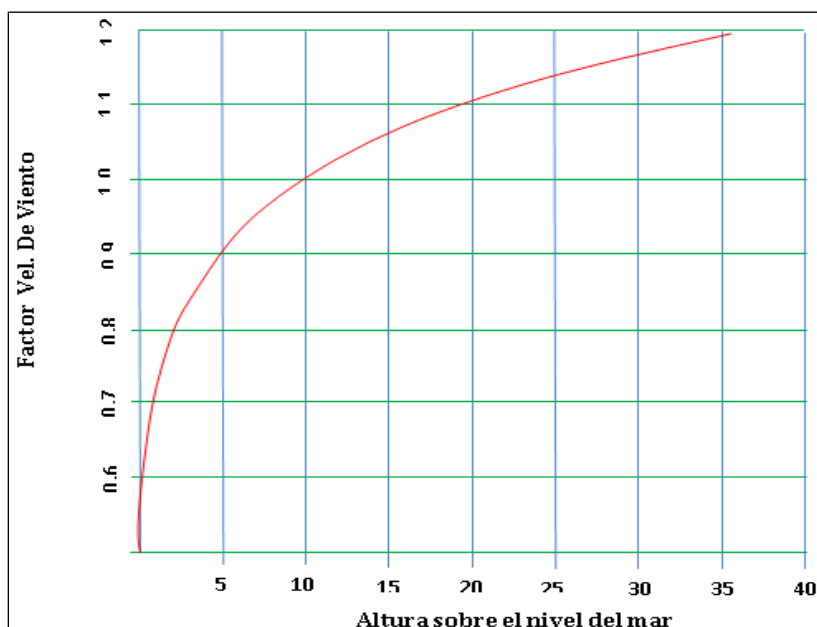
Para vientos que no inciden por el costado del buque, la fuerza requerida para compensar su efecto puede ser aproximada en función de la capacidad de tracción requerida para vientos que inciden por la cuadra.

En la práctica se puede observar que, cuando el ángulo de incidencia del viento está entre la cuadra y aproximadamente a 30 grados adelante o atrás de la cuadra la capacidad de tracción requerida es casi la misma que para vientos que inciden por la cuadra. En general el momento de giro es máximo cuando el viento incide por la amura o por la aleta a 45° de la línea de crujía, pero el efecto producido también depende de otros factores tales como, tipo de buque, condiciones de carga, inclinación longitudinal del buque y volumen de carga sobre cubierta, etc.

Debe tenerse en cuenta que los vientos no soplan constantemente con la misma fuerza, ya que las velocidades de viento fluctúan continuamente, por lo que la velocidad del viento no puede ser considerada como constante; sin embargo, la velocidad del viento, que puede experimentar aumento y disminución, debe ser registrada por un anemómetro apropiadamente instalado, en el área de operaciones y a 10 metros de altura sobre el nivel del mar, con un sistema de registro que permita almacenar en forma permanente los datos de viento, a fin de que el Terminal cuente con la mejor información para efectuar los cálculos que se requieren para dar seguridad a las maniobras.

Si se considera necesario, el factor de ráfagas puede ser aplicado tentativamente para encontrar la relación entre la velocidad del viento promedio y las máximas velocidades de ráfagas para cortos periodos de tiempo.

11.1.5 ALTURA Y VELOCIDAD DEL VIENTO



La velocidad del viento también varía con la altura como se puede observar en el gráfico que se muestra a la izquierda, el cual se basa en la relación matemática:

$$V_w = v_w (10/h)^{1/7}$$



ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL TERMINAL SUBMARINO MULTIBOYAS PUNTA ARENAS

La relación matemática entre la velocidad del viento y su altura sobre el nivel del mar corresponde a los siguientes términos:

$$V_w = v_w (10/h)^{1/7}$$

V_w = a Velocidad del viento a 10 metros de altura

v_w = a Velocidad del viento a la altura h

h = altura sobre la superficie del agua en metros.

Esta ecuación puede ser utilizada por los Prácticos y por el Inspector de Embarques para calcular la fuerza del viento a alturas mayores de 10 metros, utilizando como base la velocidad del viento medida a 10 metros de altura a la que se le aplica el factor de corrección $V_w (10/h)^{1/7}$.

Por otra parte las lecturas de viento proporcionadas por anemómetro de viento instalado en el tope del mástil del buque deben utilizarse como una aproximación segura para la evaluación de la fuerza lateral producida por el viento y de la fuerza de tracción requerida.

Los Prácticos deben tener en cuenta que el buque deriva por influencia del viento cuando la fuerza del viento actúa sobre su área expuesta al viento y no es compensada con un rumbo de compensación de deriva o por la acción de remolcadores.

11.1.6 FUERZAS GENERADAS POR CORRIENTES

Las fuerzas generadas por corrientes que actúan sobre el buque pueden ser calculadas en forma similar a las fuerzas generadas por el viento para tal propósito se utilizan las formulas establecida por la OCIMF (Oil Companies International Marine Forum):

Fuerza lateral

$$F_{Yc} = 0.5 C_{Yc} \rho V^2 L_{BP} \quad \text{T Newton}$$

Fuerza longitudinal

$$F_{Xc} = 0.5 C_{Xc} \rho V^2 L_{BP} \quad \text{T Newton}$$

Momento de Giro

$$M_{XYc} = 0.5 C_{XYc} \rho V^2 L_{BP}^2 \quad \text{T Newton metros}$$

Dónde:

C_{Yc} = Coeficiente de fuerza corriente lateral

C_{Xc} = Coeficiente de fuerza corriente longitudinal

C_{xy} = Coeficiente de momento de giro producido por corriente

ρ = Densidad del agua en Kg/m^3

V = Velocidad de la corriente en m/seg.

L_{BP} = Eslora entre perpendiculares en metros

T = Calado



ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL TERMINAL SUBMARINO MULTIBOYAS PUNTA ARENAS

Los coeficientes C_{Yc} , C_{Xc} , y C_{XYc} difieren en cada buque debido a las diferentes formas de obra viva del casco, mientras que el calado, la inclinación longitudinal y el ángulo de incidencia de la corriente son también afectados por la magnitud del espacio bajo la quilla, la cual tiene un fuerte efecto sobre los mencionados coeficientes, que son determinados usando modelos de escala en tanques de prueba para determinar la fuerza de tracción requerida para compensar fuerzas transversales producidas por una corriente perpendicular.

El coeficiente de fuerza lateral (C_Y) para corrientes perpendiculares en aguas profundas es de aproximadamente 0.6. Este coeficiente, entre otros, ha sido proporcionado por OCIMF para buques tanque cargados. Cuando el coeficiente C_{Yc} equivale a 0.6, teniendo en cuenta que la densidad del agua salada es 1.025 Kg/seg, se adiciona un 25% por pérdida de efectividad de remolcadores, obteniendo un resultado en Kg en lugar de Newtons. A continuación se muestra la formula simplificada para calcular la fuerza de tracción aproximada que se requiere para compensar corrientes cruzadas en aguas profundas:

$$F_c = 40 V^2 L_{BP} T \text{ kgf}$$

Esta fórmula es válida solamente para aguas profundas cuando la profundidad es mayor de 6 veces el calado del buque.

Después de salir del fondeadero, durante la fase de aproximación al Terminal Submarino Multiboyas Punta Arenas, el buque navega con una profundidad promedio de 15 metros mientras que la corriente actúa perpendicularmente sobre el buque, incidiendo por estribor en horas de marea creciente y por babor en horas de marea vaciante.

Normalmente los buques que arriban al Terminal Submarino Multiboyas Punta Arenas vienen cargados, por lo que su calado es mayor de 12 metros y el espacio bajo la quilla seria de 5 metros, es decir, aproximadamente 50% del calado del buque, siendo de 0.6 nudos la mayor velocidad de corriente esperada. En este caso, una gruesa aproximación de la fuerza de tracción requerida para compensar la corriente es:

$$F_c \text{ (kgf)} = 135 V^2 L_{BP} T$$

Donde

V = Velocidad de la corriente en m/seg.

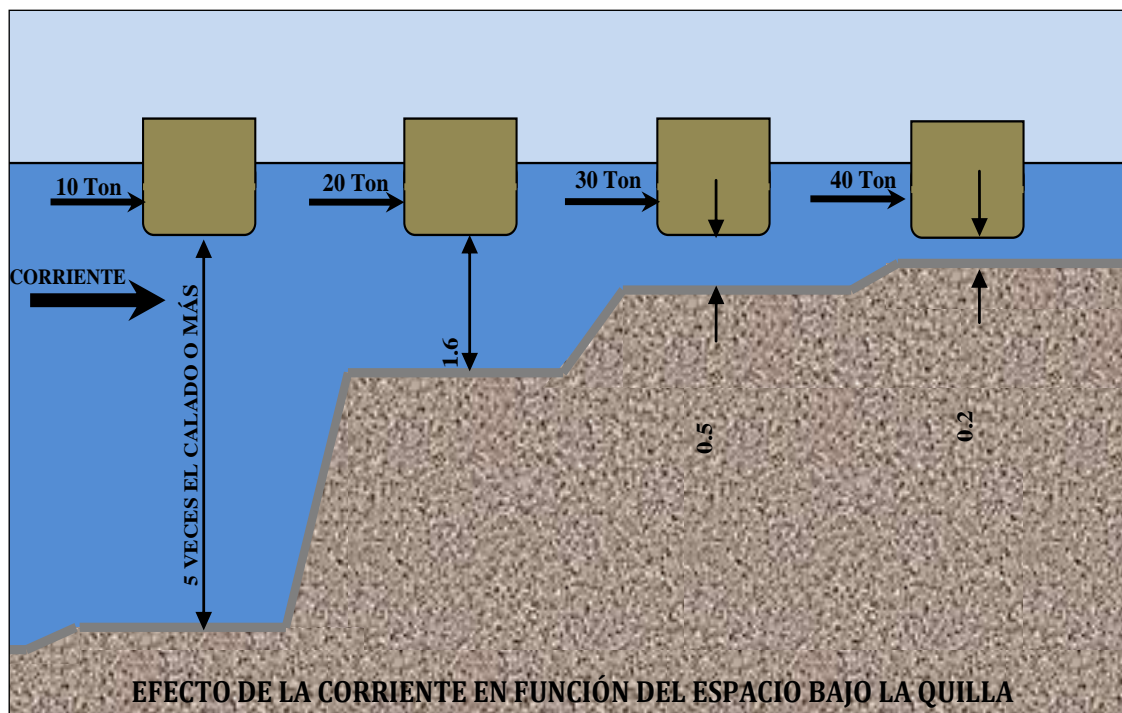
L_{BP} = Eslora entre perpendiculares en metros

T = Calado

$F_c = 135 * 0.09 \text{ m}^2/\text{seg}^2 * 220 \text{ m} * 12 \text{ m}$

$F_c = 32,076 \text{ kgf}$ (32 toneladas fuerza)

ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL TERMINAL SUBMARINO MULTIBOYAS PUNTA ARENAS



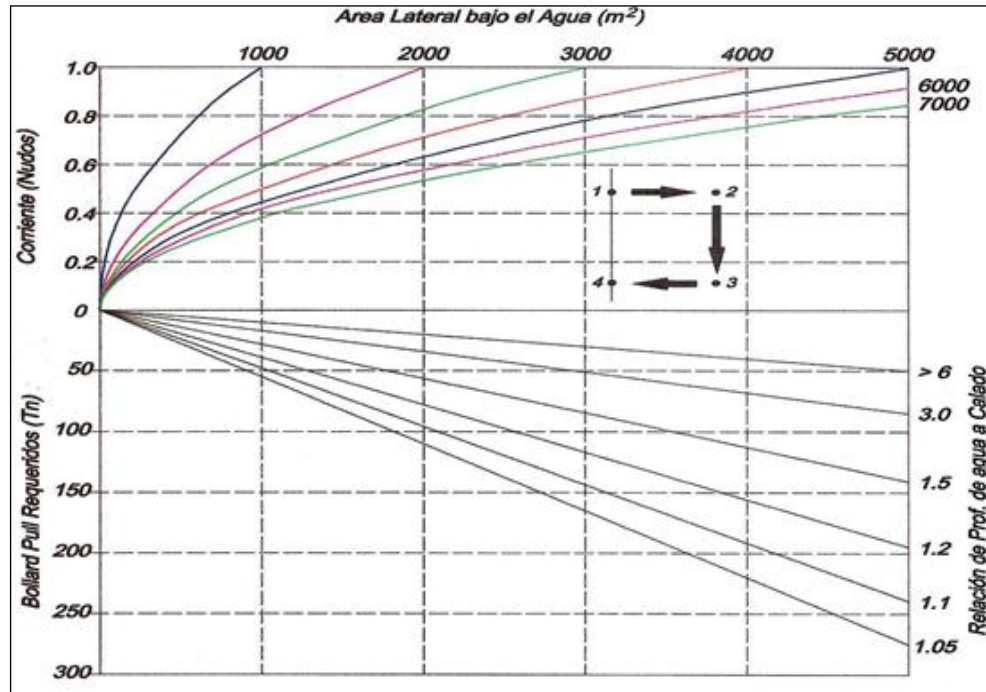
El efecto de reducir el espacio entre el casco del buque y el fondo del mar (underkeel clearance), con una corriente transversal se muestra claramente en la figura anterior. Empezando con una fuerza de 10 toneladas producida por una determinada velocidad de corriente, sobre la obra viva de un buque con un espacio bajo la quilla de 5 veces su calado o más, se observa que cuando este espacio disminuye, con la misma velocidad de corriente se produce un fuerte incremento de la fuerza generada por la corriente.

Asimismo, la velocidad de deriva disminuye cuando se reduce el espacio bajo la quilla. Por supuesto el hecho que se produzca una menor velocidad de deriva no implica que se requiera una menor capacidad de tracción debido a que un buque derivando tiene que ser detenido y jalado a través del agua, considerando que parar un buque que está derivando y jalarlo a su posición original también requiere mayor fuerza en aguas poco profundas que en aguas profundas.

El gráfico que se muestra a continuación permite determinar la fuerza de tracción requerida para compensar la corriente transversal, en función del área lateral bajo el agua, la velocidad de la corriente, y la relación entre la profundidad y el calado del buque.



ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL TERMINAL SUBMARINO MULTIBOYAS PUNTA ARENAS



La cantidad de agua que se mueve con el buque cuando está derivando, conocida como “masa virtual del buque” aumenta cuando disminuye el espacio bajo la quilla siendo necesario una capacidad de tracción adicional para jalar o para parar el buque o para jalar de retorno una nave que deriva hacia aguas poco profundas.

Cuando el buque llega al área de maniobra frente a la posición de amarre, la profundidad 14 metros y la corriente, incide por proa o por popa, por lo que su efecto no es notorio, quedando un espacio bajo la quilla casi igual al calado. En este caso, para una profundidad de 1.1 veces el calado del buque, corresponde una masa virtual de 1.8 veces el desplazamiento del buque.

En tales condiciones, una gruesa aproximación de la fuerza requerida para acercar al buque al frente de atraque es:

$$F_c = 0.07 \cdot D \cdot V^2 / S$$

Donde

V = Velocidad inicial o final de acercamiento

D = Desplazamiento del buque

S = distancia de parada o de acercamiento en metros.

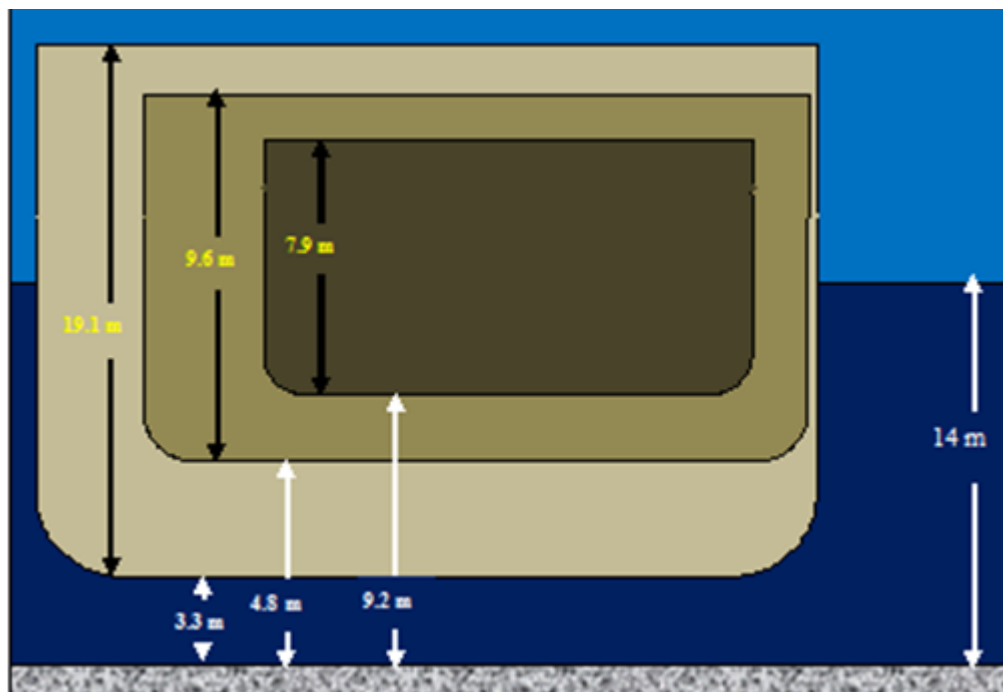
Luego:

$$F_c = 0.07 \cdot 60,000 \cdot 1.0 \text{ m/seg.} \cdot 35 \text{ m}$$

$$F_c = 14.7 \text{ tons}$$

ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL TERMINAL SUBMARINO MULTIBOYAS PUNTA ARENAS

El siguiente gráfico muestra la proporcionalidad de espacio bajo la quilla en estado de máxima carga de los tres tipos de buques que arriban al Terminal Submarino de Punta Arenas.



11.1.7 OTROS EFECTOS DE LA BAJA PROFUNDIDAD

No solo las fuerzas de corriente se incrementan considerablemente cuando disminuye el espacio entre la embarcación y el fondo.

Cuando este espacio es pequeño, también tiene como resultado un mayor diámetro de giro, una disminución en la efectividad de la pala del timón y un incremento en la distancia para detenerse. Para compensar estos efectos, la ayuda de remolcadores permite maniobrar con seguridad una embarcación.

El espacio bajo la quilla también afecta considerablemente la duración del giro sobre el sitio del buque. Las fuerzas transversales que hay que superar, tanto a proa como a popa de la parte central del buque se incrementan cuando disminuye el espacio bajo la quilla. Consecuentemente, la duración del giro del buque aumenta, a no ser que se use una mayor fuerza de tracción.

11.1.8 FUERZAS PRODUCIDAS POR LAS OLAS

Dependiendo de las condiciones ambientales dentro y alrededor del terminal, las fuerzas de olas también son un factor a considerar cuando se establece la capacidad de tracción.



ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL TERMINAL SUBMARINO MULTIBOYAS PUNTA ARENAS

Los remolcadores de puerto pueden operar efectivamente solo hasta cierta altura máxima de ola, sin embargo estando el área de operaciones dentro de la bahía de Talara, en un sector no protegido del oleaje, se considera el oleaje como un factor influyente en las maniobras de entrada y salida.

Es difícil calcular de manera exacta las fuerzas producidas por el oleaje, en principio se asume que el calado de un buque es lo suficientemente largo para reflejar por completo las olas.

Debido al periodo relativamente corto del oleaje en Talara, se asume que las olas causan movimientos en el buque.

En términos prácticos eso significa que estamos considerando que el área de maniobra de Talara es un área marítima no protegida del viento y de las olas.

En el caso de la bahía de Talara, las olas significantes tiene una altura máxima de 2 metros y con una longitud de onda aproximada de 600 metros en comparación con el largo del buque. Las fuerzas por metro del largo del buque, debido a estos periodos cortos de oleaje llegan a aproximadamente:

$$F_{\text{wave}} = 0.5 \rho g \zeta_a^2 \text{ Newton}$$

Debido a que el casco del buque no es plano sobre su largo total y su calado, la fuerza total causada por un corto periodo de olas, sobre el buque es aproximadamente:

$$F_{\text{wave}} = 0.35 \rho g L \zeta_a^2 \text{ Newton}$$

Dónde:

ρ = Densidad del agua en Kg / m³

g = Gravedad

L = Largo de la línea de flotación o eslora entre perpendiculares

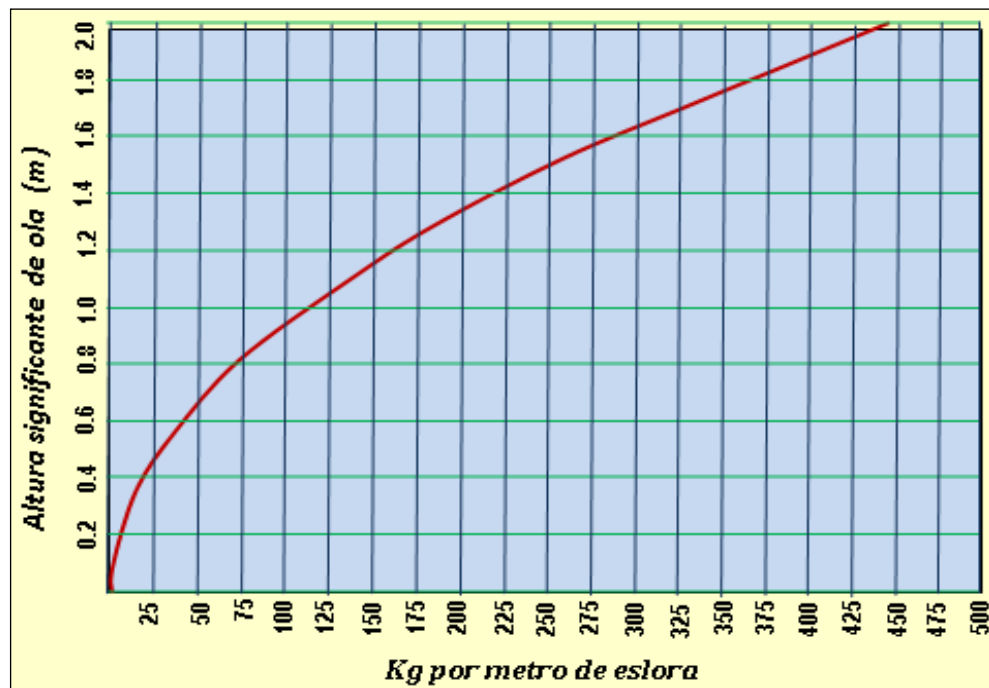
ζ_a^2 = Amplitud de ola (0.5 H_s)

Se le agrega otra vez a la fuerza producida por el oleaje, un margen de seguridad de 25%, y se convierte a kilogramos en lugar de Newton, tomando la amplitud de ola como altura de ola significativa.

El gráfico, muestra la relación aproximada entre la altura de ola y la fuerza producida en cada metro de eslora del buque, cuando la dirección del oleaje es perpendicular al costado del casco del buque.



ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL TERMINAL SUBMARINO MULTIBOYAS PUNTA ARENAS



A continuación se muestra la fórmula simplificada para calcular la capacidad de tracción aproximada, que se requiere para contener un buque que deriva lateralmente debido al efecto de periodos breves de olas que inciden por el costado del buque.

En el ejemplo que sigue se reemplaza el valor de (L) por 220 metros que es la eslora del buque y el valor de (H_s) por la medida de la altura significativa de ola obteniendo la fuerza de tracción requerida para compensar el efecto de olas con una altura significativa de 0.7 metros sobre un buque de 220 metros de eslora.

$$F_{\text{wave}} = 112 L H_s^2 \text{ (Kgf)}$$
$$F_{\text{wave}} = 12,074 \text{ (Kgf)} = 12 \text{ toneladas}$$

Sobre la base de esta fórmula, la capacidad de tracción requerida es representada en el gráfico. Por ejemplo, un buque tiene una eslora entre perpendiculares de 200 metros, y el alto de ola estimado es de 1m. La fuerza de las olas de costado del buque será entonces.

$$F_{\text{wave}} = 112 L H_s^2 \text{ Kgf}$$
$$F_{\text{wave}} = 112 * 200 * 1^2 \text{ Kgf} = 22,400 \text{ Kgf} = 22.4 \text{ tons}$$


Jorge O. FILINICH
CONSULTOR MARITIMO