MANIOBRA DE BUQUES

Teoría y Práctica

Eduardo O. Gilardoni
Martín A. Retes

A nuestras esposas
que alentaron nuestras carreras
y fueron madre y padre durante
nuestras largas ausencias en el mar

† In memorian
Victor H. De Brasi
Quien fue nuestro guia en
la edición de este libro.

Gilardoni, Eduardo Oscar
Maniobra de buques: teoría y práctica / Eduardo 0. Gilardoni y Martín A. Retes.
- 2a ed. - Buenos Aires: Mesa Editorial, 2016. 640 p.: il.; 15x22 cm.

ISBN 978-987-1717-35-4

1. Náutica. 2. Buques. 3. Manual de Instrucción. I. Retes, Martín A. II. Título

Auspiciado y Declarado de Interés Cultural por la Secretaría de Cultura de la Presidencia de la Nación
(Decreto N° 357/02 y Modificaciones N° 176/03 y N° 21/07)

Secretaría de Cultura
Presidencia de la Nación

Sitio Web www.maniobradebuques.com

Ó2016 Eduardo 0. Gilardoni
Ó2016 Martín A. Retes
ISBN 978-987-1717-35-4

2" edición, Noviembre de 2016

Diagramacion de tapa e interior Georg Pietruschka

Impreso y encuadernado en *PG Grupo Impresor srl*
Saladillo 3444 • (C1439HKD) Ciudad Autónoma de Buenos Aires Tel.: +54 0114686 6281
• info@pggrupoimpresor.com.ar
www.pggrupoimpresor.com.ar

Queda hecho el depósito que marca la Ley 11.723
Impreso en Argentina / Printed in Argentina

Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra bajo cualquier método, incluidos la reprografía, la fotocopia, el tratamiento digital o cualquier otro soporte creado o a crearse, sin la previa autorización fehaciente por escrito de los titulares de fi› Copyright.

ÍNDICE

PRÓLOGO

Notas de los autores

CAPÍTULO I
Introducción a la maniobra

Maniobrabilidad, Habilidad para parar, para girar, para gobernar, Desarrollo del "ojo marinero", Apreciación de velocidad y distancia, cualidades de maniobra de los buques, Efectos del calado, Potencia de máquinas, Tipo de propulsor, Uso del telégrafo, Buena utilización de la inercia, Conclusiones, Energía y principio de su conservación, Inercia ,aceleraciones, Distancia necesaria para detener un buque

CAPÍTULO II
Amarras

Un poco de historia, Jarcia, Aparejos, Cabos, Jarcia firme, Jarcia de labor, Línea de amarre, Funciones de cada una, Disposición de las amarras, Criterios en diseño de muelles, Cambio de calados durante alijos o completados, Norays y bolardos, Cabirones y guinches, Bitas, Portaespías-panamás y roletes, Abozar, Instalación de amarras, Efectividad en el amarre, Efectos evolutivos de las amarras, Uso simultáneo de amarras y máquinas, Precauciones, Cabos por seno, Fuerzas sobre las amarras

CAPÍTULO III
Anclas

Definición, Distintos tipos de anclas, Rendimiento del ancla, Garreo de un ancla, Resistencia a la tracción, Determinación del ancla adecuada, Maniobras con anclas, Fondear, Importancia del arte de fondear, Teoría del ancla fondeada, La curvatura de la catenaria, Factores para determinar la cantidad de cadena a fondear, Elementos para asegurar las anclas, Escóbense, Gateras, Medidas preliminares al fondeo, Métodos tradicionales de fondeo, Distintos tipos de fondeo con dos anclas, Teoría del fondeo a barbas de gato, Levar el ancla, Uso del ancla como auxiliar de maniobra, vueltas en las cadenas, Elementos que componen el sistema de fondeo, Estancia al ancla, Fondeo de emergencia

CAPÍTULO IV
Propulsión

Un poco de historia, Fuerzas exteriores, Fuerzas desarrolladas en su interior según el órgano propulsor, Según la acción del propulsor(tipos de propulsores), Hélice, Las hélices de los buques no son de paso fijo, Sentido de giro de una hélice, Nomenclatura, Características constructivas, su clasificación, Parámetros que definen una hélice naval, Paso de una hélice (pitch), Ubicación de la hélice, Fórmula de Mol, Interpretación de los datos técnicos de la hélice, Resbalamiento, Potencia de máquina Rendimiento del propulsor, Instalación de la hélice Corrientes generadas por las hélices, Rendimiento del propulsor, Efectos evolutivos indeseados, Maniobrando un monohélice , Sistemas no convencionales, Voiht Schneider y Schottel, Embarcaciones de placer

CAPÌTULO V
Gobierno

Introducción, Definicion, Timón, Servomotores, Dispositivos para transferir movimiento al timón, Sistemas de seguridad y emergencia, Instrumental de puente y otros comandos, Teoría del timón, Máximo ángulo, Presión sobre la pala, Area de la pala, Eslora del timón Punto de aplicación de presión normal, Momento de adrizamiento del timón(torsión) Regla 19, Efectos producidos por el timón, Nomenclatura del timón, Métodos constructivos, Geometría del timón, Instalaciones, Diseño y características de timones, Rendimiento, Timón en máquina atrás, Diferentes tipos de timones, Timones especiales, SOLAS Protocolo 1978 y enmiendas

CAPÌTULO VI
Helices transversales (Thrusters)

Túnel thuster, Tùnel tipo “T”, Antisucciòn, uso de las hèlices transversales, Rendimiento

CAPÍTULO VII
Resistencia

Introducción, Referencia, Desplazamiento, velocidad y potencia, Fórmula del Almirantazgo, Esfuerzo de tracción y carga transportada, Resistencias que se oponen al movimiento del buque, Coeficiente de fricción Froude y Tideman(Tabla), Resistencia por formación de olas, Embarcaciones de desplazamiento y de planeo, Número de Froude, Velocidad crítica, Resistencia del propulsor, Resistencia por formación de remolinos, Diseños hidrodinámicos
Conclusiones, Clasificación de buques según velocidad-eslora, Relación avance desplazamiento, Superficie mojada, Resistencia de la carena por rozamiento, Número de Reynols

CAPÍTULO VIII
Sinkage, Squat y parámetros relacionados con su producción

Coeficiente de bloc, su cálculo, Ecuación del navegante, Margen de seguridad, Movimientos del buque entre olas, calidad de fondo, Aguas restringidas, Los quince signos, Sinkage, Squat, Principio de Bernoulli, Aplicaciones, Importancia del Squat, Factores relacionados con el Squat, El canal ideal, Velocidad de saturación, Perfil del canal, Asiento estático, Densidad del agua, Profundidad náutica, Cálculo del Squat, Canales cerrados y aguas someras, Fórmulas simplificadas, Asientos longitudinales

CAPÍTULO IX
Estabilidad direccional

Sus tres tipos, Características evolutivas de cada caso, Variación de la estabilidad direccional, Utilidad de las curvas Bonjean, Conclusiones

CAPÍTULO X
Punto Pivote

Definiciones, Posiciones que puede ocupar, Con cabo fijo y en fuerza, Fondeado con cadena en fuerza, Punto pivote vs Centro vélico

CAPÍTULO XI
Curva evolutiva

Definiciones, Efectos de las fuerzas sobre Cg, Los tres efectos, Período de maniobra, Período variable, Período uniforme, Elementos que definen la evolución, Diámetros de la evolución, Observaciones de distintas curvas evolutivas, Protocolo de

evolución en prueba de astillero, Influencia de causas externas, Margen de seguridad, Geografía del fondo, curva evolutiva de un bi-hélice, Protocolo SCDB y OMI. Diagramas evolutivos

CAPÍTULO XII
Efectos evolutivos generados por la carena y la obra muerta

Introducción, Trayectorias, Análisis de tendencias evolutivas, Conclusiones prácticas, Efecto por escora, Efecto por mar, Posición de equilibrio al detenerse

CAPITULO XIII
Maniobrando un monohèlice

Generalidades,, Diferentes posibilidades, con arrancada avante, con arrancada atràs, partiendo de reposo, maniobras de emergencia

CAPÍTULO XIV
Gobierno y evolución de buques bi-hélices

Tipo y montaje de las hélices, ventajas y desventajas, Efecto lavado, Maniobra de los Monotimón, maniobra con timones gemelos, Ciaboga con timones gemelos, Bi-hélices de paso controlable, Momento evolutivo con escora, Ciaboga con viento

CAPÍTULO XV
Navegación en canales

Manga aparente, Buques de vuelta encontrada en aguas restringidas, Vuelta encontrada en un canal angosto, La importancia de la manga, Sobre paso en aguas restringidas, Fuerte

viento cruzado, Radio de giro controlado, Navegación en ríos estrechos Àngulo ciego a proa por troja o aproamiento. Fórmulas de cálculo, Al nivel del agua, A una boya u objeto en la prolongación aproximada del rumbo

CAPÍTULO XVI
Navegación con mal tiempo

Generalidades, Formación de olas por acción del viento, Elementos que definen las olas, Maduración de las olas, Trenes de olas, Longitud y velocidad de un tren de olas, Tamaño de las olas, Relaciones entre las características de las olas, Relaciones prácticas entre las características de las olas, TABLA, Características del movimiento ondulatorio, Movimiento de las olas, Olas extraordinarias, Conclusiones, Influencia del viento sobre la estabilidad del buque, Movimiento del buque entre las olas, Precauciones con mar de proa, Sincronismo, Conclusiones prácticas, Rolidos de gran magnitud, Diagrama de control de estabilidad, Navegando con temporal, Gareteando durante un temporal, Conclusiones, Afrontar un temporal, Precauciones previas, Consideraciones acerca de la tripulación, Dispositivos antirolido

CAPÍTULO XVII
Velocidad máxima en tiempo de niebla :

RIPPA 19-b, Navegando en una zona riesgosa

CAPÍTULO XVIII
Navegación entre hielos

Navegando a travès de hielo. Navegar hacia popa entre piezas de hielo. Lìnea de rotura de un campo de hielo. Velocidad de avance, peligros en el hielo. Liberaciòn de un buque en los hielos.Precauciones para evitar quedar bloqueado. Precauciones al quedar bloqueado

CAPÍTULO XIX
Maniobras de emergencia

Hombre al agua, Situación inmediata, situación diferida, TABLA IMOSAR, Curva Butakow, Retorno al punto inicial, Reingreso con avance mínimo, Conclusiones. TABLA MERSAR de supervivencia, Condiciones del accidentado, Tabla de efectos en el accidentado
Varadura, encalladura y zabordo Definiciones, Varadura, Medidas inmediatas posteriores a una varadura, Maniobras para desvarar, Zabordo, Condiciones a contemplar Varaduras en el Río de la Plata
Lucha contra la inundación a bordo : Aislamiento de la inundación, Apuntalamiento de la zona inundada, Taponamiento de la vía de agua, Achique.
Lucha contra incendio abordo : Generalidadaes, acciones a tomar.
Reflotamiento de buques varados : Generalidades Peligros potenciales, La regla de oro, Salvamento, Fuerza teórica necesaria, TABLA de coeficiente de fricción estática, Métodos para determinar la reacción del fondo, Método de l cambio de calado medio, Método del cambio de asiento, Método para hallar la reacción del fondo con el calado de proa, Determinación del punto neutro de carga Pnc, Resolución por el método gráfico, Factores de corrección, Elección de la dirección del tendido de la línea de remolque, Dragado con remolcadores, Precauciones generales, Aparejo de playa, Elementos de los aparejos, precauciones con campo de anclas, Trabajo con el aparejo de playa, Tendido del aparejo de playa, Buque varado perpendicular a la playa, Uso especial de remolcadores, Rienda Liverpool, Barcazas auxiliares, Varado paralelo a la costa, Precauciones luego del reflotamiento

CAPÍTULO XX
Alijo y completado

Un poco de historia, La realización en la actualidad, Pautas a observar, Elección de la banda de atraque, Aproximación y atraque, Maniobra de zarpada
Elementos críticos

CAPÍTULO XXI
Remolque oceánico

Remolcadores oceánicos, Características de los elementos, Cadenas de sacrificio, Retenidas, Virador de la placa del pie de gallo, Remolque de respeto, Corte del cable de remolque, Embarcaciones que navegan siempre a remolque, Elementos de maniobra en el remolcador, Bollards y ganchos disparadores, Arcos de remolque, Topes Norman, Bitas hidráulicas, Pelícanos, Teoría del remolque de altamar, Resistencia del remolcado, Velocidad y tensión del remolque, su cálculo, tres sistemas básicos de remolque, Remolque con cabo sintético, Bollard pull, Pruebas de tiro, La prueba

APÉNDICE
Botes Salvavidas
Maniobra con helicóptero
Sonar
Sistema de identificación AIS
Escala Beaufort de fuerza de los vientos

Ejercicios prácticos

Bibliografía

PRÓLOGO

Maniobrar buques es un arte, por ello como artistas, debemos aprender y apreciar los materiales con los que contamos para realizar nuestra obra maestra.

Este libro nos brinda un completo entendimiento de los materiales para la maniobra, conectando la práctica del maniobrista, con los principios, reglas y teoría que fundamentan el éxito o fracaso de la misma.

La técnica y capacidad como maniobristas, se desarrolla con la práctica, pero también es necesario el CONOCIMIENTO.
Muchos no hemos tenido la oportunidad o la necesidad de maniobrar nuestros buques, además estos han cambiado a lo largo de los años, obligándonos a incorporar nuevos elementos para adaptarnos a estos cambios.

La carrera profesional, desarrollada en el mar o rio, sumada a los conocimientos de este libro, nos dará la oportunidad de estar mejor preparados para los primeros bocetos de este arte singular. No perdamos la oportunidad de asimilar y adoptar esta herramienta que estos colegas han aportado con su experiencia y conocimiento a nuestra profesión.

Capitán **MA Villella**
Capitán de Ultramar
Práctico del Río Paraná

NOTA DE LOS AUTORES

Los verdaderos peligros de la navegación moderna

Los navegantes comparten el mar con infinidad de culturas, y especialmente en China, se hace necesario repensar cómo regular el tráfico marítimo.

Existen algunas partes del mundo donde la navegación entraña particulares peligros. Algunas zonas de África, donde no hay ayudas a la navegación, por lo que se combinan arrecifes y rocas con situaciones meteorológicas impredecibles, son respetadas por los navegantes desde tiempos remotos. La advertencia sobre sus peligros han estado incluidas en los derroteros de todos los tiempos.

Probablemente, desde que la navegación astronómica dio paso a los sistemas satelitales "todo tiempo", se ha reducido la cantidad de lugares en los que las ayudas a la navegación son poco confiables y la predicción del clima dudosa. Sin embargo, las útiles computadoras combinadas con la maldición de la autocomplacencia, proveen su propia amarga recompensa. Será interesante saber, por ejemplo, cómo fue que poco tiempo atrás un buque bien equipado se encontró de pronto encallado en una isla perfectamente cartografiada en el medio del Atlántico Sur o más recientemente un modernísimo buque crucero quedo encallado en una roca del mar Tirreno.

Introducir buques en áreas pobremente relevadas también representa un gran salto hacia arriba en la escala de los riesgos. En la Antártida, los hidrógrafos han llegado apenas a "arañar" superficialmente la descripción del relieve submarino, y allí tenemos buques de pasajeros con sus clientes en busca de emociones, que prueban a fondo las aguas relativamente desconocidas. De hecho, varios buques han vivido ya "emociones" mucho más

intensas que las que sus clientes pagaron por experimentar.
Y con la apertura del Ártico – sea que el derretimiento del casquete resulte un fenómeno temporario o permanente-, todavía tendremos por delante varios descubrimientos hidrográficos obtenidos mediante cascos violentamente desgarrados.

Pero ¿dónde se encuentran hoy los peligros reales para la navegación? Los navegantes saben que comparten el mar con todo tipo de usuarios, pero no hay final a la vista para la angustia de estar navegando en un gran buque por un canal dragado y encontrarse con un buque pesquero que cree que tiene derecho de paso, y cuyo patrón piensa que las señales de "buque pescando" que tiene permanentemente izada le provee de algún tipo de "campo de fuerzas protector" que lo mantiene al margen de todo peligro. No hay excusas para llevarse por delante buques pesqueros, pero cuando pescan en rutas transitadas por buques de gran calado, sus patrones deberían ser mucho más criteriosos.

La "última frontera" en materia de peligros para la navegación, ha estado siempre en las aguas que bañan las costas de China, donde los navegantes se encuentran frecuentemente con grandes flotas de buques pescando de noche. En estas condiciones, el paso seguro se convierte en una muy estresante experiencia. Con el horizonte totalmente iluminado por una de estas flotas, atravesarlas con seguridad sin llevarse a ninguno por delante ni terminar con las hélices enredadas en un aparejo de pesca, constituye para un buque grande, una verdadera dificultad.

Y si habla con cualquier navegante con experiencia en esa zona, le dirá que la situación en las aguas del lejano oriente empeora cada día. Ya no son solamente los pesqueros los que provocan su ira. Hay enormes cantidades de embarcaciones alrededor de las costas chinas y en sus ríos que parecen navegar con muy poco conocimiento de las normas, descuidadamente y confiando en que los otros barcos maniobrarán para mantenerse fuera de su camino.

Las autoridades chinas, puntillosas a la hora de investigar el creciente número de víctimas de accidentes, no parecen capaces todavía de abordar con éxito el problema de la incompetencia, que da muestras de haberse exacerbado por la falta de capacitación y el explosivo crecimiento de los tráficos comerciales costeros y de corta distancia.

En una reciente charla con un grupo de oficiales mercantes, las historias de horror en aguas chinas surgieron inmediatamente. Todos ellos habían experimentado situaciones cercanas a la colisión en los últimos meses, en muchos casos en zonas fluviales sometidas a pilotaje, en donde – afirmaron- la calidad del servicio deja mucho que desear, con prácticos que demuestran poca competencia y adoptan actitudes peligrosas. Estos marinos describieron como frecuentemente "suicidas" las maniobras realizadas por otras embarcaciones encontradas en estas arterias interiores furiosamente transitadas.

Si hubo alguna vez un Servicio de Tráfico de Buques, hoy resulta incapaz de dirigir ningún tráfico; y los estándares de comunicaciones hacen que cualquier instrucción sea virtualmente incomprensible. Los oficiales consultados, también puntualizaron que en muchos casos, a la hora de investigar incidentes, los capitanes extranjeros parecen tener todas las de perder.

Se podrá suponer que todos estos peligros frente a las costas chinas, son consecuencia del rápido crecimiento económico y de la mayor dependencia de los tráficos comerciales costeros y de corta distancia, para mantener los bienes de China en movimiento. El sistema educativo marítimo en China es extenso e integral –sin separación por niveles de aptitud-, y uno puede entender que eso sea necesario. Pero en tiempos de crecimiento explosivo y con tantos buenos trabajos en tierra, la experiencia marinera debería convertirse en una exigencia insustituible.

El crecimiento del comercio por agua de cabotaje en China es admirable, y constituye un verdadero ejemplo para todos los paí-

ses que ignoran sus tráficos comerciales costeros. Pero el crecimiento del tráfico demanda de reglas claras que se respeten y se hagan cumplir, así como de personal competente para conducir esa multitud de barcos. Y si no hay suficiente gente experimentada, es hora de hacer algo para mitigar la deficiencia.
No quisiéramos que uno de esos horribles accidentes, con un buque tanque enroscado contra un buque repleto de pasajeros en el atestado Río Huangpu, le proporcione a la navegación de China, y a la de todo el mundo, un nuevo sacudón del estilo del Titanic.

Imaginemos un episodio en el futuro.

Año 2030. El súper porta contenedores Osaka Maru II, de 370 metros de eslora, proveniente de China, se encuentra a 60 millas de su destino: un puerto de la costa este de los Estados Unidos. En el puente su capitán, Seiji Takahashi, escucha el familiar bip que precede a una voz femenina sintetizada que anuncia: "La información de navegación actualizada ha sido recibida - El link de *Ports Real Time* ha sido establecido".

El sistema *Ports Real Time* es una herramienta de soporte desarrollada por la *NOAA* que resume en forma integrada y en tiempo presente observaciones y predicciones correspondientes a niveles de agua, corrientes, salinidad y parámetros meteorológicos (vientos, presión atmosférica, temperatura de aire y agua, etc.) actualmente en vigencia.
Seiji mira la pantalla a su frente que muestra la carta en función heads-up donde un titilante mensaje reza:

- *ENC*.
- Pronóstico de nivel de aguas.
- Pronóstico de corrientes.
- Pronóstico meteorológico.
- *Ports Real Time*.

Por insistencia de su agente en Shangai el Osaka Maru II había

tomado carga extra.
Esto significaba millones de dólares adicionales en bienes transportados pero penalizaba su calado en 30 centímetros más. Un centro de alta presión, que en forma casi estable suele encontrarse al norte de su puerto de destino estaba escurriendo las aguas del canal de acceso. El registro de mayor bajante producida por ese fenómeno meteorológico era de 40 centímetros y éstos bien podían llegar a constituir la diferencia entre una demanda segura y una inevitable varadura.

Takahashi activa la función "*Transit Simulator*" usando la última información. El *DND* (*Dinamic Navigational Display*) inmediatamente muestra en detalle la ruta del Osaka Maru II desde el primer par de boyas del canal hasta el muelle de destino. La ruta aparece resaltada en el color verde correspondiente a Libre Tránsito.
En un ángulo de la pantalla un mensaje dice:

- Calado del Osaka Maru II: 17,34 mt. *(0,40 mt de márgen de seguridad incluido)*
- Profundidad mínima del canal: 17,75 mt.
- Diferencia entre el pronóstico y la altura observada de las aguas: +/- 2 cm.
- Demanda posible.

El capitán se siente aliviado. Si la diferencia entre la profundidad y el calado incluyendo el margen de seguridad hubiese sido menor a cuarenta centímetros hubiese tenido que perder 12 horas fondeado mientras esperaba la marea entrante para iniciar la aproximación.

Si bien el episodio del Osaka Maru II es ficticio la tecnología descripta en él puede ser implementada con la tecnología disponible hoy en día.

La *NOAA* junto con empresas privadas como *GMA Industries* de Annapolis está trabajando en el desarrollo de un sistema de display "*head-up*" como el ficticio DND utilizado por el capitán Takahashi en el relato.

Incluso modelos hidrodinámicos están hoy siendo utilizados en los principales puertos y estuarios de los Estados Unido; en conjunto con sistemas *Ports Real Time*.

Tanto el pronóstico como la observación en tiempo real del nivel de las aguas pueden ser acoplados a batimetría de alta resolución (mapas del lecho marino o fluvial) contenidos en las *ENC*. Esto optimizaría la aproximación a puerto y las maniobras dentro de él no solo desde el punto de vista de la seguridad sino también de la exactitud en el cálculo de la *ETA* de amarre

CAPÍTULO I

Introducción a la maniobra

¡¡LA MANIOBRA DE BUQUES ES UNA TAREA FASCINANTE !!

Resulta, quizá, la más absorbente y gratificante de todas las actividades del marino.
Estar en el puente de un navío y sentir como la potencia de varios miles de caballos de fuerza se ponen en acción respondiendo a nuestra voluntad, llevándolo a un atraque suave y preciso, o llegando con precisión a un lugar determinado luego de muchos días en medio del mar, es una experiencia inolvidable.
La ejecución de un trabajo diestro y seguro, con viento duro o por un canal difícil proporciona una satisfacción sólo comparable a la que pueda sentirse en la profesión más exigente.
Es probable que la brillantez en el manejo de buques sea una cualidad innata en determinadas personas; pero casi todos, con suficiente conocimiento de sus buques y la teoría de la maniobra, con un temperamento frío, una aceptable rapidez en apreciar circunstancias básicas y con seguridad en sus convicciones, pueden llegar a ser prácticos, seguros y eficientes maniobristas.
Comprendidos los principios fundamentales, lo que se precisa es mucha experiencia

Maniobrabilidad

Es éste un término general que comprende la habilidad de un buque para detener su marcha, adquirir arrancada, caer de rumbo, mantener su rumbo a bajas velocidades, etc.
Este término, a causa de su aplicación tan generalizada es frecuentemente mal entendido.
Se lo puede dividir de la siguiente forma:

- Habilidad para parar
- Habilidad para girar
- Habilidad para gobernar

Habilidad para parar

El tiempo y la distancia necesarios para parar un buque partiendo desde una determinada velocidad conocida
Estos valores deben de ser muy tenidos en cuenta por el maniobrista si se desea mantener el control sobre el buque.

Los principales factores que intervienen son:

1. Velocidad inicial
2. Desplazamiento
3. Vientos y corrientes
4. Resistencia de la carena (por su forma y / o por incrustaciones que pueda tener)
5. Potencia de la máquina atrás
6. Rapidez con que se invierta el empuje

De estos factores sólo la velocidad inicial y la potencia a aplicar en la máquina atrás son los únicos que se encuentran dentro de la esfera de control del maniobrista.
Una larga experiencia con el buque hecha en base a numerosas maniobras previas realizadas en diferentes condiciones hidrometeorológicas le permitirán poder determinar con certeza cual será la velocidad inicial apropiada a adoptar.
En bajas velocidades adelante y la hélice girando en máquina atrás produce una efectiva resistencia de frenado sin provocar un gran desgobierno a bajas RPM.

Habilidad para girar

El tiempo y espacio requerido por el buque para cambiar su curso.
Para un determinado ángulo de caída depende principalmente de:

- La velocidad inicial.
- El ángulo de metida de timón.
- Las rotaciones de la hélice.

Esta habilidad se encuentra en relación directa:

- Tonelaje.
- Coeficiente de bloc.

- Relación área timón/área lateral de la carena

O sea cuando mayor sea el tonelaje del buque, menor será su reacción a la caída y mayor su inercia al querer detener la misma.
Lo contrario ocurre con su coeficiente de bloc (Cb), cuando menor sea éste, o sea más fino sea su casco, más lentamente responderá a su timón, cuanto mayor sea la relación entre el área del timón y el área lateral de la carena, más rápida será la respuesta a la caída.

Habilidad para gobernar

Las pruebas prácticas han confirmado las experiencias de los pilotos de que los grandes buques pueden mantener sin dificultad un rumbo determinado sin dificultad a velocidades de 2 nudos y aún menores.
Lógicamente las alteraciones de rumbo no pueden efectuarse rápidamente a tan baja velocidad ni tampoco una caída de rumbo puede ser inmediatamente anulada, pero un incremento corto y potente de las revoluciones de la hélice, asociado con el máximo ángulo del timón a la banda adecuada, es normalmente suficiente para mantener el control absoluto sin incremento sensible de la velocidad - (gobernar a chorro de hélice).
De los numerosos elementos que intervienen en la ejecución de la maniobra de un buque debemos **distinguir tres categorías**. Aunque ellas no son absolutamente estrictas, las podemos clasificar como sigue:

- Los que están bajo el control del maniobrista
- Los que están fuera del control del maniobrista
- Los que están parcialmente bajo el control del maniobrista

Bajo el control del maniobrista

Son los elementos sobre los cuales el maniobrista puede actuar directamente

- Medios de propulsión (máquinas principales o *thrusters*)
- Sistema de gobierno
- Amarras
- Sistemas de fondeo
- Rumbo
- Calados y / o asiento

- Adrizamiento
- Tripulación
- Sistemas de comunicación interna y externa
- Equipos de iluminación
- Remolcadores / práctico o piloto

Fuera del control del maniobrista

Son aquellos que no puede modificar
- Viento
- Corriente (permanente o de marea)
- Oleaje (de viento o mar de fondo)
- Geografía del fondo (en el caso de aguas someras)
- Visibilidad
- Tráfico en la zona
- Disposiciones o reglamentaciones imperantes en la zona

Parcialmente bajo el control del maniobrista

Son los que sobre los cuales existe un control parcial
- Inercia (ya sea lineal o angular)
- Personal de maniobra ajeno al buque
- Interacción (con otro buque o muelle)

El saber cómo aprovechar al máximo las influencias que cada uno de estos elementos ayudará a realizar la maniobra planeada con seguridad, profesionalismo y rapidez.
Para ello es necesario,- previamente a iniciar la maniobra -, plantearse un esquema mental, analizando cada uno de los factores que intervendrán en ella, y además prever un esquema de emergencia que permita, ante cualquier imprevisto, tener la respuesta rápida y adecuada para suplir la falla o falencia que se pueda producir.

Desarrollo del "ojo marinero"!!!!!!!!

La tecnología náutica ha progresado significativamente en los últimos años.
Ello puede ser nocivo si no es bien aprovechado.
El marino actual tiene a su disposición una serie de informaciones

con las que no contaba unas décadas atrás, y ello provoca que se convierta en un electrónico dependiente, (se ha escuchado la definición "navegación.com") aferrado a botones y pantallas. La consecuencia de ello es que si el instrumento se descompone o da datos errado, y el maniobrista no ha adquirido la habilidad de darse cuenta o si lo hace, saber desenvolverse satisfactoriamente sin dicha información. Por otro lado se debe tener muy presente que la moderna tecnología electrónica brinda información sumamente útil y confiable, pero no garantiza que el que la recibe la sepa utilizar adecuada y correctamente.

Nota de los autores: *Se deja claramente establecido no estár en contra de dichos avances…pero:*

El marino debe utilizar la información que ellos le proveen para desarrollar habilidades que le permitan seguir maniobrando sin su ayuda; ya sea porque han dejado de funcionar o porque le ha tocado maniobrar un buque que no los dispone.
Un ejemplo típico sucede en los simuladores de maniobra.
Los mismos tienen la capacidad de hacer desaparecer un eco en el radar. Una gran cantidad de veces se ha podido observar que quienes en ellos practican maniobras, se "tunelizan" tanto en la información que este les presenta, que no advierten un buque que, a escasa distancia, tienen por su proa, claramente visible en las pantallas que representan las ventanas del puente.

Apreciación de la velocidad y la distancia

Es muy importante que el maniobrista sepa, lo más certeramente posible y en todo momento, cual es la velocidad de su buque, tanto sobre el agua como sobre el fondo, y cuales son las distancias que lo separan de los objetos que lo rodean.
La apreciación de las observaciones depende, en gran parte, de su posición relativa en el puente de mando.
Un puente alto, casi siempre, proporciona una mejor visibilidad de todo el horizonte, pero, desde esa posición todos los objetos bajos y al nivel del agua también parecen estar más cerca de lo que en realidad se encuentran; en cambio desde un puente bajo

los objetos parecen estar más lejanos.
La natural precaución predispone generalmente a suponer menor la distancia.
Para apreciar la velocidad de forma "artesanal", lo mejor es observar, por encima de la borda y justo al costado del casco el paso de las burbujas o de algunos objetos flotantes.
Esta práctica, comparándola luego con lo que indique un instrumento confiable, permitirá adquirir experiencia para cuando no se lo dispone.
Un buque, una edificación próxima, etc.; vistos en relación con un objeto distante, da una impresión de velocidad mayor de la real, en tanto que dos objetos no muy distantes entre sí, relacionando el uno con el otro, pueden engañar peligrosamente en sentido contrario.
Cuando un buque se mueve a favor o en contra sobre una corriente es necesario conocer también su velocidad para poder calcular la real con respecto al fondo.
Esto se facilita notablemente en un río de costas cercanas utilizando elementos fijos en las orillas.
Para saber el ángulo formado por la línea de crujía con un muelle, rompeolas, boyas etc., al cual se está aproximando, es preferible permanecer quieto sin desplazarse de un lugar a otro, ya sea en el centro de la timonera o una de las bandas, mirando a proa o popa, y no ambular por todo el puente.
Si desde un punto fijo tomamos como referencia alguna costura de soldadura de cubierta, brazola de bodega o barandilla y prolongamos esa línea haciéndola pasar por algún objeto lejano al cual se desea enfilar, sorprende la exactitud con que puede apreciarse el ángulo buscado y la deriva que puede estar sufriendo el buque, y determinar la exacta dirección del buque respecto de los objetos situados delante. Fig.1
En cambio al trasladarse de una a otra banda hace variar las enfilaciones que se hayan tomado
Echar periódicas ojeadas a babor y estribor, sobre todo en zonas de mucho tránsito, es una saludable precaución.
Debe tenerse siempre presente que es la popa la que "rabea" hacia el lado contrario al que pongamos el timón.

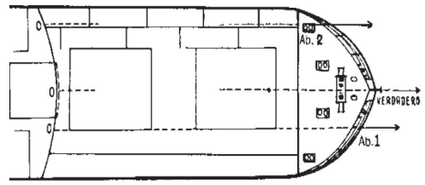


Fig. 1 Ubicación del maniobrista

En lugares estrechos o al pasar cerca de obstrucciones debe prestarse especial atención a la distancia que existe entre la verdadera proa y la "proa abierta".

- En grandes buques la observacion de la distancia a objetos cercanos a su proa o popa no puede ser tan correcta como en el caso de los buques pequeños.
- Por lo regular (salvo casos muy especiales), tardan en cobrar arrancada y en parar, y por ello es preciso cautela en su manejo.
- En materia de gobierno, como ya se dijo, tiene también gran influencia la proporción del timón con respecto a la semi carena sumergida y diseño del mismo. Actualmente se están utilizando cada vez más timones de diseños especiales que mejoran sustancialmente las condiciones evolutivas.
- Las bovedillas tipo "cola de pato" influyen también sensiblemente en las curvas evolutivas que describirá cada buque y en la posición de su punto pivote. Téngase en cuenta que una bovedilla de este tipo reduce sensiblemente el área que debe "empujar" el agua en la aleta externa durante una caída
- Lo mismo ocurre con respecto a su coeficiente de bloc. En general los buques de mucha manga y de formas llenas (Cb grande) son más manejables que los aguzados y finos (Cb pequeño).

Exceptuando casos particulares, **las cualidades de maniobra de los buques dependen considerablemente de su estado de carga.**

Otro punto de suma importancia es la posición del puente respecto a las extremidades del buque ya que es también un factor que afecta el correcto juicio.

La mayoría de los buques tienen su puente entre un cuarto y un tercio de su eslora a partir de la popa, y esta es la situación más conveniente.
Los puentes desplazados exageradamente hacia proa presentan la ventaja de que las distancias de los objetos hacia proa se determinan más fácilmente, pero la gran objeción a esto es que al hacer un giro rápido es difícil apreciar correctamente la velocidad de caída en grados por minuto (*ROT – Rate of turn*).
Esto se debe a que el puente se encuentra muy próximo al punto de pivote, cuya definición veremos más adelante.
Con dicha disposición el buque parece girar despacio y con dificultad. En ese caso conviene mirar hacia popa de vez en cuando para establecer una buena comparación y poder juzgar sobre la velocidad de caída. Se apreciará como la popa se desplaza con enorme rapidez "barriendo el horizonte"
Los barcos naturalmente, presentan grandes diferencias entre sí por sus condiciones de maniobra.
De uno se puede decir que "se maneja como un remolcador" mientras que otro recibirá el anatema de "pesada vaca" y de otro puede que se diga que "es duro como una piedra".

- En general se puede decir que cuanto mayor sea el buque, más difícil será el realizar una buena maniobra con él.
- Los buques mercantes grandes son generalmente lentos en obedecer al timón y describen grandes arcos al girar, salvo que posean elementos que mejoren sustancialmente su maniobrabilidad. Cuando se halla en lastre generalmente el buque es de rápida respuesta al timón y su curva evolutiva puede ser algo menor que cuando está con su carga completa.
- Se lo detiene más rápidamente y es bien dominado por los cabos de amarre y por las cadenas de las anclas. Pero es posible que la/s hélice/s estén solo sumergidas en parte, lo que acarrea una considerable pérdida de potencia y un significativo efecto lateral indeseado que modifica sus condiciones evolutivas.
- En condición de lastre también se nota un aumento significativo de la influencia del viento, (aumento de la obra muerta y disminución de la obra viva), que puede llegar a hacerlo inmanejable si el mismo sopla duro de direcciones no deseadas.
- Por cierto, si por algún error se aborda un muelle u otro buque, el daño causado no será tan grande como, si estando cargado, lo hiciera con la misma velocidad. Su energía cinética acumulada será sensiblemente inferior. En ocasiones asombra ver las embestidas que pueden producirse o recibirse con buques en lastre sin generarse averías significativas.
- El buque cargado suele ser perezoso al timón y sigue demasiado tiempo al rumbo inicial para las conveniencias del maniobrista. El viento, a menos que sea muy duro, tiene poca influencia sobre él, y si llega a tomar contacto con un muelle u otro buque con una velocidad mayor que la deseada, aunque sea el toque aparentemente ligero, pueden ocasionar serias averías.

Las mejores condiciones de un buque para la maniobra suelen ser entre media carga y los dos tercios, ya que entonces responde a los movimientos de la máquina con más rapidez y seguridad, es vivo al timón y tiene un suficiente volumen sumergido para ser manejable con vientos más intensos.
Por lo tanto, debe prestarse especial atención a las condiciones de carga que tenga el buque al maniobrarlo, para evitar sorpresas desagradables, ya que las mismas cambiarán sensiblemente según su desplazamiento.

Efectos del calado

Puesto que un buque es una estructura rígida, el efecto cuando se lo hace caer por medio del timón, en marcha avante, es el de un deslizamiento de costado (avanzar de ronza), a través de las aguas.
El buque rota alrededor del centro de su curva evolutiva con un punto, sobre su crujía, denominado **punto pivote**, el cual es el que se desplaza describiendo tangencialmente a dicha curva.
Este punto, cuando el buque está en calados parejos describiendo una trayectoria curvilínea en aguas profundas, se halla, generalmente entre 1/6 a 1/8 de su eslora a contar desde la roda.
En condiciones normales el buque rota con la proa hacia adentro

de la curva, pero si está aproado dicho punto pivote se traslada aún más a proa y cuando se encuentra muy apopado se desplaza proporcionalmente hacia popa.
Para casos extremos de aproamiento o apopamiento, se puede esperar que el arco mayor lo describa el extremo con menor calado.
Inmediatamente después de aplicar el timón, la dirección del buque cambia rápidamente debido al momento evolutivo que se ha creado, lo que causa un cambio de dirección de la proa al ir rabeando su popa y avanzando así de ronza, con ángulos de deriva variables, estabilizándose recién luego de una determinada caída (avance a 90°).
Además del rabeo de la popa al poner el timón a la banda, el centro de gravedad del buque sufre una traslación hacia la banda opuesta a la que se colocó el timón, exigiendo disponer de un espacio libre hacia la banda contraria (deriva) a la que se aplicó el timón.
Estos efectos pueden variar considerablemente por efecto de asientos considerables
El avance de "ronza", sumado a la fuerza retardatriz que se origina en la descomposición de la fuerza que actúa sobre el timón a la banda, disminuye considerablemente la velocidad avante del buque, aún sin bajar la potencia de la máquina.
En buques mono hélice dextrógiros la curva evolutiva a babor es ligeramente inferior que la de estribor, ya que el efecto lateral indeseado de la hélice ayuda a la caída. (Ver: "Efectos de la hélice")

Asiento o trimado

- Las condiciones de asiento tienen un efecto considerable en las cualidades de maniobra de un buque. Cuando este se encuentra muy apopado, gobierna bien debido a que la hélice trabaja dentro de una buena densidad del fluído agua. El buque desarrolla una gran potencia. Sin embargo se torna más duro de caer a cualquier banda, principalmente, es difícil llevar su proa al viento cuando éste es fuerte, ya que se comporta como un foque. Con un barco en estas condiciones se debe ser muy precavido cuando se maniobre a lo largo de un muelle u obstrucciones. En cambio cuando el buque está muy aproado, responderá mal al timón, pero una vez iniciada la caída, será difícil pararla. La potencia generada por la hélice, en relación al desplazamiento será baja y la maniobrabilidad incierta. Un buque muy aproado es lo menos deseable para el maniobrista. Algunos buques especiales como los supplies, sin embargo, maniobran mejor algo aproados, pero eso se debe a sus particularidades constructivas especiales.
- Cuando un buque se halla muy escorado no responde al timón tan bien como cuando está adrizado, debido a que una parte proporcional al ángulo de escora del momento evolutivo originado por el timón, se convierte en una fuerza vertical que no tiene un efecto útil para el gobierno. El timón se transforma en algo parecido a un acuaplano.
- Por lo general un buque escorado con arrancada avante girará más fácilmente y su curva evolutiva será menor hacia la banda emergida.
- Si el buque tiene todo su casillaje a popa y debe maniobrar con viento de través tenderá a orzar y dicha tendencia se hará sentir más al disminuir su arrancada o detener su máquina, debido a que ya no será contrarrestada por el chorro de expulsión de la hélice contra el timón. Pero dicho efecto podría disminuir o incluso invertirse, convirtiéndose en arribada, en el caso de que el buque tenga un asiento positivo excesivo, sobre todo con calados negativos en proa.

Potencia de máquinas

- Es obvio decir que cuanto mayor sea la relación potencia de máquinas / desplazamiento del buque, siendo similares todas las demás características, más fácil resultará maniobrarlo, ya que se dispone de un mayor torque instantáneo para provocar un efecto, se tiene una mayor "patada" inicial de máquinas y se lo puede llegar a detener en menor tiempo y espacio; ventaja a menudo muy útil cuando se debe maniobrar con vientos y / o corrientes fuertes. Responde con presteza al timón y es

capaz de salir mejor de una situación de riesgo.
- Por último en los buques de dos máquinas / dos hélices el efecto de ciaboga para hacer girar el buque es mucho más efectivo cuando mayor sea la potencia de las máquinas, mayor la distancia entre sus porta hélices y menor su eslora.

Tipo de propulsor y máquina principal

Nota de los autores*: En éste item solo se hará referencia a sistemas de propulsión con hélices convencionales. Ver otros sistemas, como propulsores omni-direccionales, sistemas de retro descarga, rotores Flechtner, etc. en el capítulo "PROPULSIÓN"*
- Las hélices de paso controlable (*controlable pitch propeller - CPP*) son las que permiten una maniobra más suave y precisa, estén accionadas por cualquier tipo de motor. La rapidez de reacción, los cambios de dirección de las corrientes de expulsión y el ajuste fino que se puede lograr, permite obtener exactamente el empuje necesario. Pero deben tomarse una serie de precauciones que se verán más adelante.
- Hélices fijas acopladas a un motor de combustión interna con caja reductora, freno y caja inversora. Este sistema no se encuentra en buques de gran porte. Su respuesta a la maniobra es rápida y precisa
- El mismo sistema, pero sin freno ni caja inversora, lo tienen muchos buques y su gran desventaja está en el tiempo que insume parar y arrancar el motor en sentido contrario al cual puede sumarse en buques mal mantenidos o viejos, que la capacidad de comprimir aire limita la cantidad de maniobras en cortos períodos, debido al consumo que demanda el frenado y arranque del motor principal para cada una de ellas, más el consiguiente riesgo de fallas en el arranque.
- Por último estan las turbinas acopladas solo con caja reductora que presentan serias desventajas para el maniobrista. Son comparativamente lentas en alcanzar su máxima potencia, en parar y cambiar de sentido. En el motor diesel la hélice se puede detener rápidamente cuando se detiene el motor, aumentando considerablemente su efecto frenante, pero en las turbinas las revoluciones de la hélice decrecen relativamente despacio y pueden transcurrir hasta veinte segundos desde que se da la orden de "para" hasta que la hélice se detiene y que esté pronta para una nueva orden de marcha, y cuando ésta sea dada tendrá que pasar otro tanto hasta obtener la máxima potencia solicitada. A esta desventaja se agrega que si se pide aplicar máquina atrás, se debe utilizar otra turbina que normalmente posee sólo el 60% de potencia de la de marcha avante, lo cual dificulta de sobremanera una detención, sobre todo, de emergencia.
- No se mencionan aquí las máquinas alternativas a vapor de doble, triple o cuádruple expansión, por ser muy difícil, por no decir imposible, encontrar actualmente algún buque que cuente con ese sistema propulsor. Sin embargo hay que reconocer que en su época fueron los sistemas más confiables y de mejor respuesta, por lo que eran muy bien recibidos por los Capitanes o Prácticos cuando debían maniobrar un buque de esas características.
- Otro sistema de propulsión caído en desuso, aún que está nuevamente tomando notoriedad, es el diesel-eléctrico o turbo-eléctrico, en el cual un motor diesel o una turbina acoplada a un generador, producen una corriente eléctrica que alimenta un motor que acciona directamente el porta hélice. Estos buques son generalmente muy maniobrables y de rápida respuesta. Por ej.:así eran los buques tanque T-2 muy usados en la 2ª guerra mundial.
- Un sistema que se está imponiendo rápidamente y es excelente es el omnidireccional eléctrico (*Azipod®*). Los avances tecnológicos alcanzados a la fecha lo han hecho sumamente confiables y a la fecha han llegado a alcanzar los 16 Mw de potencia individual. Consisten básicamente en motores eléctricos alimentados por corriente alterna que se encuentran encapsulados en un pod sumergido bajo la popa, el cual puede girar 360° el el plano horizontal, eliminando de esa forma el timón, ya que direccionan la corriente de expulsión de la hélice.

Uso del telégrafo

Cualquiera sea el tipo de máquinas, el buen maniobrista usará tan pocos movimientos de máquinas como sea posible y cuidará de evitar demasiadas paradas y arrancadas.
Existen muchas razones que así lo aconsejan:
Demasiadas y continuas órdenes a máquinas demuestran un exiguo criterio de maniobra, sobre todo cuando la hélice aún no alcanzó a cumplir con la tarea deseada.

- Si es un telégrafo de órdenes, se exige al oficial maquinista de guardia un gran esfuerzo durante las continuas paradas y arrancadas y por lo tanto aumentan las posibilidades de error al cumplimentarlas.
- Aumenta también las posibilidades de avería en la máquina o en el telégrafo. Una serie de paradas y arrancadas seguidas perjudica mecánicamente la máquina
- La reserva de aire comprimido para el frenado y arranque del motor puede disminuir drásticamente quedando el buque sin poder realizar más maniobras

Por ello es muy importante determinar previamente:

- Cuáles son las características evolutivas del buque en las condiciones actuales.
- Cuáles son los elementos que se podrán dominar y tratar de aprovecharlos lo mejor posible.
- Cuáles no se podrán dominar y de qué manera utilizarlos o minimizarlos, de acuerdo a lo que convenga.
- Como controlar a aquellos que están parcialmente bajo control

Por ejemplo: si se estudia la tabla de marea o la de corrientes de marea y se analiza la situación, se puede obtener un remolcador gratuito esperando el momento oportuno para efectuar la maniobra.

Buena utilización de la inercia

Si se maniobra el buque con un exceso de arrancada, cuando se deba detenerlo se perderá total o parcialmente su control, sobre

todo en un mono hélice, ya que ningún buque convencional responde a la máquina atrás con igual precisión que a la marcha avante.
En cambio si se lleva la "justa arrancada" se podrá mantener su buen gobierno y detenerlo utilizando menos tiempo o potencia de máquina, o elementos como amarras, anclas o remolcadores, para ayudar a cumplir exactamente el efecto deseado.
Si el buque en cambio se encuentra detenido, con fuertes y cortos "golpes de máquina" será posible gobernarlo sin imprimirle una aceleración indeseada (gobernar a chorro de hélice).
La inercia puede ser aliada o enemiga del maniobrista, depende de la prudencia de este al tratarla.
Recordemos además que la conducción segura de un buque requiere de "**un equipo**."
Un maniobrista necesita de eficientes y entrenados colaboradores, y para que ello se cumpla es necesario principalmente que todos sepan lo que aquél pretende hacer.
Por ello es muy importante dar a conocer las intenciones previamente a iniciar la maniobra, indicando además cuales serán las alternativas en caso de que algo no se desarrolle de acuerdo a lo previsto.
Y no solo la tripulación debe saberlo sino también el personal de maniobra ajeno al buque.
De esa forma se asegurará tener un buen equipo de colaboradores.
Se podrían dar infinidad de ejemplos de incidentes o accidentes producidos por no haber hecho un análisis y una planificación previa antes de comenzar a tocar el timón y el telégrafo.

Conclusiones finales

Si se compara la conducción de un buque con otros medios de transporte se encontrarán notables diferencias existentes entre los mismos, que posiblemente hayan pasado desapercibidas.

- Los medios terrestres se deslizan por dos medios, uno sólido, sin movimiento y el otro, un fluído (el aire) que puede ejercer fuerzas frenantes, acelerantes o desviadoras. Lógicamente estas últimas influyen, pero, normalmente, no llegan a hacer

perder el control de su conducción. Además se dispone de un freno que, mientras se circule a las velocidades aconsejadas, es efectivo. Por último cuando se desea cambiar de dirección se hace habitualmente, cambiando la trayectoria de la parte delantera del móvil.

- El transporte aéreo se mueve a gran vélocidad, las decisiones a tomar deben ser muy rápidas, pero se mueve a través de un único fluído y en tres planos. O sea su deriva, aceleración o frenado lo realiza un único elemento externo en tres direcciones. Cuando éste desea cambiar de dirección, lo hace desviando su parte trasera según tres vectores.
- En cambio los buques se mueven a través de dos y eventualmente tres fluídos (aire, agua y puede ser también limo floculado) y en dos planos. Ellos suelen tener diferentes direcciones y ejercer distintas presiones sobre el mismo. Idénticamente que los aviones, el buque se gobierna trasladando su popa y a esto se debe prestar absoluta atención en todo momento, y especialmente cuando se debe maniobrar dentro de espejos de agua reducidos. La gran ventaja sobre los aviadores es que el buque se desplaza a velocidades menores lo que da más tiempo para tomar decisiones, pero no se debe olvidar que las energías cinéticas que acumula son enormes.

Recuérdese que **Ec= M × V ² / 2 g**

Siendo

Ec: Energía cinética en tonelámetros (tm)
M: Masa la podemos, a los fines prácticos, equiparar con peso (ton)
V: Velocidad del buque al cuadrado (expresada en metros por segundo)
g: Aceleración media de la gravedad terrestre = 9,86 m/seg²

Un simple cálculo permite apreciar la inmensa cantidad de tonelámetros (energía) que se está manejando.
Supóngase un buque de 65.000 t. que se desplaza a una velocidad de 16 nudos

$$\text{Energía cinética} = \frac{P \# V^2}{2g} = \frac{65.000t \# (8,23\,m/seg)^2}{19,7\,m/seg^2} = \frac{3.299t \# seg^2 \# 67,75m^2}{19,7\,m/seg^2} = 223.511tm$$

y ahora ese mismo buque desplazándose a una velocidad de 4 ns.

$$Energía\ cinética = \frac{65.000t \times (2,06\,m/seg)^2}{19,7\,m/seg^2} = \frac{3,299t \times seg^2 \times 4,24m^2}{19,7\,m/seg^2} = 13.990\ tm$$

…y ahora moviéndose a la justa arrancada (estimada en 2 nudos):

$$Energía\ cinética = \frac{65.000t \times (1,03\,m/seg)^2}{19,7\,m/seg^2} = \frac{3.299t \times seg^2 \times 1,06m^2}{19,7\,m/seg^2} = 3.497\ tm$$

Se estará manejando una energía 64 veces menor!!
Quienes hayan tenido la desgraciada experiencia de presenciar o participar en una colisión entre buques, jamás olvidarán lo interminable que la misma resulta.
Es estar viendo una filmación en cámara lenta, de una escena con hierros que se retuercen dentro de una nube de chispas y con un concierto de sonidos que nunca acaba.
Por ello resulta obligatorio no solo conocer profundamente la teoría de la maniobra, sino también estar perfectamente interiorizados, en el menor plazo posible, de cómo puede responder un buque en distintas condiciones de velocidad, estado de carga, asientos, escoras y condiciones hidrometeorológicas.
De esta forma se podrá prever las distancias y tiempos de detención, los espacios necesarios para cambiar el rumbo, las pérdidas de gobierno que se producirán cuando se disminuya, detenga o invierta la máquina, los efectos que podrá ejercer la inercia sobre anclas y o cabos, etc., etc.; y poder llegar a maniobrar el buque con profesionalismo, seguridad y destreza.

Inercia, aceleraciones y desaceleraciones

La palabra inercia tiene distintos significados para el maniobrista. En el sentido más común y conocido, el término se aplica a la inercia a las aceleraciones y desaceleraciones lineales que sufre el buque con cambio de R.P.M., paradas y / o respuesta en marcha

de sus máquinas, y se pueden distinguir los tres casos siguientes:

- Tiempo y espacio para alcanzar cierta velocidad avante partiendo de reposo.
- Tiempo y espacio requeridos para incrementar o reducir en cierto valor la velocidad cuando se navega marcha avante.
- Tiempo y espacio requeridos para detener el movimiento del buque cuando, navegando en marcha avante, se paran maquinas o se da atrás. Este concepto se suele llamar también extinción natural o forzada de la arrancada del buque.

Las mismas dependen de los siguientes factores:

- **Desplazamiento del buque**: un buque que tiene una mayor masa es más lento, tanto para ganar como para perder velocidad, que otro más pequeño que tenga similar potencia de máquinas.
- **Potencia de propulsión**: entre dos buques de similar desplazamiento, el que tiene mayor potencia se acelera o desacelera más rápidamente.
- **Tipo de propulsión**: dentro del los sistemas convencionales (con línea de eje) los diesel eléctricos son los que tienen la respuesta más rápida. A continuación le siguen los motores diesel y por último las turbinas. Algunos motores diesel no poseen mecanismo de inversión y al parar las máquinas ponen el eje propulsor en neutral lo que permite que la hélice continúe girando y por lo tanto el efecto frenante se reduce a un valor muy pequeño que estará en función del trabajo generado por el avance .
- **Forma del casco**: De dos buques de igual desplazamiento, el que tiene líneas mas finas acelera mas rápido y conserva mas su arrancada que el de formas llenas.
- **Diseño de las hélices**: el tamaño y forma de las hélices esta vinculado con el tipo de propulsión. Las hélices de grandes diámetros y paso con escaso número de r.p.m., cuando se paran las máquinas, se reducen RPM o se da atrás hacen sentir el efecto de frenado. Esto mismo se observa en las hélices de paso controlable que son puestas en "bandera" sin efecto propulsante.
- Estado de limpieza de la carena: Este efecto de freno tiene

mayor influencia cuando se desacelera que cuando se pone en movimiento partiendo de la posición de reposo.

El conocimiento del valor promedio de la distancia en que un buque gana o pierde velocidad en diferentes condiciones es de gran utilidad para el maniobrista al tomar fondeadero, o cuando se navega en espacios reducidos, en maniobras de aproximación a muelles o buques, etc.

Distancia necesaria para detener un buque en movimiento

En caso de que no se disponga de datos en los protocolos del buque, la distancia podrá calcularse en forma bastante aproximada mediante alguna de las siguientes fórmulas:

$$T\ (millas) = \frac{Vel.inic\ (nudos)}{2} \# t(fracción\ hora)$$

Si se desea aplicar metros y segundos se debe utilizar la siguiente:

$$\Delta(metros) = \frac{1852}{2 \times 3600} \times Vel.inic.(nudos) \times t(seg.) \Rightarrow \Delta(metros) = 0{,}257 \times vel.inic.(nudos) \times t(seg)$$

En buques de alta velocidad conviene reducir el factor
de 0,257 a 0,22

El término inercia suele aplicarse también a las aceleraciones o desaceleraciones de la velocidad angular que el buque tiene en sus caídas, y en éste orden de ideas se pueden distinguir los siguientes casos:

- Inercia del timón: es la distancia recorrida por el buque entre el instante en que se da la orden de ponerlo a la banda con un determinado ángulo y el momento en que el buque haya caído 10º.
- Inercia giratoria: es el número de grados que el buque continúa cayendo a la banda a partir de momento en que se puso el timón a la vía. El conocimiento de ambas inercias es de suma utilidad cuando se navega en canales angostos o se efectúan maniobra.

CAPÍTULO II

Amarras

El arte de hilar y construir sogas es probablemente tan antiguo como la civilización misma, y el uso del cáñamo como una fibra para cordelería data de por lo menos 500 años AC

Jarcia

El conjunto de aparejos, cabos y cables de un buque se denomina jarcia.

Los cabos y alambres son muy utilizados a bordo para infinidad de tareas.

Cabos

Todo cordaje vegetal o sintético empleado a bordo se denomina "cabo" y una de las formas de determinar su grosor es por medio de la mena que es la circunferencia del cabo expresada generalmente en pulgadas, así tendremos por ejemplo que un cabo de 8" de mena equivale a 64 mm. de diámetro y otro de 12" tiene un diámetro de 96 mm. Sin embargo la tendencia actual es expresar su tamaño en diámetro expresado en milímetros

Se encuentran con diferentes tipos de construcción:
acordonados, trenzados grueso o fino. Fig. 1



Fig.1 Cabos acordonados, trenzado grueso y fino

Para su construcción se utilizan distintos materiales: fibras naturales, que ya han caído en desuso en lo que respecta a amarras, utilizándose actualmente solo para fines especiales; y fibras sintéticas que son mundialmente aceptadas por sus ventajosas virtudes, creándose permanentemente nuevos materiales y tecnologías de construcción que incrementan sus resistencias.

Es importante la buena elección del material que compone cada cabo de acuerdo a la tarea que deba realizar.

La tabla y gráfico Fig.2-a y 2-b, pueden, someramente, destacar la

importancia de lo expresado.

Material	Coef. rotura Kg/cm	Elongación		Densidad	Absorción agua %	Coefic. de seguridad	Adherencia	Resistencia al deterioro
		Ruptura %	20% ruptura					
Sisal	56	13	5	1,25	100	5	Excelente	Escasa
Abacá	70	13	5	1,50	100	5	Excelente	Escasa
Algodón	40	15	8	1,54	-	6	Buena	Poca
Polipropileno colchado	100	24	9	0,91	0	6	Mala	Excelente
Polipropileno 8 cordon.	110	24	9	0,91	0	6	Mala	Excelente
Polyester colchado	155	20	6	1,38	1	9	Buena	Excelente
Polyester 8 cordones	176	20	6	1,38	1	9	Buena	Excelente
Nylon tejido	194	50	20	1,14	7	9	Mala	Excelente
Nylon colchado	176	50	20	1,14	7	9	Mala	Excelente
Nylon colchado	210	50	20	1,14	7	9	Mala	Excelente

Fig.2a Tabla de características de cabos según su material

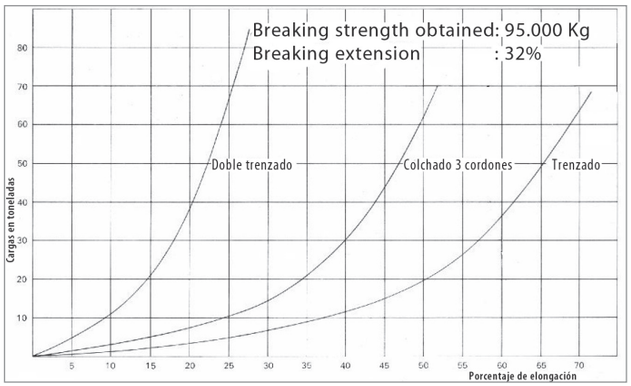


Fig. 2-b Características de elongación de diferentes fibras

Una buena elección de los porcentajes de elongación es fundamental según las zonas donde el buque operará. Fig. 3-a

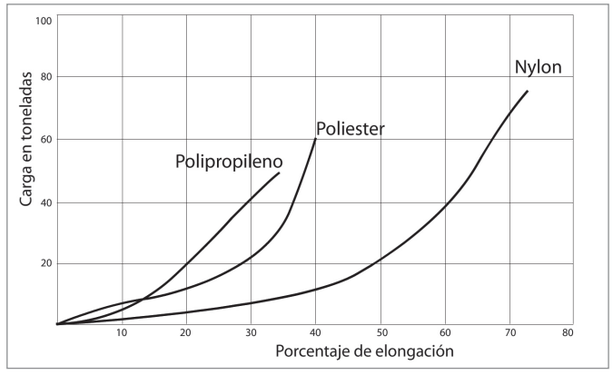


Fig. 3-a Elongación según la carga

Otro aspecto a tener en consideración es la densidad específica, Fig. 3-b, ya que, sobre todo en los cabos de popa, permite que floten y poder verlos o no, lo que es fundamental para asegurarse de que no sean aspirados por la hélice.

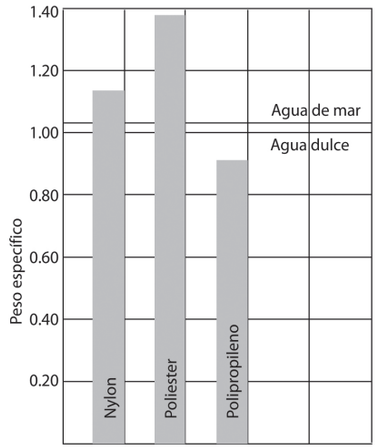


Fig. 3-b Densidad específica según el material de construcción

Las finalidades que la cabuyería puede llegar a cumplir dentro del buque se pueden definir en dos categorías:

Jarcia firme: la constituyen los cabos o alambres siempre fijos y que siempre bien tesos, sirven de sujeción a los palos, chimeneas o cualquier otra estructura fija. Podemos destacar los obenques, obenquillos, burdas, estays, contra estays, nervios, vientos, barbi-

quejos, frenillos y mostachos.
Jarcia de labor: es la movible y se emplea en aparejos, drizas, tangones, plumas y amarras.
Este capítulo estará dedicado a estas últimas.
La finalidad de las amarras es mantener el buque estable en una posición, atracado a un muelle, amarradero, dolphin, boya u a otra embarcación.
Un buen sistema de amarras tiene que mantener la posición del buque contra las fuerzas tendientes a moverlo, lo cual puede ser causado por una o varias de las siguientes fuerzas:

1. Viento
2. Corriente
3. Succión debida al paso de otros barcos
4. Olas y marejadas
5. Cambio de francobordo

Nunca se debe intentar mantener el buque absolutamente fijo en una posición, sobre todo en aguas movidas o de tránsito marítimo, ya que eso seguramente provocaría la rotura de cabos y/o cables de acero.

Línea de amarre - Definición

- Es el conjunto de cabos que, partiendo aproximadamente de un mismo lugar, trabajan en la misma dirección para contrarrestar una fuerza.
- Se puede establecer que los buques deberían estar amarrados con seis líneas de amarre
- Largos de proa
- Travesínes de proa
- Esprínes de proa
- Esprínes de popa
- Travesines de popa
- Largos de popa

Por lo tanto, dos o más amarras pueden estar tendidas desde diferentes puntos de amarre pero de la misma zona, y sin embargo formar parte de la misma línea de amarre. Su propósito

es repartir un mismo esfuerzo para mantener al buque en su posición. Fig. 4

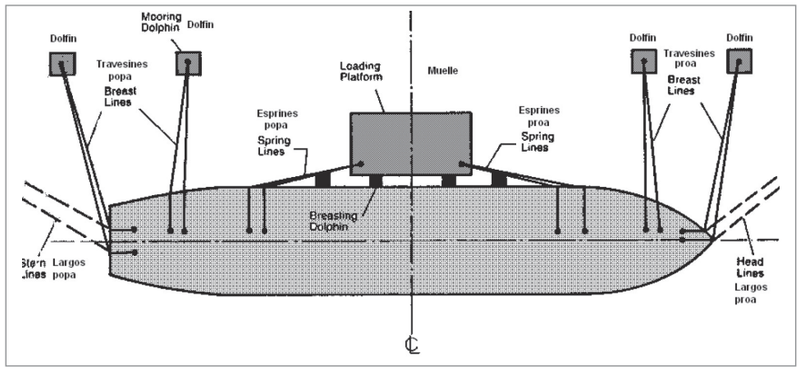


Fig.4 Diagrama clásico de amarre a dolfin

Funciones de cada línea de amarre

El buque está sometido durante un amarre a fuerzas transversales y longitudinales o, lo que es más probable, a la resultante de ambas, que tratan de sacarlo de su posición.
Como se deduce del gráfico anterior los esprines contrarrestan principalmente las fuerzas longitudinales, ya que su escasa componente transversal no impide el alejamiento desde el muelle.

Para superar este inconveniente se deben instalar travesines o largos cortos que trabajen más perpendicularmente al muelle.

La precaución a tomar con estos es que no deben tesarse demasiado, ya que su capacidad de elongación disminuye proporcionalmente a su longitud, y los cambios de calado o variaciones de altura de agua pueden generarle tensiones muy importantes que superen su carga de trabajo.
Los largos, por su parte, repartirán su trabajo entre fuerzas longitudinales y transversales, de acuerdo al ángulo que formen con el punto de amarre.
En algunos casos especiales, donde los muelles no permiten pasar una línea que asegure un movimiento en una determinada dirección, puede utilizarse un contra-esprín. Fig. 5
Ellos parten, por ejemplo, a proa de la sección maestra, pero hacia

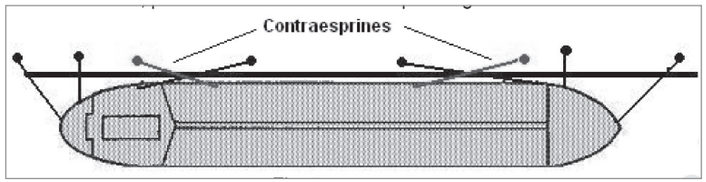


Fig. 5 Opción de amarre en casos especiales

proa; o a popa de la misma y hacia popa.
Se utilizan generalmente cuando un buque debe atracarse a un muelle que no está diseñado para el tamaño del mismo y por consiguiente no permite un esquema de amarre totalmente adecuado.
La combinación adecuada de las amarras nos permite mantener el buque estable en la posición deseada.
Las amarras, dentro de lo razonable, deben ser lo más extensas posible, ya que a mayor longitud permitirá una mayor elongación, sin que superen la carga de trabajo, absorbiendo energías generadas por fuerzas externas.

Disposición de líneas de amarre para lograr una estancia segura.

Este concepto se entenderá mejor imaginando a los cabos como "recipientes" que almacenan la energía que les transmite el buque cuando trata de apartarse de su posición original.
Partiendo de ese concepto se comprende fácilmente que las líneas de amarre deben ser del mismo material y tener longitudes los más similares posibles
El buque de la Fig.6, amarrado recibe un viento del través que le

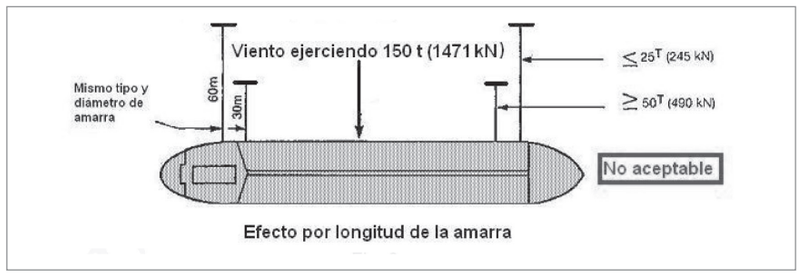


Fig. 6 Cargas en cabos iguales y diferentes longitudes

ejerce un *bollard pull* de 150 tns equivalentes a 1471 kilonewton.
Obsérvese las diferencias de cargas que recibe cada amarra a pesar de ser del mismo diámetro y material, provocada por su diferencia de longitud, o sea por la diferencia de longitud por elongación capaz de soportar cada uno sin sobrepasar las cargas de trabajo.
En la Fig. 7, se puede observar la gran diferencia de cargas que sufren las diferentes amarras debido a su diferente coeficiente de elongación debido al diferente material de construcción.
El buque amarrado, recibe un viento del través que le ejerce un bollard pull de 100 t equivalentes a 981 kilo newton.
Notese si se colocan tres travesines, uno de acero, otro de poli-

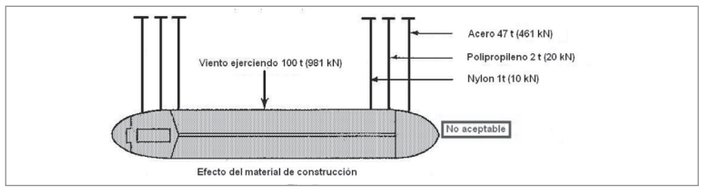


Fig. 7 Cargas según el material de la amarra

propileno y un tercero de nylon, la diferencia de tracciones que cada una de ellas sufre. Estás están justificadas por la diferencia de coeficiente de elongación de cada material.
Por su menor poder de estiramiento el cable de acero está soportando prácticamente toda la carga, mientras que el nylon solo soporta una tonelada.
El buque de la Fig. 8, amarrado, recibe un viento del través que le ejerce un *bollard pull* de 150 t. equivalentes a 1471 kilo newton.

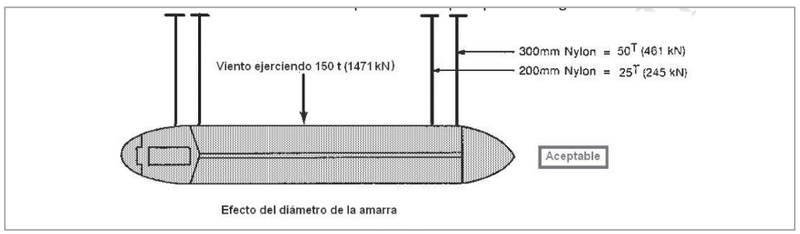


Fig. 8 Efectos por diferencia de diámetro de igual material

Se observa que las diferencias de diámetro son aceptables siempre que las longitudes no difieran mucho.

Analizando el trabajo de distintas amarras bajo la acción de fuerzas externas de distintos sectores se observa en el gráfico de la Fig. 9 la distribución clásica de un esquema de amarre de un buque panamax de 65000 t.de DW

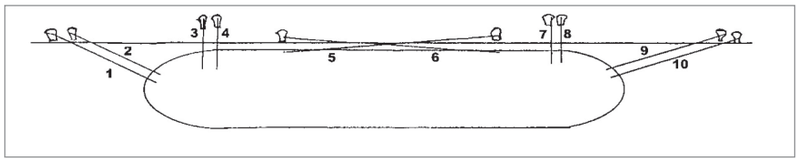


Fig. 9 Distribución clásica de amarre a muelle de un Panamax 65.000 t.DW

Véase las diferentes tensiones que sufre cada una de ellas ante diferentes direcciones de fuerzas externas (Tabla)

Amara	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Direcc viento										
Proa	0	0	5,5	6	8,5	0	0	0	6,5	7
Amura Br.	14,5	14,5	18,5	18	6	0,5	29,5	30	24,5	24
Través.	32	32	28,5	27	0	11,5	40,5	41	25.5	25
Aleta Br.	31	31	17	16	0	22	23	27,5	8	7,5
Popa	4,5	4	0	0	0	21,5	4	3,5	0	0

Diferentes tensiones de cada amarra según las fuerzas externas

En el cuadro se ha destacado el trabajo de los travesines de proa (3 y 4) con viento o corriente de proa y la de las (7 y 8) de popa con igual condiciones de viento y corriente.
Con ello queda demostrada la utilidad que brindan dichas líneas de amarre, que aparentaban no tener que soportar ninguna fuerza debido a que la dirección de las fuerzas externas era paralelas a la crujía. Sin embargo la acción de los largos de proa en el primer caso y la de los de popa en el segundo tienden a separar los extremos opuestos del buque.
La foto de la Fig. 10 nos muestra una escala real que fue deteriorada porque el buque abrió su popa del muelle debido a una



Fig. 10 Averías por falta de amarras apropiadas

corriente de proa, y no poseer travesines en su popa.
Cuando se atraca a un muelle que se encuentra en aguas calmas se suelen utilizar esprines de cable de acero o mixtos (cable de acero - cabo).
Estas amarras mixtas suelen ser preparadas con el cable de acero hacia el noray y su misión suele basarse en su mayor resistencia al rozamiento contra el concreto o piedra del muelle.
En este caso los mismos deben estar tesos, ya que debido a su bajo porcentaje de elongación no son capaces de absorber la energía cinética que les transfiere el buque cuando adquirió arrancada, recibiendo "estrechonazos" que terminan por cortarlos o rompiendo algún elemento utilizado en el amarre.

Criterios a tener en cuenta en el diseño de un muelle

En un muelle de atraque bien ubicado, las fuerzas más importantes provienen del viento y la corriente que actúan sobre el buque.
Una práctica habitual es la de establecer estos criterios que, aunque un poco arbitrarios, se basan solo en viento y corriente.
Los siguientes valores se utilizan para diseñar el sistema de amarre.

- Viento de 60 nudos más una corriente de través de 0.75 nudos, o bien
- Viento de 60 nudos más una corriente de proa o popa de 3 nudos.

Debe tenerse muy presente que las fuerzas del viento y de la corriente (el *bollard pull* que ejercen sobre el buque), son directamente proporcionales al cuadrado de sus velocidades.
Por ejemplo:
La fuerza causada por un viento de 40 nudos es cuatro veces superior a la causada por uno de 20 nudos, y la fuerza ejercida por una corriente de 3 nudos es nueve veces superior a una de 1 nudo.
El diagrama cartesiano siguiente nos muestra como aumenta potencialmente el bollard pull del viento con el incremento de su velocidad. Fig. 11
Además se debe tomar en consideración que la velocidad del viento se incrementa con la altura sobre el nivel del mar.
Nota de los autores: *Los datos oficiales sobre velocidad del viento son los*

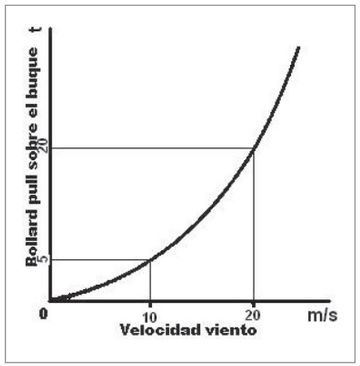


Fig. 11 Diagrama de aumento potencial de bollardpull por aumento de intensidad del viento

medidos a 10 m. de altura

Por ejemplo:

Un viento de 60 nudos a 10 metros de altura, será de 75 nudos a 30 metros, pero de tan solo 30 nudos a solo dos metros (justo encima de la altura de un hombre medio).

Otro elemento a ser tenido en cuenta es el socaire que pueden estar ejerciendo construcciones, arboledas, otros buques, etc.

Por lo tanto antes de encarar una maniobra, es conveniente evaluar las condiciones que se tendrán cuando el buque esté ubicado en otros lugares desprotegidos con iguales condiciones meteorológicas.

Normalmente se estima que la velocidad del viento en aguas abiertas es un 20% superior a la que sopla en tierra con obstáculos.

Para poder comparar la información de distintos sitios, es usual corregir todas las lecturas de anemómetros a una altura equivalente a 10 metros, tomando como valedero el valor máximo correspondiente al pico de la racha.

Debido a la relación velocidad/fuerza y velocidad/altura del viento, el francobordo es un factor muy importante y a veces crítico para la seguridad del amarre.

Las fuerzas externas que actúan sobre el buque generarán diferentes tensiones en las amarras, según sea el ángulo, vertical u horizontal, con que las mismas estén tendidas para contrarrestar-

las.

Como se observa en las Fig. 12, la tensión que soportan las amarras está relacionada, con la fuerza externa que actúa sobre el

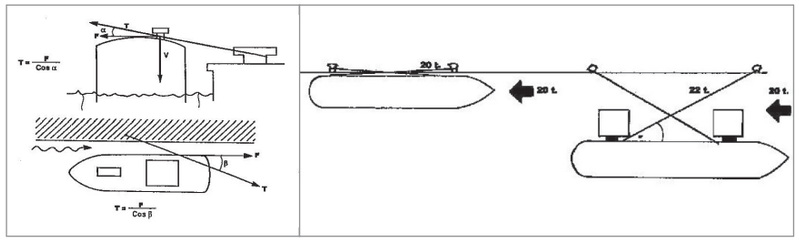


Fig. 12 Tensión en función del ángulo de inclinación de la amarra con la dirección de la fuerza

buque, en relación directa con el coseno del ángulo que forma la amarra y la dirección de la fuerza.

No se debe descuidar tampoco en un diagrama de amarre la variación de nivel de la cubierta donde sale la amarra con respecto al punto de amarre, ya sea por variación de calado o marea. Fig. 13

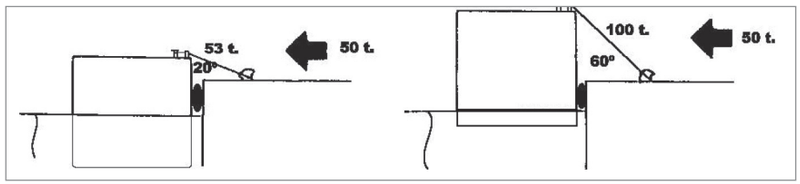


Fig. 13 Variación del ángulo de la amarra por calado o marea

Cualquiera sea el vector representativo de la fuerza que actúe, siempre podrá descomponerse, ya sea respecto la horizontal y vertical o longitudinal y transversal

Mediante análisis trigonométrico se calcula la tensión que soporta cada cabo en relación con la fuerza aplicada y el ángulo de trabajo. La tensión varía entre un mínimo igual a la fuerza externa en el caso de que el ángulo sea igual a 0º (cos 0º=1), hasta infinito cuando la misma llegue a 90º de apertura (cos 90 º = 0).

Obsérvese la importancia que adquiere la longitud de una amarra ante la variación de la distancia vertical entre el punto de amarre en tierra y el punto donde la amarra entra dentro del buque. Fig. 14

Analizando el gráfico se ve la diferencia de elongación entre el

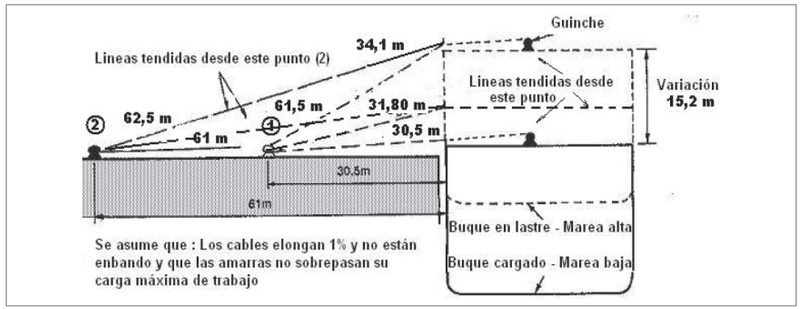


Fig. 14 Diferencia de elongación entre un travesín corto y otro largo

travesín corto de 30,5 m. con respecto al largo de 61 m. cuando el buque sube 15,2 m por efecto de descarga y marea.
El corto elongó 3,6 m. mientras que el largo lo hizo 1,5 m.

Obsérvese que también es muy diferente el ángulo con que trabaja, lo que reducirá su tensión para soportar igual fuerza. Fig. 15

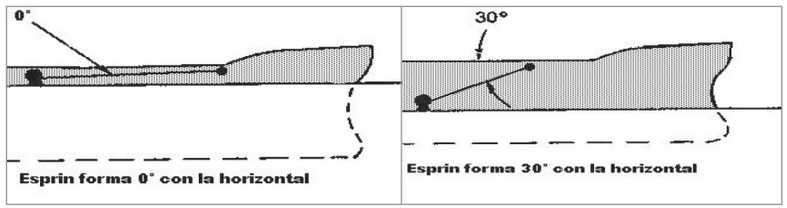


Fig. 15 Reducción de tensión para soportar igual fuerza por la reducción del ángulo de trabajo

Cambios de calados durante alijos o completados
Durante las operaciones de transferencia de cargas entre buques

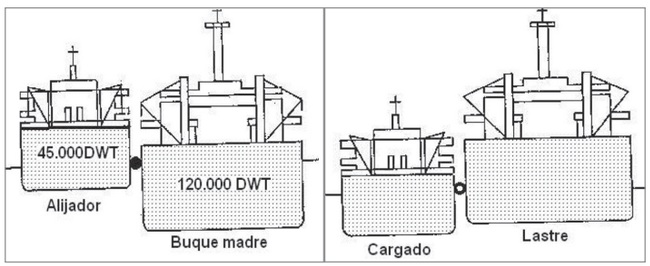


Fig. 16 Atención de amarras en alijos-completados

se producen importantes cambios de francobordo en ambos, si

no se está atento a esto se pueden generar tensiones peligrosas, sobre todo en las amarras más cortas, principalmente los travesines, Figs. 16.

Conclusión

Las amarras deben estar tendidas lo mas horizontalmente que se pueda y formando el menor ángulo posible con la dirección de la fuerza que debe contrarrestar y deben tener la mayor longitud que físicamente sea posible.

Norays y bollards
Se denominan noray o bollard a los elementos que permiten hacer firmes las amarras en los muelles.
Sus diámetros tienen que estar en relación con los cabos o cables que en ellos se encapillarán, con el fin de no generar exageradas diferencias de tensiones de tracción y compresión a cada lado de su eje neutro.
Una precaución importante a ser tenida en cuenta cuando se encapilla un nuevo cabo en un noray que ya está ocupado, es pasar la nueva gasa por dentro de las ya instaladas, como muestra la Fig. 17

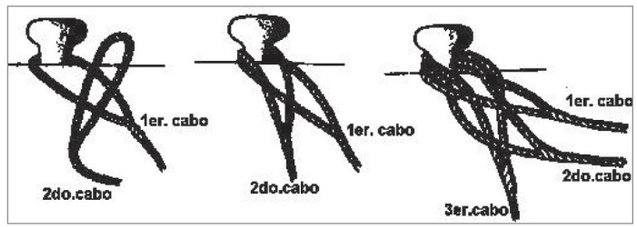


Fig. 17 Forma correcta de encapillado de varios cabos

Si así no se hiciera, para desencapillar cualquiera de ellos sería necesario hacer lo mismo con los restantes.

Elementos para el amarre
Una vez encapillada la gasa de un cabo o cable en el lugar de atraque, el mismo debe ser virado desde a bordo.

Cabirones y guinches

Para ello se utilizan normalmente los cabirones que son tambores giratorios cuyo diámetro central es ligeramente menor que el de los extremos, Fig. 18

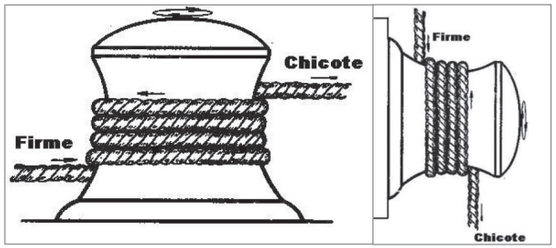


Fig. 18 Cabirón vertical Cabirón horizontal

Los hay de construcción vertical u horizontal.
Es importante tener en consideración la forma en que se toman vueltas sobre el mismo. El firme (extremo del cabo que realiza la tracción) debe entrar por la parte interior y el chicote (extremo libre) debe salir por la parte exterior.
Los modernos buques vienen dotados de guinches con carretes auto estibantes y algunos de ellos auto tensantes. Fig. 19

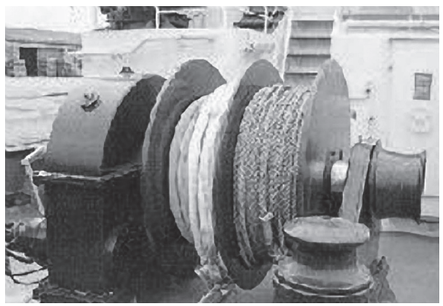


Fig. 19 Guinche con carrete autoestibante

Éstos tienen enormes ventajas:

- Pueden ser manejados por un sólo hombre, hecho este a ser muy tenido en cuenta actualmente ante las reducidas tripulaciones con que cuentan los buques.
- No se deben pasar los cabos a la bita del buque sino que quedan trabajando desde el mismo carrete.
- Los auto tensantes filarán o cobrarán cabo según la intensidad de la fuerza que actúen sobre el mismo, pero siempre de acuerdo a la carga de trabajo del cabo a que han sido graduados.
- Se agiliza la maniobra de atraque al no tener que abozar previamente a tomar vueltas a la bita.
- También el desatraque se efectúa más rápidamente ya que sólo se debe filar para permitir el desencapillado y luego resta virar hasta que la gasa llegue a bordo.
- Reduce sensiblemente la tarea de poner el buque "a son de mar" posterior a la zarpada, ya que los cabos permanecen adujados en sus respectivos carretes. Lo único que se suele hacer para evitar el deterioro producido por los rayos UV es cubrirlos con un encerado.

Bitas

Son los elementos sobre los cuales, una vez cobradas las amarras, se las debe hacer firme.
Cuando se pasa un cabo o cable a una bita deben ser tenidas en cuenta algunas precauciones.
El firme debe dar una vuelta en redondo sobre el cuerno que se encuentra del lado de la tracción, para luego iniciar los "ochos" sobre ambos cuernos, como lo indica la Fig. 20

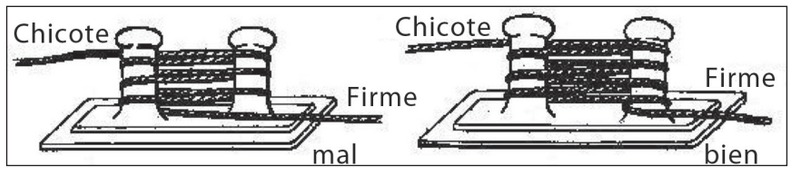


Fig. 20 Bitas, modo incorrecto y correcto de encapillar un cabo

Esto tiene una explicación física, si la tracción la ejerce sobre el cuerno más alejado, tenderá a levantar el mismo ante un esfuerzo excesivo, en cambio si lo hace sobre el opuesto, solo ejercerá una tracción horizontal.
Las bitas tienen áreas de trabajo y de quebrando. Nunca se la debe utilizar al quebranto cuando deban resistir grandes esfuerzos. Fig. 21

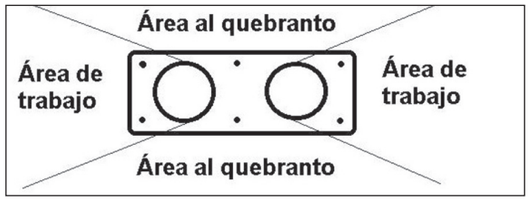


Fig. 21 Sentido correcto de encapilladura de un cabo a una bita

Porta espías, panamás y roletes

Son los elementos sumamente resistentes que se encuentran en los costados del buque, normalmente en los trancaniles y por donde salen los cabos hacia los puntos externos de amarre. Los mismos pueden ser abiertos o cerrados. Fig. 22



Fig. 22 Portaespías, roletes y panamás

Abozar

Cuando se debe retirar un cabo o cable que está teso, del cabirón para pasarlo a una bita, se lo debe afirmar para que no ceda y quede en bando. Para ello se lo aboza.

Para el abozado de un cabo se debe utilizar una boza de cabo. Este deberá ser de diámetro bastante menor del cabo a abozar, está afirmado a un cáncamo cercano a la bita, o sobre un cuerno de ella, permite sujetar el cabo en tensión para poder tomar vueltas a la misma.

La "técnica" del abozado debe ser tal que permita que el cabo en tensión no patine, pero que además, una vez hecho firme a la bita, pueda ser retirado para que la tensión la soporte solo la amarra.

En la Fig. 23 se muestra la forma correcta de hacerlo, con uno y con dos chicotes respectivamente.

Para abozar cables se debe utilizar una boza de cadena con una rabiza de cabo en su extremo libre.

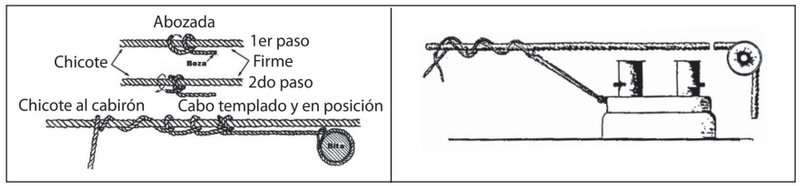


Fig. 23 Forma correcta de abozar un cabo de fibra

Jamás se debe utilizar una boza de cadena para abozar cabos ya que los eslabones de la misma deterioran la parte exterior del cabo.

La "técnica" a utilizar es la misma.

Si el cable a abozar está bajo una gran tensión, se suelen utilizar mordazas que tienen mucha resistencia. Las mismas poseen sistemas y partes comunes.

Se hacen firmes mediante eslingas o cadenas. Constan de una pieza abisagrada donde en uno de sus partes se desliza una cuña. La misma tiene moldeadas las formas que corresponden a los torones del diámetro del cable a utilizar. Una vez cerrada sobre el mismo se traba mediante un seguro y un pasador y se golpea con una masa contra la cuña para que trabe el cable.

La más utilizada es la denominada *Carpenter*. Fig. 24

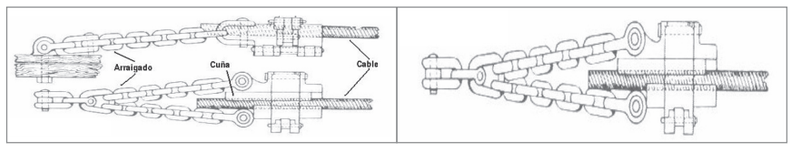


Fig. 24 Forma de abozado con mordaza de cadena de un cable de acero

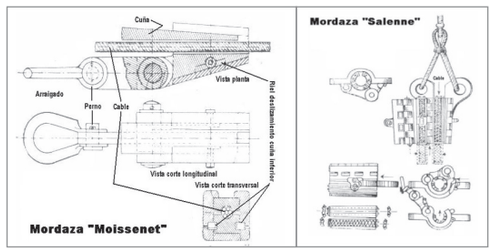


Fig. 24-a y b Mordazas Moissenet y mordaza Salenne

Existen otros tipos como las Moissenet y Salenne, que se mues-

tran en Figs. 24-a y 24-b
Lo que no se debe hacer jamás es dejar un cabo pasado a un cabirón como punto de amarre. Dichos elementos no están preparados para soportar los estrechonazos que pueden provocar fuerzas externas. Fig. 25

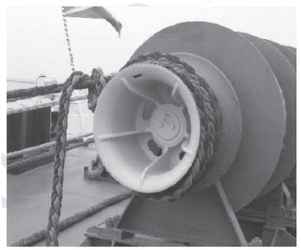


Fig. 25 Lo que no debe hacerse, cabo firme al cabirón

Instalación de las amarras

Previo al amarre se deberá hacer un análisis de la posición en que deberá quedar el buque, los elementos externos de fijación, (noray, bitas o el peor de todos: anillas), con que se cuenta, los posibles estorbos al tendido de las amarras y cuáles son las fuerzas externas a las que más atención se les debe prestar con el fin de reforzar los sentidos en que ellas trabajen.
Se debe tener también en cuenta, dentro de lo posible, los movimientos de buques que pudiera haber y las operaciones que realizará el buque propio; p.ej.: si el buque atraca cargado y va a proceder a descargar para zarpar en lastre, convendrá efectuar el tendido de los largos de manera tal que cuando disminuya el calado del buque no rocen y se "quiebren" con las largos de los buques aledaños.
Una vez verificados esos factores recién se decidirá que amarras colocar y por donde serán pasadas.
La longitud habitual de la amarra normal de un buque mercante ronda los 65 m. Que resultan de dividir una bobina de 220 m. en tres tramos (la diferencia se debe a la confección de las gasas).

Efectividad en el amarre

Como ya se dijo, las amarras están destinadas para prevenir el movimiento del buque respecto al atraque así como mantener la posición relativa con los brazos de carga, (mangueras, tubos de descarga o aspiración de granos, puentes grúa, etc.) por ello estos tienen una libertad de movimiento, aunque limitada, para compensar los posibles movimientos debidos a la elasticidad de las amarres; p.e : Las cigüeñas para mangueras Fig. 26

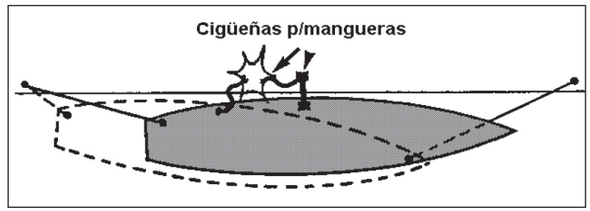


Fig. 26 Elementos de trabajo con movimiento
para compensar la elasticidad de las amarras

Efectos evolutivos de las amarras

Las amarras son además un elemento de ayuda como auxiliares en el atraque y/o desatraque, y también pueden utilizarse para modificar dicha posición.
Por acción de una amarra se pueden obtener tres momentos evolutivos, los cuales varían según el lugar del buque donde se aplique el esfuerzo y la dirección en que trabaja la amarra.
Dichos efectos son:

- De evolución
- De aceleración o frenado
- De traslación o deriva

Se muestra en la Fig. 27 el efecto que produce un esprín pasado

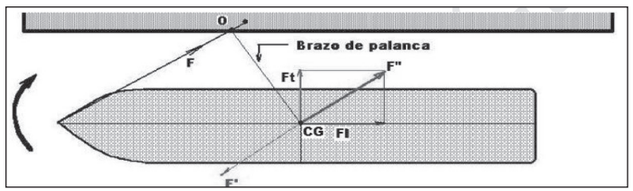


Fig. 27 Efecto de un esprin pasado bien a proa al virarlo

bien por proa al ser virado o tener el buque una arrancada avante.

El mismo tracciona hacia atrás desde la proa con una fuerza **F**, si se traza desde el centro de gravedad un par de fuerzas neutro, **F'F"** (fuerzas de igual dirección y dimensión, pero distinto sentido) se observa que las mismas están separadas por una distancia, que es el brazo de palanca de la cupla **FF'**, horaria , en este caso la misma lleva la proa contra el muelle.

Vease ahora la fuerza restante del par **F'F",** la **F"**. A esta se la descompondrá en las componentes: transversal y longitudinal.
Llamando **Ft** a la fuerza transversal y **Fl** a la fuerza longitudinal.
La primera de ellas tenderá a llevar el **CG** del buque hacia el muelle, mientras que la segunda lo frenará.
Si lo que se procura es acercar el buque al muelle paralelamente al mismo, el efecto evolutivo de dicho esprín superará al que genere el timón puesto a babor, e, inevitablemente llevará la amura de estribor contra el paredón.
Igual ocurrirá si, con corriente o viento de popa, se busca utilizarlo como freno para efectuar un atraque.
Exactamente lo mismo, pero en sentido contrario, sucede cuando al pasarlo desde el extremo de popa virándolo o el buque tiene estrepada atrás. Fig. 28

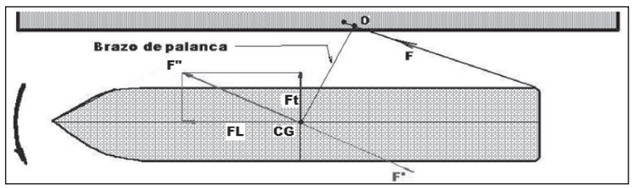
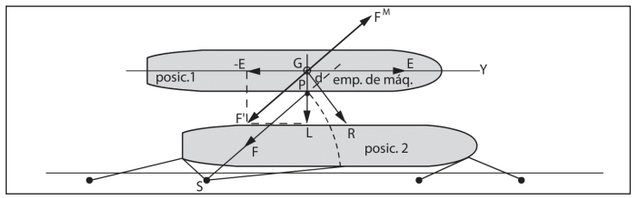


Fig. 28 Efecto de un esprin pasado bien a popa al virarlo



Figs. 29-1 y 2 Reducción del momento evolutivo de un esprín pasado desde una posición cercana a la sección maestra.

Véase por donde debe ser pasado si se desea que frene o acelere, sin provocar momento evolutivo importante
Obviamente si no se quiere disminuir la fuerza, lo que deberá hacerse es reducir el brazo de palanca con el fin de quitarle momento evolutivo a dicha cupla. Figs.: 29-1 y 29-2
Por lo tanto, cuanto más cerca a la sección maestra se pase, menor será el brazo de palanca y en consecuencia menor el momento evolutivo que generará.
El buque podrá así ser atracado acercándose paralelamente al muelle, corrigiendo pequeñas caídas con máquina y timón.

En estas circunstancias se produce un movimiento circular cuyo radio es la longitud del esprín **SP**, desde el casco hasta el noray donde se hizo firme.
La resultante "**R**" es la dirección y magnitud del movimiento del centro de gravedad del buque.
Se supone que el esprín se mantiene firme sin lascarlo, y aplicando una máquina moderada de acuerdo con la carga de rotura del cabo.
De esa forma el punto **P** pasa a la posición **P'** describiendo el arco **PP'** con centro en **S**.
Si la cupla diera una caída a estribor, motivada por el brazo de palanca d, sería suficiente con meter un poco de timón a babor para anularla, ya que el buque respondería rápidamente.
Avanzaría entonces arrimándose paralelo al muelle, debiéndose detener la máquina con suficiente antelación con el fin de no golpear contra él.
A medida que se reduzca el empuje E irá cambiando la dirección

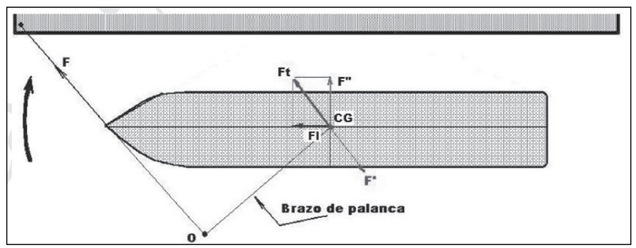


Fig. 30-a Efecto de un largo de proa

y magnitud de la resultante **R** llegando a tener la dirección y magnitud de **L** cuando **E + (- E) = 0**.
En ese momento el buque estará parado, pero no perderá el gobierno si la máquina continua dando avante., aunque con menos fuerza.

Se analizará ahora la acción de un cabo pasado por largo a proa.
Fig. 30-a
Haciendo el mismo análisis, se ve que si el buque va hacia atrás o viramos el largo se genera una cupla horaria que en este caso, llevará la proa hacia el muelle.
La magnitud de su caída a estribor será menor que la que provoca el esprín, ya que cuando la crujía este paralela a la dirección del largo, la cupla habrá desaparecido.
El efecto contrario provoca un largo pasado por popa. Fig 30-b

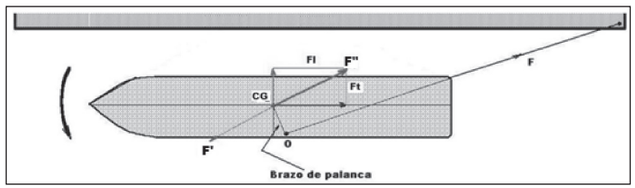


Fig. 30-b Efecto de un largo de proa

Queda realizar un análisis del efecto evolutivo que provoca un travesín.
Como se observa en un primer momento no genera un movimiento longitudinal, pero apenas comience a trabajar como largo, comenzará a desarrollarse una fuerza longitudinal. Fig 31

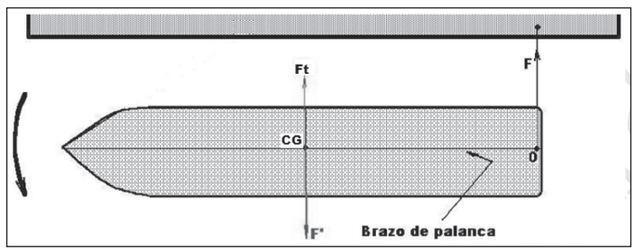


Fig. 31 Efecto de un travesín

Conclusiones

- Se puede afirmar que a medida que los esprines trabajen más cerca de la sección maestra, se estará reduciendo su gran momento evolutivo.
- Los largos y los travesines tienen pocos momentos evolutivos, los que también disminuyen a medida que se acerquen a la sección maestra.
- Cuando se las utiliza para cambiar de posición en un muelle se las denomina **espías** y la acción de correr el buque a lo largo de un muelle por medio de ellas: "espiarse sobre amarras"

Efectos de dos o más amarras

Si hubieren dos travesines pasados, uno por proa y el otro por popa, y se viran ambos con igual velocidad, no existirán componentes longitudinales y los efectos evolutivos de las amarras se anularán mutuamente por lo que el buque se irá acercando al muelle manteniéndose paralelo a éste.
Sin embargo hay que tener presente que ésta maniobra no es fácil de realizar; por una parte porque existe dificultad para emparejar las tensiones y velocidades de cobrado entre el cabrestante y el guinche de popa, que posiblemente posean diferentes características; y por la otra parte porque los esfuerzos a que se verán sometidas las amarras son muy grandes debido a la gran área lateral que se opone al movimiento.
Por tal causa, usualmente se va virando de ellas en forma alternativa para así entrar la proa y la popa sucesivamente, hasta tener el buque próximo al muelle, para entonces ir arrimándolo muy lenta y palelo al mismo.
Si cualquiera de esas amarras es llevada más hacia proa o popa de la dirección del través, haciéndolas trabajar como esprín o largo, pero aguantando la otra en posición normal a crujía, si se cobra de la primera y al mismo tiempo se lasca de la segunda, el buque se moverá hacia proa o popa y simultáneamente se acercará al muelle atracando el extremo de la amarra que se cobra.
Cuando se tienen pasadas varias amarras y se quiere hacer trabajar a una en particular para obtener un determinado efecto, se deberá lascar toda otra cuya acción se oponga a la primera. Por

ejemplo: si se vira el esprín de proa se deberán lascar los largos de proa o el esprín de popa al virar los largos de popa.
Distinto es el caso cuando se pretende, por acción de la segunda eliminar sólo uno de los efectos parciales producidos por la otra, ya sea tal efecto el de hacer tomar arrancada avante o atrás al buque, o provocar una cupla evolutiva.
Es así que el movimiento que experimentará el buque será el resultante de los efectos parciales de las diferentes amarras, los cuales se sumarán o restarán en su totalidad o en parte.
Por ejemplo si se vira simultáneamente de un largo de popa y de un travesín proel es probable que los efectos evolutivos se compensen por ser de sentidos contrarios ya que el travesín de proa ira llamando hacia proa convirtiéndose en largo. Los efectos de abatimiento lateral se sumarán moviendo al buque en rápido desplazamiento hacia el muelle y por acción del largo de popa ya que el travesín no produce efecto de frenado en un primer momento.

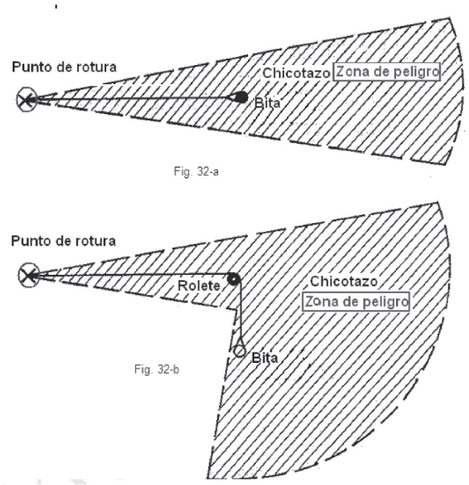
Uso simultáneo de amarras y máquinas

En todos los casos en que se quiera hacer trabajar una amarra dando máquinas, se debe tomar la precaución de que la misma esté tesa y pasada a la bita o con el guinche de amarre bien frenado y que no haya personal ubicado en las zonas de peligro, antes de que la máquina arranque.
De esa forma se disminuye significativamente la energía cinética que el buque descargará sobre la misma.
No se debe permitir en ningún momento que aquella quede en banda, pues la estrepada que se producirá al tesarla repentinamente puede causar su rotura. La potencia de máquina siempre comenzará en mínima.

Precauciones generales a tener en cuenta

- El oficial a cargo de una maniobra debe estar permanentemente atento a la ubicación que ocupa cada una de las personas a su cargo.
- Los cabos que representan mayor peligro son los de nylon.

Ellos se comportan como una banda elástica de escritorio al cortarse, describiendo un latigazo en forma de arco con extrema violencia.
Los polipropileno y los poliéster siempre darán señales previas a su rotura. La misma consiste en una clara disminución de su diámetro y una vibración acompañada de un crujido característico proveniente de la rotura paulatina de sus fibras



Figs. 32 a y b Zonas de peligro virando cabos

Las Figs. 32-a y 32-b muestran las denominadas zonas de peligro, que son, ni más ni menos, las que recorrerá el chicote de un cabo que se corte.

- Se deberá elegir la bita, las amarras deben estar claras, es decir “no mordidas”. Ninguna debe estar montada sobre otra en la encapilladura.
- La gasa encapillada en la parte superior del noray debe estar pasada por el seno de las inferiores, de esta manera puede ser la primera o la última en largarse sin inconvenientes.
- Las amarras por seno conviene que entren y salgan por el mismo porta espías.
- Nunca deben hacerse trabajar sobre los mismos elementos de amarre o guía (porta espías y/o roletes), cabos junto con cables.

- No deben cruzarse amarras que trabajan en distintas direcciones de forma tal que se estén rozando y menos aún que dicho rozamiento produzcan quiebres de su dirección.
- Las amarras deben utilizar las bitas del buque en forma tal que se produzcan la menor cantidad de cruces de cabos posible en el lugar de maniobra.
- Nunca deben utilizarse las dos gasas de un cabo de amarre. Siempre debe estar libre uno de sus chicotes. Sin embargo es sumamente conveniente que ambos extremos tengan confeccionada su gasa ya que ante cualquier rotura se puedan chicotear rápidamente.
- Deben utilizarse las bitas cuya área de trabajo forme el menor ángulo posible con el punto de entrada de la amarra al buque. O sea, se deben hacer trabajar las amarras en el sentido de la mayor longitud de la base de la bita. Nunca deben trabajar al quebranto.
- No se deben utilizar cabirones para dejar trabajando las amarras. Estos elementos no están preparados para soportar cargas bruscas (estrechonazos) ni tampoco colocados sobre roletes montados sobre torres (muñecos).
- Es conveniente que los cabos de fibra sintética primero den una vuelta completa sobre el cuerno delantero de la bita para luego salir hacia el trasero e iniciar el "ocho"
- Una vez terminado el amarre se deberá de inmediato dejar arranchada la zona para facilitar cualquier zarpada de emergencia. En operaciones de riesgo; alijos o completado de carga, muelles precarios con resaca, muelles petroleros o graseros, o cualquier otra circunstancia, en la que exista la posibilidad de necesitar desatracar de urgencia, sin el auxilio de personal de tierra, es muy recomendable dejar hachas de leñador bien afiladas a mano para poder "picar cabos" si las circunstancias así lo requieren.
- Si deben pasarse una cantidad de cabos superior a los puntos de amarre disponibles es aconsejable colocarlos de a dos en cada bita, siguiendo lo más posible los mismos recorridos con el fin de que el trabajo sea lo más parejo posible, repartiendo la carga.

- Cuando el buque está sometido a movimientos constantes es conveniente el engrase permanente el lugar por donde las amarras salen del buque para disminuir la fricción. También resulta apropiado forrar los cabos con lona o cuero en la zona de roce con el porta espía
- Éstos tres últimos puntos deben ser tenidos muy en cuenta en operaciones de alijo o completado en aguas abiertas.

Cabos pasados por seno

Pasar una amarra por seno consiste en tener una de sus gasas encapilladas a una bita de a bordo y desde allí que se dirija al punto de amarre y retorne, preferentemente por el mismo camino, hasta tomar vueltas en la misma bita.
Una creencia equivocada y muy difundida es que pasando un cabo por seno se estará duplicando la tensión que el mismo pueda soportar, y además aliviando el trabajo del guinche que lo vira.
Este criterio está absolutamente errado, si el guinche que vira es el de a bordo.
La resistencia del cabo es solo ligeramente superior a un cabo pasado por simple (siempre que el punto donde cambia 180° de dirección tenga el diámetro apropiado con respecto al del cabo). Ese ligero aumento de su capacidad de absorber energía es sólo debido a que se ha duplicado su longitud, y por ende su capacidad de elongar sin llegar a su carga de rotura.
Respecto a la fuerza que deberá realizar el cabrestante de a bordo es ligeramente superior a la que debería hacer si lo virase por simple; esto es debido al rozamiento del cabo sobre el bollard o noray.
Para explicarlo metafóricamente: es comparable con un balde de un aljibe que es izado a través de una roldana ubicada en la superficie. Supóngase que la persona que lo debe izar está dentro del balde. No cabe duda de que deberá levantar su propio peso más el rozamiento generado por la roldana.
Diferente es el caso en que el guinche y el chicote firme están en tierra y el seno entra y sale del buque.
En consecuencia puede afirmarse que dicho tipo de amarre pre-

senta ventajas:

- Refuerza la amarra, pero no la duplica.
- Independiza al buque del personal de tierra para largarla.

Si se las utiliza conviene que ambos tramos sigan el mismo camino para que su trabajo sea lo más parejo posible, con el fin que movimientos que tenga el buque no provoquen un continuo rozamiento contra el noray.

Debe tenerse en cuenta que existe una relación entre el diámetro del cabo o cable con respecto al diámetro sobre el que se origina el cambio de dirección.

A medida que dicha relación se agrande, (menor diámetro del eje de cambio de dirección) mayor será el esfuerzo que sufran las fibras o alambres exteriores de la curva, debilitando por lo tanto la resistencia del cabo o cable.

Por lo tanto debe tenerse muy en cuenta dicho detalle para evitar deterioros permanentes en las amarras.

Jamás debería pasarse un cabo o cable por seno a través de una anilla de amarre.

Cuando se deba zarpar y no se disponga de personal de tierra para el desatraque, se puede proceder de la siguiente forma, utilizando el personal del buque

- Si las condiciones hidrometeorológicas lo permiten, con personal de a bordo, se pasan dos amarras por seno, una a proa y otra a popa.
- Luego se aligeran el resto de las amarras y se hace embarcar al personal que estuvo en tierra.
- Una vez retirada la planchada se largan amarras desde a bordo.

Fuerzas sobre las amarras

La primera fuerza que ejerce una amarra encapillada recién pasada al ser virada, es provocada por su propio peso.

Esto debe tenerse en cuenta cuando se desea que una débil corriente o viento abra un extremo del buque con respecto al lugar de atraque. Muchas veces el solo peso del cabo en bando es suficiente para impedir que el extremo se separe.

Habrá entonces que arriar más de él hasta dejarlo flotar en el agua.

Si se vira del cabo la tracción prosigue, la amarra se estira y continúa acumulando energía entregada por la fuerza del guinche.

Dicho acumulación de energía está en relación a la resistencia/ elongación.

La energía que pueda absorber depende si es sometida a una carga lenta o a una carga rápida o estrechonazo.

Aunque parezca incomprensible en un primer momento, los cabos pueden soportar una mayor carga rápida que una lenta.

Las fórmulas siguientes nos permiten evaluar la diferencia entre ambas situaciones

Carga lenta

$$Energía\ capaz\ de\ absorber_{(Kg/m)} = \frac{resistencia_{(Kg)} \times elongación_{(m)}}{3}$$

Estrechonazo

$$Energía\ capaz\ de\ absorber_{(Kg/m)} = \frac{resistencia_{(Kg)} \times elongación_{(m)}}{2}$$

Conclusión

Un cabo tiene mayor resistencia a un estrechonazo que a una carga lenta

Esto se debe a que cuando se produce una carga rápida no le da tiempo a las fibras que componen cada guindaleza a acomodarse, por lo tanto las fibras no alcanzan a rectificarse ni se comienza a producir el deslizamiento entre las mismas que concluye con la rotura del cabo.

Si se continúa la tracción hasta llegar a la carga de ruptura, la energía absorbida es prácticamente independiente a la velocidad con que se aplique la tracción.

Esto es muy importante ya que indica que si en una línea de amarre hay tendidas amarras de distinto coeficiente de estiramiento, las que tengan el menor de ellos, soportarán la mayor parte del esfuerzo, y por lo tanto serán las primeras que se corten.

Cuando eso suceda, lo más probable es que se sigan cortando las demás.

Capacidad de estiramiento

La elasticidad de una amarra depende de:

- El material que la constituye.
- El tipo de construcción
- El área de la sección
- Su longitud

A igualdad de sección, longitud y tipo de construcción, los cabos de fibras sintéticas tienen más capacidad de estiramiento que los de fibras naturales. Los cables de acero son los que menor coeficiente de elongación poseen.

Recomendaciones finales

- En la maniobra de popa se deberá tener siempre especial cuidado en no dejar grandes senos de cabos en el agua para evitar que puedan ser aspirados por la hélice y llevados hacia ella si se llega a mover la máquina. En el caso que no puedan mantenerse fuera del agua se avisará de inmediato al puente. Si se desea pasar algún otro cabo, siempre deberá solicitarse autorización al puente con suficiente anticipación. En caso que el pasaje de cabos se realice mediante lancha de amarre no se debe permitir que la misma se acerque sin que el puente esté sobre aviso.
- Antes de pasar cabos a la bita es conveniente consultar al puente para saber si el buque está ya "en posición" para evitar trabajos innecesarios del personal en caso de tener que espiar el buque.
- Si el buque posee una hélice de paso controlable, (CPP), tener presente que la misma estará girando en forma permanente, y que genera pequeñas corrientes hacia proa y popa, (como veremos cuando se estudie la misma), y ello puede aspirar un seno flojo flotando en el agua.

CAPÍTULO III

Anclas

Definición

El ancla es un instrumento de hierro o acero, resistente y pesado, en forma de arpón o anzuelo doble, que unido a un chicote de una cadena, cable o cabo que se encuentra sujeto por el otro extremo al buque, es arrojada al agua para quedar hecha presa en el fondo y así sujetar el buque en un lugar impidiendo que sea arrastrado por vientos y corrientes. Fig. 1

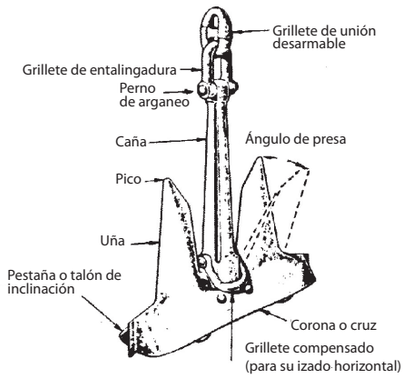


Fig.1 Nomenclatura de un ancla

El ángulo de presa (*fluke angle)* es el formado entre la caña y las uñas cuando tienen su máxima apertura.
Suele ser de 35° a cada lado de la caña. Este el mejor ángulo para fondos de arena, pero para fondos de limo o barro conviene que sea de 50°.

Distintos tipos de anclas

En el cuadro de la Figs. 2 se pueden observar los distintos tipos de anclas.
Excepto las antiguas almirantazgo con cepo, las demás son tipo tragadero, o sea que su caña se introduce dentro del escobén y sus uñas quedan apoyadas en los labios del mismo, quedando entonces alojada y asegurada.

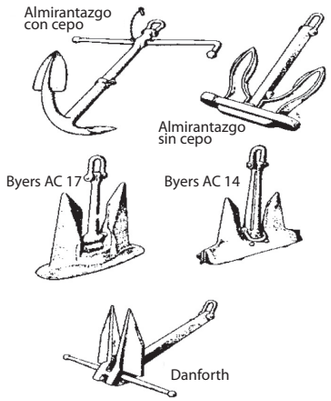


Fig. 2-a

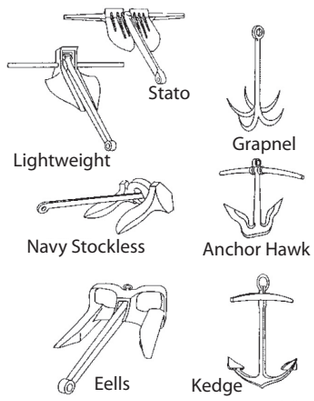


Fig. 2-b

Diferentes tipos de anclas

Rendimiento del ancla

Se denomina rendimiento o eficiencia del ancla a la relación existente entre su máxima fuerza de tracción que resiste sin garrear y su peso.
P.ej.: Si un ancla pesa 100 kg. y resiste una tracción horizontal de una tonelada se dice que su rendimiento o eficiencia es de 10

$$\text{Rendimiento o eficiencia de un ancla} = \frac{Resistencia\ a\ la\ tracción}{Peso\ del\ ancla}$$

Normalmente los rendimientos de las anclas mas utilizadas son aproximadamente los siguientes:

Tipo de ancla	Arena	Limo o lodo
Almirantazgo de tragadero	4,4	2,3
Danforth	14,6	7,1
Lightweight	12,9	3,2
Stato	25,5	17,6
Eells	6,5	6,9
Byers AC14	12	9,5
Bloque de concreto	0,5	0,3

Rendimiento del ancla

Garreo de un ancla

Un ancla puede garrear (*drag)* por varias razones:

1. Clava sus uñas en el fondo pero las mismas zafan por escaso ángulo con respecto a la horizontal.
2. Por un exceso de esfuerzo que supera la su capacidad de agarre.
3. Porque la naturaleza del fondo marino es tal que "empasta" el ancla impidiendo el clavado de las uñas (p.ej.: arcilla).

Resistencia a la tracción de un ancla

La resistencia a la tracción que ejerce un ancla que hizo bien presa depende más de sus formas que de su peso.
Se obtiene el valor de la resistencia a la tracción de un ancla mediante el conocimiento del coeficiente k, que depende del diseño del ancla y que acompaña al certificado de la misma:

$$Resistencia(t) = k \times peso^3(t)$$

Los factores que influirán en la misma son, en orden de importancia el diseño y en segundo término el peso
Se ha experimentado con anclas de igual diseño pero construidas con metales de distinto peso específico y se comprobó que no hubo variaciones sensibles con respecto a la resistencia que ofrecían a la tracción.

Los factores relacionados con el diseño son

1. **La forma de sus uñas ya que dicha forma es la que facilita su clavada.**
2. **La superficie de las mismas. Cuanto mayor sea su área, mayor será su resistencia.**
3. **La estabilidad del ancla. Se entiende por estabilidad la cualidad que le permite permanecer horizontal al fondo, sin voltearse, cuando la tracción de la cadena es ejercida con un determinado ángulo horizontal respecto a la dirección de la caña. La misión del cepo (*stock*) es evitar, justamente, que el ancla rote sobre su caña levantando una de sus uñas del fondo.**

Determinación del ancla adecuada para cada buque

Las anclas varían de peso de acuerdo al buque al cual están destinadas.
Dichos valores se obtienen en base a "la numeral de equipo", donde se determina no solo las características de la misma, sino también la de la cadena que deberá utilizar de acuerdo a las dimensiones del buque.

Maniobras con anclas

Las maniobras fundamentales realizadas con las anclas son tres:

Fondear: Consiste en dejar caer el ancla sobre el fondo y una vez allí hacerla "hacer presa o cabeza" en el mismo para que aguante al buque en un determinado sitio.
Levar: Consiste en virar la cadena hasta ponerla "a pique" para que desclave sus uñas y zafe para continuar virando hasta alojarla en el escobén y que el buque pueda iniciar su navegación.
Auxiliar de la maniobra: También se puede utilizar el ancla como elemento auxiliar de la maniobra con el fin de conseguir efectos evolutivos o de freno.

Fondear

Secuencia de acciones cuando se deja caer el ancla al fondo marino

Cuando toca fondo y se ha filado una cantidad de cadena mayor que la profundidad, primeramente yacerá acostada.
Su diseño es tal que los talones de las uñas las obligan a girar hacia uno u otro lado indistintamente, haciendo que con la tracción se claven en el fondo. Fig. 3-a Si la dureza del fondo lo permite y la longitud de cadena es la adecuada, o sea el chicote de la cadena al cual está sujeta el ancla permanece recostado sobre el fondo durante la tracción, al continuar el arrastre, la misma comienza a clavarse hasta quedar totalmente enterrada. Fig. 3-b

Si se producen oscilaciones, (casi siempre en sentido vertical) en la porción visible de cadena, que pueden o no estar acompaña-

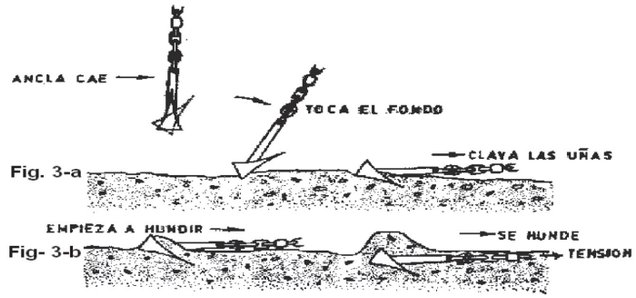


Fig.3a y 3b Secuencia de acciones cuando se deja caer el ancla

dos de vibraciones (dependiendo del tipo de fondo) se estará probablemente ante un garreo por lo que se deberá observarla atentamente para poder determinarlo fehacientemente y comunicar de inmediato la novedad al puente.
Una vez que se tiene certeza de que el ancla "hizo cabeza", se arriará cadena hasta el grillete ordenado por el Capitán informando al puente y frenando y colocando estopor.

Importancia del "arte de fondear"

A pesar de las modificaciones que han sufrido los buques, no ha disminuido en nada la importancia de la maniobra de fondear el ancla, a la cual muchos marinos con mucha justicia denominan el "arte de fondear"
Los buques han aumentado de tonelaje y potencia constantemente. Sus máquinas son cada vez más confiables y seguras, pero todo ello no quita en absoluto que hoy en día no sea aún más necesario dominar el "arte de fondear".
Que el ancla haga "presa" o cabeza depende menos de su peso que del modo en que ha sido fondeada
Por ello el marino debe de prestar especial atención a esta maniobra, que aunque aparentemente simple, necesita de una serie de conocimientos que, aplicándolos permitirán una estancia al ancla confiada y segura

Teoría del ancla fondeada

Cuando un buque se encuentra fondeado, son tres las fuerzas intervinientes como podemos apreciar en la Fig. 4.

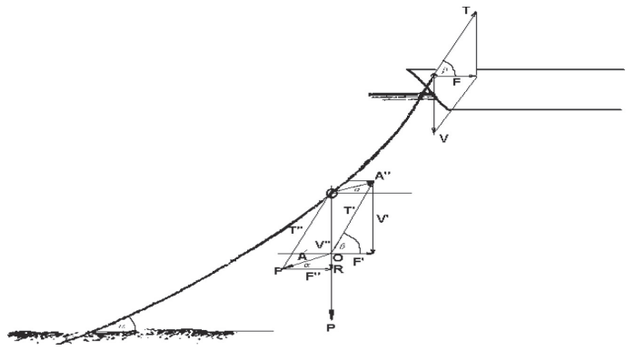


Fig. 4 Fuerzas intervinientes en un ancla fondeada

Tracción horizontal **(F)** ejercida por el buque por acción de las fuerzas externas.
El peso **(P)** de la cadena filada.
Reacción **(A)** del ancla a ser arrastrada medida sobre el arganeo que la une a la cadena.
La fuerza **F** es la resultante horizontal de la tensión **"T"** que ejerce el último eslabón de la cadena en el labio del escoben y la componente vertical **"V",** que representa el peso de la cadena que cuelga hasta el fondo, y que se despreciará, ya que lo hace es tender a sumergir la proa del buque, siendo anulada por el par de estabilidad longitudinal del buque
Para que todo el sistema se encuentre en equilibrio es necesario que todas ellas (**T, P y A**), concurran en un punto común que denominará **"O¨**, ubicado por debajo de la catenaria, donde redenominará **T', P'** y **A'**.
Se observa que cada una de ellas es la resultante, de igual dirección y sentido opuesto, de las otras dos.
La modificación de alguna de ellas modificará la curvatura de la catenaria y consecuentemente el paralelogramo de fuerzas, hasta que todo el sistema vuelva a quedar en equilibrio
Para el análisis trigonométrico del sistema deberá considerarse que las tres fuerzas trabajan sobre un mismo plano vertical, aunque en la práctica no siempre sucede así.
La fuerza **"P"** como es el peso de la cadena estará aplicado en el punto "**G"** (centro de gravedad de la catenaria)

Si por el extremo de la fuerza **A'** se traza una horizontal hasta que corte la vertical que pasa por **"O"** se observa que **PR** es igual al **segmento F** que es la componente horizontal de la fuerza **"T"**, es decir que serán iguales en valor absoluto, pero de sentido opuesto:
PR = ¦ F ¦
Véase lo que sucede en el triángulo **PRO**:

$$\cos\alpha = \frac{cat.ad.}{hip} = \frac{A'}{PR} \therefore PR = A' \times \cos\alpha$$

Y por carácter transitivo:

$$F = A' \times cos\alpha$$

La fórmula muestra que si la fuerza horizontal **"F",** (que actúa sobre el eslabón que entra en el escobén), es mayor que la reacción **"A"** (resistencia del ancla), el ultimo eslabón de cadena engrilletado al arganeo se levantará del fondo, α ya no será 0º, por lo tanto su coseno será menor que la unidad.
En cambio cuando α = 0º **"F"** será igual a **"A",** ya que el coseno de 0° = 1
De allí la importancia de que el chicote de la cadena entalingado al arganeo del ancla esté siempre reposando sobre el fondo, cualquiera sea la tracción que ejerza el buque, para que la tracción "F" no supere a la reacción **"A"**
Si la cadena filada es poca y hay un aumento de las fuerzas externas actuantes sobre el buque, se producirá una rectificación de la catenaria y por lo tanto tenderá a levantar la caña del fondo y en consecuencia tenderá a "desclavar" las uñas que se encuentran enterradas en el fondo.
Además teniendo filada mucha cadena, el peso de la misma servirá de perfecto amortiguador de los estrechonazos bruscos provocados por el mar, viento y/o borneo, logrando que los mismos lleguen al ancla muy disminuidos.
Si las condiciones hidrometeorológicas empeoran el buque comienza a cabecear, bornear y campanear y estos movimientos tienden a modificar constantemente la catenaria pudiéndose llegar a casos en donde llegue a rectificarse levantando la caña del fondo.

Cumpliendo con estas sencillas normas se tendrá la certeza de que al ser la tracción sobre el ancla siempre horizontal, la misma no tenderá a desclavarla del fondo.
Se debe tener presente que la elasticidad de un sistema de fondeo lo proporciona el peso de la catenaria

Además, si la longitud de la cadena es tal que queda una buena longitud de ella descansando en el fondo, el peso y la resistencia que dicho trozo ofrece, se suma a la reacción del ancla para soportar la tracción que ejerce el buque.
Para un ancla fondeada con una adecuada longitud de cadena, se calcula que la que reposa sobre el fondo incrementa aproximadamente en un 6% la resistencia a la tracción.

La curvatura de la catenaria

Depende del :
- **Peso de la cadena**
- **Longitud de la cadena fondeada**
- **Profundidad del lugar de fondeo.**
- **Intensidad de la tracción que ejerce el buque**

Con viento y/o corriente débiles, la curvatura será muy pronunciada, pero el incremento de dichas fuerzas obviamente tenderá a rectificarla, produciéndose el efecto amortiguador.

Factores a tener en cuenta para determinar la cantidad de cadena a fondear
Son varios
- **Profundidad del lugar.**
- **Características del fondo (físicas y geográficas).**
- **Tiempo estimado de permanencia al ancla.**
- **Estado actual del tiempo.**
- **Pronóstico meteorológico.**
- **Corrientes imperantes en el lugar.**
- **Espacio disponible para el borneo.**
- **Comportamiento del buque al ancla.**
- **Características de los elementos de fondeo.**

- **Estado de carga del buque.**
- **Tareas que se realizarán durante el fondeo.**

1. Profundidad del lugar
El marino mercante no suele usar fórmulas para determinar la cantidad de cadena a filar en cada fondeo. Ello lo suele determinar la experiencia sobre el lugar, condición hidrometeorológica, estado de carga. Pero veamos lo que dice la teoría al respecto.
El almirante Fonseca ha calculado una tabla por medio de la siguiente formula

$$L = P\left(\frac{T}{W} - P\right)$$

Donde:
L = Longitud de cadena a filar (en brazas inglesas - 1br = 1,82878 m)
P = Profundidad del lugar más altura del escobén sobre el agua
T = Carga de trabajo de la cadena en libras que es ¼ de la carga de rotura - factor de seguridad 4 - (1 lb = 0,454 kg)
W = Peso de la cadena en libras por braza

Se han convertido los valores al SMD y a grilletes para una mejor comprensión.

Longitud de cadena según la profundidad

Altura del escobén sobre el fondo		Cantidad de Grilletes
Brazas	Metros	
5	9	3½
6	14	4½
10	18	5
15	27	6
20	36	7
25	46	8
30	55	8½
40	64	9½
50	73	10

Esta tabla indica cuales son las longitudes óptimas de cadena a filar según diferentes profundidades para aprovechar al máximo el poder de agarre del ancla. Si se arría una cantidad menor, el ancla tenderá a garrear antes de que la cadena soporte la carga de trabajo para la cual fue diseñada.

Nota de los autores: *Se denomina grillete - referido a la cadena del ancla - a cada tramo de 27 m de la misma (equivalente a 15 brazas). Existe también el grillete español que tiene 25 m. (los más usados en la actualidad) La gran mayoría de los buques mercantes utilizan cadenas de hierro forjado*

Si en cambio se emplea una cantidad de cadena muy superior que la indicada, debido a la resistencia ocasionada por su propio peso y la fricción de los tramos apoyados en el fondo, la cadena podrá sufrir esfuerzos superiores a dicha carga de trabajo (suponiendo que fuerzas extraordinarias actúen sobre el buque) sin que los mismos lleguen a transmitirse al arganeo, por lo que se correrá el riesgo de que los eslabones sufran deformaciones e incluso roturas.

Por lo tanto, aún cuando se disponga de suficiente espacio, no se debe de filar mucha más cadena que la que indica dicha tabla.

En todo este estudio no se ha tenido en cuenta un aspecto fundamental que es la calidad del fondeadero, por lo tanto en la inmensa mayoría de los casos se fondea siguiendo la experiencia local que tiene especialmente en cuenta dicho factor.

Se debe tomar además en cuenta el margen de seguridad que se establezca, ya que la fuerza que una corriente ejerce sobre la obra viva del buque aumenta potencialmente con relación a la disminución del mismo

2. Características físicas del fondo

En el lenguaje náutico se denomina "tenedero" a la calidad misma del fondo marino, considerada en relación con sus cualidades para que las anclas hagan presa en él, diciéndose por ello: fondo de buen o mal tenedero.

Clasificación de los tenederos:

Arena dura, fangosa y fango duro:	Son muy seguros
Arcilla:	Son seguros siempre y cuando el ancla no garree, pues si eso ocurre se empastará y no volverá a clavarse
Pedregullo, canto rodado:	Son muy aceptables
Cascajo, conchillas y arena fina:	Son, de acuerdo a las proporciones, aceptables
Fango muy blando:	En ellos el ancla y la cadena se hunden demasiado – no suelen ser buenos tenederos
Piedra, coral, zona de algas:	Solo se puede fondear en caso de emergencias - evitar utilizarlos

El Río de la Plata, a pesar de tener en su gran mayoría fondo de fango blando, no posee la característica de tragarse las anclas, por lo tanto no es necesario aún en estadías prolongadas, tener que virar el ancla periódicamente para volver luego a fondearla (refrescar el ancla).

En caso de que una emergencia obligue a fondear sobre piedra o coral, dentro de lo posible, no se deberá dejar caer libremente el ancla sobre el mismo ya que puede romperse. Se debe arriar con barbotín enclochado hasta que toque fondo.

Otro de los riesgos de este tipo de fondo es el enrocamiento del ancla en una grieta que puede llegar a ocasionar su pérdida.

Las algas nos impiden conocer sobre que tipo de fondo están prendidos, los cuales son normalmente de piedra, coral o tosca.

Si las características del fondo no es plana el ancla tenderá a garrear si el buque la llama hacia la mayor profundidad

El poder de adherencia de un buen tenedero se manifiesta en el momento de zarpar el ancla del fondo, cuando la cadena está a pique. Esa fuerza necesaria para despegar el ancla se denomina "resaca" y llega a duplicar el peso del ancla.

Cabe destacar dos situaciones que deben estar claramente defini-

das y que deben ser tenidas muy en cuenta por el oficial que está a cargo de la maniobra de virar el ancla:

- **Cuando el ancla despegó** del lecho la información debe ser: **"Ancla zarpada**" (*anchor away*). A partir de ese momento el Capitán toma conocimiento de que el buque está al garete.
- **Cuando el oficial ve la totalidad del ancla** fuera del agua debe informar: **"Libre el ancla**" (*anchor clear*). Esta infomación le permite conocer al Capitán que el ancla no trae consigo ningún objeto que hubiere enganchado en el fondo.

En algunas ocasiones la imprecisión de la información puede acarrear situaciones de riesgo o peligro por traer enganchada las uñas algún cable, cabo o red que se encontraba en el lugar de fondeo.

3. Tiempo estimado de permanencia al ancla, estado actual del tiempo y pronóstico meteorológico

3, 4, 5.- Son tres puntos que están íntimamente ligados.

Las estadías se suele calificar en

- Corta cuando se permanecerá fondeado a lo sumo el tiempo de vigencia del pronóstico meteorológico.
- Prolongada cuando la permanencia superará el lapso entre dos pronósticos.

Para estadías prolongadas siempre es conveniente fondear algún grillete más de los aconsejados. Eso evitará tener que arriar cadena cuando el mal tiempo se ha desatado y posiblemente el ancla haya iniciado su garreo.
Es una muy buena medida, en caso de haberse detectado un garreo, virar totalmente el ancla y volver a fondear.

Nota de los autores*: Cuando se deba permanecer largo tiempo fondeado, y sobre todo en zonas desprotegidas al mar y viento o en zonas de corrientes de marea, es muy conveniente tener la precaución de arriar diariamente par de eslabones de la cadena para evitar que el desgaste que produce con los movimientos el labio del escobén o la roda sobre un eslabón, no sea siempre el mismo.*

6. Corrientes imperantes en el lugar

La fuerza que ejerce una corriente de un nudo sobre la obra viva es similar a la de un viento de 30 nudos (fuerza Beaufort 7/8), sobre la obra muerta de igual área.
Por lo tanto jamás debe subestimarse el *bollard pull* de una corriente, por débil que parezca.

7. Espacio disponible para el borneo

Generalmente, las radas y antepuertos, suelen ser lugares muy concurridos donde se encontrarán un gran número de buques que aguardan órdenes o esperan para ingresar a puerto.
En muchos casos será el práctico el que seleccione el lugar de fondeo según las costumbres y/o reglamentos locales, pero en algunas ocasiones será el capitán el que deberá tomar esa decisión.
Lo primero que se deberá hacer en ese caso será consultar el derrotero y/o las ordenanzas que imperen en el lugar, ellas nos indicarán zonas aconsejadas y precauciones a tomar.
Como regla general se debe evitar (dentro de lo posible) distancias inferiores a la ½ milla entre buques debiéndose tener muy en cuenta sobre todo, en casos de que se deba fondear a distancias menores, el punto en que se deja caer el ancla para poder estimar la posición final que ocupará el buque cuando toda la cadena quede tendida.

8. Comportamiento del buque al ancla

Bornear (*swing*): Girar un buque fondeado en torno de su ancla fondeada.
Campanear (*yawl*): Un buque fondeado campanea cuando no se presenta decididamente a la fuerza de arrastre, sino que se desplaza frontal y lateralmente a una y otra banda, describiendo la roda al tensarse y aflojarse la cadena, una especie de

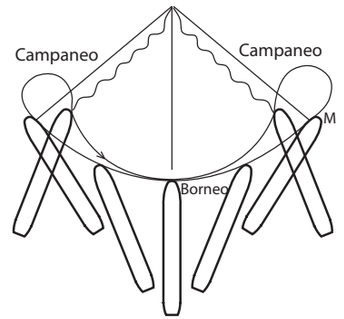


Fig. 5 Campaneo del buque fondeado

ocho desformado.
En la Fig. 5 mostrada podemos observar la combinación de los dos movimientos antes mencionados:

9. Características de los elementos de fondeo
Debe tenerse perfecto conocimiento de como son los elementos de fondeo del buque, p.e.:

- Peso y rendimiento del ancla
- Peso de cada grillete de cadena
- Cantidad disponible en cada caja de cadenas.
- Estado de las marcas de los grilletes
- Tiempo empleado por el cabrestante para virar cada grillete de cadena
- Problemas que pueda tener cada ancla al querer fondearla o virarla (p.ej. quedarse enganchada en el escoben con el freno abierto, etc)
- Estado de los frenos de barbotín
- Posibilidad de desmoronamiento de la pirámide de estiba que se forma durante la virada del ancla en la caja de cadenas y que impedirán el próximo fondeo por trabar la cadena dentro de dicha caja.

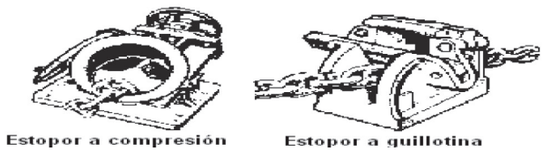
Los tres primeros puntos permitirán determinar la cantidad de cadena a filar de acuerdo a lo visto al comienzo de este capítulo.
Los cinco restantes son los que, teniéndolos en cuenta y por lo tanto previniéndolos, ahorrarán sofocones, gritos y situaciones de riesgo que fácilmente pudieron ser evitados.

10. Estado de carga del buque
En este punto debemos destacar dos aspectos importantes.
Es evidente que el comportamiento, tanto durante la maniobra de fondeo como durante su estancia al ancla varía sensiblemente entre un buque en lastre y el mismo buque con su carga máxima. No solo varía su masa - y por lógica la energía cinética que acumula - , sino también los lugares de aplicación de las fuerzas externas. Mientras que el primer caso hace que sea más afectado por el viento en el segundo lo será más por la corriente. Además, la energía acumulada en los campaneos será también superior

para el buque a plena carga, sobre todo cuando viento y corriente provocan avances y retrocesos que deben de ser soportados por la cadena y el ancla.
El otro caso de riesgo se presenta cuando se debe fondear en profundidades muy próximas al calado máximo. En dicho caso jamás se debe fondear "a la inglesa", ante el peligro que se corre de dañar el casco con las uñas del ancla cuando el buque pase por encima de ella. Además es aconsejable estar atento a las alturas de la marea para observar la dirección de trabajo de la cadena en los períodos de bajamar, ya sea por poder en los períodos de bajamar, ya sea por poder ubicarse el buque sobre el ancla o por quedar varada, lo que ocasionaría un trabajo excesivo de la cadena al quedar el buque atravesado a la corriente y/o viento

11. Tareas que se realizarán durante el fondeo
Por último se deberá tener en cuenta que si el buque ha fondeado para ser alijado o completado, el ancla propia será la que tendrá que aguantar no solo el buque propio, sino también al que se amadrinará.
Por lo tanto es conveniente prevenir la situación fondeando un poco más de cadena de lo aconsejable.
De poder tener contacto con el buque auxiliar previo al fondeo, es imprescindible programar la banda de atraque con el fin de utilizar el ancla de la banda opuesta al atraque, con el fin de que la cadena no interfiera con su maniobra de atraque y desatraque.

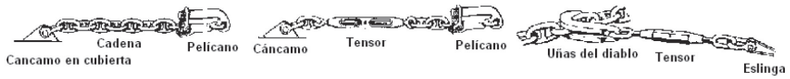
Elementos para asegurar las anclas en los escobenes durante la navegación
Todo buque cuenta con una serie de elementos que permiten



Dos tipos de estopores
Fig. 6-a Fig. 6-b

asegurar las anclas durante la navegación.

Los elementos fijos se denominan estopores.
Los elementos móviles son las trincas que afirman las cadenas a la cubierta por medio de cáncamos estratégicamente instalados
Las Figs. 6-a y 6.b muestran algunos de los tipos de estopores que podemos encontrar a bordo
En las Figs. 7-a, 7-b y 7-c muestran las trincas que se utilizan para reforzar el la sujeción durante la navegación.



Tres tipos de trincas para cadena de ancla
Fig. 7-a Fig.- 7-b Fig. 7-c

Escobenes
Son los tubos que conectan la cubierta del castillo con la amurada exterior que termina en una pieza de fundición reforzada denominada: labios del escobén. La Fig. 8 muestra parte de la cubierta del castillo de proa con el cabrestante y el escoben en la parte exterior

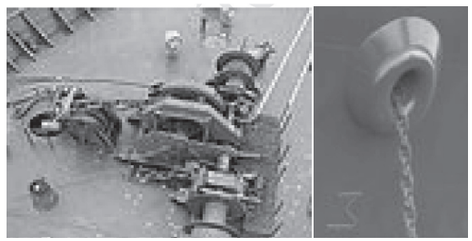


Fig.8 Entrada del escoben en cubierta y labio exterior
Escoben visto desde arriba Labios del escoben

Dentro del escobén se encuentran unos orificios por donde se envía agua de baldeo con el fin de lavar la cadena mientras es virada
Muchos buques suelen tener una tapa que cierra la parte superior del escoben en la cubierta del castillo con el fin que en las pronunciadas cabeceadas durante un temporal, no proyecte gruesos chorros de agua hacia arriba. Fig. 9



Tapa de escobén
Fig. 9

Gateras
Son los tubos que a popa del barbotín conectan la cubierta del castillo con la caja de cadenas.
En navegación se obturan con tapas de hierro que impiden el paso masivo de agua al interior.
Es recomendable, en buques pequeños, obturar momentáneamente dichos tubos antes de un temporal para evitar el ingreso de grandes cantidades de agua a la caja de cadenas, que pueden afectar su estabilidad longitudinal. Ello puede hacerse con arpillera y embebida en cemento fulminante, fácilmente de retirar cuando el mal tiempo haya pasado.

Medidas preliminares al fondeo

El buque se debe preparar con antelación suficiente para el fondeo.
Muchos buques deben cambiar de combustible pesado a gas oíl para evitar en enfriamiento de los "IFO" pesados en las tuberías de alimentación.
Para ello se deberá informar a máquinas la hora aproximada del inicio de la maniobra que comienza con la disminución paulatina de rotaciones.
Si la navegación franca ha sido larga es muy conveniente la prueba de inversión de máquinas y prueba del timón previo a la llegada al lugar de fondeo, dejando constancia de dicho testeo en el libro de navegación.
Se enviará al contramaestre y un marinero a efectuar las siguientes tareas:

- **Destrincar las anclas.**
- **Abrir los estopores.**
- **Se retiraran las tapas de los escobenes y las gateras si las tuviera.**
- **Se inspeccionará que este todo arranchado y libre de obstáculos.**
- **Se probará el buen funcionamiento del cabrestante desenclochado.**
- **Se testaran elementos de comunicación (si hubiera handy talkie y hailer, se probarán ambos).**

- **Se preparará el balón negro o se testeará la luz blanca todo horizonte según sea día o noche.**
- **Se inspeccionarán las cajas de cadena desde la puerta de registro con el fin de cerciorarse de que la pirámide de cadena no se ha desmoronado impidiendo la libre salida.**
- **En caso de tratarse de un cabrestante de vapor, se lo purgará convenientemente para sacar el agua que pueda haber quedado en el circuito.**

En caso de maniobra nocturna se verificará que el personal interviniente disponga de por lo menos una buena y potente linterna para poder observar el trabajo de la cadena.
Si se tienen dudas sobre la pronta caída del ancla apenas se abra el freno, es conveniente ponerla "a la pendura" (también se denomina "apear el ancla"). Este término significa arriarla mediante el cabrestante (jamás sobre freno), hasta que la cruz "casi" toque el agua, una vez allí ubicada se la frena bien antes de desenclochar el barbotín; quedando de esa forma lista a fondear.
Esta maniobra no debe de hacerse cuando, debido al mar el buque rola y/o cabecea con violencia, ya que se pueden producir daños en el casco por el efecto péndulo que tendrá el ancla.
En caso de que se deba fondear en mucha profundidad, no se lo debe hacer desde el escobén, ya que la cadena puede tomar una velocidad tal que el freno no pueda pararla quemando en consecuencia los ferodos.
En esas circunstancias lo aconsejable es arriar cadena mediante el cabrestante hasta unos 20 / 30 m. del fondo y allí repetir la operación que se explicó anteriormente (frenarla bien y desenclocharla).
Si se desconoce la capacidad de virado del cabrestante y se debe de fondear en una zona muy profunda es aconsejable probar cuanto es capaz de virar a distintas profundidades, arriando enclochado y virando cada tanto para observar el comportamiento del motor del mismo.
Un cabrestante en buen estado de conservación debe ser capaz de virar el ancla con cuatro grilletes a la pendura sin inconveniente a su velocidad normal de trabajo

Actualmente el uso de boyarines entalingados al ancla ha pasado a desuso por lo engorroso de la maniobra, la mejora de los materiales que componen los equipos de fondeo y la disponibilidad de equipos GPS de suma exactitud.
Por ello lo más aconsejable actualmente es la lectura del GPS en el instante preciso del fondeo juntamente con el rumbo del girocompás y asentarlo en la carta junto con la posición.
De esa forma, ante un desagradable imprevisto, se dispondrá de una posición exacta de la proa en el momento de que el ancla tocó fondo.
Para el fondeo siempre deberá concurrir un oficial a supervisar la maniobra de proa.
Él será el que informará al puente sobre el trabajo de la cadena, indicando periódicamente dirección y fuerza con que lo hace. Deberá estar muy atento a la velocidad de salida de la cadena y el número de grilletes que han pasado, con el fin de poder avisar con suficiente antelación para que por medio de máquinas se pueda detener una arrancada excesiva.
La cadena no debe salir en forma descontrolada una vez que el ancla tocó fondo, sino que se deberá ir regulando con el freno su velocidad con el fin de ir "estirándola en el fondo" acompañando el movimiento del buque.
Se ira frenando cada vez con más firmeza a medida que se esté llegando a la longitud donde se la hará "hacer cabeza".
En maniobras nocturnas no se deberán encender luces de cubierta que puedan confundir a buques que maniobran en las proximidades hasta tanto no se halla fondeado.
Solo es aconsejable alguna luz de trabajo que ilumine solo el castillo y hacia abajo y algún reflector al costado que ilumine el agua para poder apreciar la arrancada desde el puente.

Métodos tradicionales de fondeo:

1. A la inglesa
2. A la española

A la inglesa
Este sistema era el obligado de los veleros ya que los mismos no

contaban con máquinas que les permitieran detener la estrepada del buque.
Consiste en ir avante con el mínimo de arrancada (como máximo de 2 a 3 nudos). En los veleros se realizaba con una ligera estrepada avante y se dejaba caer el ancla, quitando paño y enfachando el buque al viento hasta que quedaba presentado proa al mismo.
En los buques actuales solo suele usarse en maniobras especiales como el atraque a los campos de boyas poperas (CBM - *comun bouy mooring*) que aún perduran en cargaderos de petróleo de algunos países inclusive Argentina (Gral. Mosconi – Km 3 - Golfo de San Jorge)
En esta maniobra debe tenerse especial cuidado en la arrancada que posee el buque en el momento de fondear el ancla, la cual depende esencialmente de su tamaño y estado de carga. No debemos olvidarnos de que una vez que el ancla haya "hecho cabeza" es muy poca la distancia en la cual se deberá detener el buque, frenado esencialmente por la cadena, por lo tanto no se pueden dar valores fijos de velocidades, ya que variarán de acuerdo a lo mencionado anteriormente.
Un término que aparenta ser más poético que práctico, sin embargo es muy cierto, indica que el agua debe correr por el costado del buque como si fuese un "manso arroyo de llanura".
Cuando así lo hace se puede tener certeza que, en condiciones normales, se tiene gobierno y a la vez que se avanza a una velocidad absolutamente controlable
Si se puede elegir ancla a fondear y banda de caída es aconsejable utilizar el ancla de la banda sobre la que se desea caer con el fin de que la cadena se abra del casco a medida que el buque caiga.

A la española

Es éste el método más utilizado y recomendable. Se lo suele llamar también "fondear ciando o dando atrás"
En este caso se debe ubicar el buque con mínima arrancada y con un arrumbamiento que sea lo más próximo a la resultante de las fuerzas de arrastre (viento y corriente) en cercanías de la posición de fondeo.

En ese momento se pondrá máquina atrás y en el momento en que la corriente de expulsión de la/s hélice/s lleguen a la mitad de la eslora (estando el buque en aguas muertas) se puede considerar al buque detenido sobre agua y se ordenará el fondeo.
Es conveniente que cuando se dé máquina atrás el buque tenga ya la mínima arrancada compatible con el gobierno, de esta manera se podrán poner bajas rotaciones en reversa para detener el buque, minimizando de esa forma el desgobierno que provocará los efectos indeseados de la hélice.
Para esto deberemos tratar de estimar el cambio de rumbo que podrá tener nuestro buque cuando detengamos nuestras máquinas y demos atrás, con el fin de que quede lo más próximo posible a la dirección resultante una vez fondeado y presentado.
Se deberá tener especial atención cuando el fondeo de realice en zona de corrientes fuertes ya que el método de observar los filetes líquidos que corren por el costado o el avance de la corriente de expulsión hacia la sección maestra cuando se está dando atrás puede ocasionar equívocos que lleven a errores en la apreciación de la velocidad del buque o a creer que el buque recién se ha detenido cuando realmente está yendo decididamente atrás. Para evitar esto, si estamos a la vista de objetos fijos deberemos evaluar la velocidad observando a estos en lugar de la superficie del agua.

Rutina del fondeo con un ancla

Si la maniobra de fondeo no es de emergencia hay una serie de aspectos a tener en cuenta previamente.

- Si hay más buques en el fondeadero los mismos nos indicarán aproximadamente el arrumbamiento que adoptará nuestro buque una vez fondeado y estabilizado. Por lo tanto es un factor muy importante para tener en cuenta para llegar al punto de fondeo con un rumbo muy cercano al que finalmente adoptará nuestro buque.
- En caso de que seamos los únicos deberemos tratar de calcular la componente de viento y corriente a la cual se presentará para que se encuentre próxima a el en el momento de dejar caer el ancla.

- Deberemos también haber establecido marcaciones, enfilaciones o distancias de seguridad que nos permitan, de un rápido vistazo al radar o taxímetro cerciorarnos de la correcta ubicación. Hoy en día se cuenta además de la carta papel o la electrónica con la información GPS para establecer el punto de fondeo y la aproximación al mismo.
- Se debe de tener muy en cuenta que al ir perdiendo arrancada, comienzan a tener mayor influencia sobre él las fuerzas externas, lo cual puede provocar que se produzcan derivas muy importantes y nos tomen desprevenidos. Por ello debemos previo al fondeo tener trazado nuestro plan de acción siendo una buena práctica tener marcados todos los datos de verificación sobre la carta.
- Se deberá usar siempre la carta de menor escala posible, si existiera cuarterón de la zona, será ese el que se use.
- Se verificarán en el derrotero las disposiciones locales relacionadas al fondeo en la zona.
- Además seguramente la carta tendrá unos de los símbolos característicos que señalan los lugares recomendables (ancla entera para buques de porte y media ancla para buques pequeños). Es sumamente aconsejable respetar esas sugerencias, que si bien son solo eso, son el resultado de innumerables experiencias de muchos colegas que nos precedieron en ese camino.

Otros tipos de fondeo

Fondeo con dos anclas.
Cuando no se dispone de la suficiente cadena para asegurar la buena presa de una sola ancla o debido a las características del lugar, se puede llegar a fondear las dos anclas para repartir el agarre y el esfuerzo entre ambas.
El ángulo de apertura de ambas cadenas es pequeño por lo que no se debe confundir con el fondeo a barbas de gato.
Es importante que ambas anclas estén fondeadas sobre una misma línea perpendicular a la dirección de las fuerzas de arrastre y que ambas cadenas trabajen en forma pareja y llamando bien a proa, debiendo quedar la prolongación de la crujía como bisectriz del ángulo de las cadenas. Fig. 10

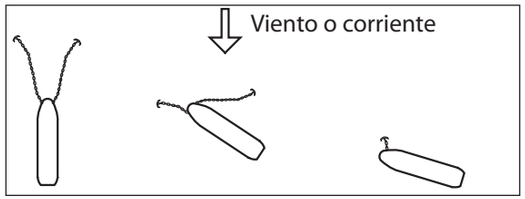


Fig. 10 Secuencia de fondeo con dos anclas

La forma en que se debe realizar esta maniobra es la siguiente:

1. Se fondea con una leve arrancada avante y manteniendo un arrumbamiento cercano al que se desea que quede el buque.
2. Una vez fondeada la primer ancla se meterá timón hacia la banda opuesta a la de fondeo y se maniobrará con máquina en forma tal de ir abriéndose del ancla fondeada pero manteniéndose en la misma línea, - evitando avanzar o retroceder -.
3. Cuando se este lo suficientemente abierto del ancla y cadena fondeada se deja caer la otra ancla.
4. Una vez realizada esta operación se comenzara a ir atrás suavemente para evitar cualquier garreo en el filado de los primeros grilletes (conviene tener un hombre atento atendiendo cada freno) se irán lascando ambas cadenas a medida de que pidan cerciorándose de que vayan quedando bien tendidas.
5. Cuando se llegue a estar muy próximos a la cantidad ordenada de grilletes a filar se hará firme una de ellas, dejando la otra con el freno abierto, con el fin de asegurarnos que la primera hizo cabeza, una vez realizado esto se enclochará y virará la segunda para repetir dicha operación.

Una vez aseguradas ambas anclas se emparejaran ambas cadenas
Solo puede ser utilizado cuando las fuerzas externas mantienen una única dirección; en casos de fondeo con corrientes cambiantes por marea se corre gran riesgo de tomar vueltas a las cadena

Fondeo a barbas de gato

Se dice así cuando un buque fondea sus dos anclas a distancia considerable una de otra, de modo que su proa quede entre

ambas cadenas y trabajando las dos al mismo tiempo.

Ventajas

- El buque barre menos espacio durante sus campaneos
- No se pueden enredar las cadenas y/o anclas entre si mientras el buque no bornee más de 180º
- Si una de las anclas garrea aún queda la otra.

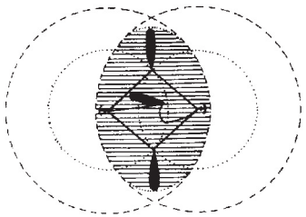


Fig. 11 Diferencia de radios de borneo de un ancla sola a dos a barbas de gato

En la Fig. 11 se puede apreciar la diferencia de radios de borneo fondeando un ancla solamente y fondeando a barbas de gato (zona sombreada

Inconvenientes

No es aconsejable hacerlo en lugares de corrientes y vientos de direcciones variables, ya que se corre el riesgo de que las cadenas tomen vueltas por debajo de los escobenes, ocasionando engorrosas e indeseables maniobras para sacar dichas vueltas, además de crear una situación de indefensión en donde el buque quedará inmovilizado por sus anclas, las que no podrá virar momentáneamente

Teoría del fondeo a barbas de gato y determinación del ángulo de apertura óptimo

El ángulo de apertura óptimo para este tipo de fondeo es de 120º o sea que cada cadena se abra 60º con respecto al plano de crujía, debido a que con dicha apertura la fuerza que soporta cada cadena es igual a la fuerza de arrastre.
De esa forma se tiene un mínimo radio de borneo con un trabajo

de cada cadena igual al que soportarían si estuvieran trabajando como solo una.
Se analizará ahora teóricamente en este caso la descomposición de fuerzas que se produce al fondear a 120 º Fig. 13
En el polígono de la figura se forman dos triángulos equiláteros en los que cada cadena representa un vector igual a la fuerza a que está sometida.

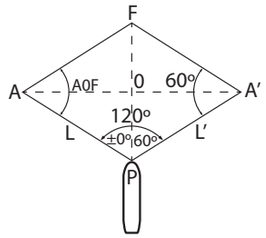


Fig. 13 Ángulo de apertura óptimo

En los mismos se tiene
F : Fuerza de arrastre que es ejercida sobre el buque
A : Ancla de babor
A': Ancla de estribor
L : Cadena babor
L': Cadena estribor
O: Punto medio entre ambas anclas

Cálculo de la tensión que soporta cada cadena

$$F = PO \times 2 \qquad \cos a = \frac{cat.ady.}{hip} \;\backslash\; \frac{PO}{L} \;\backslash\; L = \frac{PO}{\cos a}$$

Como el coseno de 60º es igual a 0,5 se tendrá

F = L' = L

La fuerza que soporta cada cadena es igual a la fuerza de arrastre que actúa sobre el buque
Cálculo de la distancia que debe mediar entre ambas anclas y como AA' es igual a AO x 2 por lo tanto AA' =1,73

$$sena = \frac{cat.op}{hip} \;\backslash\; \frac{AO}{L} \;\backslash\; AO = L \# sena \;\backslash\; AO = L \# 0{,}866$$

La distancia a que se deben fondear ambas anclas entre sí es de 1,7 la longitud final que se filará cada cadena.
Pero también se puede fondear con ángulos menores a 120º donde se verá disminuir los esfuerzos en cada cadena y aumentar los radios de borneo

Si lo que se desea es que el ángulo de apertura sea de sólo 90º el factor a utilizar será de 1,4 ya que el seno del ángulo de 45º es 0,7
Conclusión: a medida que aumente el ángulo de separación de ambas anclas disminuirá el radio de borneo pero aumentará el esfuerzo que deberá soportar cada cadena

Cómo realizar la maniobra

Existen dos formas de hacerlo, dependiendo de la zona donde se efectúe

Atravesado a la fuerza externa

Se navega sobre la línea de fondeo elegida compensando con abatimiento la deriva que provoque el viento o la corriente avanzando a mínima velocidad. Fig. 14-a

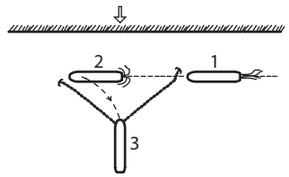


Fig.14a Maniobra barbas de gato atravesado a la fuerza externa

- Se fondea en primer lugar el ancla de barlovento a la inglesa y se continúa avanzando sobre la línea antes mencionada dejando salir cadena hasta que se haya avanzado la distancia correspondiente según el ángulo de apertura y la longitud de cadena predeterminada.
- Una vez llegado al punto de fondeo y cerciorándose que el ancla fondeada previamente tenga su cadena totalmente libre, se fondea el ancla de sotavento a la española dando atrás para aprovechar la caída a estribor del buque que lo ayudará a presentar al viento.
- Se enclocha el ancla de barlovento y se comienza a virar de la misma lascando siempre la de sotavento hasta llegar a las longitudes determinadas.

Estos son algunos de los puntos a tener en cuenta en esta maniobra:

- Una forma de determinar el punto de fondeo de la segunda ancla es por medio de la cadena que se va filando: cuando haya salido el doble de la cantidad con que se desea que finalmente quede menos la profundidad, se la fondea. La experiencia ha demostrado que a pesar de que matemáticamente

parece ser una distancia mayor la que separará ambas anclas, la profundidad compensará esa diferencia en más y se logrará un ángulo de apertura de aproximadamente 120º
- Entre ambos fondeos se debe tener sumo cuidado en efectuar el avance sobre la línea de fondeo, tendiendo perfectamente la cadena sobre el fondo, ya que avances erráticos pueden llevar a fondear la segunda ancla dentro de un seno de la primera cadena..

En la misma dirección de la fuerza externa

Este fondeo es muy utilizado en ríos.
Se determina la distancia que se desea que quede fondeada el ancla más próxima a la costa y partiendo de dicha distancia, se calculará donde se fondeará la otra ancla, basándose en los grilletes que se deseen fondear.
Se recomienda fondear el ancla del centro del río en primer lugar, con el buque detenido sobre el fondo, (lo que se logra observando una enfilación a la costa), e iniciar la aproximación hacia la costa arriando de dicha cadena con la precaución de que no se amontone en el fondo, con el fin de tener la proa "asegurada" cuando se esté en posición de fondear la otra. Fig. 14-b
Esto se logra poniendo las R.P.M. que correspondan a una velocidad igual a la de la corriente, y timón a la banda, para ir avanzando de ronza hacia la orilla
La maniobra de virada se efectúa a la inversa, o sea se vira primero el ancla de la costa y luego la del centro del canal.
Fondear con ángulo entre ambas anclas que sea mayor de 120º implica que las cadenas sufrirán una tensión superior a la fuerza que actúa sobre el buque, siendo el caso extremo que el ángulo de apertura sea de 180º donde dichas tensiones llegarían a infinito.

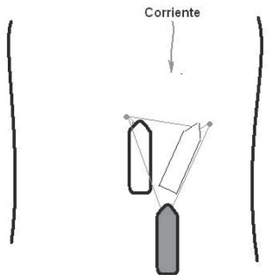


Fig.14b Maniobra barbas de gato paralelo a la fuerza externa

Fondeo *Hammerlock*

Este tipo de fondeo es recomendado para aguantar temporales al

ancla por la marina de los EEUU.
Su principal ventaja consiste en atenuar sensiblemente los borneos y campaneos. Fig. 15
Consiste en fondear una primera ancla la cantidad de grilletes que se consideren necesarios para la situación y una segunda ancla cuando el buque haya borneado al punto máximo contrario al ancla fondeada en primer término la que solo de le filará 1½ la profundidad.

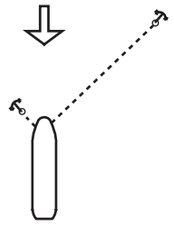


Fig.15 Fondeo Hammerlock

Esta segunda ancla cumple la misión de frenar los borneos y cabeceos sin hacer cabeza.
Este sistema puede ser utilizado también en lugares correntosos en donde el buque campanea intensamente, lográndose de esa forma disminuirlo.

Fondeo de dos anclas con sus cadenas cruzadas

Este método es recomendable también para aguantar un temporal al ancla. Fig. 16
Su ventaja consiste a que el cruce de las cadenas en proximidades de la roda fija la proa de forma notable, pero a costa de un trabajo inadecuado entre los eslabones que se encuentran cruzados, que pueden llegar a perder sus contretes y/o doblarse.
Por ello es solo recomendable en casos de necesaria urgencia o seguridad.

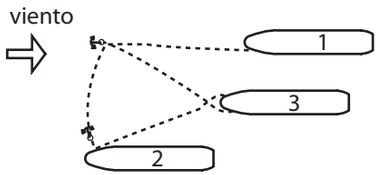


Fig16 Fondeo con cadenas cruzadas

La maniobra de fondeo se puede realizar de la siguiente forma:

1. La primera ancla se fondea en la forma normal que se desee.
2. Una vez que filado la cantidad de cadena deseada se va llevando con precaución al buque, mediante máquinas y timón, hacia la banda de fondeo de forma tal que la cadena del ancla fondeada cruce decididamente la roda hacia el través opuesto.
3. En ese momento se fondea la segunda ancla y se va filando de esta última para permitir que el buque adopte la posición de equilibrio en dirección a la bisectriz del ángulo de apertura.

Las precauciones a tomar en esta maniobra son las siguientes
El ángulo de apertura es aconsejable que esté comprendido entre 40º y 60º
Cuando se desee virar el procedimiento a seguir es el inverso al de fondeo, o sea virar primero el ancla cuya cadena trabaja por debajo de la otra.

Levar el ancla

Consiste en ir virando la cadena hasta que la misma quede totalmente "a pique", o sea posicionar la proa del buque lo más próximo a la vertical donde se encuentra el ancla. De esa forma la caña es levantada arrastrando al mismo tiempo las uñas las que de esa forma zafan del fondo Fig. 17. Se percibe claramente el momento en que el ancla despega del fondo por el cambio del ritmo de virada del cabrestante. Ese es el momento de informar al puente: "ancla zarpada" (No ancla libre)

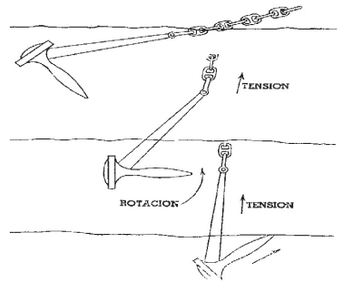


Fig.17 Levando el ancla

Levar habiendo fondeado con dos anclas bien abiertas

En caso de que no haya viento ni corriente fuerte se puede intentar en principio virar de ambas cadenas a la vez hasta que la separación que se irá generando entre ambas cadenas lo permita. En ese momento se frenará y desenclochará el barbotín que corresponda al ancla cuya cadena este por encima de la otra, continuando la virada con la que está por debajo y filando, si fuera necesario de la restante.
Se continuará la virada hasta tener levada la primer ancla y luego

se continuará con la restante.
Este procedimiento podría ser alterado sin inconvenientes si la ubicación de alguna de las anclas facilita la caída del buque para la zarpada
No es aconsejable el uso de la máquina y timón salvo casos de extrema necesidad, ya que podremos hacer garrear una de las anclas con el riesgo de provocar un enganche con la cadena de la otra. Es preferible la sola utilización del cabrestante sin forzar el trabajo de las cadenas.

Uso del ancla como auxiliar de la maniobra

Las anclas pueden representar una valiosa ayuda para la maniobra, ya sea sujetando o llevando la proa a la posición deseada.
Su buen uso puede reportar innumerables satisfacciones, asegurar maniobras y disminuir sensiblemente riesgos, por ello no se debe escatimar su uso.
Su forma puede ser teniendo certeza que haga presa o, por lo contrario, que garree.
Cuando lo que se busca es asegurar que el ancla garree, no convendrá fondear más de 1½ la profundidad, salvo tenederos muy malos en donde posiblemente convenga aumentar un poco la longitud de cadena.

Se pueden presentar tres casos típicos que son:

- Pivotear al levar
- Pivotear y/o frenar sobre la marcha
- Sujetar la proa al ir atrás

Pivotear al levar

Este método se usa generalmente al zarpar de un fondeadero con espacio de maniobra reducido, y se desea cambiar substancialmente el arrumbamiento del buque. Fig. 18
Consiste en virar el ancla (posición 1), hasta llegar a una longitud que garantice que no garreará (posición 2), allí frenar bien y desenclochar el barbotín, para que con la ayuda de

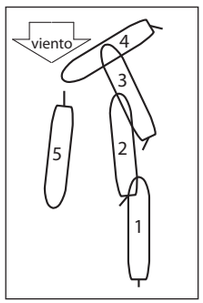


Fig.18 Pivotear al levar

la máquina, aplicada en forma moderada y el timón (posiciones 3 y 4), se pueda tumbar el buque dentro de una curva evolutiva sumamente reducida utilizando el efecto de esprín con que trabajará la cadena.
Dicha maniobra traslada hacia proa el punto pivote (exactamente a los labios del escoben por donde sale la cadena), además de trabajar como freno que impide que adquiera demasiada arrancada avante.
Una vez alcanzado el rumbo deseado, se para máquinas, se enclocha el barbotín y reinicia la levada.
Se debe elegir como banda de caída la del ancla fondeada con el fin de que al ir abriéndose la cadena del casco trabaje con mayor ángulo aumentando el efecto de caída que se desea provocar.
Esta maniobra no debe realizarse con márgenes de seguridad escasos ya que se corre el riesgo que el ancla averíe el fondo del casco.

Pivotear y/o frenar sobre la marcha

Esta maniobra se utiliza con el buque navegando a velocidad muy reducida con el mismo fin explicado anteriormente o también para producir un efecto frenante que haga innecesario el uso de la máquina atrás con el consiguiente desgobierno que la misma produce.
El primero de los efectos se logrará manteniendo la máquina avante y colocando el timón a la banda apropiada (recordar que conviene que sea la misma del ancla fondeada) y la segunda parando la máquina y manteniendo el rumbo por medio del timón.
Se debe tener en cuenta que mientras la cadena permanezca pegada al casco el efecto esprín será mínimo ya que el brazo de palanca será la distancia entre los labios del escobén y el plano de crujía, por lo tanto podrá ser fácilmente controlado por medio del timón.
Salvo emergencias no se recomienda efectuar el fondeo cuando se navega a velocidades altas, ya que puede descontrolarse el frenado del barbotín y ante un imprevisto exceso de cadena filada el ancla puede llegar a hacer presa u oponer una resistencia tal al arrastre que no alcance el freno para soportarla,

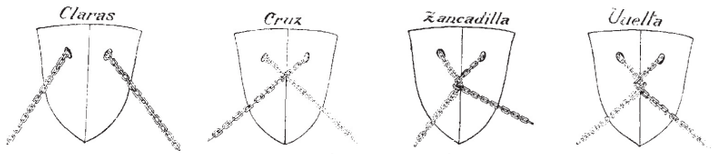
pudiendo irse por ojo.
Este método suele ser bastante usado en maniobras de atraque de los alijadores o completadores mono hélices sin *bow thruster*.

Gobernar la proa al ir atrás

Esta es una maniobra muy útil cuando se debe retroceder en espacios reducidos manteniendo aproximadamente un rumbo, y no se dispone de la ayuda de remolcadores.
El ancla fondeada oficiará de "ancla de capa" que neutralizará gran parte del rabeo de la proa.
Tener siempre en cuenta que el efecto no será total sino parcial por lo tanto no es posible pretender navegar hacia atrás como si se lo hiciera hacia delante.
Es aconsejable retroceder en forma lenta con el fin de poder corregir desviaciones indeseadas con pequeños golpes de máquina adelante y timón a la banda correspondiente, sin tener que aplicar potencias máximas prolongadas para evitar colisiones.

Nota de los autores*: Antes de efectuar cualquiera de estas maniobras debemos tener total certeza de que el fondo es limpio, o sea que no hay cables que crucen, anclas fondeadas de otros buques u otras obstrucciones que puedan enganchar el ancla en su garreo.*

Vuelta en las cadenas
Las situaciones que se pueden presentar son las siguientes Fig. 19



El buque no varió su arrumbamiento | El buque borneó 90° | El buque borneó 180° | El buque borneó 360° o más

Fig. 19 Vueltas en las cadenas

Estas situaciones son muy factibles que se den en fondeos prolongados con dos anclas en cualquiera de los métodos que se

haya adoptado y siempre que el buque por efecto de fuerzas externas gire más de 180º en un mismo sentido.
El siguiente es el orden de importancia:

1. Por la indefensión en que queda un buque que esta preso por sus anclas sin poder virarlas.
2. Por las maniobras y/o tareas que se deberán realizar para zafar las vueltas y los riesgos a los que se expone el personal que debe efectuar las tareas desde una guindola.
3. Por los esfuerzos anormales a que se ven sometidos los eslabones involucrados.

Es muy importante el **punto 1**. Un buque que se encuentre privado de virar sus anclas tiene, ante una emergencia que lo obligue inexorablemente a abandonar el fondeadero, solo una salida que es "largarlas por ojo" y en este caso especial se quedaría sin ningún elemento de fondeo para afrontar cualquier otra contingencia.
Debe tenerse muy en cuenta también las deformaciones que pueden llegar a sufrir los grilletes de ambas cadenas, las que resienten el material produciéndole debilitamientos.
Esto se produce cuando trabajan con tensiones procedentes de direcciones para las cuales no fueron diseñadas como puede ser vueltas entre sí o trabajos sobre ángulos vivos como la roda.

Zafar vueltas

Cuando las cadenas forman cruz es fácil zafar dicha media vuelta. Fig 19-b
En ese caso siempre se debe comenzar a virar la de abajo hasta tenerla a la pendura.
A partir de dicho momento se continuará virando la otra cadena que traccionará sobre la que se encuentra a la pendura saltando de eslabón en eslabón hasta que también llegue a colgar el ancla a la pendura, momento en el cual seguramente se observará como se produce un rápido giro de 180º quedando ambas cadenas claras y verticales.
Si la cadena tiene una zancadilla, Fig. 19-c, hay varios métodos a intentar:

Fondeo y virada simultánea de ambas cadenas:

La maniobra a intentar es lascar simultáneamente sobre freno unas brazas y frenar inmediatamente provocando un estrechonazo.
A continuación se enclocha y vira ambas cadenas hasta que vuelvan a aparecer las vueltas sobre el agua.
En muchas ocasiones esta operación produce un corrimiento de las vueltas hacia abajo provocado por el repentino aflojamiento de las tensiones que soportan las cadenas al que se le agrega el rápido frenado.
Este método solo puede llegar a ser efectivo solo en el caso de que la distancia que separa ambas anclas sea muy poca.
En los casos de gran separación de fondeo de las anclas solo quedan tres alternativas a utilizar:

1. Girar el buque sobre las cadenas en sentido contrario a las vueltas
2. Desengrilletar una de las cadenas
3. Cortar una de las cadenas por debajo de las vueltas y volver a entalingarla por encima

Girar el buque

Esta maniobra puede ser realizada por medios propios o con la ayuda de un remolcador y siempre debe ser hecha hacia la banda contraria a la dirección de la vuelta superior que es la que dio la primera vuelta.
En caso de que se utilice la máquina y el timón la maniobra debe de hacerse con sumo cuidado y con una perfecta comunicación proa/puente para evitar esfuerzos excesivos y solo será posible realizarla cuando no existan fuerzas externas importantes que se contrapongan al giro del buque.
La solución más segura es la utilización de un remolcador, pero ésta no es siempre posible.
En caso de que no puedan ser sacadas las vueltas por los medios ya expuestos no quedará otro recurso que:

Desengrilletar una de las cadenas, para lo cual hay dos formas de efectuar esta tarea:

1. Con apoyo de embarcación auxiliar.
2. Sin apoyo de ella.

Ambas son engorrosas, tediosas y riesgosas. y para realizarlas debe contarse con buen tiempo.
En ambos casos el método es similar pero en el primero se contará con la ventaja de poder acceder a las cadenas desde la superficie misma del agua, lo cual es una invalorable ayuda.
En el caso de que el buque no cuente con asistencia externa se requerirá el trabajo de personal suspendido en guindolas sobre el agua y contra cadenas que pueden estar en tensión lo cual aumenta considerablemente los riesgos de accidentes.
Los pasos para realizar esta tarea son los siguientes Fig. 20

- Arriar o virar hasta que la malla falsa que une los grilletes de la cadena seleccionada quede ubicada sobre el castillo en una zona que permita el trabajo necesario para su desarme con comodidad, ya que es una tarea que puede llegar a ser larga y complicada debido al abarrotamiento provocado por el óxido acumulado en las partes móviles, si es que pasó mucho tiempo del último desarme o cuando se lo armó no se lo limpió y engrasó concienzudamente.

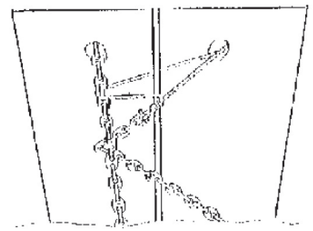


Fig.20 Desengrilletado de una de las cadenas

- Una vez realizado esto se enviará un virador de alambre de resistencia suficiente para soportar las tensiones que pueda sufrir dicha cadena con borneos o campaneos del buque, que se hará firme a un eslabón de dicha cadena, por debajo de las vueltas, virándoselo de forma tal que absorba las tensiones que pueden llegar a las mismas, dejándolas por lo tanto flojas.
- Con otro virador sobre el castillo se soliviará la cadena para que se pueda abrir la malla falsa, apoyándola sobre una superficie firme, dura y un poco elevada sobre la cubierta, para per-

mitir poder macearla con seguridad.

- Una vez abierta la misma se enviará desde el castillo un virador por dentro del escobén que siga la trayectoria de las vueltas de la cadena. Pero en sentido contrario y retorne luego al castillo por el mismo escobén, y se lo hará firme al chicote ya desentalingado.
- Se irá arriando el virador utilizado para soliviar y virando el que fue pasado por el escobén, trabajándolos convenientemente con el fin de ir guiando el tramo desconectado para que siga el camino inverso de las vueltas.
- Conseguido eso, se desamarrará el virador usado para soliviar, que habrá tomado las vueltas que tenía la cadena y se virará del enviado por el escobén hasta tener nuevamente el chicote sobre el castillo para poder volver a entalingarlo.

Este método es aconsejable realizarlo hasta un máximo de dos vueltas completas por vez, ya que si se intenta con un número mayor se producirán azocadas en el virador que impedirán su buen deslizamiento alrededor de la otra cadena.
En caso de mayor cantidad de vueltas es aconsejable ir haciéndolo en forma parcial.
En esta parte toma también especial importancia la embarcación auxiliar.
Cortar una de las cadenas por debajo de las vueltas y volver a entalingarla por encima
Por último queda la opción de utilizar un soplete de oxicorte o una amoladora angular que permitirá el ahorro de tiempo a cambio de perder algunos metros de cadena.
El método no requiere mayor explicación debido a su simplicidad.
Es muy importante destacar que estos equipos solo podrán ser usados en buques que no transporten cargas explosivas.

Elementos que componen el sistema de fondeo

Primer tramo de cadena:
El primer tramo de cadena, que está unido al ancla, está generalmente compuesto como se muestra Fig. 21

El resto de los tramos de cadena están unidos por medio de mallas falsas.
Estas tienen aproximadamente la misma forma y dimensiones que los eslabones que componen las cadenas, con el fin de que puedan correr por el barbotín sin dificultades.
Su peso es sensiblemente mayor al de un eslabón común.
Todo buque debe tener dentro de sus elementos de fondeo de respeto reserva de grilletes de unión, mallas sin contrete y mallas falsas.

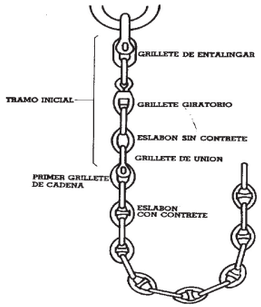
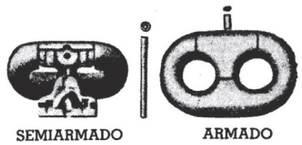


Fig.21 Sistema de fondeo,primer tramo de cadena

Todos estos elementos deben encontrarse estibados, generalmente en el castillo y próximos a la caja de cadenas, en perfecto estado de mantenimiento (engrasados y sin oxido ni suciedad) para permitir su rápido uso en el caso de necesidad.
La malla de unión sin contrete es usado a continuación del grillete de unión. Carece de contrete para permitir el paso del



Malla falsa Balt
Fig. 22-a Fig. 22-b

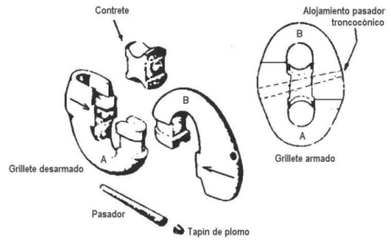


Fig. 23 Malla falsa Kenter
Desarmada Armada


Fig. 24 Grillete giratorio.
Desarmado - Armado



Fig. 25 Grillete de entalingadura

extremo donde se aloja el perno por dentro del mismo.
Se muestran dos tipos diferentes de mallas falsas Balt, Figs 22-a y 22-b y Kenter, Fig. 23.
Un grillete de unión al arganeo con la malla correspondiente Fig. 24 y un grillete giratorio Fig. 25.

Estancia al ancla

La estancia al ancla es una condición particular de la actividad del buque, en la cual los tripulantes, a menudo, relajados por no estar navegando, bien que pendientes de actividades portuarias o invadidos por el tedio si se prolonga el tiempo de fondeo, desatienden esta condición del mismo. Un barco bien fondeado no tiene por que garrear salvo condiciones excepcionales, pero fondearlo bien implica saber como hacerlo, en base a los análisis teóricos que siguen y condicionado a los agentes meteorológicos. La verificación de fondeadero se debe hacer con más asiduidad cuando las fuerzas de arrastre son intensas. Las rondas de seguridad deben tener como finalidad primordial establecer las condiciones de seguridad de la cadena de ancla fondeada y el método de las enfilaciones bien elegidas de día y de noche es muy recomendable, aún a nivel de gente inexperta pero bien asesorada.
El buque, fondeado con una sola ancla, se encuentra en equilibrio dinámico con su inercia y la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre él.

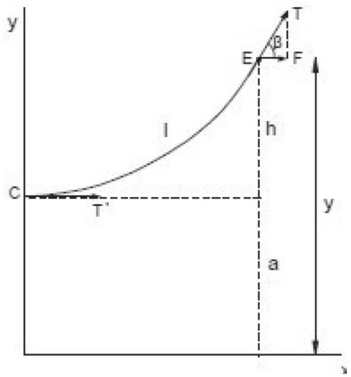


Fig. 26 Ancla en equilibrio estático

En el equilibrio estático, el ancla debe ser capaz de resistir la fuerza (F=T'), Fig. 26, la amura aguantar el peso de la catenaria y la cadena, bien por su largo o por su peso, el sistema, en su conjunto, debe ser elástico para absorber los movimientos a que se verá sujeto, sin que se transmitan negativamente al ancla.
El movimiento de un buque al ancla está basado en oscilaciones de seis grados de libertad, si bien quedan reducidos a tres significativos: Fig. 27

- Cabeceo
- Borneo
- Estrepada.

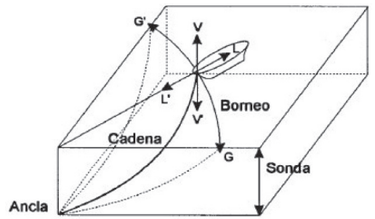


Fig. 27 Seis grados de libertad del buque al ancla

se debe mantener la caña del ancla en un ángulo no superior a 8º con la horizontal. Figs. 28

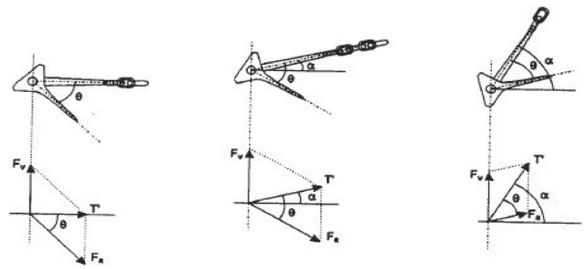


Fig. 28 Mantenimiento con 8ª de inclinación máxima

Fondeo de emergencia
Se debe tener siempre presente que el término "anclas listas a fondear" significa no solamente tenerlas sobre freno, destrincadas y desenclochadas o aún mejor a la pendura, sino además que

se encuentre en la proa el personal necesario para efectuar su fondeo y es imprescindible que el mismo sea idóneo y posea una buena comunicación con el puente.
Al evolucionar en zonas restringidas (radas, ríos estrechos, canales con mucho tráfico, puertos, etc.), pueden presentarse situaciones de riesgo debidas a problemas de máquinas, rebotes en veriles, fuerte ráfaga de viento, etc. que ameriten la utilización del /de las ancla/s como auxiliar de maniobra para frenar una arrancada o una caída indeseada, que no podemos neutralizar mediante máquina y/o timón.
El fondeo adecuado de una o dos anclas puede resultar un excelente freno.
Aunque es obvio recalcarlo, es necesario tener siempre en cuenta que dos anclas frenan el doble que una sola, y para que las anclas realmente sean efectivas en su misión de frenar el buque debe fondearse cadena suficiente para que "claven" en el fondo y sea el freno del barbotín el que actúe para reducir la velocidad o detener el buque.
La buena elección de la cantidad de cadena a filar de acuerdo a la profundidad y tipo de fondo permitirá lograr la máxima reacción del ancla impidiendo que garree.
Los cabrestantes de anclas y los escobenes son piezas robustas y sólidamente afirmadas a la estructura del buque, otorgando un excelente punto de sujeción sobre el cual se podrá ejercer toda la fuerza que se considere necesaria, teniendo la certeza de que en caso de que se excedan los valores máximos admisibles, la rotura se producirá en algún eslabón de la cadena antes que en el molinete.
La buena utilización del freno, encontrando el punto justo de presión de los ferodos, permitirá ir regulando la tensión que ejerce la cadena si es que el ancla ha hecho presa.
Tener presente que en el caso de fondeo de ambas anclas lo ideal es tener un hombre en cada freno de barbotín para poder operarlos con la óptima eficiencia, además de otra persona para comunicaciones con el puente y supervisión de la maniobra.
En el caso de fondear para evitar una varadura se deberá tener la precaución de no varar sobre la o las anclas, ya que de así hacerlo

se pueden producir serias averías en el fondo.
Es sumamente útil para evitar dicha situación calcular cuantos "grilletes" de eslora tiene nuestro buque, de forma tal de arriar una cantidad tal que nos asegure que el ancla quedará a popa.
Otra solución es, en caso de que el buque tenga una tendencia de caída a una banda, fondear el ancla correspondiente a dicha banda.
El timón puede también ser usado para disminuir la velocidad del buque. Recordemos que al ponerlo a una banda aparece la componente Pr, producto de la descomposición de Pn, además del aumento de la resistencia por el avance de ronza del buque.
El uso del ancla es también una eficaz ayuda cuando el buque esta siendo abatido sobre un peligro por el viento y/o corriente y no bastan la máquina y el timón para zafar.
En dichas circunstancias si se fondea el ancla de barlovento o barlocorriente con poca cadena se logrará aproarlo a las fuerzas externas y dominar de esa forma la situación.
Además el ancla fondeada producirá un efecto frenante que permitirá dominar la popa accionando convenientemente con máquinas y timón.
Para cerrar este tema nada mejor que recordar un viejo adagio marinero que dice:

Nunca embarrancarás con un ancla en el escobén

A lo que vale agregar : ***…si la usas adecuadamente !!!***

Orientación del Buque

La orientación que el buque adopta en el fondeadero depende no solamente de las fuerzas de arrastre sino también de las formas del buque, de la carena, del asiento, del calado, y de la obra muerta y superestructuras. Todas éstas incidirán según su conformación y la condición de carga.
Se estudiaran estas características para poder determinar a priori el ancla más conveniente a fondear.
Todo el buque fondeado se comportará según uno de los siguientes 3 tipos fundamentales

Orientación con solo corriente o viento

Cuando el buque esta fondeado, existiendo una sola causa de arrastre se orientará proa a la misma y cumpliendo las siguientes condiciones

a) **A = - F**

b) **A** y **F** pertenezcan al mismo plano vertical, el de la dirección de la catenaria. Como el escoben se encuentra fuera de la línea de crujía, éste formará con el plano en que trabaja la cadena un ángulo (α) variable entre 5º y 10º cuyo valor dependerá de la relación d/L donde d es la distancia del escoben a la crujía y L la eslora del plano de flotación.

De allí que un buque fino y largo (tipo crucero de pasajeros) presente un pequeño ángulo, en cambio, un buque corto y ancho (tipo remolcador o pesquero) Fig. 29, presente un ángulo horizontal mayor entre cadena y crujía.

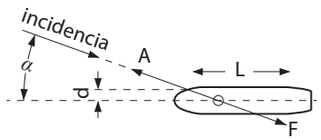


Fig. 29 Orientación con solo corriente o viento

Orientación con corriente y viento.

1) Remolcador (Centro vélico a proa)

Este caso debe condicionarse a consideraciones agregadas a buque mineralero tipo Grandes Lagos.

Obsérvese en la Fig. 30, que como en el remolcador el centro vélico se encuentra a proa, tanto la fuerza del viento como la resultante F tienden ambas a dejar la cadena "abierta" por estribor de crujía. Por este motivo, puede destacarse el hecho de que en estos barcos, para que la cadena no trabaje por la roda al quebranto, es conveniente fondear el ancla de barlovento.

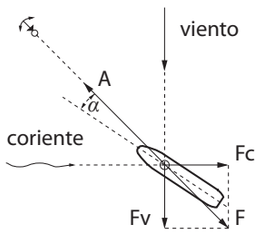


Fig. 30 Orientación con corriente y viento

Del análisis de fuerzas se obtiene que el sistema quedará en equilibrio cuando las fuerzas longitudinales se anulen entre si:

$$A = -F = -(Fc + Fv)$$

Por lo tanto el buque llevará su proa a sotavento quebrando la línea de dirección de la cadena/crujía, tendiendo al paralelismo con la corriente.

En realidad se forman dos paralelogramos de fuerza, el del viento (en proa) y el de la corriente (en popa) por lo que el remolcador se ajustará a ambas resultantes para esta posición de equilibrio. Para considerar el efecto generalizado, se considera el tema de esta manera más sencillamente tratado para el presente caso.

2) Buque de pasajeros (Centro vélico equilibrado)

A y F pertenezcan al mismo plano vertical. (el de la dirección. de la catenaria) y para este caso se considera que actúan con igual intensidad Fig. 31

El buque mantendrá siempre su proa entre el viento y la corriente. Debo considerarse además que al estar el escoben fuera de la línea de crujía, ésta formará un pequeño ángulo con la dirección de la cadena del ancla fondeada. Por tal motivo tendrá cierta tendencia a dejar, en este caso, la proa un poco abierta por su estribor.

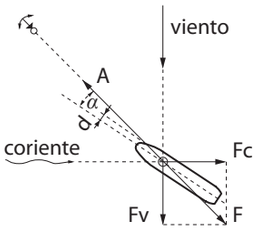


Fig. 31 Buque de pasajeros, centro vélico equilibrado

$$A = -F = -(Fc + Fv)$$

3) Bulk Carrier (Centro vélico a popa).

El análisis para este tipo de buques debe agregarse particularmente para los dos anteriores, para completar sus respectivos

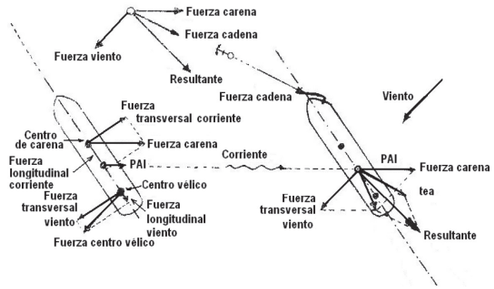


Fig. 32 Bulk Carrier, centro vélico a popa

estudios individuales, aunque sus resultados parciales no varíen.
En la Fig. 32 se aprecia que el punto de aplicación real de la suma de incidencias (P.A.I.) se encuentra en una posición intermedia entre centro de carena y el centro vélico.
La resultante no coincide con la crujía pues tendría que haberla considerado en la roda (y no se hizo para no complicar el dibujo en demasía).

La resultante se observa que es mayor que la fuerza en la Ftea, lo cual en rigor no es lo correcto (y además no actúa en el mismo plano horizontal, el cual es el que se representa).
El ancla de estribor esta fondeada a barlovento lo cual es incorrecto pues trabaja por la roda al quebranto.
Un buque con centro vélico a popa es más conveniente que fondee el ancla de sotavento, para que trabaje libre de la roda. (Es lo contrario que lo que acontece en el remolcador).

CAPÍTULO IV

Propulsión

Medios de propulsión acuática

La propulsión de una embarcación la podemos definir como la acción de producir su traslado a través del agua, venciendo las resistencias que se oponen a su marcha.
Este movimiento puede realizarse:
Empleando fuerzas exteriores a la embarcación.
Empleando fuerzas desarrolladas en su interior.

Fuerzas exteriores a la embarcación:

Dentro de este grupo podemos mencionar el viento, el remolque y la sirga.

Fuerzas desarrolladas en su interior

Estas pueden ser la fuerza humana, turbinas , máquinas de vapor, motores de combustión interna, etc.

Además los sistemas de propulsión pueden clasificarse

Según el órgano propulsor
Según como se produzca la acción del propulsor.

Según el elemento propulsor

En ellos pueden citarse:
Sirga, Pértiga, Remo, Espadilla, Vela, Rueda de Paletas, Rotores Flettner, Propulsor cicloidal, Propulsores helicoidales, Hidrojets y Hélice aérea.

Según como se produzca la acción del propulsor

En cuanto a los medios utilizados para mover los propulsores, pueden ser
Máquinas alternativas de vapor (ya fuera de uso).
Turbinas de vapor.
Sistemas mixtos de máquinas de vapor alternativas y turbinas(ya

fuera de uso).
Motores de combustión interna (ya sea directamente acoplados, engranados con caja reductora y/o inversora, o con acoplamientos hidráulicos o elásticos).
Propulsión eléctrica (ya sea turbo eléctrica, diesel eléctrica o por baterías de acumuladores).
Turbinas de gas.
Sistemas mixtos de motores diesel y turbinas de gas.
Propulsión por reacción (ya sea submarina o aérea).

Veamos ahora en detalle los medios habituales por los cuales una embarcación se pueda auto propulsar:

Sirga

Consiste en arrastrar una embarcación por la orilla del agua tirando de ella desde tierra con cuerdas. Antiguamente solía usarse para que pudiesen remontar ríos y canales embarcaciones no propulsadas por medios internos, para lo cual existían los "caminos de sirga" que eran senderos por donde transitaban los caballos o bueyes encargados de la tarea de remolque, cobrándose por ello un impuesto llamado también sirga. Actualmente dicho concepto jurídico aún persiste en el código civil

Pértiga

Consiste en una vara de la longitud adecuada que se apoya en el fondo y descarga sobre la misma una fuerza que transmite a la embarcación.

Remo

El remo es un buen ejemplo de palanca de segundo género.
El punto de apoyo es la pala en el agua, la resistencia está aplicada en el luchadero de la borda siendo allí donde se halla aplicada la fuerza que vence la resistencia que ofrece la embarcación al movimiento, mientras que la potencia es aplicada por el remero en el puño.
Las mayores embarcaciones que utilizaron este sistema de propulsión fueron las grandes galeras birremes o trirremes que navegaron el Mediterráneo en la época en que griegos y romanos lo dominaban. Fig. 1

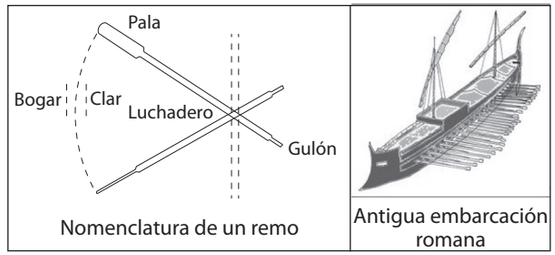


Fig. 1

Aún hoy sigue siendo una de las grandes incógnitas de la arqueología naval si realmente dichas embarcaciones eran tal cual las imaginamos, ya que la boga en las condiciones que imponía un trirreme era algo que muchos consideran imposible de realizar, asegurando que el prefijo "tri" se refería a tres remeros por remo y no a tres cubiertas de remeros.
También los vikingos realizaron largas travesías que incluyeron el cruce del Atlántico norte para arribar a las costas de los actuales Canadá y EE.UU. con embarcaciones a remo y vela cuadra que aún causan admiración en los navegantes actuales.
Actualmente su uso está básicamente circunscripto solo a las pequeñas embarcaciones.

Espadilla

Éste es un remo colocado dentro de una chumacera de un bote u otra embarcación menor.



Fig. 2 Góndola veneciana a espadilla

El remero en este caso, el gondolero con las dos manos puestas sobre el guión mueve la pala oblicuamente en el agua, apoyándose para hacer avanzar la embarcación. Llegado al final de la carrera, vuelve la pala vivamente hacia el otro lado siguiendo un movimiento oscilatorio que describe aproxi-

madamente la trayectoria de un ocho haciendo así avanzar la embarcación en el sentido deseado. Este sistema de propulsión también se denomina "*singar*" Fig. 2

Vela

La vela consiste en una superficie de tela que, extendida desde un palo, verga, pico, percha o entena (directa o indirectamente hecha firme al casco), imprime un movimiento de traslación al buque, en virtud de la presión del viento sobre ella.
La vela utiliza la energía eólica para impulsar el buque. El mayor o menor grado de aprovechamiento, dependerá del ángulo de incidencia que tenga la dirección del viento sobre el paño. Fig. 3
Por este medio se puede prácticamente navegar en casi todas las direcciones, dependiendo del tipo de velamen el mayor o menor sector "muerto", en cuya dirección solo se podrá avanzar haciendo piernas.
En los veleros, la fuerza motriz, el viento, no es limitada; pero en cambio carece del carácter de estabilidad y su uso no puede pasar de ciertos límites impuestos por las condiciones de seguridad.

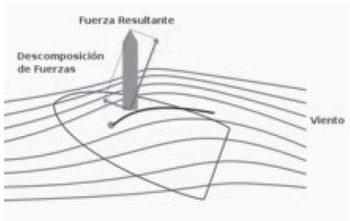


Fig. 3 Croquis de acción de una vela

La navegación a vela, no está, ni mucho menos, destinada a desaparecer, y en todo caso el conocimiento de su maniobra, si no necesario, es siempre útil para la completa cultura del marino.
Por último aconsejar este conocimiento, porque efectos semejantes a los que se obtienen en los veleros, producen el viento y el mar en los buques de motor, sobre todo en los de poca potencia de máquinas y/o de mucha obra muerta.
Las oscilaciones frecuentes de los precios del petróleo y la conciencia ecologista que se está afianzando en la conciencia ciudadana, impulsan cada vez más las investigaciones sobre este medio de propulsión tratando de adecuarlo a la época mediante su simbiosis con sistemas computarizados que manejan las velas por medio de motores eléctricos.
Pero es realmente el factor económico el motor que mueve el

permanente estudio para el aprovechamiento de esta energía limpia, principalmente por países desarrollados que carecen de reservas petroleras y por lo tanto sufren considerablemente sus crisis.
Además la indescriptible sensación que se experimenta al navegar en un gran buque exento de vibraciones y ruidos, excepto el que producen las olas al lamer su casco y el gemir del viento entre su cordaje, ha hecho que empresas de turismo de alto nivel, como la empresa francesa "Club Mediterraneé", haya construido un sofisticado y gran velero de 5 palos que realiza excursiones en el Caribe.
En él la máquina propulsora se utiliza exclusivamente para los ingresos y salidas de puerto. Los únicos motores que se mantienen en servicio en navegaciones francas son sus generadores que se encuentran en proa, bajo el castillo, y están absolutamente aislados del casco por complejos sistemas anti vibratorios, anti sonoros y desodorizantes que impiden sean percibidos, escuchados u olídos los gases de escape desde cualquier lugar del buque habilitado al pasaje.
Otra experiencia que se está desarrollando en la actualidad, es utilizar un gigantesco cometa, maniobrado por un sistema computarizado, que según sus constructores puede lograr una economía de combustible de un diez por ciento.

Rueda de paletas

Consiste básicamente en una rueda que gira alrededor de un eje horizontal perpendicular al plano de crujía.



Fig.4 S/S Goethe Propulsión a rueda de paletas laterales

El sistema puede estar constituido por una sola rueda a popa o dos simétricamente ubicadas a cada banda en la sección maestra, y la paletas podían ser fijas o articuladas de forma tal, estas últimas, que durante su trayecto por el agua estuvieran siempre en posición vertical, aprovechando así al máximo su impulso. Fig. 4
A partir de ese momento la rueda de paletas alcanza el máximo de perfeccionamiento y de aplicación, substituyendo paulatinamente y progresivamente a la vela, siendo durante mucho tiempo los buques mixtos de vela y ruedas, pero a partir de la mitad del siglo XIX declina su empleo, siendo el buque "Scotia" de la compañía Cunnard, el último buque transoceánico construido con ruedas de paletas en el año 1861.
Actualmente su empleo ha quedado reducido a nostálgicos buques de ríos o lagos que navegan por aguas tranquilas y poco profundas.
Las causas de su rápido ocaso se debieron a su poca aptitud para viajes con malos tiempos, ya que las ruedas se salían del agua con los balances y hacían difícil el mantenimiento de la derrota y eran además muy propensas a romperse con los golpes del mar.
Tan pronto se perfeccionó suficientemente la hélice cayeron rápidamente en desuso en viajes marítimos.

Rotores Flettner

Deben su nombre a Antón Flettner, su inventor, que aplicó el efecto Magnus a la propulsión de los buques.
El efecto Magnus consiste en la desviación lateral en el sentido perpendicular a su eje de giro, que experimenta la trayectoria de un cuerpo cilíndrico que cae, girando libremente dentro de un fluído.
Este efecto fue muy estudiado en la guerra antisubmarina debido a que las cargas de profundidad sufrían un significativo desplazamiento lateral al descender a las profundidades luego de ser arrojadas rodando desde las rampas ubicadas en la popa de los buques antisubmarinos, tendiendo a ubicarse bajo el buque que las lanzaba.
Ese problema fue finalmente subsanado con la colocación de contrapesos convenientemente colocados

El primer buque al que se adaptó este método fue la antigua goleta de tres palos "Buckau", de 600 t. en la cual se instalaron dos rotores de unos 15 m de altura y 3 m de diámetro accionados por motores de 9 CV que les imprimían una velocidad de 120 r.p.m. Fig. 5 Como sus resultados no fueran satisfactorios se achacó la falla al buque y por ello se decidió la construcción de otro especial para esta clase de propulsión, al que se bautizó con el nombre de Bárbara y tenía 2.785 ton. y tres rotores de 18 m de alto y 4 m de diámetro, a los que se hacía girar a una velocidad máxima de 160 R.P.M.y mediante sendos motores de 41 CV. El resultado del "Bárbara" tampoco fue satisfactorio



Fig. 5 Goleta Buckau 1ª prueba de rotores Flettner acompañada por una embarcación a vela



Fig. 6 Buque tanque moderno con cuatro rotores Flettner

Japón ha investigado pocos años atrás con un petrolero de 6.700 t. de DW sobre el que ha instalado dos rotores, uno a proa babor y el otro a popa estribor de la cubierta principal los hacía girar por medio de sendos pequeños motores eléctricos. Posteriormente se continuó experimentando con el sistema instalándose en un buque tanque un sistema de cuatro propulsores, dos a cada banda. Fig. 6

Teoría del efecto Magnus utilizado como impulsor

Sea un cilindro que gira en el sentido de las agujas del reloj, y que está colocado perpendicularmente a las líneas de corriente de un fluído en régimen laminar con velocidad constante.
Por efecto de la viscosidad, los elementos de un fluído que se encuentran en contacto con la superficie límite, son arrastrados por el movimiento de giro del cilindro, de tal forma que en la parte A superior del cilindro los elementos de fluído aumentarán de velocidad y en cambio, en la parte B inferior su velocidad dis-

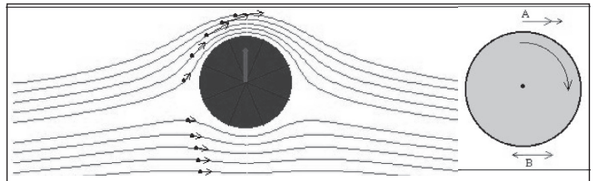


Fig. 7 Efecto magnus basado en la ecuación de Bernoulli

minuirá tal como se ve. Fig. 7
De acuerdo con la ecuación de Bernoulli la presión en A será menor que en B, el mismo razonamiento se aplica a otros puntos del fluído por encima y por debajo de la línea horizontal que pasa por el centro del cilindro. La resultante de todas las fuerzas que actúan sobre el cilindro debido a la presión del fluído es una fuerza que tiende a desplazar al cilindro en una dirección perpendicular a las líneas de corriente.
Este sistema evidentemente no está aún rindiendo los frutos deseados, posiblemente siga siendo experimentado con modificaciones o capaz que pase al olvido por impracticable, pero de todas formas nos demuestra que el ingenio humano no cejará en su empeño para lograr métodos alternativos limpios y económicos para transformar energía en trabajo.

Propulsores cicloidales

Este sistema fue ideado por el profesor Frederick Kirsten quien vendió la patente en Alemania a una empresa llamada Voith-Schneider que mejoró el diseño inicial hasta conseguir el actual motor Voith cycloidal que se viene utilizando desde hace décadas en motorizaciones con muchos miles de caballos para barcos de gran tonelaje y con muchas ventajas frente a las propulsiones tradicionales, especialmente cuando se trata de conseguir una maniobrabilidad excepcional y respuestas instantáneas en la dirección del empuje.
Reúne en uno solo los efectos de propulsor y timón, haciendo además innecesario el cambio de marcha de la máquina propulsora Fig. 8
El empuje producido por un sistema cicloidal se genera desde cualquier ángulo, y se puede cambiar de forma instantánea gra-

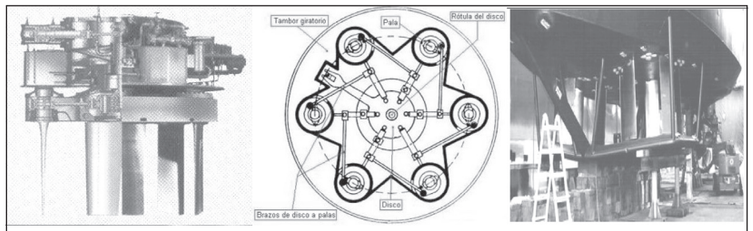
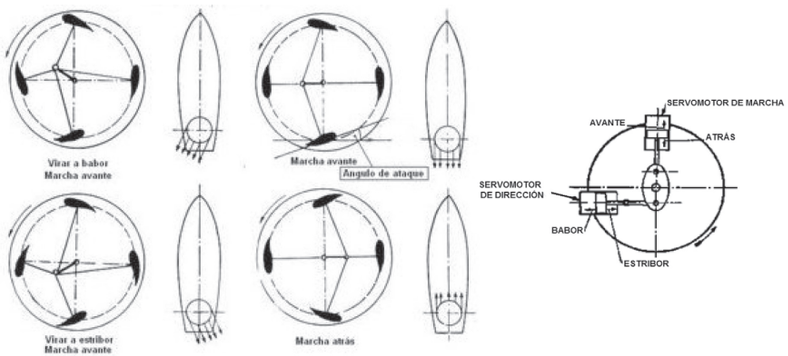


Fig. 8 Vista lateral, croquis de mecanismo impulsor
y vista de la instalación en la parte inferior de un remolcador

cias a su diseño "cicloidal" que hace referencia a la curva matemática que describe un objeto que rota siguiendo un arco de circunferencia.
El resultado es como si se tuviera una hélice de paso variable y orientable en dirección de forma instantánea sin mover para nada el eje del motor como ocurre por ejemplo en los motores fueraborda o Z-Drive.
La forma en que trabaja cada pala puede ser comparada a como lo hace el remo de una canoa. Esto es muy importante, ya que al poder utilizarse grandes palas trabajando a velocidades lentas, se consiguen muy altos rendimientos y pocas pérdidas o problemas de cavitación.
Está constituido por una serie de paletas verticales montadas perpendicularmente a la base de un disco horizontal, ubicado bajo el casco, que gira siempre en el mismo sentido, el cual es accionado a través de una transmisión con piñones con dientes a 45º colocados en los extremos del eje del motor y del porta disco. Durante el funcionamiento del propulsor cada paleta recorre una curva cicloide, lo que le dió el nombre de propulsor cicloidal.
Las paletas, en número de cuatro o seis, colocadas simétricamente junto a la periferia de la base del disco, además de participar en el movimiento circular de éste, tienen un movimiento de oscilación alrededor de sus ejes verticales por medio de un sistema de bielas articuladas unidas a los bordes de un disco de menor diámetro ubicado en el centro del ingenio, que gira independientemente con respecto al eje del disco mayor.
Este sistema está dispuesto de forma tal que las normales al plano medio de las paletas concurran constantemente en un punto que

es el centro del disco interior.
Así pues, si el mismo está colocado de forma que su centro coincida con el del tambor, las paletas no tendrán movimiento de oscilación, ya que girarán, al hacerlo el disco, con su plano constantemente tangente al de la trayectoria circular, cortando el agua con su canto y no teniendo efecto de propulsión alguno, correspondiendo ésta posición a "para"
Suponiendo un sentido de giro del tambor contrario al de las agujas de un reloj, y trasladando el centro del disco en el diámetro babor - estribor, al quedar colocado excéntricamente originará un movimiento oscilatorio en las paletas, cuyo plano dejará de ser tangente a la trayectoria, excepto en sus pasos por los extremos de dicho diámetro, a partir de cuyos puntos irá aumentando el ángulo formado por el plano de las paletas y la tangente a la trayectoria, que llamaremos ángulo de ataque, alcance un máximo, llamado paso, para volver a hasta anularse nuevamente en el otro diámetro transversal. Fig. 9



Figs. 9 Ejemplos del sistema de acción de un propulsor cicloidal Voith

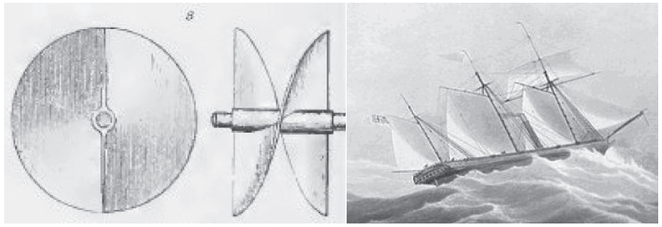
De esta forma al girar las paletas en la circunferencia de proa ejercen una presión del agua hacia popa y al recorrer la de popa cambian de posición originando también la misma presión, dando lugar a una reacción conjunta hacia proa y obteniéndose la marcha avante.
Efectuando esta operación en distintas posiciones del disco móvil, se obtiene una fuerza resultante según la cual la dirección

del empuje es normal al diámetro en que se encuentra el centro del disco móvil y su sentido contrario al del movimiento del extremo del semidiámetro en que se halla dicho disco
Según esto, si se coloca el centro del disco sobre el semidiámetro de estribor se obtiene la marcha atrás y si se lo coloca sobre el de proa o el de popa, resultará un empuje hacia estribor o babor respectivamente.
Posicionando el centro del disco móvil sobre los cuadrantes dan lugar a distintos ángulos de empuje y distintos efectos evolutivos del buque, actuando así de timón.
El valor del empuje aumenta con el paso, es decir que cuando más se desplace el centro del disco móvil del centro del tambor, mayor será el ángulo de ataque de las paletas, y en consecuencia, mayor la reacción a que den lugar, consiguiéndose con la variación de ese desplazamiento la regulación de la velocidad del buque sin variar las R.P.M. del eje del motor.
Cuando haya que navegar durante mucho tiempo a poca velocidad es conveniente disminuir las R.P.M. del motor, a fin de ahorrar combustible, ya que el mayor rendimiento del propulsor corresponde al paso máximo.
El desplazamiento del disco móvil se obtiene por medio de una palanca con apoyo central y rótulas en sus extremos, la inferior de las cuales va conectada al disco y la superior a las bielas de dos servomotores hidráulicos ubicados a 90º y accionados desde el puente de mando en forma tal que uno de ellos, el servomotor de dirección, mueve la rotula en dirección proa-popa, y el otro, servomotor de marcha, lo hace en dirección transversal.
En el puente se procura conservar la disposición usual de los elementos de mando, utilizándose un volante para accionar el servomotor de dirección y una palanca desplazable sobre un sector para el servomotor de marcha

Propulsores helicoidales

Hélice - Un poco de historia
Esta en discusión quien fue el que realmente inventó la hélice para los barcos, si fue el checo Josef Ressel en el año 1785 o Francis Pettit Smith en el año 1836

Lo cierto parece ser que este último en el año 1838 construyó en Inglaterra el primer buque con propulsión a vapor y vela llamado s/s "Archimedes" propulsado por una máquina a vapor que movía una hélice como la que se muestra a continuación. Fig. 10



Figs.10 Muestra de la hélice propulsora y S/S "Archimedes"
1er buque con propulsión helicoidal

Descripción de la hélice

Consiste en un dispositivo formado por un conjunto de elementos denominados palas o álabes, montados de forma concéntrica alrededor de un eje, girando alrededor de éste en un mismo plano y su función es transmitir a través de las palas su propia energía cinética, que adquiere al girar, a un fluído, creando una fuerza de tracción o empuje. Las palas o álabes tienen forma de pétalos de flor y están inclinadas un cierto ángulo llamado "de ataque", que es variable a lo largo de su radio y que sirven para desplazar el agua hacia adelante o hacia atrás de la hélice

Se puede asemejar a un "tornillo" que se enrosca en el agua con la finalidad de transformar la cantidad de movimiento angular del eje motriz, en una cantidad de movimiento sinusoidal (en forma de resorte) del agua que desplaza. Dicha cantidad de movimiento, al ser conservativa, provocará la reacción del agua que se encuentra detrás del chorro de expulsión de la propia hélice, y como si fuera un sólido (una pared), le imprimirá al buque casi la misma cantidad de movimiento que la hélice transmite al agua, pero en sentido contrario.

Este fenómeno conservativo de reacción es posible debido a que los líquidos son incompresibles.

La hélice desde su aparición fue objeto de muchas investigaciones destinadas a determinar su eficacia y a darle las proporciones

más favorables.

Se muestran, a solo título ilustrativo, los principales propulsores helicoidales patentados en Inglaterra hasta el año 1950. Fig. 11

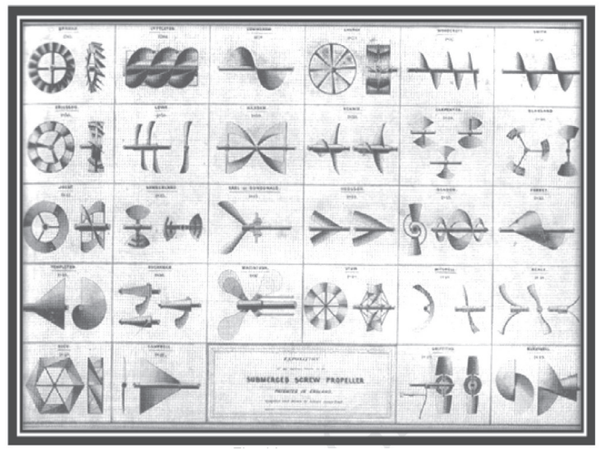


Fig.11 Diversos tipos de hélices patentados

La cantidad de agua expulsada provoca una reacción sobre la misma y, a través del eje de cola y de la chumacera de empuje, lo transmite al buque. Fig. 12

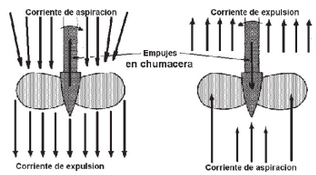


Fig.12 Funcionamiento básico de un propulsor helicoidal

Esta fuerza reactiva, que impulsa al buque, es de sentido contrario al de la corriente de agua desplazada y su intensidad depende de la velocidad de esta corriente y de la masa de agua puesta en movimiento

Es el propulsor más utilizado en la actualidad.

Los otros dispositivos que estudiemos se utilizan solo en contadas y específicas circunstancias en que sus ventajas superan a la hélice.

Modernas teorías sobre la impulsión que produce la hélice explican su accionar de la siguiente forma:

La acción que sobre el agua ejerce la hélice girando avante, origina una depresión a proa y una sobrepresión a popa de la misma.

Como consecuencia de dicha diferencia de presiones se ejerce un

empuje que hace avanzar al buque a una cierta velocidad.
En la forma más sencilla de interpretación podemos compararla a un tornillo (hélice) que gire en una tuerca fija (agua). Esto vale como ejemplo aún cuando no resulta estrictamente así, como se verá más adelante

Descripción y generalidades:

Se llama curva hélice a la descripta por un punto que se traslada sobre la superficie de un cilindro animado de dos movimientos simultáneos y homogéneos uno vertical y el otro horizontal obteniéndose la curva ABC denominada hélice de paso fijo o constante.
Si se desarrolla el costado del cilindro sobre un plano se obtiene la recta ABC. Fig. 13

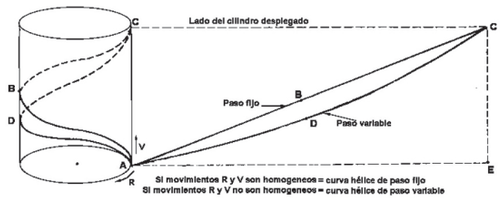


Fig. 13 Desarrollo de una curva helicoidal

Es el caso de hélice fija, regular o constante la hipotenusa del triángulo AEC es una recta y el ángulo A con la horizontal es constante en cualquier lugar que lo midamos, por ende el ángulo de ataque en cualquier punto de la curva hélice no varía.
El paso de dicha curva está representado por el cateto opuesto CE que no es otra cosa que el avance longitudinal de la hélice tras dar una vuelta completa (360°), si lo hiciera en un medio sólido.
Se define entonces paso de la hélice al producto de la circunferencia del cilindro generador (AE) por la tangente del ángulo de ataque en A y está expresado por la fórmula:

$$\tan \vartheta = \frac{cat.op.(CE)}{cat.ady.(AE)} \longrightarrow \frac{paso}{circunferencia}$$

donde el paso H = 2 # r # r# tanj

En cambio si las velocidades verticales y horizontales del punto difieren, o sea no son constantes, se obtendrá una curva diferente, p. e: ADC.
Observando a la misma desarrollada sobre un plano, se ve que el ángulo de ataque varía según el punto en el que se lo mida, ya que la hipotenusa es curva.
El paso de esta curva hélice en cada punto, estará dado por la tangente trigonométrica del ángulo formado por la curva en dicho punto multiplicado por 2×π×r.
Es la llamada curva hélice de paso variable, ya que su ángulo de ataque varía con relación al radio
Avanzando una etapa más en el conocimiento del propulsor hélice, se llega a la definición de helicoide o superficie helicoidal.
Esta consiste en la superficie engendrada por un segmento, denominado generatriz, que se desplaza en la corona circular generada en un extremo por un cilindro interior, que representa el núcleo de la hélice, y el otro con un cilindro exterior que representa la periferia del disco de la hélice, y avanzando siempre en dirección radial.
El helicoide será de paso fijo si es engendrada por una curva hélice de paso fijo.
En el caso de que la generatriz se genere por una curva hélice de paso variable se obtiene un helicoide de paso variable Fig. 14-a

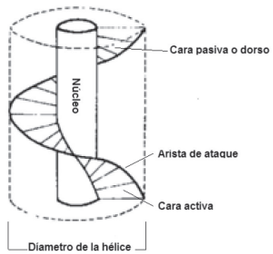


Fig.14a Desarrollo de un helicoide

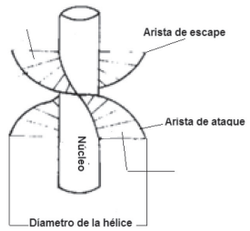


Fig.14b Combinación de dos sectores de helicoide para formar un propulsor

La figura 14-b muestra una aproximación de un propulsor
En ella se ha adosado al cilindro interior dos trozos idénticos y opuestos de helicoide a los que se denominará palas.

El paso de una superficie helicoidal de paso fijo es igual al de la curva hélice correspondiente y viene dado por el avance de la recta generatriz en una rotación.
El paso de una superficie helicoidal de paso variable será el paso promedio que presenta en todos sus puntos y recibe el nombre de paso medio teórico.

Las hélices de los buques no son hélices de paso fijo

En una hélice de paso fijo no todos los puntos de una pala que rota, ejercen igual presión en el agua.
Imaginando una pala plana, (paso fijo), y elegiendo dos puntos:A y Z de una generatriz se moverán alrededor del eje de la hélice con igual velocidad angular (R.P.M.), pero estarán animados de velocidades tangenciales diferentes. Fig. 15
El punto **Z** se traslada una mayor distancia que el punto **A**, y, por lo tanto **Z** ejercerá más presión sobre el agua y consecuentemente desarrollará más trabajo de impulsión que **A**.
Un ejemplo de una hélice de paso fijo es el clásico ventilador de techo. Sus palas son planas.

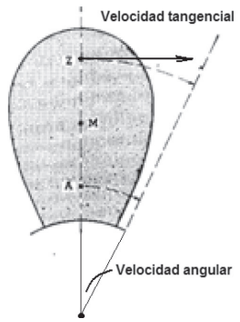


Fig.15 Pala de hélice variación de su paso

En la pala plana imaginada el punto **Z** tiene mayor velocidad lineal que el punto **A**, la acción de **Z** deberá ser disminuida reduciendo el ángulo de inclinación (paso).
Si se adiciona un punto **M**, como el mismo se encuentra entre los puntos **A** y **Z** , estará animado de una velocidad lineal menor que **Z** pero mayor que **A**, de modo que, en una hélice real, el punto **M** debe tener un ángulo de inclinación superior al que le corresponde a **Z**, pero inferior al de **A**.
Por lo tanto, el paso de los elementos de la pala deben variarse desde el núcleo hasta el punto más alejado del borde, dando a las espiras distintas formas helicoidales a fin de que todas sus partes originen la misma impulsión.
Si así no se hiciera la más alta velocidad lineal que se logre en alguna parte de la pala originará un mayor impulso, salvo que se

modifique su paso, disminuyéndolo a medida que nos alejemos del eje de giro.
Por ello, las palas de las hélices de los buques no son planas.
Se construyen con superficies compuestas - que son superficies aproximadamente helicoidales -, con el fin de permitir que en cualquier área infinitesimal de ella, produzca igual impulso que las demás.
Cabe aclarar una terminología errónea que suelen emplear los marinos, cuando en una hélice se pueden rotar sus palas, se la llama de paso variable, en cambio cuando las mismas son fijas, se dice que son de paso fijo, esto no es así.
Todas las hélices marinas son de paso variable, ya sea que tengan sus palas fijas FPP (*Fix Pitch Propeller*) o móviles CPP (*Controllable Pitch Propeller*)
La adopción del anglicismo *fix pitch* ha llevado a denominar equivocadamente las hélices de pala fija como de paso fijo y las de palas móviles como de paso variable, pero debe tenerse presente que ambas son de paso variable. Así unas serán de posición fija respecto del eje y las otras de posición controlable.

Sentido de giro de la hélice

Se dice que una hélice es de giro a la derecha, giro horario o dextrógiro, cuando dando avante, un observador ubicado a popa de ella y mirando hacia proa, la ve girar en sentido de las manecillas de un reloj.
Si el giro en propulsión avante, es en sentido contrario, la hélice es de giro a la izquierda, anti horario o levógira.
La gran mayoría de los buques mono-hélice actuales de pala fija poseen hélices dextrógiras.
En cambio, en modernos buques dotados con hélice de paso controlable se colocan hélices con sentido de giro anti-horario, levógiras.
Eso se hace para igualar las condiciones evolutivas provocadas por los efectos indeseados de la hélice cuando se aplica máquina atrás ya que una hélice de pala fija para dar atrás debe invertir su giro convirtiéndose en levógira, debido al efecto lateral indeseado que produce una caída de su proa a estribor.

Los bihélices suelen tener sus hélices con giro exterior, o sea la de babor levógiro y la de estribor dextrógiro.
Con ello se logra contrarrestar el efecto lateral indeseado de las palas, como se estudiará más adelante.
En caso de un buque trihélice la disposición suele ser: la central y de estribor dextrógira y la de babor levógira.

Nomenclatura de una hélice:

Definición de algunos términos de uso general Fig. 16

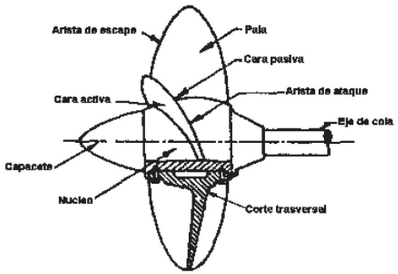


Fig.16 Nomenclatura de una hélice marina

Cara activa:	Es la superficie del helicoide que en marcha avante empuja al agua.
Dorso:	Es la superficie opuesta. No es una superficie helicoidal, ya que en ella el fabricante aplica material necesario para darle la resistencia a la pala
Arista de ataque de la pala:	Es la que va "cortando" el agua al girar la hélice.
Arista de escape o salida:	Es la opuesta a la anterior, por donde el agua "escapa".
Diámetro de la hélice:	Es el diámetro del circulo externo generado.
Sentido de giro:	Es la dirección hacia donde gira mirada desde la popa. Dextrógiro o Levógiro

Las hélices están constituidas por un núcleo, cubo o nuez, del que salen las palas, en un número variable (entre dos y hasta siete). El núcleo presenta un contorno generalmente cilíndrico y tiene

un diámetro que generalmente oscila entre 0,15 y 0,23 veces del diámetro de la hélice.
Por su cara de proa se une al eje de cola o eje porta hélice, que está suspendido, si es preciso, por arbotantes o pié de gallo, y a través de la bocina, se acopla a uno de los ejes intermedios o de transmisión que, finalmente queda unida a la caja reductora, o reductora inversora
Por su cara de popa lleva una pieza cónica, llamada capacete, que tiene por objeto disminuir la turbulencia que presenta durante la marcha, proporcionándole al conjunto de la hélice unas líneas hidrodinámicas adecuadas.
Las palas tienen un contorno elíptico, y están situadas simétricamente alrededor del núcleo, con el fin de obtener un conveniente equilibrio dinámico y evitar posibles, indeseables y peligrosas vibraciones.
El dorso de la pala, no es helicoidal puro, tiene un cierto espesor, mínimo, sobre los bordes y máximo en las inmediaciones cerca del núcleo, engrosándose también hacia la parte central para mayor resistencia.
Las hélices están diseñadas para ejercer un empuje óptimo en marcha avante y a velocidad crucero. Por lo tanto sobre la cara inactiva o de proa se la engrosa debidamente para que resista las presiones que ejercerá cada una de sus caras.
En la Fig.17 se muestra un croquis de una de las palas de una hélice donde se puede observar los distintos cortes y proyecciones.

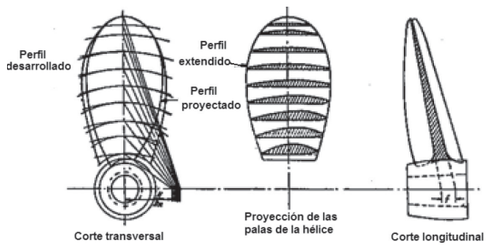


Fig.17 Cortes y proyecciones de una pala de hélice marina

Esto debe de ser tenido muy en cuenta por el maniobrista, ya

que el trabajo de la hélice diferirá, a igualdad de rotaciones, entre marcha avante y marcha atrás, ya que la cara de proa dista bastante de ser la superficie helicoidal ideal
En general pierden un 40% de su efectividad dando atrás a iguales rotaciones, aunque modernos diseños han logrado reducir esa pérdida hasta un 25%.

Características constructivas de las las hélices - Su clasificación

Hélices de una sola pieza

Son las que palas y núcleo forman un conjunto único, que puede ser de fundición, acero moldeado o, las más comunes, de bronce fundido o una aleación que contiene bronce y manganeso entre otros metales como la mostrada en la Fig. 18



Fig.18 Hélice de una sola pieza y seis palas FPP

Hélices de palas removibles

Son las que tienen sus palas afirmadas al núcleo por medio de un encastre y pernos.
La fotografía siguiente muestra las cuatro palas de una de las hélices del Almirante Irizar desmontadas de su núcleo durante una reparación Fig. 19



Fig.19 Palas removibles de una hélice

Estas presentan la gran ventaja de la fácil y rápida sustitución de las palas que puedan haberse averiado.

Hélices de palas controlables

Son las que pueden girar a voluntad la inclinación de sus palas variando el ángulo de ataque.Fig.20

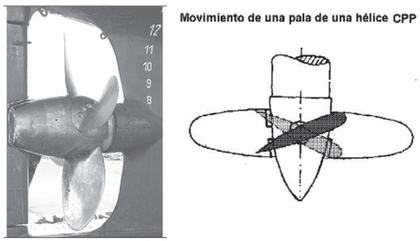


Fig.20 Hélice de palas controlables CPP montada en un buque y esquema de giro de sus palas para cambio de empuje

Clasificación de las hélices por su paso

- **Hélices de paso fijo o paso constante**

La cara activa de las palas de esta hélice son porciones de una superficie helicoidal de paso constante, o sea que el paso en cada uno de los puntos es el mismo.
Sus palas, a diferencia de las hélices de paso variable, son planas.
Una superficie de las palas de ese tipo son las engendradas por una recta, llamada generatriz, que forma determinado ángulo con un eje fijo alrededor del cual gira a velocidad uniforme, y al mismo tiempo, avanza paralelamente a dicho eje, también a velocidad constante, o sea no hay variación de velocidad angular ni de avance
No se utiliza este tipo de hélices en los buques.

- **Hélices de palas fijas**

Todas las hélices marinas son de paso variable.
La cara activa de las palas de éstas hélices son porciones de una superficie helicoidal no constante.
Como se explicara anteriormente, al analizar las superficies helicoidales, este diseño empareja prácticamente los trabajos de todos los puntos de la pala por dicha razón es que se diseñan las palas de esta forma. Si el paso disminuye desde el centro a la periferia se aumenta el rendimiento del propulsor a un régimen determinado de revoluciones.

En este caso el paso es decreciente radialmente.

- **Hélices de paso ajustable**

Son las hélices cuyas palas son desmontables del núcleo adonde se aseguran mediante bulones.
Dichos bulones permiten modificar el ángulo de ataque dentro de ciertos límites, pero dicha operación sólo puede ser hecha mediante taller y estando el buque en seco.
Se utilizaban en buques que podían cambiar sus tareas, por ejemplo de tener que empujar o remolcar, pasar a navegar solos o viceversa. Son muy poco utilizadas en la actualidad.

- **Hélices de paso controlable**

Son las que cada vez se están popularizando más por sus innumerables ventajas para la maniobra, que justifican plenamente su mayor costo.
La inclinación de sus palas puede variarse a voluntad en cualquier momento desde el puente de mando dentro de ciertos límites (Normalmente en un arco de 60°), 30° a proa o popa de la posición de bandera.
En estas hélices las palas se encuentran unidas al núcleo a través de un platillo que gira merced a la acción de unas bielas que se accionan hidráulicamente a través del porta hélice.
Cuando las bielas se desplazan en sentido longitudinal, las bridas giran en una dirección o en otra, según el sentido del desplazamiento, moviendo la pala.
La transmisión mecánica para cambiar el paso de las palas fue abandonada hace ya muchísimo tiempo, cuando comenzaron a aumentar las potencias de las máquinas propulsoras usándose transmisión electro-hidráulica
El paso se varía rápidamente según convenga, pudiendo llegar a invertirse totalmente su inclinación con lo que se cambia de marcha avante a marcha atrás sin que se deba invertir el sentido de giro ni del motor ni del eje porta hélice.
Son varias las firmas que se dedican a la fabricación de este tipo de hélices. En este caso veremos uno de los sistemas existentes en el mercado, el diseñado por la firma inglesa Rotol Ltd.

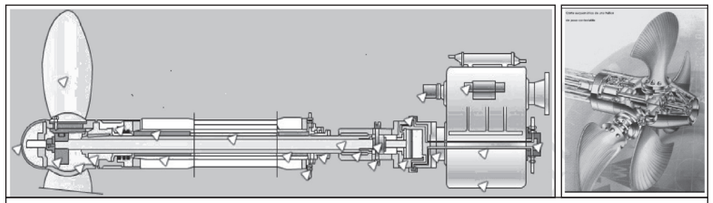


Fig. 21 Instalación y mecanismo de una CPP de ROTOL Ltd®

(sólo croquis de funcionamiento) Fig. 21

Las principales ventajas de estas hélices son:

- Rapidez de las respuestas de empuje buscadas con el accionar de la hélice, facilitando considerablemente la maniobra.
- Ajuste fino de la potencia requerida para cada caso.
- Muy pronta respuesta para cambiar el sentido de marcha.
- Imposibilidad de errores en la transmisión de órdenes puente / máquinas
- Menor desgaste de la máquina propulsora por eliminación de arranques y paradas.
- Buen gobierno a bajas velocidades debido a que se sigue utilizando el efecto de la corriente de expulsión de la hélice con bajísimas potencias, la que refuerza el efecto del timón.

Sus inconvenientes son:

- Mayores costos (de instalación y mantenimiento)
- Mayor vulnerabilidad a averías causadas por golpes a objetos flotantes o fijos.
- Menor eficiencia

En el diagrama cartesiano Fig. 22 muestra el menor rendimiento que tiene una hélice de paso controlable respecto a una de pala fija movidas por iguales potencias.
Ello se debe a la menor área desarrollada que tiene cada pala, las que nunca son más de

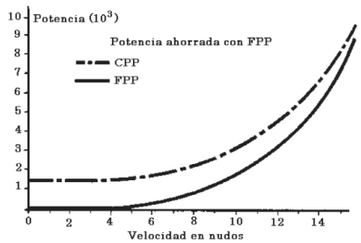


Fig. 22 Diagrama de rendimiento FPP vs CPP

cuatro. Esa disminución de áreas es para permitir el movimiento que les cambia el paso, ya que por ello no pueden superponerse

Parámetros que definen una hélice naval

Sentido de giro
Puede ser de giro horario (dextrógira) o de giro antihorario (levógira). Siempre se debe tomar la referencia que el punto de vista es desde crujía, hacia proa, es decir, que a la hélice se la ve desde su "cara de fuga".

Cantidad de palas
El número de álabes o palas que componen el cuerpo tractor de la hélice.

Cara de pasiva o dorso
Es la superficie de las palas o álabes que reciben el fluído (agua), por depresión manométrica en marcha avante.

Cara activa
Es la superficie de las palas o álabes que expulsan el fluído (agua) a alta presión, porque le imprime una energía adicional, proporcionada por la energía cinética de rotación del eje motriz.

Ángulo de ataque
Es el ángulo con el cual la cara de ataque está inclinada con respecto a un plano que es normal al eje motriz de la hélice. Es conocido como *pitch angle*. Surge de dividir el paso medio de la hélice por el perímetro del disco de la hélice al rotar. Dicho cociente da como resultado la tangente de dicho ángulo.

Paso
Es la distancia que avanzaría la hélice si no "resbalara" en el agua en sentido paralelo al eje motriz en un ciclo completo. Al ser una distancia, la unidad es generalmente en metros.

Paso medio
Es la distancia que avanza una hélice, tomando un ángulo medio de ataque, es decir, a 0,7 radio de la hélice,

Área desarrollada
Es la suma de todas las áreas reales de cada una de las palas o álabes que constituyen la hélice.

Área proyectada
Es el área total desarrollada multiplicada por el coseno del ángulo

de ataque medio, es decir que es la proyección de las áreas desarrollada sobre un plano normal al eje motriz de la hélice.

Relación de área
Es el área proyectada dividido el área del círculo que engendra al rotar. Su valor siempre es menor que la unidad.

Momento de inercia
Es la resistencia dinámica de la hélice a rotar. Al ser un cuerpo homogéneo, su momento de inercia será baricéntrico, es decir, con respecto al centro de giro del núcleo. Es equivalente al radio de giro al cuadrado, multiplicado por la semi masa.

Aceleración angular
Es la variación de la velocidad angular en función del tiempo, o es la variación del ángulo descripto en función del tiempo al cuadrado. Es el cociente entre el par aplicado y el momento de inercia de la hélice.

Carga hidrostática
Es la presión hidrostática que recibe la superficie de la hélice, que está determinada por la densidad del líquido en el cual está inmersa, y la profundidad de inmersión de la misma.

Cantidad de Palas
Imaginando tener una llanta de automóvil con una abolladura, ésta provocará que la misma, al rotar, presente vibraciones y tienda a detenerse con la zona de mayor "peso" hacia abajo. Para compensar este efecto, se colocan pesitas, lo que redistribuye su masa y por ende, su momento de inercia, a un eje baricéntrico.
La hélice posee masas que están fuera del centro, que son las palas. Cada una de ellas posee la misma masa y área que las demás, por lo tanto, la suma de sus pesos al girar da un peso resultante que pasa por su centro de gravedad, o sea, por su núcleo.
Una hélice de una sola pala sería posible, si se pudiera tolerar la vibración. De modo que, para obtener un nivel aceptable de equilibrio, lo mejor es utilizar una hélice que posea como mínimo dos palas. Si se añaden palas, el rendimiento es menor, pero también el nivel de vibraciones. Antiguamente la mayoría de hélices poseían tres palas formando un compromiso entre vibración, tamaño adecuado, rendimiento y costo. Actualmente casi todas

las hélices suelen tener cinco o más palas con el fin de aumentar el área desarrollada que supera ampliamente al área proyectada.

Consideraciones a tener en cuenta para la elección de una hélice

Como ya se dijo, el paso de una hélice es la distancia longitudinal que este "tornillo" avanzaría en el agua si la misma fuese sólida. Además, al aumentar el radio sobre una pala, su ángulo de ataque disminuirá, por lo tanto variará también su paso (avance) en ese punto. Esta relación trigonométrica define el ángulo de ataque de las palas, en sus diferentes puntos

$$ArcTga = \frac{Paso(m)}{2rRadio(m)}$$

Si el ángulo de ataque fuese constante, el empuje de cada punto de la pala sería mayor, a medida que se aleja del núcleo.
Recuérdese que:

$$Velocidad\ \ Tangencial(m/seg) = \omega xR = 2\pi FrxR$$

Siendo
Fr = Frecuencia de giro (revoluciones por segundo)
R = Radio expresado en metros.

Pero se suma otro factor, que es el provocado por las presiones normales que transmite la pala de la hélice al agua.
El momento de una fuerza está determinado por la fuerza actuante y el brazo de palanca normal a dicha fuerza. Si el momento o par motor es constante, al variar el radio, varía inversamente la fuerza aplicada o entregada en dicho punto. Como se trabaja con fluídos, no se habla de fuerzas sino de presiones en su seno, debido a que no tienen volumen propio.
Este efecto provocaría empujes desiguales, o sea, en las cercanías al núcleo, la hélice aplica una gran presión (siendo la fuerza rotante muy grande y el área de pala muy chica), y en la periferia aplica una presión muy débil (área muy grande de pala y fuerza rotante pequeña).
El paso de las hélices, es la curvatura o ángulo en que las palas

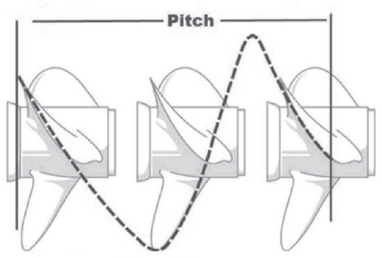


Fig. 23 Paso de una hélice (Pitch)

toman de inclinación hacia adelante o hacia atrás en relación con el eje propulsor. Fig. 23
Desde el punto de vista del motor, la longitud y el paso de las hélices afectan el funcionamiento del mismo; es decir, "mayor paso", mayor será la cantidad de agua recogida por la superficie de la hélice - más resistencia - y en consecuencia el motor perderá algunas R.P.M; a "menor paso" - menos resistencia -, menor será la cantidad de agua recogida por la hélice y el motor ganará R.P.M..
El equilibrio está en buscar un paso adecuado en función del régimen de potencia del motor (RPM) y una navegación ajustada, repercutiendo claramente en el consumo y la velocidad de la embarcación.
Siempre la mayor eficiencia se logrará con la hélice que tenga el mayor diámetro y la menor aceleración de empuje. Mayor diámetro que se compatibilizará con el vano disponible en el codaste para instalarla o, el tamaño que permita el pie de gallo ya instalado en el barco y que sustenta o soporta al eje propulsor. Además en todos los casos se deberá respetar una luz o distancia mínima entre el casco y la pala de la hélice, mayor a una pulgada (1" = 2,54 cm) o más si es posible. Una hélice con menor diámetro significa menor masa de agua en movimiento, por lo que para igualar el empuje habrá que acelerar a la masa en movimiento, o sea incrementar el paso de una hélice sustituta de menor diámetro.
Debe evitarse poner una hélice con un número de palas que sea múltiplo del número de cilindros del motor: Ej. Si el motor es de 8 cilindros, no se debe instalar una hélice de 2 o de 4 palas. Si en cambio de tres o cinco. Esto se hace para evitar vibraciones torsionales y sincronismos inducidos por empuje axial de las palas, a pesar de que esas deficiencias puedan estar resguardadas por la masa rotante del volante del motor o el manchón elástico de acoplamiento entre cajas y árbol propulsor.
El paso de la hélice tiene que estar compatibilizado en cálculo con

el número de revoluciones del motor propulsor y con la curva de potencia que el mismo motor presente. Si por ejemplo se diseña una hélice que tenga poco paso, el motor podrá estar trabajando muy liviano buscando empuje (carga) a mayores RPM. Girará en vacío, el barco andará muy lentamente he incluso podrá disparse en vueltas ocasionando daños mecánicos o carbonizando dentro de los cilindros y largando humo negro por el escape, originado en el exceso de combustible no quemado enviado por la bomba de inyección a las cámaras de combustión .

Si por el contrario se excede en el paso (considerando en este análisis siempre un mismo diámetro de hélice en cuestión), el motor propulsor no podrá levantar más que un número vueltas limitado (sin llegar al máximo); comenzará a recalentarse y podrá indicarlo con mayores temperaturas en los gases de escape o largando humo blanco por el escape. Humo que es originado por un mayor consumo de aceite presente en las cámaras de combustión.

Es por eso que al considerar la velocidad a alcanzar andando a motor no se puede obviar el análisis de las características que presenta el casco para alcanzar su velocidad óptima.

Además las formas del casco "perturbarán" el flujo continuo de agua que llega desde la proa hasta la posición de la hélice moderadamente ordenado, disminuyendo por tanto su eficiencia. Por esto es fundamental asegurar un flujo libre de interferencias y

$$Velocidad\ del\ buque(m/s) = \frac{paso(m) \times R.P.M.}{60}$$

con líneas suaves hacia la posición en que trabajará la hélice.

Hay otros factores como las bajas profundidades o falta de limpieza del fondo del casco que alteran los resultados teóricos a alcanzar cuando se calcula la hélice al aumentar la resistencia friccional.

Como ya se dijo, está dado por lo que avanzaría el buque con una vuelta completa de la hélice, si el agua fuese un medio rígido, es decir, si no existiese el resbalamiento o retroceso aparente.

En estas condiciones, la velocidad del buque en m / seg., está dada por la fórmula

De acuerdo al tipo de buque varia la relación entre el diámetro y el paso de la hélice, ajustándose generalmente dentro de los siguientes parámetros:

Tipo	Relación diámetro / paso
Carguero convencional =	0,8 - 1,2
Remolcador =	0,5
Pequeñas embarcaciones =	2,0

Nótese que mientras que en un carguero convencional el diámetro es igual prácticamente al paso, en un remolcador, donde lo que se precisa es *bollard pull* más que velocidad, el paso es el doble que el diámetro, y en pequeñas embarcaciones, de hélices muy revolucionadas, el diámetro es el doble del paso.

La ubicación de la hélice

Lo deseable es:

- Que esté ubicada a la mayor profundidad posible, dentro de determinados valores, para evitar que salga del agua cuando el buque cabecea.
- La distancia mínima aconsejable desde la parte superior del disco a la superficie del agua en máxima carga debe ser de 1/6 del diámetro como mínimo.
- Que no sobresalgan del casco hacia abajo, para evitar posibles averías - se aconseja que el extremo inferior del disco no esté a menos de 0,30 m del punto más bajo de la quilla (siempre en grandes buques)
- Que en los buques con más de una hélice, el extremo de afuera del disco de las exteriores quede dentro de la proyección del forro exterior, a la altura de la sección maestra.

Fórmula de Mol

Con el fin de calcular la potencia indicada que debe tener un motor para accionar una determinada hélice se aplica esta fórmula que relaciona parte los elementos que acabamos de ver:

$$Pt = K \# B^{1/3} \# N^3 \# D^{7/3} \# H^2 \# f^{1/3} \# Z^{1/6}$$

Siendo:

Pt : potencia indicada de la máquina en CV.
K : un coeficiente experimental cuyo valor oscila entre 100/108 y 140/108
B : la relación entre el área (en m2) de la sección maestra sumergida y el número de hélices.
N : el número de R.P.M. en el primer minuto.
D : el diámetro en metros de la hélice.
H : el paso en metros de la hélice.
f : la fracción de paso total.
Z : el número de palas de la hélice.

Cómo interpretar los datos técnicos de una hélice

Ejemplo: 14-1/2 X 19 RH Blade 3 SS Apollo Propeller

1. 14-1/2: diámetro de la hélice. El diámetro es siempre el primer conjunto de números.
2. 19: El paso de la hélice. El paso siempre es el segundo conjunto de números.
3. RH: Esta es la rotación de las hélices. Cualquiera de RH en sentido horario o LH contra las agujas del reloj.
4. Blade 3: Este es el número de palas. Puede ser 2, 3, 4, 5, 6, 7 palas
5. SS, lo que representa el material de la hélice. AL: Aluminio, SS: Acero Inoxidable.
6. Apollo Propeller: Este es el estilo o marca de la hélice.

Resbalamiento o retroceso aparente

Una hélice, moviéndose en el agua en reposo, puede asimilarse, como ya se vió anteriormente, a un tornillo moviéndose dentro de su tuerca, que en éste caso, sería el agua. Si el agua permanece

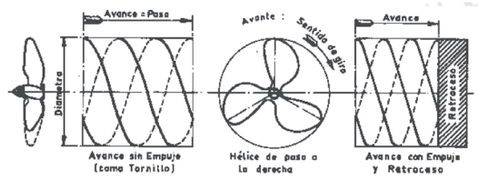


Fig.24 Resbalamiento o retroceso aparente

ciera fija, la hélice avanzaría una longitud igual a su paso. Fig. 24
Esto no es así ya que no toda el agua abarcada por la hélice va quedando atrás.
En consecuencia el avance resulta más reducido del que tendría en un medio sólido (un paso por vuelta).

La disminución de velocidad así resultante se denomina retroceso aparente positivo Ra (+)
Supóngase que la hélice da "n" revoluciones en un segundo, entonces el espacio recorrido en un segundo por la hélice será H x n y la velocidad teórica Vt, en metros por segundos sería

$$Vt = H \# n$$

Donde:
H : Paso en metros
n : Número de vueltas por segundo

Sin embargo, la realidad física es otra. El buque avanzará con una velocidad Vb, que, medida con relación a puntos fijos, será menor que Vt
El retroceso aparente positivo Ra (+) se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

Reemplazando $Ra = Vt - Vb$

Esto se debe a que el agua reacciona sobre los elementos de la superficie de la hélice en forma distinta a lo que acontece en situación similar entre el tornillo y la tuerca. Mientras que la tuerca permanece fija, el agua cede en parte a la acción del propulsor, con lo que se observa que luego de una rotación completa el avance lineal será inferior al avance teórico. Fig. 25
La hélice, como consecuencia de estar en la popa de la carena, trabaja en el seno de una corriente de estela que sigue a la misma. O sea que el segmento **DB** es la pérdida de avance por resbalamiento; pero parte de ese resbalamiento se "recupera" al navegar el buque flotando en una corriente (que como veremos en resistencia) acompaña al buque con un porcentaje de la velocidad de aquél.
Ese "recupero" esta expresado por el segmento **DC** que expresa el

Ra = H # n – Vb

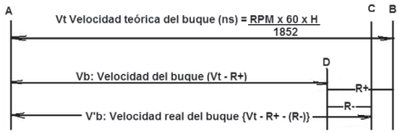


Fig. 25 Avance lineal vs avance teórico

valor de la "devolución" que le hace dicha corriente al buque

Como queda representado en los segmentos:

AB = Vt	Velocidad teórica del buque, en m / seg. = h (m) x r.p.m. / 60
AC : Vb	Velocidad del buque descontándole el resbalamiento positivo R+
AD : V'b	Velocidad real del buque sobre el agua, en m / seg. Vt - R+ - (R-)
DB : Ra (+)	: Resbalamiento aparente positivo (+)
DC = Ra (-)	: Resbalamiento aparente negativo (-)

Coeficiente de retroceso aparente

El coeficiente de retroceso aparente (Sa) lo podemos calcular mediante la siguiente fórmula:

$$Sa = \frac{Vt - Vb}{Vt}$$

Existen también diagramas, que permiten calcular el retroceso o ingresando a la inversa, determinar el paso de la hélice en función de la velocidad del buque y del número de R.P.M. Fig. 26

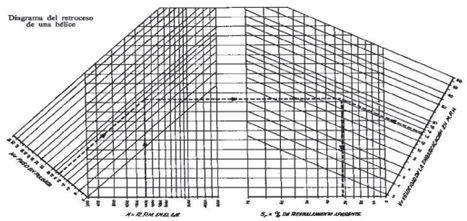


Fig.26 Diagrama para calcular retroceso o paso de la hélice

Potencia de máquinas

Se entiende por potencia de máquinas la cantidad de caballos (HP – *horse power* o CV - caballo vapor) de energía necesarios para mover el buque a una velocidad determinada.

HP y CV son unidades prácticas con que se mide la potencia de una máquina.

CV representa la potencia necesaria para levantar a un metro de altura, en un segundo, 75 kg. de peso, lo cual equivale a 75 kilográmetros.

HP o caballo vapor inglés equivale a 75,9 kgm /seg. o sea 1 HP = 1,012 CV

Al hablar de la potencia de una instalación propulsora, hay que indicar claramente a cuál de los varios lugares de medición de potencias utilizados nos referimos.

Los siguientes son los más utilizados:

Potencia indicada o potencia primaria ***(IHP – Indicate Horse Power)***

Es la medida sobre los mismos órganos que la producen (cilindros de las máquinas alternativas o motores a explosión, o sobre las paletas de una turbina de gas o vapor).

Es la mayor de todas las potencias.

Potencia al freno ***(BHP – Brake Horse Power)***

Son los caballos medidos en el freno de una máquina, o potencia medida en el acoplamiento del eje.

La potencia al freno resulta de restar a la potencia indicada (IHP) las pérdidas por rozamientos de las partes de la máquina en movimiento.

Potencia en el eje ***(SHP – Shaft Horse Power)***

Es la potencia en el eje porta hélice.

Se mide a bordo con un torsiómetro situado en el eje de cola, tan cerca de la hélice como sea posible. Este torsiómetro mide el ángulo de torsión formado por la generatriz, entre dos secciones del eje, y es proporcional a la potencia trasmitida.

Es la potencia al freno BHP a la que se le restan las pérdidas por rozamiento en los engranajes de reducción.

Potencia en el propulsor ***(PHP – Propeler Horse Power)***

Es la potencia entregada por la línea de eje, en el extremo del eje de cola, o también la potencia absorbida por el propulsor. Se obtiene restando de la potencia en el eje SHP, las pérdidas debidas por rozamiento en los cojinetes de soporte de la línea de eje y de la empaquetadura de la bocina.

Potencia de empuje ***(THP – Total Horse Power)***

Es la potencia entregada en el propulsor - potencia de salida del propulsor. Es igual al empuje que el propulsor entrega a la chumacera de empuje, multiplicada por la velocidad de avance y por un coeficiente. Se obtiene restando las pérdidas del propulsor propiamente dicho, o también multiplicando la potencia entregada PHP por el rendimiento del propulsor (µp).

Potencia efectiva ***(EHP – Efective Horse Power)***

Es la que se necesitaría para remolcar el buque a la velocidad que navega normalmente. Es la menor de todas las potencias, o sea, es la potencia útil. Se obtiene multiplicando la resistencia total del buque a la marcha crucero, por la velocidad y por una constante.

En la Fig. 27 se representa a cada uno de ellas:

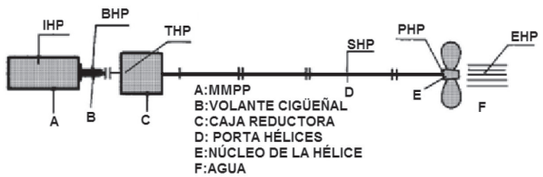


Fig.27 Diferentes puntos de medición de potencia

Siendo

A : Máquina propulsora, en ella se miden los (IHP).
B : Freno, en él se miden los (BHP)
C : Chumacera de empuje, en ella se mide (THP)
D : Línea de eje (SHP)
E : Núcleo de la hélice, aquí se mide (PHP).
F : Agua libre, donde para remolcar un buque a la velocidad que navega con su máquina habría que producir la potencia efectiva (EHP).

La tabla nos permite convertir distintas unidades

Tabla de conversión de unidades

UNIDADES	MULTIPLICAR POR
DE HP A CV	**1,014**
DE CV A HP	**0,9863**
DE CV A Kw	**0,7355**
DE Kw A CV	**1,360**
DE HP A KW	**0,7457**
DE KW A HP	**1,341**
DE kgm A Nm	**9,8066**
DE Nm A kgm	**0,10197**

Rendimiento (µp)

La propulsión consiste en impeler hacia popa cierta masa de agua (M) con una velocidad (W), para recibir un impulso (F) que resulta de M x W, dirigido hacia proa, que es la reacción de la masa de agua impelida.

La resistencia "R" ofrecida por el buque a la velocidad (V) será igual al empuje debido a la reacción una vez alcanzada la velocidad requerida

$$F = R = M \times W$$

El trabajo útil (tu): empleado para vencer la resistencia del buque a la velocidad (v) es:

$$Tu = R \times V$$

El trabajo total (Tt)

Es la suma del trabajo útil más las energías perdidas en comunicar a la estela cierta velocidad retrógrada y se puede calcular mediante la fórmula:

Rendimiento del propulsor

Es el producto del rendimiento de la máquina (µm) por el rendimiento de la transmisión de la línea de ejes (µt), por el rendimiento del propulsor (µp), y carena (µc)

Dicho de otra manera es la relación entre el trabajo útil y el total, o sea la relación entre la potencia suministrada por la máquina principal (IHP) y la potencia efectiva (EHP)

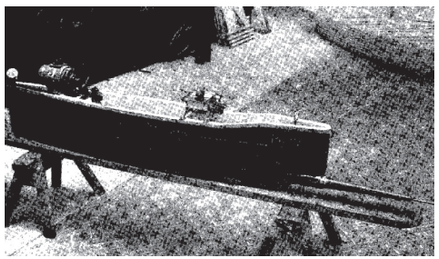
Es tanto mayor en cuanto menor sea la velocidad de la corriente de estela, o sea que, cuanto menos agua arrastre un buque al avanzar, mayor será el trabajo útil que aprovechará, y mayor la velocidad a igualdad de potencia.
Por ello es que cuanto menor sea la superficie mojada de la carena, a igual potencia se obtiene mayor velocidad.
Este es el principio básico en que se basan los hidro-deslizadores
El valor (µp) es variable para cada tipo de maquinaria y para cada velocidad, pudiéndose tomar los siguientes valores como referencia:

Trasatlánticos de dos hélices	=	0,50 a 0,55
Trasatlánticos de una hélice	=	0,60 a 0,65
Buques de carga de dos hélices	=	0,55 a 0,60
Buques de carga de una hélice	=	0,60 a 0,65

El "Normandie", considerado uno de los mejores trasatlánticos de la pre-guerra, tenía un (µp) de 0,51

Instalación de la hélice

Las hélices se sitúan en la zona del codaste, produciendo entonces la propulsión por empuje.
Sin embargo no es ése el lugar ideal, ya que allí llegan los filetes líquidos con direcciones que no son perpendiculares al disco generado con su rotación, como sería el ideal y con diferentes velocidades.
Se han hecho experiencias de colocarla en proa, (tirando del buque en lugar de empujarlo) como muestra la maqueta, obteniéndose un mejor rendimiento, pero su falta de practicidad y vulnerabilidad han obrado poderosamente en su contra. Fig. 28


Fig.28 Instalación de la hélice

Con el fin de analizar la eficiencia de una hélice se destaca lo siguiente:

- Aumentando su inmersión, aumenta su rendimiento (hasta un cierto límite que es variable según los casos.
- Alejando la hélice de la popa, aumenta su rendimiento por la disminución de los remolinos que se forman en la zona del codaste.
- Inclinando el eje de la hélice con respecto a la dirección del movimiento, disminuye el rendimiento propulsivo de aquella (a mayor ángulo de inclinación, menor rendimiento)
- Separando el eje de la hélice del plano diametral no disminuye su rendimiento, pero limita las condiciones evolutivas del buque.
- El sentido de rotación es indiferente a su rendimiento, pero hace varíar las condiciones evolutivas.

Corrientes generadas por las hélices de los buques:

Nota de los autores:*Téngase presente que, mientras no se advierta otra cosa, el buque que se considere para todos los análisis que se realicen en éste y en los próximos capítulos, será:*

- Tipo convencional que no tenga formas especiales
- Dextrógiro de palas fijas
- Flotación normal - aproximadamente 2/3 del desplazamiento máximo
- Asiento normal ligeramente apopado
- Timón convencional, situado a popa de la hélice
- Tiempo calmo, sin corrientes marinas significativas y aguas profundas

Corrientes que se generan al girar una hélice en la popa de un buque

- Corriente de aspiración
- Corriente de expulsión
- Corriente de estela fricional, de arrastre o rozamiento. Fig. 29

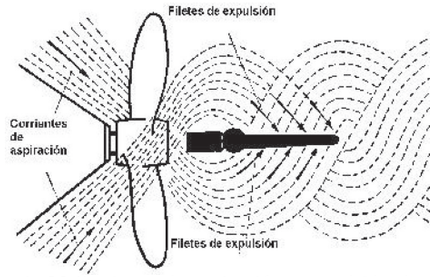


Fig.29 Corriente de aspiración y expulsión de la hélice

Se mostrarán a continuación individualmente cada uno de ellas

Corriente de aspiración

Es una corriente que llega a la hélice, en marcha avante, traída desde proa hacia popa y lamiendo ambos costados de la bovedilla.

Por lo tanto la dirección de dichos filetes estará muy influenciada por las formas de la misma.

Estas direcciones son normalmente hacia arriba y hacia adentro y sus velocidades varían de acuerdo con la profundidad donde sean medidas como se verá más adelante.

Corriente de expulsión

Los filetes líquidos de esa corriente siguen una trayectoria bastante parecida a un helicoide.

Esta trayectoria le fue provocada por la rotación de la hélice

Vale aquí diferenciar los efectos producidos por esta corriente en

- Marcha avante
- Marcha atrás.

Marcha avante

Los efectos laterales indeseados de la hélice en marcha avante carecen de importancia debido a que son fácilmente contrarrestados por efecto del momento evolutivo del timón.

Sin embargo, estando el buque detenido en el agua, sin efectos hidrometeorológicos ni de geografía de fondo que lo afecten, se puede afirmar que si a un monohélice dextrógiro con timón a la vía, se le da una apreciable potencia avante, tenderá a caer a la banda de babor en una primera instancia.

Más adelante, cuando se estudie los efectos laterales de la hélice se verá que esta tendencia puede variar y/o cambiar por efecto de la corriente de arrastre y la modificación que producen de acuerdo a la variación del ángulo de ataque según la ubicación instantánea de cada pala.

Marcha atrás

En la marcha atrás, sin embargo, las palas descendentes impulsan el agua hacia las líneas finas y bajas de la bovedilla, cerca de la quilla, por lo que gran parte de los filetes que la forman pasan por

debajo de la misma sin generar mayor presión sobre ella, mientras que las palas ascendentes lo hacen por estribor, dando de lleno sobre la parte alta de la bovedilla, generando allí una gran presión, que no es contrarrestada por la otra banda. Fig. 30

El efecto resultante determina generalmente una marcada tendencia de la proa a caer hacia la banda de estribor

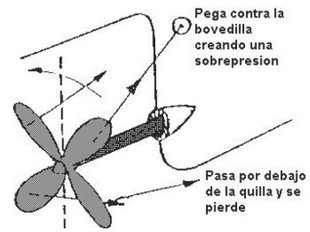


Fig.30 Efecto lateral de las palas en marcha atrás

Corriente de estela friccional

Independientemente de la hélice, cuando el buque tiene estrepada avante se produce un rozamiento entre el casco y el agua que provoca un arrastre de ésta última en el sentido de avance del buque.

Sus características principales son:

- Su máxima velocidad se observa en la superficie, disminuyendo hacia la quilla donde prácticamente desaparece.
- Su velocidad va en aumento a medida que se acerca a la popa donde en superficie está muy próxima a la velocidad del buque.
- Su espesor también aumenta a medida que se acerca a la popa, pudiendo variar desde un espesor cero en la proa hasta casi el calado en popa.
- Disminuye su velocidad a medida que se aleja del casco. Por este motivo, una masa de agua próxima al casco situada en la popa del buque tiene una tendencia a acompañar a éste en su movimiento hacia proa, o sea que es una corriente de agua arrastrada debido a la fricción con el casco.

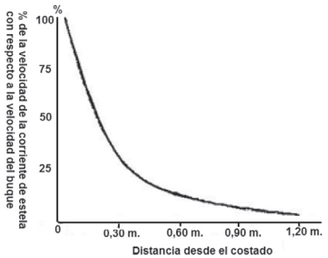


Fig.31 Variacion de velocidad de corriente en función del a distancia al casco

En el gráfico Fig. 31 se observa como

varían las velocidades de dicha corriente en la popa, con respecto a su cercanía al casco.
El efecto neto es que a esa masa envolvente de agua inmediatamente adyacente al buque se le ha impreso un movimiento avante provocado por la entrega de energía que le ha cedido el barco al avanzar.
Al estar la hélice colocada en la popa del barco, necesariamente tiene que trabajar en el seno de esa corriente de agua, que acompaña el avance.
Por consiguiente la velocidad de avance de la hélice a través del agua Va, (o la velocidad de la corriente de aspiración que acude a la hélice), es menor que la velocidad del buque Vb.
Ocurre como si el buque estuviese navegando dentro de una corriente a favor

Efectos evolutivos indeseados, efecto lateral de las palas:

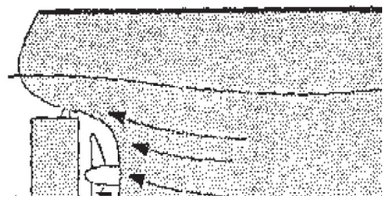
A medida que la hélice gira para hacer avanzar el buque a través del agua, además de producir un empuje a lo largo del eje, también produce una fuerza lateral en la popa del barco.
Esta fuerza es bastante apreciable cuando se da máquina atrás, y debe tomarse siempre en consideración durante las maniobras, ya que en muchas ocasiones es el factor determinante para poder realizarlas
Como regla nemotécnica se puede decir:
La hélice se comporta como una rueda que, apoyada sobre el lecho marino, lleva la popa en la dirección hacia la que avanza. Fig. 32



Fig.32 Efecto lateral indeseado

Es de interés entonces estudiar las fuerzas laterales indeseadas que generan las hélices.
Estas fuerzas no se producen en una hélice sumergida profundamente dentro del agua, como por ejemplo un submarino navegando en inmersión el cual solamente será afectado por una fuerza de torsión opuesta al giro de la hélice
En el caso de la hélice utilizada en un buque de superficie, sin

embargo, es considerablemente diferente a la de este caso ideal.
La hélice de los buques de superficie no se encuentra sumergida profundamente.
Al estar en inmediata vecindad de la obra viva del buque, y rodeada por estructuras tales como arbotantes y timones el movimiento del agua en la popa sigue trayectorias diversas y con distintas velocidades, pero siempre existe una constante: lo hacen hacia arriba y hacia adentro llenando el volumen vacío que deja la carena durante su avance. Fig. 33.
Además está muy próxima a la superficie, por lo que su semicírculo superior del disco de la hélice está inmerso en un agua que contiene burbujas de aire que disminuyen su densidad


Fig. 33 Trayectoria de los filetes líquidos en popa

Corriente de estela

Vease ahora como interviene la corriente de estela en los efectos laterales de las palas.
Como ya se ha visto, a medida que el buque se mueve tiende a arrastrar parte del agua que lo rodea debido a la fricción de su carena.
Cerca del casco, la velocidad relativa del agua con respecto al buque es muy pequeña; esto se debe al gran arrastre que provoca el casco a los filetes aledaños al mismo.
Lógicamente si la carena esta sucia con incrustaciones, el arrastre será mayor.
A medida que se aleja del casco y aumente la profundidad de la medición, se observará que disminuye la velocidad de la corriente de estela, respecto a la del buque, esto es aumenta la velocidad relativa
Como se ha establecido, la corriente de estela comienza desde valor cero en la proa aumentando hacia popa hasta que llega a alcanzar una profundidad próxima al calado de la popa, dependiendo principalmente de lo limpia que se encuentre la carena.
El efecto neto es que a esa envuelta de agua que rodea al buque

se le ha impreso un movimiento hacia adelante, provocado por el avance del buque.
Estando la/s hélice/s detrás del buque, tienen que trabajar dentro de esa corriente.
Ocurre como si la/s hélice/s estuvieran avanzando a través del agua a una velocidad menor que la del buque
De manera que si el buque se está desplazando a 15 ns., y tiene una estela que le sigue a 3 ns. en las cercanías de la hélice, ésta estaría avanzando a 12 ns. con respecto al agua.
La realidad es que debido a la forma del casco y a sus apéndices, las velocidades de la estela pueden variar grandemente de un lugar a otro.
Justo detrás de la bovedilla y en superficie la estela puede estar moviéndose a la velocidad del buque mientras que a nivel de la quilla a menos de un 10% de dicha velocidad.
Dicha variación motiva fuerzas asimétricas en el empuje que producen las palas de la hélice según sea su posición relativa durante el giro.
El flujo de distintas velocidades de la estela ha sido medido en muchos modelos.
Es difícil establecer un valor exacto de la velocidad de ésta agua arrastrada y no todos los autores coinciden.
Una representación típica de dichas mediciones para un buque mercante mono hélice es la representada en la Fig. 34



Fig.34 Velocidad de los filetes líquidos en la bovedilla

Esta figura indica, mediante líneas punteadas, la distribución de los porcentajes de la velocidad de la corriente de estela con respecto a la velocidad del buque, que en direcciones generales de

proa hacia popa, llegan al disco de giro de la hélice.
Dicha figura muestra que las palas trabajan en filetes líquidos que se mueven a distintas velocidades, según la posición instantánea que ocupen.
O sea que el flujo de agua a través del disco de la hélice no solo no es perpendicular al mismo, sino que además tampoco es uniforme en velocidad
Por ello, en los buques siempre se experimenta una fuerza lateral a medida que la hélice gira.
Para simplificar el estudio se considerará la sección típica de una de sus palas, o sea una pala cortada transversalmente en un punto cualquiera.
La Fig. 35 muestra dicha sección de la pala moviéndose dentro del agua, vista desde arriba y en sentido dextrógiro.

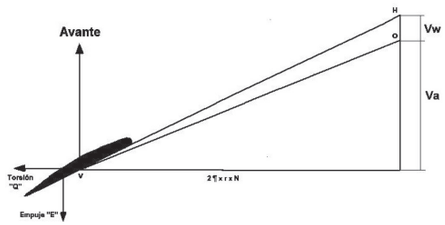


Fig.35 Fuerzas que genera la hélice en popa

Siendo
r : es el radio que se toma en consideración
N : las R.P.M.

En ella se observa que dicho movimiento genera dos fuerzas:
1º). Una componente avante, indicada por el segmento Va, que es igual a la velocidad de avance de la hélice sin tener en cuenta los efectos producidos por la corriente de estela.
2º). Una componente tangencial debida a la rotación de la hélice igual a

$$Tu = R \times V$$

Al girar la sección de la pala de la hélice, combinará las componentes avante y la de rotación, como lo muestra la figura.

Pero no olvidemos que la hélice trabaja, cuando el buque navega, inmersa en una masa de agua que sigue al buque llamada corriente de estela.
El ángulo formado entre los segmentos VO y VH, es la variación del ángulo de ataque, el que se modifica permanentemente a medida que la pala intercepta los diferentes filetes líquidos de dicha corriente de estela, que como sabemos, varían en dirección y velocidad según los distintos puntos donde corten al disco de la hélice.
La componente avante, graficada en el eje de las ordenadas, será entonces la sumatoria de las dos fuerzas, Va y Vw, que darán por resultado el empuje E, que variará según la posición que ocupe la sección de la pala
La componente de rotación genera el par de torsión Q, que también será variable, por lo antes expuesto.
Cabe destacar que muchos colegas no coinciden con la teoría de que el efecto lateral de una hélice se debe a la diferencia de densidad del medio en que trabajan las palas bajas y altas. Siguen opinando que se debe a la diferencia de presión.
Debemos tener presente que la presión aumenta aproximadamente 1 atmósfera (1,033 kg/cm2) cada 10 m. de profundidad.
Sin embargo la teoría que analizaremos a continuación, extraída del "Naval Shiphandling" de los EEUU es, a nuestro entender, la que explica mejor las causas que provocan dicho efecto indeseado.
La densidad del agua en reposo solo se incrementa el 0,004 % cada 10 metros de profundidad, pero en proximidades de la hélice la cosa es diferente.
En la parte superior de la corriente de aspiración existen una gran cantidad de burbujas de aire que disminuyen sensiblemente su densidad, produciéndose, en una corta distancia, un brusco cambio de la misma.
Podemos decir groseramente que arriba es soda y abajo agua.
Dicha diferencia es una de las causas que provocan las fuerzas laterales de una hélice de un buque de superficie.

Analicemos ahora cuales son las causas que producen los efectos laterales indeseados de una hélice

Nota de los autores: *El buque que consideraremos para este estudio es un mono hélice dextrógiro de pala fija cuya hélice esta vista desde popa.*

Dicho estudio determinó cuatro causas diferentes.
Podemos decir que dos son los principales mientras que los otros dos son secundarios, ya que los efectos de estos últimos son prácticamente imperceptibles.

Principales
El producido por la corriente de estela.
El producido por el poco calado en que trabaja la hélice.

Secundarios
El producido por la inclinación de los filetes líquidos de la corriente de aspiración.
El producido por la descarga helicoidal de la corriente de expulsión.

Efecto producido por la corriente de estela

Dividamos el disco de la hélice con un diámetro horizontal que cruce su núcleo creando un semicírculo superior y otro inferior.
La pala "A" en su trayectoria de D a B pasa a través del semicírculo superior y trabajará en una región donde la corriente de estela

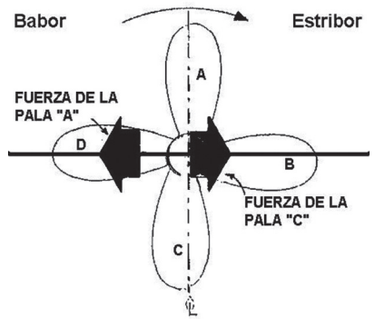


Fig.2

tiene una mayor velocidad (ó sea una menor velocidad relativa), que la pala "C" en su trayectoria de B a D, que lo hace en el semicírculo inferior Fig. 2

Esto da como resultado un aumento del ángulo de ataque de la pala "A" y por consiguiente una fuerza superior con respecto al producido por la pala "C", produciéndose un mejor trabajo de la pala "A", que tenderá a llevar la proa hacia estribor (popa a Br).
Por lo tanto podemos afirmar que en un buque mono hélice dextrógiro por el efecto de la corriente de estela, con el timón a la vía se tendrá una tendencia de la proa a estribor.

Efecto producido por el poco calado en que trabaja la hélice

Aquí también dividimos el círculo de la hélice mediante un diámetro horizontal.
Si un buque se encuentra con poca carga, el disco de la hélice puede romper la superficie del agua y causar con esto una considerable disminución de la fuerza transversal en el semicírculo superior.
Los experimentos han demostrado que siempre, aunque el buque navegue a plena carga, se produce un ingreso de burbujas de aire en proximidades de la superficie.
Pero si el buque está detenido o con poca arrancada y se aplica una gran potencia de máquina avante, ésta aspira gran cantidad de burbujas de aire de la superficie que disminuyen sensiblemente la densidad del agua en el semicírculo superior, y por lo tanto provocando una gran pérdida de rendimiento en el trabajo que realizan las palas que transitan el mismo.
Todo marino ha experimentado que si un buque está detenido, y sobre el no actúa ninguna fuerza externa, al poner toda fuerza avante y mantener el timón a la vía, su proa tenderá a caer a babor. Fig. 3

Por lo tanto
El efecto producido por la proximidad de la hélice a la superficie es llevar la proa a babor (popa a estribor)
Pero…¿Qué ocurre cuando el buque comienza a tomar arran-

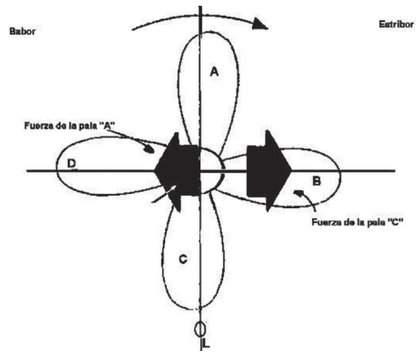


Fig.3

cada? Esa tendencia de caer a babor va desapareciendo y el buque comienza a mantener el rumbo.
Eso se debe a dos factores:

- Comienza a generarse una corriente de estela incrementándose el efecto anterior.
- Ingresa menos aire en superficie tendiéndose a igualar las densidades.

La preponderancia de uno u otro dependerá de los siguientes factores

- Valor de la velocidad de la corriente de estela.
- Eslora del timón.

Efectos secundarios

Efecto producido por la inclinación de los filetes líquidos de la corriente de aspiración

El flujo de agua que llega al disco de la hélice lo hace en forma inclinada hacia adentro y hacia arriba.
El movimiento hacia adentro es simétrico en ambas bandas por lo tanto no provoca efectos evolutivos y lo podemos despreciar.
El movimiento hacia arriba, en cambio produce marcados efectos.
Dividamos el disco de la hélice con un diámetro vertical y tendremos un semicírculo a babor y otro a estribor. Fig 5
La pala "B" en su trayectoria de A a C realiza el trayecto descen-

dente por la banda de estribor se encontrará con una corriente ascendente lo cual aumentará su ángulo de ataque, y por lo tanto habrá un mayor empuje.

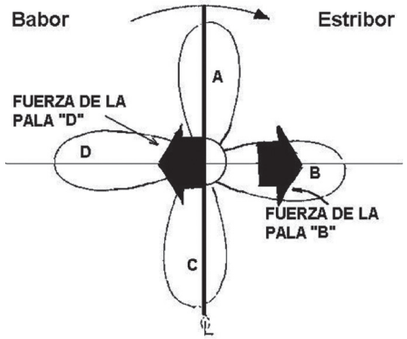


Fig.5

La pala "D" en su trayectoria de C a A está subiendo por el semicírculo de babor dentro de una corriente a favor que reduce los parámetros antes mencionados.
Esto provoca que el semicírculo de estribor "empuje" más que el de babor tendiendo a llevar el disco de la hélice hacia estribor.
Por lo tanto podemos afirmar
Por el efecto de la inclinación de los filetes de la corriente de aspiración se provocará una tendencia de la proa a babor (popa a estribor).
Este efecto aumenta con el diámetro de la hélice.

Efecto producido por la descarga helicoidal de la corriente de expulsión

Ahora dividamos el disco de la hélice en cuatro cuadrantes por medio de un diámetro horizontal y otro vertical.
Llamaremos a los mismos 1, 2, 3, y 4 en el sentido horario y comenzando por el superior derecho. Fig.6
La descarga helicoidal de una hélice en un mono hélice se dirige directamente hacia el timón siguiendo una trayectoria helicoidal alargada que es la que le ha impreso la hélice.
La pala A en su trayectoria hacia B expulsará las moléculas de agua en principio hacia afuera, y cuando crucen la prolongación

hacia popa del plano de crujía, el timón ya habrá pasado, por lo que no incidirán sobre él.

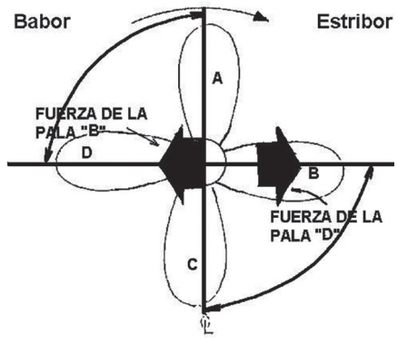


Fig.6

Lo mismo ocurre en el cuadrante 3, la pala C en su trayectoria hacia D también expulsará el agua en principio hacia afuera sin pegar contra el timón.
En consecuencia los cuadrantes 1 y 3 no causan efectos evolutivos sobre el timón.
Veamos ahora los cuadrantes 2 y 4.
Ambos arrojan filetes de agua sobre el timón, pero…¿cuál lo hace con mayor fuerza?
Debido al efecto de la corriente de estela es el 4, que pega sobre la cara de superior de babor del timón.
En consecuencia
El efecto producido por la descarga helicoidal de la corriente de expulsión será el de llevar la proa a babor (popa a estribor)
Un buque de una sola hélice cuando va avante, por lo tanto está sujeto a varias y diferentes acciones, algunas de ellas opuestas, y el comportamiento de un buque dado dependerá de la magnitud relativa de las fuerzas.
Se deberá experimentar con cada buque para poder determinar la magnitud y características de las fuerzas laterales que vamos a encontrar en el mismo.
Sin embargo la experiencia nos enseña que normalmente los buques de una sola hélice tienen tendencia a caer a babor cuando partiendo de reposo dan avante, y que disminuye paula-

tinamente a medida que adquieren arrancada avante, y una tendencia mucho más marcada de caer a estribor cuando dan atrás
Como corolario final y práctica ayuda memoria podemos afirmar que:
La hélice de todo buque se comporta, ya sea dando avante como atrás, como si fuese una rueda que, apoyándose en el fondo, tiende a arrastrar la popa en su sentido de marcha, variando su intensidad en base a los factores ya estudiados
Y por último podemos mencionar, y sólo a título ilustrativo, que también que las hélices producen además un efecto escorante hacia la banda contraria al giro.

El mismo se origina por diversas razones:
- Diámetro de la hélice.
- Torque del motor que produce su giro.
- Potencia instantánea aplicada.
- Altura metacéntrica.
- Ubicación del eje porta hélice en un plano inferior al centro de gravedad del buque.

El mismo es totalmente imperceptible en un buque convencional y no tiene efecto evolutivo alguno, y por lo tanto no es digno de estudio.

Embarcaciones de placer

Maniobrabilidad con hélice y timón en cascos de planeo
Se ha visto una y mil veces a una lancha surcar las aguas en un cabalgar frenético de salto y caída, salto y caída, salto y caída , que va acompañado del característico rugir del escape del motor que sube o baja su frecuencia y tono cada vez que la hélice vuelve a hacer un notable empuje transmitiendo la potencia motor al agua o dispararse girando libremente en el aire entre los cabeceos del casco inducidos por las olas.
Si en medio de ese galopar se le ocurriese al conductor introducir la variable de uso del timón bruscamente para cambiar el rumbo, solo su pericia de conductor acelerando o desacelerando e intentando curvas evolutivas largas o mas suaves, evitará el desequilibrio peligroso y vuelco de esta "mesa" con solo tres patas de apoyo.

Aunque este estereotipo con el ejemplo descripto es solo un indicio de inconducta marinera, por su similitud de uso de la pura fuerza bruta mecánica con los mismos defectos de los conductores de automóviles imprudentes; estos intrépidos con sus máquinas flotadoras desconocen la poca estabilidad y maniobrabilidad que las mismas experimentan. No son pocos los accidentes en los que hay que lamentar victimas. En algunos casos la falta de maniobrabilidad puede ser la causa.
Para determinados tipos de barcos la turbina de agua o *water jet* presentan mejor rendimiento que las hélices convencionales por arriba de los 20 a 22 nudos de velocidad. Esto indica que, con respecto a los sistemas de propulsión convencionales los jets de agua son eficientes a medida que la velocidad aumenta.
Pero esto también tiene un límite y es que, cuando se superan los 60 nudos, la eficiencia en propulsión para cascos muy veloces vuelve a ser dominada por las hélices, pero esta vez por los sistemas de hélice de superficie del tipo *Arneson/Trimax/SDS*.
Para ser más gráficos, estas marcas son de aquellos sistemas donde las hélices con su eje y pequeños timones incluidos sobresalen más allá del espejo de popa de la embarcación.
Normalmente se observan instalados en las poderosas lanchas *off-shore* ,que se caracterizan por batir el agua con sus hélices super cavitantes (así llamadas porque trabajan con agua y aire) como enormes licuadoras, allí un metro o más atrás de donde termina el casco en la popa.
Se debe agregar sobre la necesaria resistencia y perfecta metalurgia de los materiales que constituyen estas hélices, su perfecto balanceo dinámico y las finas y muy resistentes estructuras de sustentación y unión del sistema con el casco.
Cuando se analizan las posibilidades existentes para motorizar o refitar (*de refitting*) un yate se habla directamente de "eficiencia propulsiva". Esto es poder definir con que tipo de equipo motor de menor potencia se consigue la máxima velocidad.
Con que hélice o tipo de propulsión se consigue una buena velocidad de crucero a un régimen económico de RPM y mar-

cha continua del motor, con el menor consumo de combustible.
Poniendo en consideración siempre.
Potencia = Consumo de Combustible = $ $ $ $ $

Cuando se ven engendros flotantes que arrastran el río en su ola de popa, mientras alardean satisfechos sus propietarios que, con sus tantos cientos de caballos de potencia son capaces de alcanzar 20 o 30 nudos, la prudencia impide compararle al barco con las máquinas tragamonedas del casino ya que; simplemente a fuerza de potencia y combustible consumido a destajo, los diseñadores son capaces de hacer planear a un piano de cola, si el cliente es afecto a la música, aunque precisamente eso no es ser un buen diseñador.
Resulta un verdadero placer ver pasar raudo y veloz a algún viejo crucero fruto del tablero de Juan Baader dejando planchada el agua en su popa y concordar con Greenpace y su lucha permanente por la conservación del medio ambiente, cuando un mastodonte flotante viene talando las riveras de los canales con la "ola de sunami" que lo acompaña sobre su popa.
Igual concepto puede ser extrapolado para cuando la eficiencia en propulsión se debe conseguir con el velamen impuesto al yate de vela.
Allí el propietario enamorado de su "racer" se deleita en su corcel flotante con 40° de incómoda escora con solo 15 nudos de viento y sus "impresionantes" 6 nudos de velocidad; en tanto los "tripulantes contrapeso" intentan sustentarse ateridos en aquel tobogán gigante; ruegan porque se adelante la ETA de arribo a puerto o le piden a Eolo que sea mas benevolente con la brisa que tanto los escora. La eficiencia aquí es mucho más sutil de poder interpretarse.
En síntesis ocurre que además de flotar y navegar hay que vivir abordo y, en esto como en tantas otras cosas hay que tener eficiencia. Ella se medirá entonces entre otros parámetros a través de indicadores indirectos como los detallados más arriba y no siempre sobre instrumentos.

Mayor diámetro de hélice = Mayor eficiencia

La eficiencia de la propulsión incorpora para su análisis también a la mayor hélice posible de montar en el vano disponible.
Normalmente la mayor eficiencia se alcanzará con la hélice de mayor diámetro posible de instalar en el casco y esto siempre depende de los límites que se han impuesto para el diseño del barco, tales como

- Limitaciones en el calado (zona a navegar)
- Limitación de eslora
- Relación entre la eslora y la manga del barco
- Formas de la carena (si es plana, en V profunda o con menores ángulos de incidencia del fondo)
- Desplazamiento, etc.

Estas imposiciones le ajustan el campo al diseñador y van determinando algunas de las características que finalmente tendrá el barco.
Pero para obtener mayores velocidades la tecnología de las turbinas permiten ajustarse o mejorar algunas de las limitantes sin perder por ello condiciones de maniobrabilidad ni eficiencia, debido a las características propias de su diseño.
No sobresalen por debajo de las líneas del casco. No tienen apéndices expuestos que puedan dañarse en bajos fondos.
Son muy resistentes y su excelente performance en empuje se obtiene por poseer un mejor rendimiento mecánico de la transmisión (potencia absorbida) entre el motor y el impulsor entubado que produce el "chorro de empuje".

Tipo de casco donde pueden instalarse

Los fabricantes de motores y turbinas de agua o *water jets* para asegurar buenos resultados mecánicos, durabilidad y garantizar los equipos que venden obligan a hacer un análisis o estudio previo de las particularidades de diseño que presente el casco en cuestión y dividen entonces los tipos de carenas en:

1º). Cascos de planeo de alta velocidad (por arriba de 30 nudos).
2º). Cascos de media velocidad o semi-desplazamiento (desde

10 a 30 nudos pero incrementándose en función de la eslora);

3º). Casos de desplazamiento o de baja velocidad (desde 0 a 10 nudos, pero también incrementándose la velocidad con la eslora).

CAPÍTULO V

Gobierno

Introducción

Es muy importante tener bien en claro que los buques maniobran moviendo la popa con el fin de direccionar la proa hacia un punto determinado.
Y esto lo pueden hacer de dos modos diferentes:

- Generando un chorro de agua, en una única dirección (proa / popa), como lo hace un buque convencional, y cambiando el sentido del mismo (marcha avante o atrás); y luego, mediante un elemento denominado timón producir una desviación de las corrientes generadas con la hélice, un determinado ángulo que puede, en timones especiales, llegar a los 110°.
- Direccionando el chorro de expulsión de la hélice (sistemas omni-direccionales) como los Schottel®, Azipod®, SSP®, *jet propulsión*, etc. Este sistema carece obviamente de timón

Comenzando se estudiará el primero de ellos, al que se denominará convencional

Definición:

El sistema de gobierno de un buque es el conjunto de elementos utilizados para mantener o alterar el rumbo del mismo.
Hay que recordar que un timón solo actúa en una corriente de agua. Una embarcación a la deriva no responde al timón debido a que ninguna corriente de agua le da vida.
Si se analiza la teoría que sustenta el gobierno se verá que cuando un barco navega en un rumbo recto en aguas tranquilas el flujo hidrodinámico alrededor de la pala del timón es generalmente simétrico respecto al plano central y sin componentes de través.
Cuando el timón se pone a la banda el flujo o filetes de agua que actúan sobre la cara de proa del timón generan una fuerza que actúa en el denominado punto "C", que dependiendo del ángulo de incidencia se puede considerar que se encuentra en el centro

geométrico de la pala. Esto da como resultado que el barco describa una curva conocida como "curva evolutiva" con características particulares de avance y traslación.
Normalmente el área efectiva del timón es una fracción o porcentaje del área del plano de deriva del barco. Distintos criterios lo ubican entre un 1,5 % a 2 % del mismo para los buques mercantes.
Todo el sistema de gobierno en los buques de porte está constituido por cuatro órganos que cumplen distintas funciones, y que trabajando en conjunto permiten direccionar el buque.
Ellos son:

1. Timón
2. Aparato motor o servomotor
3. Dispositivos para transferir los movimientos del aparato motor al timón.
4. Aparatos y medios de transmisión para dirigir a distancia la maquinaria que mueve al timón.

Timón

- Distintas definiciones del timón:
- Es un aparato compuesto de una pala, que es girada, en su forma más elemental, por una barra denominada caña, u otro dispositivo, según convenga, y que, al ponerlo a una banda y ser presionada una de sus caras por los filetes líquidos, permite gobernar el buque, haciendo ronzar su popa.
- Pieza de madera o metálica que, convenientemente articulada, puede girar alrededor de su eje un cierto ángulo para dar al buque la dirección deseada
- Pieza clave y tradicional en el gobierno de un buque, de madera o metal, instalada en la parte exterior del codaste, que gira alrededor de un eje vertical. Rotando dicha pala con respecto al eje longitudinal del barco se consiguen esfuerzos transversales que alteran el rumbo del mismo.

Básicamente entonces el timón es una pieza de madera o metálica, llamada pala o azafrán, que va instalada en la parte exterior del codaste, y que se articula al mismo por medio de los goznes o machos que van en el timón y las hembras o alojamientos que

van en el propio codaste, va fijo en su parte superior a un eje llamado mecha que entra en el casco por un orificio llamado limera, que posee un prensa estopa para evitar el ingreso de agua dentro del casco.

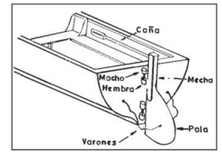


Fig.1 El timón más simple

La Fig. 1 muestra el timón más simple de una pequeña embarcación.
Téngase en cuenta que en este sistema la caña debe ser colocada a la banda contraria a la que se desea que el buque caiga.
En cambio, cuando se cuenta con una rueda de cabillas o un joystick, el movimiento es hacia la banda a la que se desea caer.

Nota de los autores:
Una noticia reciente proveniente de Inglaterra agrega un dato muy significativo a un accidente que aun conmueve al mundo: El hundimiento del Titanic. Falleció el cuarto oficial de puente Joseph Boxhall. Antes de fallecer hizo una revelación que de ser cierta hecha luz sobre los instantes previos al accidente.
En la marina inglesa en esa época todavía existía la costumbre de que las órdenes de timón se daban indicando la posición de la caña y no la del timón, o sea se indicaba "caña a estribor" lo que correspondía a "timón a babor". En 1912, la orden todo a estribor significa que el timonel debía hacer girar la rueda del timón a babor, no hacia estribor, con lo cual el timón y por lo tanto el barco, virarían a babor. Esta costumbre data de la época en la cual los barcos se gobernaban por medio de una barra o caña, en lugar de una rueda. Esta barra o caña estaba conectada directamente con el timón, de modo que, si se quería llevar el barco a babor, había que llevar la barra hacia estribor. El empleo de estas "Ordenes de barra" empezó a caer en desuso después de la primera guerra mundial, y pasó a ser obsoleta a mediados de la década del treinta. Boxhall inmediatamente retransmite el mensaje de los vigías que avistaron el tempano a Murdoch (primer oficial que estaba de guardia) quien instintivamente da la orden "todo a estribor" al timonel Robert Hitchens quien hace girar la rueda del timón todo lo que esta da de sí, con lo cual el barco viraría a babor.

Nomenclatura de un timón convencional

Diferentes métodos constructivos (Fig. 18)

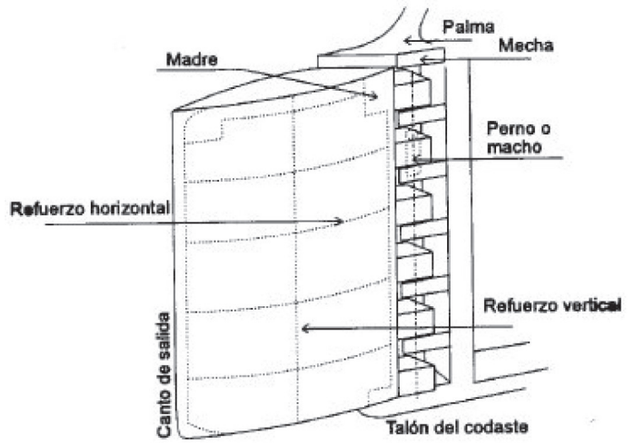


Fig.18 Nomenclatura de un timón convencional

A la izquierda Fig. 19-a, un timón elemental constituido por una simple placa que gira sobre su mecha y a la derecha Fig. 19-b, un

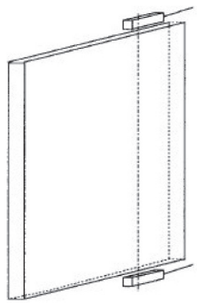


Fig. 19-a Timón elemental

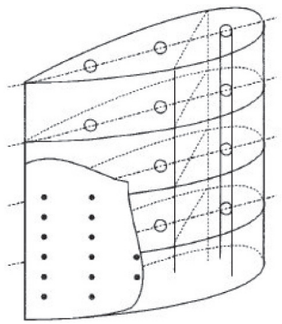


Fig.19-b Timón de diseño hidrodinámico

timón con diseño hidrodinámico para disminuir resistencia y cavitación.

El límite hidrodinámico útil de giro de la pala medida en grados se encuentra entre los 30º y 35º a cada banda. Con seguridad puede afirmarse que más allá de estos valores de metida hacia cada banda la acción del timón produce una pérdida del

momento evolutivo (*stall*), pasando a ser francamente de freno en lugar de inducir a la maniobra de cambio de rumbo. Los filetes del flujo de agua en que actúa el perfil comienzan a desordenarse y producir turbulencias en el borde de escape del perfil que inducen succión. El flujo laminar se convierte en flujo turbulento porque la pala comienza a presentar un "frente" de choque demasiado grande contra el sentido de avance del barco. (Ver teorema de Bernoulli)

La segunda diferenciación más visible para poder clasificarlos será también la de timones cuyas mechas estén soportadas por medio de un talón en popa de la quilla denominado "pié de codaste" o aquellos timones que por no tener este soporte se clasifican como "colgantes".

Normalmente las mechas de timón y las palas que a través de ellas se sustentan están sometidas a grandes esfuerzos y oscilaciones impuestas fundamentalmente por;

1. La velocidad que tenga el buque
2. El ángulo que el área de la pala del timón tenga respecto al flujo del agua o líneas de corriente en que esté actuando
3. Las aceleraciones y desaceleraciones que producen el rolido del barco en un oleaje que sea significativo.

Los estudios sistemáticos sobre diferentes tipos de timón realizados en canales de pruebas convergieron en calificar a los de tipo espada colgante como los de menor resistencia y de mayor eficiencia.

1. Trasmisión mecánica

La rueda de cabillas trasmite por medio de barras con acoplamientos homocinéticos o por cables o cadenas que apoyan sobre roletes su recorrido hasta sistemas mecánicos multiplicadores de fuerza fijos a la mecha, el movimiento requerido del timón. Fue usado en buques pequeños y en la actualidad se encuentra totalmente en desuso

2. Aparato motor o servomotor

En los buques mayores la fuerza que mueve al timón es producida por un servomotor que puede ser a vapor, eléctrico o electro-hidráulico.

a. Servomotor a vapor

Fue muy utilizado desde fines del siglo XIX hasta mediados del siglo XX, actualmente en desuso.
Consistía básicamente en una maquinilla de dos o cuatro cilindros que transmitían su fuerza a un eje que se encontraba conectado mediante transmisiones a la mecha del timón.
La tubería de alimentación de vapor estaba provista de una válvula reversible cuya apertura o cierre se efectuaba mediante una transmisión proveniente de la rueda de gobierno o rueda de cabillas.
Cada vez que esta se giraba a una u otra banda abría la válvula hacia uno u otro lado o la cerraba, con el fin de meter o sacar la pala o mantenerla en la posición indicada cuando el giro de la rueda de cabillas se detenía.

b.- Servomotor eléctrico

Cuando se emplea la energía eléctrica para el funcionamiento de los servomotores pueden utilizarse dos sistemas generales:
b.1. Servomotor alimentado por la corriente general del buque
b.2. Servomotor alimentado por una dínamo movida por la corriente general del buque

Características

b.1. Motor que acciona el timón alimentado por la corriente general del buque
En éste caso el servomotor cuenta con un motor eléctrico reversible comandado por un manipulador colocado en el puente o lugar de gobierno, dicho motor arranca, para o cambia de dirección con cada movimiento del manipulador, por medio de un interruptor automático de arranque que toma la corriente de la línea general del buque.
Su principal inconveniente es que un *black out* lo afecta directamente

b.2. Motor que acciona el timón alimentado por una dínamo movida por la corriente general del buque, cuyo diagrama eléctrico se muestra en la Fig. 2
El motor que mueve el timón es de corriente continua y está alimentado por una dínamo.
Ésta gira constantemente en el mismo sentido y a la misma velocidad, movida por un motor eléctrico alimentado por la corriente de a bordo

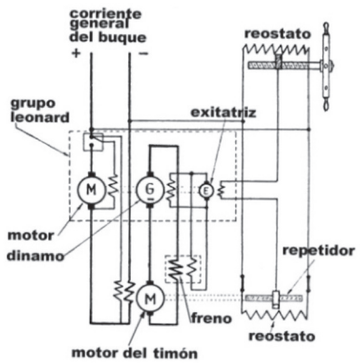


Fig.2 Diagrama eléctrico de un motor para accionar el timón

La corriente generada por la dínamo es variable en intensidad y signo mediante un comando que se encuentra en el puente o lugar de gobierno que actúa directamente sobre la excitatriz de la dínamo.
El campo del motor del timón está excitado de forma continua directamente por la corriente general del buque.
El campo de la excitatriz de la dínamo es de intensidad variable pudiendo anularse e invertirse en virtud de las variaciones producidas en el campo de la misma, lo que provoca inversiones o anulaciones de la tensión que llega al motor del timón, originando en los mismos movimientos en uno u otro sentido o detenciones.
Las variaciones de la excitatriz de la dínamo son determinadas por el movimiento de la rueda o un manipulador. Igual al anterior quedaba inutilizado por un *black out*
Ambos sistemas han caído actualmente en desuso.

C. Servomotor hidráulico

Este tipo de servomotor, también denominado tele-motor se utiliza para buques pequeños y medianos.
Consiste en esencia en un aparato emisor y uno receptor.
El primero acciona, a través de engranajes multiplicadores movidos por la rueda de cabilla, dos cilindros hidráulicos que producirán una fuerza hidráulica de unos 15kg./cm^2 que es transmitida a través de tuberías adecuadas al aparato receptor situado próximo

a la mecha del timón
El aparato receptor recibe dicha fuerza en dos cilindros que por medio de bielas la transmiten a una cruceta afirmada a la parte superior de la mecha. Elemento transmisor en el puente Fig. 3

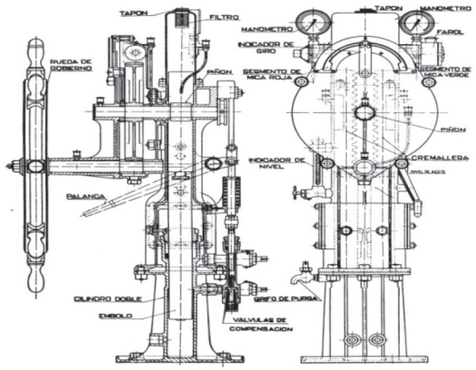


Fig.3 Servomotor hidráulico

Este sistema también está siendo muy poco usado, salvo algunos pequeños y antiguos buques de tránsito fluvial. Suele utilizarse aún con bastante asiduidad como sistema alternativo ante un *black out*.

D. Servomotor electro-hidráulico

Este es el sistema más difundido en la actualidad.
En la Fig. 4 se muestra un la disposición moderno servo motor

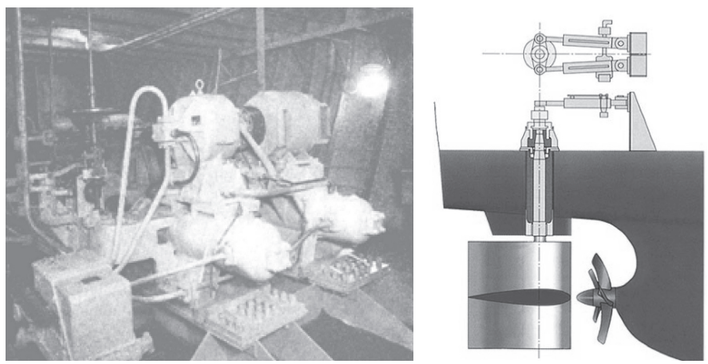


Fig.4 Servomotor electro hidráulico

electro hidráulico en el compartimento respectivo y su forma de acoplamiento a la mecha de la pala.
En general es similar al anterior, diferenciándose únicamente en que aquí el sistema emisor acciona una válvula inversora en el sistema receptor.
Este posee una bomba accionada por un motor eléctrico que la mantiene con una presión constante y que va emplazada en las proximidades del mecanismo de gobierno.
Este mismo sistema puede utilizar un sistema eléctrico accionado por la rueda de cabillas o manipulador para comandar a distancia las válvulas que invierten o detienen el flujo de aceite que presiona sobre los émbolos que accionan el timón.

3. Dispositivos para transferir los movimientos del aparato motor al timón.

En las embarcaciones pequeñas y medianas el mismo es manejado a través de sistemas mecánicos de transmisión a distancia entre la timonera y el timón
Estos sistemas reciben el nombre genérico de guarnimientos y pueden ser de dos tipos:
a) Con elementos flexibles
b) Con elementos rígidos

a) Con elementos flexibles

Los elementos flexibles se emplean en embarcaciones menores o pequeñas
El más simple es el compuesto por caña y guardines movidos por

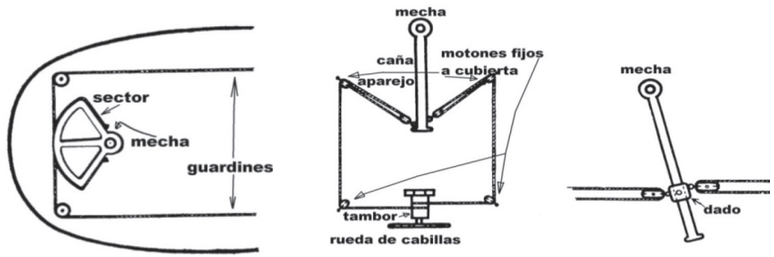


Fig.5 Elementos flexibles para transferir movimientos al timón

la rueda del timón.
Puede o no contar con un sistema de ayuda mecánica (servomotor). Fig. 5
Este sistema consta de un cable o cadena que transmite el movimiento de la rueda a la mecha del timón.

b) Con elementos rígidos
Estos se emplean en embarcaciones de mayor porte y los sistemas mas usados son:
b-1) Sector y tornillo sinfín:
b-2) Doble tornillo

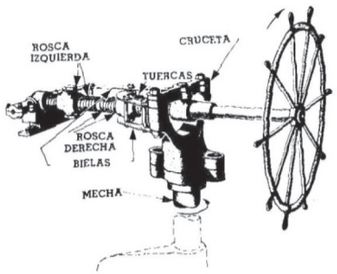


Fig.6 Sistema rígido sector y tornillo sin fin

b-1) Sector y tornillo sinfín
En este sistema, un sector solidario a la mecha del timón por medio de dos bielas es movido a su vez por un tornillo sinfín accionado por la rueda de cabillas. Fig. 6

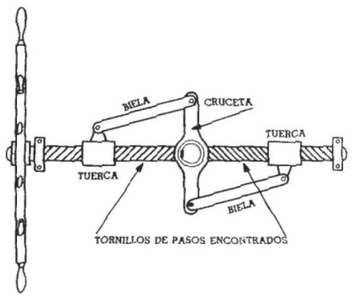


Fig.7 Sistema rígido doble tornilllo

b-2) Doble tornillo
Este sistema está más generalizado.
Consta de un grueso tornillo de pasos encontrado que al girar hace desplazar en sentidos opuestos dos tuercas que, a su vez, actúan por medio de bielas sobre una cruceta solidaria a la mecha del timón. Fig. 7
En algunos casos este doble tornillo es movido por un servomotor

1. Aparatos y medios de transmisión para dirigir a distancia la maquinaria que mueve al timón.

Estos órganos de gobierno suelen ser:
1. Mecánicos

2. Hidráulicos
3. Eléctricos

1. Mecánico

El mecánico fue usado en buques antiguos y consiste en una larga transmisión que desde el puente acciona la válvula diferencial en el aparato servomotor. Está constituida por largos y delgados ejes de acero con piñones y/o ruedas dentadas en sus extremos.
De esa forma el movimiento originado en la rueda de cabillas se transmite al cuarto del servomotor. Fig. 8

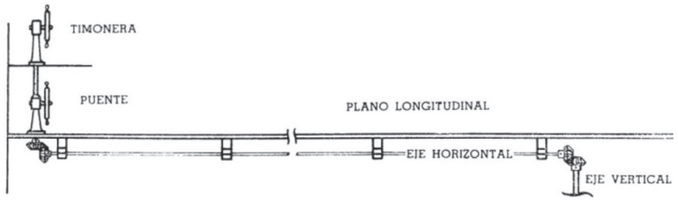


Fig.8 Sistema mecánico para dirigir la máquina del timón

2. Hidráulico

Se lo denomina también tele-motor.
Al girar la rueda de cabillas se transmite su movimiento a un piñón solidario a su eje que mueve a dos cremalleras verticales que se encuentran ubicadas a cada costado del mismo, de forma tal que al girar el piñón una de ellas sube mientras la otra baja.
Cada cremallera se encuentra solidaria a un émbolo que se desplaza dentro de un cilindro conectado a una tubería hidráulica. Fig. 9
Ambas tuberías llegan al servomotor y terminan en uno o dos cilindros que contienen un pistón, el que recibe la presión o depresión que se les transmite desde el puente o puesto de emergencia.
Las bielas o vástagos de dichos pistones son los que actúan sobre el dispositivo que comandan el dispositivo que pone en marcha el servomotor en un sentido u otro.
Como todo sistema hidráulico, el permanente relleno de la tube-

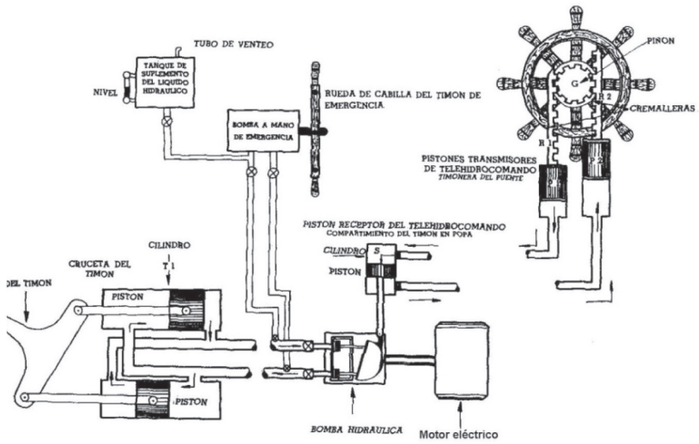


Fig.9 Sistema hidráulico para dirigir la máquina del timón

ría y cilindros es primordial para evitar la formación de bolsones de aire.
El mismo se obtiene a través de un tanque alto, comúnmente denominado compenso, que debe ser verificado periódicamente, en especial antes de salir a navegar.

3. Eléctrico

Consta básicamente de:

- Un generador de impulsos eléctricos que ordena el ángulo que se desee adopte la pala del timón, instalado en la timonera.
- Un receptor que recibe e interpreta dichos impulsos y actúa en consecuencia sobre el servomotor ordenándole el ángulo indicado desde el puente.
- Los cables eléctricos que unen ambos elementos

Sistemas de seguridad y emergencia

Todo buque debe poseer un sistema doble o triple de gobierno que permita operar el timón en caso de avería o fallas del sistema principal.
Dichos sistemas pueden ser operados desde el mismo sitio de comando o desde otro más próximo al servomotor, luego de pre-

parar el sistema mediante una rutina que todo oficial debe conocer a la perfección.
Generalmente se deben accionar válvulas hidráulicas que habilitan un sistema hidráulico de emergencia que permite el comando a distancia del servomotor.
También dicho sistema de emergencia puede ser a veces utilizado desde el mismo cuarto de servomotor donde se accionan las válvulas rectoras en forma manual.
En este último caso, como dicho sistema impide, por razones obvias tener una visión exterior, las sociedades de clasificación para cumplir con el SOLAS 1974 y sus enmiendas 1981 y 1983, exigen la colocación de algunos elementos en el cuarto del servomotor que faciliten y garanticen la seguridad del gobierno en tales circunstancias.
Dichos elementos, que son totalmente independientes a los exigidos en el puente de mando, son los siguientes:

- Repetidor del girocompás: para permitirle al operador que deba timonear desde dicho cuarto seguir un rumbo.
- Teléfono autoexitado: para permitir una comunicación rápida y segura con el puente y la máquina.
- Tanque compenso de aceite hidráulico: para poder rellenar, mediante el simple y rápido accionar de una válvula, el circuito en corto plazo en caso de que haya tenido pérdidas por rotura
- Axiómetro mecánico: para poder conocer en todo momento el ángulo de metida de la pala.
- Sistema de iluminación de emergencia que permita operar todo el sistema con seguridad

Instrumental de información de puente

- El más elemental es el axiómetro, eléctrico o mecánico, que indica la posición instantánea de la pala.
- Está graduado en grados sexagesimales desde 0º a 35/40º a ambas bandas identificado además con los colores rojo y verde correspondientes.
- Algunos buques cuentan además con una luz testigo que se enciende cuando el timón se encuentra o pasa por la vía.
- Todo buque debe contar además con un sistema de alarma de

falla del sistema de gobierno luminoso y sonoro que informe de inmediato ante cualquier anormalidad
- Los buques mayores suelen tener más de una bomba eléctrica para accionar la bomba hidráulica del servomotor (lo normal son dos pero buques especiales pueden tener aún más).
- Es norma de seguridad durante las maniobras trabajar con más de una.
- Las mismas suelen poder ponerse en marcha desde el mismo puente, teniendo luces testigos que indican su encendido.
- Actualmente los buques están siendo dotados de un indicador de "cadencia o velocidad de caída" (*rate of turn – ROT*) que señalan la cantidad de grados por minuto con que cae la proa.

Otros comandos de gobierno además de la rueda de cabilla

El piloto automático es un equipo de norma ya en todo buque moderno.
Este dispositivo conecta el girocompás o compás magnético (en pequeños buques que no poseen girocompás, como veleros oceánicos) con el sistema de gobierno permitiendo que el buque siga un rumbo establecido de antemano.
Dispone de una serie de ajustes que permiten regular magnitud de las guiñadas, ángulos de metida, tiempo de metida y antelación del accionar del timón.
Los hay también comandados por una computadora que interconecta el GPS, radar y girocompás que permite agregar diversas funciones sumamente útiles como:
- Radio de giro controlado
- Cadencia de caída controlada
- Aviso de proximidad de WP (*way point*)
- Caída automática en un WP de aguas libres, con una pequeña cadencia de caída, para evitar sensible pérdida de velocidad.
- Incidencia y período de las olas para adelantarse al desgobierno que las mismas producirán.

Estos sistemas de gobierno permiten un ahorro considerable de combustible sobre todo en modernos y veloces buques, debido a la disminución de la distancia recorrida y menores ángulos de

metida del timón, además de liberar un hombre de las ya reducidas tripulaciones.
Se debe tener muy presente que ni este sistema ni los equipos electrónicos anticolisión permiten descuidar la vigilancia humana permanente en todo el horizonte.
Bajo concepto alguno el puente debe quedar desierto en ningún momento, ni se deben cumplir las guardias nocturnas en navegación con un solo hombre.
El SOLAS en su capítulo v regla 19, 19-1 y 19-2 reglamenta el uso y precauciones a tomar en todo sistema de gobierno y debe ser tenido muy en cuenta. (ver apéndice al final de este capítulo)
En buque especiales que deben maniobrar en forma constante y con mucha precisión (supply vessels - oceanográficos - remolcadores de mar - pesqueros palangreros - etc.) existen comandos de timón tipo manipulador vertical (joystic) en varios lugares del puente para permitir gobernarlo desde la posición más conveniente para la maniobra.
Algunos de ellos poseen un pequeño y manuable control remoto que está conectado a través de un cable al sistema eléctrico de gobierno y permite el accionamiento del timón desde cualquier lugar de la timonera o alerones.

Teoría del timón

Aspectos teóricos que permiten estudiar no solo los efectos que produce el timón, sino además los cálculos que permiten su diseño.
1. Cálculo del momento evolutivo
2. Cálculo del valor de la presión normal Pn
3. Máximo ángulo de metida para obtener el óptimo momento evolutivo
4. Cálculo de la presión soportada por la pala del timón cuando se pone a una banda
5. Cálculo del área que debe tener la pala del timón
6. Eslora que debe tener el timón.
7. Punto de aplicación de la presión normal
8. Momento de adrizamiento del timón
9. Efectos que se producen al poner el timón a una banda

1. Cálculo del momento evolutivo

En todo buque que navegue avante siguiendo una trayectoria rectilínea, las direcciones de los filetes líquidos que lamen ambos costados son simétricos e iguales y no producen ningún efecto evolutivo.
Sólo producen resistencia a la marcha debido al rozamiento y la misma es igual a ambos costados de la carena.
No obstante, debido a la acción del viento y mar, el buque da guiñadas y hay que meter un poco el timón con el fin de conservar el rumbo deseado.
Si se aplica un determinado ángulo de metida , los filetes de la banda a la cual ha sido colocado el timón, cuando lleguen al mismo, serán desviados bruscamente ejerciendo una serie de presiones sobre la cara anterior de la pala y depresiones en la cara posterior de la misma, cuya resultante será la presión normal Pn.
Dicha fuerza, la que erróneamente consideramos perpendicular a la pala, actuará sobre un punto – en proximidades de su centro geométrico - que será el centro de presión C.
Más adelante se verá dentro de que límites varía la posición del centro de presión C. Fig. 10

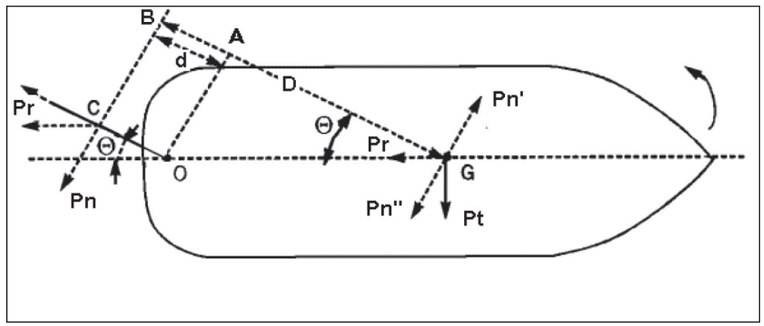


Fig.10 Elementos ,vectores y distancias que hacen al Me

La presión normal **Pn** actúa en el punto C de la pala.
Si por el centro de gravedad G del buque se traza un par de fuerzas neutras, dos fuerzas iguales, contrarias y paralelas a **Pn**, que se denominaran **Pn'** y **Pn"**, se observará que entre **Pn** D **Pn'** se origina una cupla a la que se denominará: **Momento Evolutivo Me**
Por lo tanto

Se llama momento evolutivo **Me,** a la cupla originada por las fuerzas **Pn** y **Pn'**, separadas por la distancia **D**, respecto a centro de gravedad **G** del buque y el mismo expresa la potencia evolutiva del buque.
Me = Pn × OG cosα
La distancia d entre el punto **C** y la mecha del timón se desprecia por ser muy pequeña con relación a **GB**

2. Cálculo del valor de la presión normal Pn

podemos obtener el valor Pn mediante la fórmula:

$$Pn(kg) = \frac{41{,}35 \times A \times V^2 \times sen\,\vartheta}{0{,}2 + 0{,}3 \times sen\,\vartheta}$$

Siendo:
Pn: presión normal aplicada en el centro de presión expresada en Kg.
A : área del timón y está expresada en m
V : velocidad de los filetes líquidos expresada en m / seg
Si se desea trabajar con la velocidad del buque en nudos, la fórmula a aplicar será la siguiente:

$$Pn(kg) = \frac{5{,}3 \times A \times V^2 \times sen\,\vartheta}{0{,}2 + 0{,}3 sen\,\vartheta}$$

Nota de los autores:
Existen también otras fórmulas para determinar el valor de la presión normal Pn que actúa sobre la pala cuando ha sido colocada hacia una banda, que como la precedente, son experimentales.
La que más se aproxima a los valores medidos es la de Joëssel, por tal motivo se ha elegido ésta para el estudio.

Se destaca que para la aplicación de la fórmula se han supuesto varios hechos, que no se cumplen en la realidad:
1. Que el ángulo de metida del timón sea instantáneo.
La rapidez de maniobra, o sea el tiempo que invierte el timón en pasar de la vía a una banda suele ser normalmente de ocho a diez segundos. (En algunos buques especiales ese valor puede bajar sensiblemente).

2. Cuando el timón alcance su mayor ángulo de metida ya habrán variado algunos parámetros utilizados:

2.1. El buque habrá tenido una pequeña disminución de la velocidad por el efecto de la fuerza Pr. La velocidad irá disminuyendo hasta un determinado momento, y luego continuará constante, (por lo tanto la velocidad final V1 será menor que la velocidad inicial V).

2.2. El ángulo de incidencia con que los filetes líquidos llegan a la pala no tendrán ya el valor angular máximo inicial debido al rabeo de la popa hacia la banda contraria a la que se ha metido el timón.
Obsérvese que, si se aplicaran los reales valores, la presión normal Pn disminuiría, pero dichas variaciones, no solo simplifican el problema sino que también introduce un margen de seguridad en el cálculo de los mecanismos.
Joëssel para determinar el cambio de ángulo de incidencia con que llegan realmente los filetes líquidos a la pala, ideó un ingenio que permitía medir prácticamente y en forma mecánica, los nuevos ángulos de acuerdo al ángulo de metida aplicado.
Para ello dispuso en un mismo buque dos timones, uno a proa y otro a popa de la hélice.

Con el timón de proa se producía el giro del buque mientras que el timón de popa giraba loco alrededor de su mecha.
Si denominamos al ángulo de metida del timón de proa y al ángulo que adoptará el timón de popa, la diferencia de ángulos de incidencia de los filetes líquidos está indicado por las diferencias de ángulos entre el timón de proa (comandado) y el de popa (libre), (alfa - delta), y ese es aproximadamente el ángulo con que incidirían los filetes líquidos sobre el timón de popa.
Joëssel, por dicho método, determinó los siguientes valores

Joêssel, cambio de ángulo de incidencia de los filetes líquidos

Ángulo	α	0º	10º	20º	30º	40º	50º
Ángulo	$\alpha - \delta$	0º	6°,75	13°,5	19°,5	28°,25	22°,25
Ángulo	$1 - \frac{\alpha - \delta}{\alpha}$	0	0,67	0,67	0,65	0,70	0,44

Se comprueba entonces que, para estos ángulos de trabajo del timón, la relación varía relativamente poco hasta los 40º, pero decrece significativamente por encima de dicho ángulo de metida.
Hasta los 30°, dicha relación es de aproximadamente 2/3.

3. Máximo ángulo de metida para obtener el óptimo momento evolutivo

De la fórmula que permite obtener el momento evolutivo (*Me=Pn x OGx cos α*) se puede considerar groseramente que OG es *1/2 eslora* por lo que resulta posible reemplazar dicha fórmula como sigue:

$$Me = Pn \times OG \times \cos\alpha \qquad \text{Pero} \qquad Pn = \frac{41{,}35 \div A \times V^2 \times \operatorname{sen}\alpha}{0{,}2 + 03\operatorname{sen}\alpha}$$

reemplazando queda de la siguiente forma:

$$Me = \frac{41{,}35 \times A \times V^2 \times e \times \operatorname{sen}\alpha \times \cos\alpha}{0{,}4 + 0{,}6\operatorname{sen}\alpha}$$

Esta fórmula también puede expresarse de la siguiente forma:

$$Me = 41{,}35 \times A \times V^2 \times e \times \frac{sen\alpha \times \cos\alpha}{0{,}4 + 0{,}6 sen\alpha}$$

Considerando que ésta segunda parte de la fórmula ($\frac{sen\alpha \times \cos\alpha}{0{,}4 + 0{,}6 sen\alpha}$)

es común a todo buque, es posible reemplazarla por y , que se obtiene el diagrama cartesiano de la Fig. 11

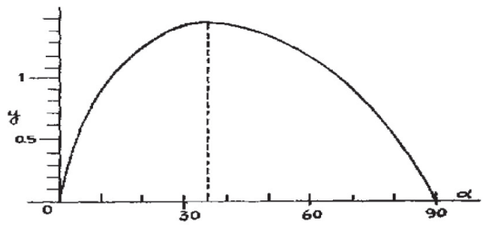


Fig.11 Diagrama cartesiano de rendimiento del timón

En consecuencia queda finalmente:

$$Me = 41{,}35 \times A \times V^2 \times e \times y$$

El ángulo con que se obtiene el máximo el momento de evolución es entonces de unos 36º, debido a que con el mismo se logra el mayor rendimiento de un timón ordinario.
Por ello es que, en la gran mayoría de los buques, el ángulo máximo de metida de los timones alcanza sólo dicho valor.
Nota de los autores: *Experiencias recientes con timones de gran rendimiento, demuestran que el ángulo óptimo de metida donde se logra la mayor Pn está más cerca de los 30°*
Con ángulos mayores a 35°, el buque deja de caer a la banda a que se puso el timón; su efecto es como si se hubiera puesto a la vía. Esto es debido a la producción de remolinos en sus caras quitando paralelismo a los filetes líquidos se convierte un flujo laminar en flujo turbulento (Ver Bernoulli)

Se entiende que **Pt** representa la fuerza sobre el timón, perpendicular a crujía, que hace rabear la popa hacia la banda opuesta Al principio, cuando se pone a la banda en los primeros grados, la fuerza **Pt** crece casi linealmente con el ángulo de ataque, pero si se sobrepasa los 35° de ángulo en un timón convencional, se produce el fenómeno llamado *stall*, y **Pt** disminuye rápidamente haciendo perder el gobierno del buque, en la misma forma que lo pierde un avión que entra en pérdida de velocidad a la que el mismo fue colocado. Fig 12

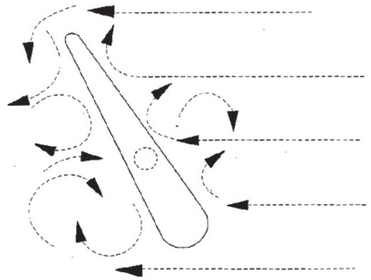


Fig.12 Fenómeno *STALL* por cambio de flujo laminar a turbulento

4. Cálculo de la presión soportada por la pala del timón cuando éste es puesto a la banda

Para obtener la presión media unitaria Pmu, utilizamos la fórmula siguiente

Kg / mt 2 > $$Pmu(Kg/m^2) = \frac{Pn(Kg)}{A(m^2)}$$

o expresada en

Kg / cm 2 > $$Pmu(Kg/cm^2) = \frac{Pn(Kg)}{10.000 \times A(m^2)}$$

Donde **A** es el área de la pala del timón.

5. Cálculo del área que debe tener la pala del timón

El área (Sp) que debe tener la pala del timón se puede calcular, mediante la siguiente fórmula experimental, en función al plano de deriva (área de la semi carena):

$$Sp(m^2) = \frac{e(m) \times C(m)}{N}$$

Siendo:
Sp = superficie de la pala en metros cuadrados
e = eslora de flotación, en metros del buque
C = calado máximo en metros del buque
N = coeficiente que depende del tipo de buque, número de hélices y tipo de pala.

Los coeficientes N que corresponden según el tipo de buque son los siguientes:

N	Tipo de buque
30 a 40	remolcadores
53 a 59	buques pequeños lentos
59 a 60	buques mixtos veloces
56 a 63	trasatlánticos veloces

6. Eslora que debe tener el timón

Otro dato importante del timón es su longitud máxima "l" medida en el sentido proa popa.
Steinhaus da los siguientes valores medios en razón de la eslora del buque:

Eslora buque en metros	Eslora máxima del timón
30 / 40	1/33 a 1/36
60 / 100	1/40 a 1/50
100 / 150	1/50 a 1/60

Según otros autores como Scott - Rusell, la eslora del timón debe ser: **l = 0,02** de la eslora del buque
En ambos casos (**e**) es la eslora del buque y (**l**) la eslora de la pala.
Los valores dados anteriormente sólo sirven como orientación, puesto que cada tipo de timón tiene su relación respecto a su eslora y altura **l / h** que depende de varios factores, entre ellos su colocación con relación al buque, dimensiones, diseño, hidrodinámica de la popa, tipo de buque, etc.

7. Punto de aplicación de la presión normal

En un timón ordinario dicho punto se encuentra desplazado hacia la arista de ataque (proa), por no estar uniformemente repartidas las presiones.
A partir de la mecha hacia popa irá recibiendo la presión de agua con menos fuerza por hallarse los filetes líquidos perturbados por

el resbalamiento. Fig.13

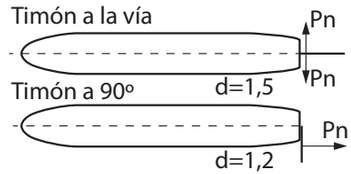


Fig.13 Punto de aplicación de la presión normal

Para su determinación se emplea la fórmula de Joëssel:
Siendo
D = distancia entre C y la arista de ataque del timón
l = eslora de la pala
= ángulo de metida
Si el timón está a la vía o sea el ángulo ϑ = 0º (sen 0º = 0) la distancia D será

$$D = (0{,}2 + 0{,}3 \times sen\alpha)l = \frac{2l}{10} = {}^{1}\!/_{5}\, l$$

Es decir que la Pn está aplicada a 1/5 de la pala comenzando desde proa
Si hipotéticamente el ángulo de metida fuese 90º (seno 90° = 1) por lo tanto

$$D = (0{,}2 + 0{,}3 \times 1)l = \frac{2l}{10} + \frac{3l}{10} = \frac{5l}{10} = {}^{1}\!/_{2}\, l$$

Es decir que la Pn estaría aplicada en la mitad de la pala.
Para ángulos cercanos a 30º; D será menor de 1/3 de la eslora del timón.

8. Momento de adrizamiento del timón (también llamado de torsión)

No confundir con el par o momento de adrizamiento que se produce cuando el buque se escora por causas ajenas al mismo, y que tiende a estabilizar al mismo
Con el buque navegando, para llevar el timón a la banda hay que vencer la resistencia que le oponen a la pala a ese movimiento los filetes líquidos.

Esta cupla está generada por la fuerza **Pn** multiplicada por la distancia existente entre **C** y la mecha del timón (**punto de giro O**), y se le denomina momento de adrizamiento del timón **Ma** Fig. 14
Ma = Pn x OC

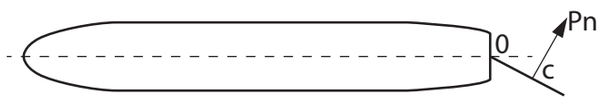


Fig.14 Momento de adrizamiento del timón

Pero:

$$Pn = \frac{5{,}3 \times A \times V^2 \times sen\alpha}{0{,}2 + 0{,}3 \times sen\alpha} \quad \text{y} \quad OC = (0{,}2 + 0{,}3 \times sen\alpha) \times l$$

Simplificando resulta:

$$Ma = 5{,}3 \times A \times V^2 \times \text{sen}\,\alpha \times l$$

Teniendo en cuenta la disminución de la velocidad y del nuevo ángulo de incidencia, β una vez que el buque ha iniciado su caída, el momento de adrizamiento más exacto Ma', será:

$$Ma' = Pn' \times OC = \frac{5{,}3 \times A \times V_1^2 \times sen(\alpha - \delta) \times 0{,}2 + 0{,}3 sen(\alpha - \delta) \times l}{0{,}2 + 0{,}3 sen \times (\alpha - \delta)}$$

Simplificando: $Ma' = 5{,}3 \times A \times V_1^2 sen(\alpha - \delta) l$

9. Efectos que se producen al poner el timón a una banda

Cuando se aplica timón, se producen cinco efectos, tres principales y dos secundarios:

Efectos principales

- Una rotación producida por la cupla Pn D Pn'
- Una deriva producida por la fuerza transversal Pt
- Un incremento de la resistencia al avance producida por la fuerza longitudinal Pr.

Efectos secundarios

- Un aproamiento producido por la fuerza longitudinal Pr. Este último solo es notable en buques cortos y con una gran relación área pala timón / área lateral – tipo remolcadores o supplies)
- Una escora producida por la fuerza transversal Pt. Muy notable en los buques con escaso brazo adrizante GZ (KG muy alto)

Efectos principales

Rotación producida por el par Pn D Pn'. El momento de éstas dos fuerzas es lo que se denomina momento evolutivo y es el que realmente se procura
Cuanto mayor sea éste momento, o sea cuanto mayor sea Pn y mayor la distancia que separe su punto de aplicación (mecha del timón), al centro de gravedad del buque (OG), mayor será la capacidad de giro del buque
Hay otros factores que, a igualdad de éstos valores, aumentan la capacidad de maniobra, como, p.ej. la forma de la bovedilla (cola de pato), el coeficiente de bloc, etc.

Deriva producida por la fuerza Pt

Ésta es la fuerza que desplaza al buque hacia la banda opuesta a la que se metió la pala, o sea que lo abate agrandando su diámetro táctico.
La gran resistencia que, debido a su área lateral de la carena, ofrece el buque, hace que el efecto de ésta fuerza sea pequeño.

Resistencia al avance producida por la fuerza Pr

Ésta fuerza es de sentido opuesto a la marcha y trae como consecuencia una disminución de la velocidad que traía el buque previo a poner el timón a la banda. Puede alcanzar el 60% de la misma cuando se suma al avance de ronza que se genera en una trayectoria curvilínea.

Efectos secundarios

Estos se originan debido a que el punto de aplicación C en la pala del timón difícilmente está en el mismo plano horizontal que contiene al centro de gravedad del buque G. En un buque de superficie, C estará por debajo de G (Solo los submarinos suelen

tener C por encima de G).
Esto origina cuplas verticales que provocarán escora y cambio del asiento del barco
Efecto de escora (también llamada escora de saludo)
Este efecto es producido por la componente Pt de la fuerza Pn
En el común de los buques el punto de aplicación de la fuerza Pn se encuentre por debajo del plano horizontal que pasa por el centro de gravedad G. Se forma entonces un par de fuerzas que tiende a escorar el buque hacia adentro de la curva evolutiva que comienza a describir.
Dicha escora será contrarrestada por el par adrizante transversal. Fig. 15

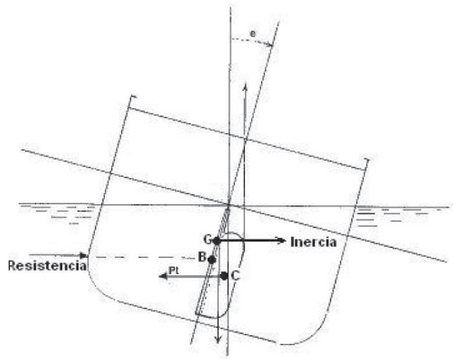


Fig.15 Efecto de escora o escora de saludo

Su magnitud será :
Inversamente proporcional a:
- Valor del GM del buque

Directamente proporcional a:
- Velocidad del buque,
- Ángulo de metida de la pala,
- Área de la pala
- Distancia vertical entre el punto de aplicación de Pt el centro de gravedad G

A medida de que el buque vaya acelerando su velocidad angular de caída comenzará a incrementarse la fuerza centrífuga. Ésta

irá contrarrestando la **Pt'**, hasta superarla, generando con la resistencia del área lateral externa de la carena, otra cupla inversa provocando ahora una escora hacia el exterior de la curva evolutiva. Fig. 16

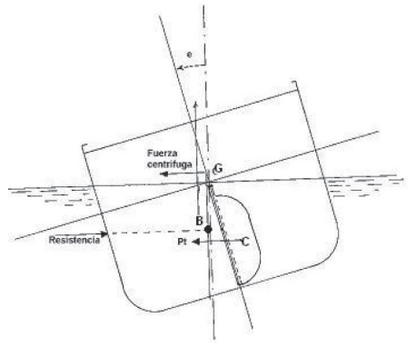


Fig.16 Efecto posterior de contra escora

Esa fuerza centrífuga es directamente proporcional a la velocidad del buque, a la magnitud del ángulo de giro y al tiempo empleado para describir la curva de evolución.
La escora inicial hacia el interior es generalmente más notable en buques rápidos con timones bien sumergidos y solamente en raros casos puede llegar a ser peligrosa.

Efecto de aproamiento

Con el buque desplazándose avante, si el punto de aplicación **C** de la fuerza **Pn** se encuentra en un plano horizontal diferente que el que contiene al centro de gravedad **G,** la componente **Pr** de dicha fuerza creara un par de fuerzas que tenderá a modificar el asiento longitudinal del buque. Fig. 17

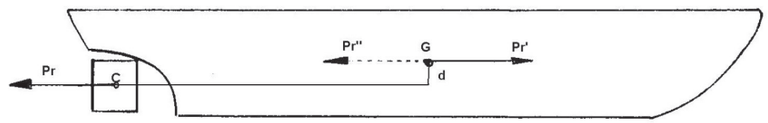


Fig. 17 Efecto de aproamiento producido por el timón

Al insertar un par de fuerzas neutras **Pr"** y **Pr',** iguales y opuestas, al centro de gravedad **G** se observa como se crea una cupla **Pr d**

Pr', que, si el punto **C** se encuentra por debajo del punto **G**, tenderá a aproar el buque.
Dicho momento es contrarrestado por el par de adrizamiento longitudinal del buque y como dicho par de adrizamiento longitudinal es muy importante, este efecto pasará prácticamente inadvertido
Si en cambio el plano que contiene al punto **C** está por encima del plano donde está **G** el efecto será apopante.
En todo buque mercante normal se debe esperar un leve aproamiento que será mayor cuando menor sea la eslora del buque. Se suele apreciar bastante en los remolcadores (importantes áreas de timones, esloras cortas y grandes potencias de máquina) El apopamiento solo se detecta en los submarinos.
Si el buque tiene arrancada atrás, los efectos estudiados son inversos.
La componente Pr" siempre producirá un efecto frenante.

Geometría de un timón (Fig. 20)

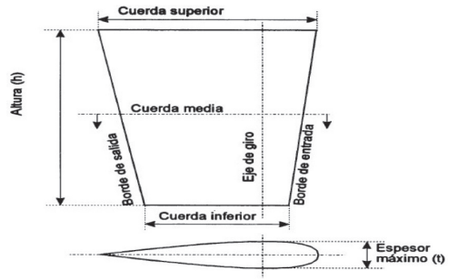


Fig.20 Geometría de un timón

Distintos tipos de timones según el diseño de sus palas

Distintas instalación de los timones Figs. 21 a-b-c-d-e-f-g-h
La energía necesaria para mover un timón a una banda (momento de adrizamiento) depende, entre otros factores, de la distancia entre el centro de empuje C y el eje de giro del timón (mecha).
Si la mecha coincide con el centro de empuje, el esfuerzo necesario para mover el timón sería solo el necesario para vencer la resistencia de los bujes.
Con el fin de manejar los timones con el mínimo de energía posi-

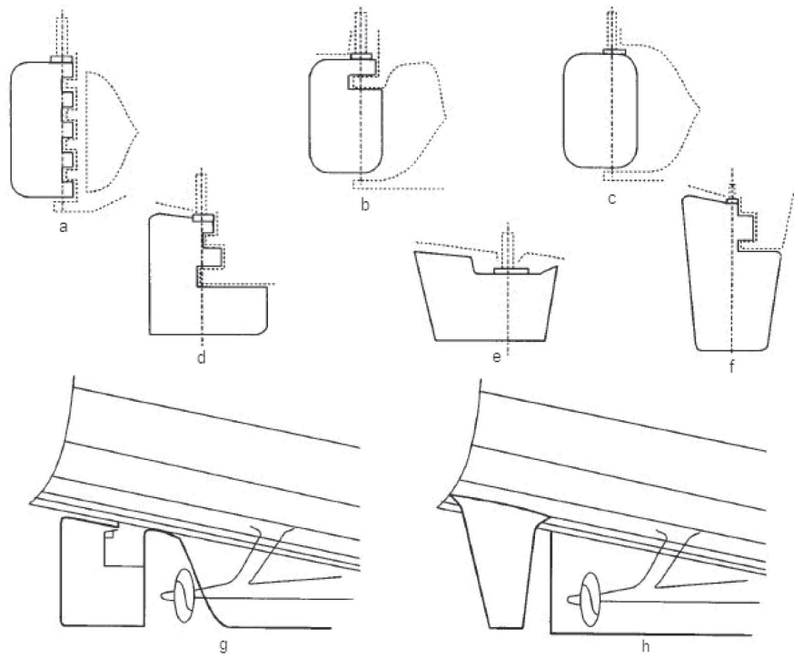


Fig.21a÷h Distintas instalaciones de timones

ble se crearon los timones llamados compensados cuya mecha no se encuentra en la arista de proa, sino desplazada hacia su centro geométrico, pero sin llegar a él.
Por lo tanto los timones se pueden dividir en dos grupos generales:
1. Ordinarios o no compensados
2. Compensados

1. Ordinarios o no compensados

Toda la superficie de la pala se encuentra a popa de del eje de giro Fig. 22-c

2. Compensados

Cuando la pala del timón es compensada significa que existe un porcentual del área de la misma pala que se encuentra por delante de la mecha (eje geométrico de giro del timón).Figs. 22-a y 22-b Se diseñan así para disminuir los esfuerzos que el servo-

motor deba realizar.
Entre los compensados existe un subgrupo denominado semi-compensados. Fig. 22-b

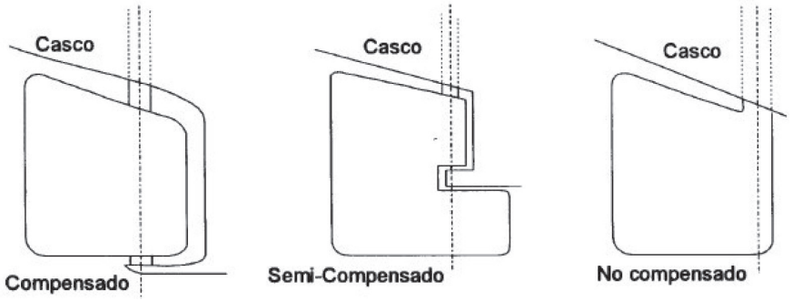


Fig.22a÷c Timón compensado, semicompensado, no compensado

Los timones semi-compensados son compensados en la parte baja de la pala a los efectos de aprovechar mejor los filetes bajos de la corriente de expulsión de la hélice, y ordinarios en la parte superior.
En la práctica, sin embargo, la distancia entre el centro de presión y el eje de giro no es constante, debido a que la posición del primero varía al modificar el ángulo del timón. (Recordar estudio referido a variación de la ubicación del centro de presión de acuerdo al ángulo de metida)
Si el centro de presión quedara a proa del eje de giro, el timón resultaría inestable y tendería a atravesarse con el lógico peligro de rotura.
Actualmente la mayoría de los timones modernos tienen un cierto grado de compensación.

Relación de compensación

Se denomina relación de compensación aquella existente entre el momento de adrizamiento de un timón compensado y el mismo timón sin compensar
O sea:

$$Rc = \frac{Pn \times d'}{Pn \times d} = \frac{d'}{d}$$

Donde

Pn : Presión normal
d' : Distancia horizontal entre el punto C y el eje del timón compensado.
d : Distancia horizontal entre el punto C y el eje del mismo timón si fuera ordinario.

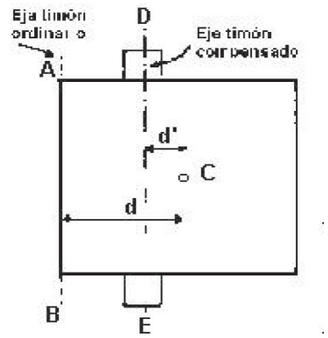


Fig.23 Relación de compensación de un timón

La Fig. 23 muestra un timón compensado cuya mecha es **DE**, siendo la distancia del eje al punto de aplicación **d'**
Si el timón fuese de tipo ordinario la mecha estaría en **AB** y la distancia al punto de aplicación de **Pn** sería **d**
El momento de adrizamiento tiene que ser siempre positivo con el fin de que la pala ante una avería, vuelva siempre a la vía, lo cual exige que d > d'.

Grado de compensación

Es la relación entre las dos superficies en que se divide la pala por su mecha.
Su valor oscila entre un 10 y un 25%. Siempre la pala que está a popa del eje es la mayor
Generalmente los timones compensados aprovechan la mayor eficacia de la parte baja del timón, en donde los filetes líquidos, por su mayor densidad, entregan una mayor energía.
Los momentos evolutivos de un timón ordinario y compensado, para un mismo ángulo de metida, teóricamente tendrían que ser iguales, pero en la práctica es algo menor el del timón compensado, puesto que con el ordinario todos los filetes líquidos que

llegan a la pala actúan sobre ella, mientras que en el timón compensado algunos de ellos, en su trayectoria, alcanzan la cara de proa del azafrán formando remolinos que al encontrarse con los filetes que vienen de la banda contraria disminuyen el valor de **Pn** con la natural pérdida del momento evolutivo. Fig. 24

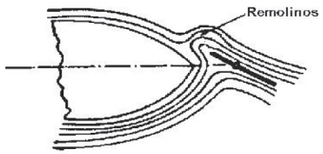


Fig.24 Grado de compensación de un timón

Sin embargo este inconveniente puede suprimirse aumentando la superficie de la pala y carece de importancia comparando con la ventaja que significa reducir el momento de adrizamiento, por lo cual se emplean estos timones cuando los buques han de desarrollar velocidades elevadas.

Rendimiento de los timones

Varios son los factores que inciden sobre la eficiencia de un timón.

- Las turbulencias del agua al pasar de la cara anterior a la posterior. La disminución de éste efecto se consigue diseñando el timón con un perfil hidrodinámico y haciendo mínimo el espacio entre la pala y la mecha. Los timones modernos no poseen los machos y hembras vistos en la figura 18, justamente para evitar turbulencias perturbadoras
- Los timones, al igual que las hélices producen cavitación, aunque en menor escala. Ésta se debe a la disminución de presión en la cara posterior de la pala cuando se lo pone a una banda. Se producen entonces espacios "vacíos que no alcanzan a ser llenados por el agua". La cavitación, además de una pérdida de rendimiento produce una importante de erosión en el material. Solo un buen diseño y ubicación del mismo contribuye a su eliminación.
- El funcionamiento del timón muy cerca o aflorando de la

superficie del agua. Cuando por mal diseño del sistema o por estar el buque en lastre, la pala trabaja cerca de la superficie, se produce una disminución de su rendimiento, ya que al meterlo a una banda, por efecto de la depresión producida en la cara posterior, se mezcla aire con agua, con la consiguiente disminución de densidad. Esto es de gran importancia para el maniobrista que debe tener en cuenta que cuando el buque navega en lastre, el timón pierde efecto evolutivo.

Acción del timón al aplicar máquina atrás

En la marcha atrás, la presión normal sobre la pala es provocada por la corriente de aspiración contraria a la de la marcha avante, salvo cuando el buque toma estrepada atrás. Esa transición entre que el buque yendo avante aplica máquina en reversa hasta que el buque comienza a ir realmente atrás, va generando una constante variación de Pn.

Al comienzo son los filetes originados por la arrancada avante de buque que actúan sobre la cara de proa, respondiendo en consecuencia como en marcha avante. Fig. 25-a

A medida que el buque va perdiendo velocidad se va incrementando la corriente de aspiración que viene desde popa y que actúa sobre la cara popel del timón, la que va anulando la Pn de proa hasta hacerla desaparecer y comienza a tomar fuerza la Pn de popa la que hará caer la proa en sentido contrario al que se metió la pala. Sin embargo su efecto es mucho menor

Prestar especial atención a estos cambios de comportamiento permite mejorar sensiblemente las maniobras en espejos de agua reducidos.

Son varias las causas que producen la pérdida de momento evolutivo al dar atrás. En orden de importancia son:

- A la cara activa del timón le llegan los filetes de la corriente de aspiración, que son mucho menos efectivos que los de la corriente de expulsión.
- Porque se producen remolinos entre su cara de proa y el codaste, creando así una contrapresión que se resta fuerza a la presión normal Pn. Fig.25-b
- Porque los filetes que inciden en la cara activa, lo hacen tam-

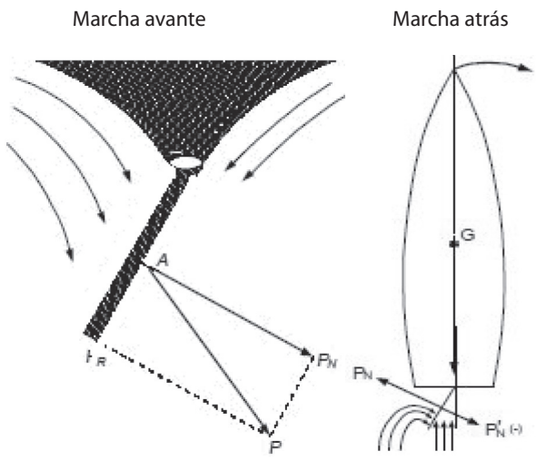


Fig.25a, b Accion del timón al aplicar máquina atrás

bién en la bovedilla, con lo que el punto de empuje C de la fuerza Pn, ya no está ubicada en el timón, sino más hacia proa y por lo tanto más próxima al centro de gravedad del buque, disminuyendo el brazo de palanca y en consecuencia, el par de evolución es más pequeño.

- Porque el punto pivote Pp ,que se verá más adelante, se corre hacia la popa al dar marcha atrás, disminuyendo el momento evolutivo que genera el timón.

Conclusión

Debe tenerse siempre presente que cuando el buque se mueve hacia atrás el efecto evolutivo del timón disminuye considerablemente, perdiéndose mucho el control del gobierno del buque en los mono hélices.

Diferentes tipos de timones:

De los distintos tipos de timón, algunos han caído en desuso, otros en cambio, se han ido perfeccionando.

Timones activados

Este sistema lo poseían buques muy especiales de pequeño a mediano porte.

Consistía en una hélice ubicada sobre el borde popel de la pala y accionada por un motor eléctrico
Dicha hélice reforzaba el empuje del propulsor principal o aumentaba el momento evolutivo del buque durante las caídas. Fig. 26

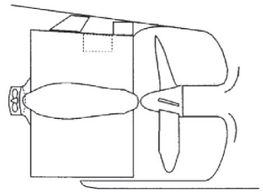


Fig.26 Timón activado

Este sistema ha caído en desuso por su fragilidad y por las complicaciones que ocasiona su mantenimiento.

Timón de marcha atrás

Son muy utilizados por los remolcadores empujadores de trenes de barcazas fluviales
Consisten en timones ubicados a proa de cada hélice y son accionados independientemente de los timones de popa. Fig. 27-a y 27-b

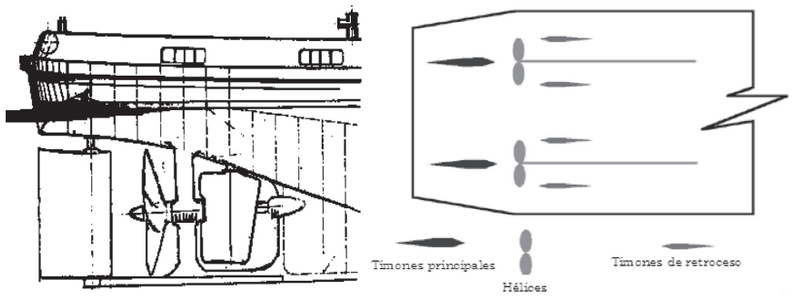


Fig. 27a, b Timón de marcha atrás, vista lateral esquema de planta

Se los utiliza únicamente para los ciaboga o máquina atrás, ya que aprovechan plenamente la corriente de expulsión de la/s hélice/s. Siempre van de a par, uno a cada costado del eje porta hélices, que en estos casos suele llevar arbotante.

Provocan un gran efecto evolutivo debido al aprovechamiento de la corriente de expulsión de la hélice que está dando atrás maximizando el efecto de ciaboga

Timones múltiples

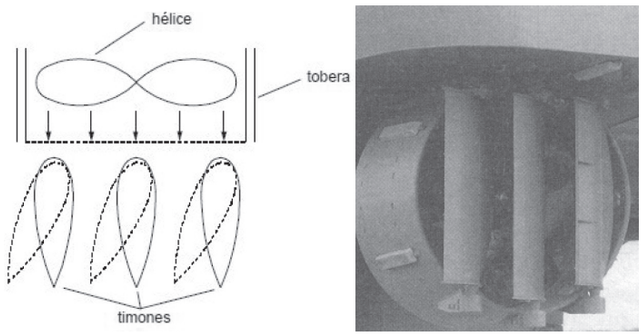


Fig.28 Timones múltiplesdetrás de una tobera Kort

Es un conjunto de timones, normalmente tres, que se mueven en forma conjunta, actuando sobre la totalidad de la corriente de expulsión y, en consecuencia, incrementando considerablemente el momento evolutivo, pero en detrimento del incremento de la resistencia que los mismos generan. Fig, 28

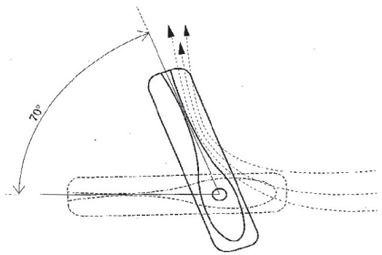


Fig.29 Moderno timón *Schilling*

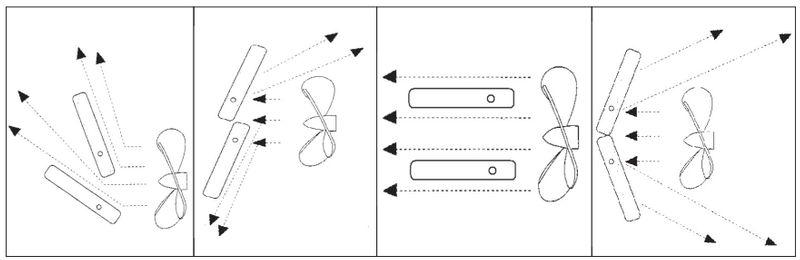
Timones especiales modernos

Los buques han crecido más rápidamente que los puertos.
Ello ha obligado a armadores e ingenieros navales a dotar a los grandes buques de elementos que mejoren su maniobrabilidad para poder entrar en ellos.
Uno de ellos sobre los que se ha trabajado mucho son los timones.

Además, el agregado de elementos que mejoren y hagan más seguro su manejo, les permite acogerse a exenciones de remolcadores, lo que significa un ahorro significativo de los costos

Timones *Schilling*®

La firma *Schilling*, fabrica diversos ingenios que aumentan sensiblemente las condiciones evolutivas de los buques.
Dicha empresa construye y comercializa bajo su marca dos tipos de timones para buques mono hélices
Uno de ellos es el *Schilling* mono timón
Este timón alcanza los 70° de ángulo de metida, sin que se produzca el fenómeno denominado *stall* que es la pérdida por cavitación.
Esto lo logra mediante el agregado de dos platabandas, una en la parte superior y la otra en la inferior, que encauzan los filetes líquidos, evitando que rebalsen la pala por arriba y abajo, siguiendo de esta forma la forma pisciforme de la misma. Fig. 29
Otro sistema de la misma firma consta de dos timones -"*Vectwin system*" ®- ambos con movimiento independiente controlado por medio de una computadora, cuyas palas pueden alcanzar ángulos de 110º a cada banda. Fig. 30 a , b, c , d



Caída a Br. por avante (a) | Yendo atrás Pp. a Br. (b) | Avante rectilínea (c) | Yendo atrás rectilínea (d)

Fig.30 Timón *Schilling Vectwin Sistem*® Sus posibilidades

Este sistema, según sus fabricantes, permite que un mono hélice convencional maniobre como si poseyera un *stern thruster* o un sistema cicloidal "*max side thrust*"
Como se puede observar en la figura (d), con dicha posición los timones semejan un paracaídas que permite invertir el chorro de

expulsión de la hélice aproximadamente 160º dando avante, sin necesidad de invertir su sentido de giro, ahorrando tiempo de detención.

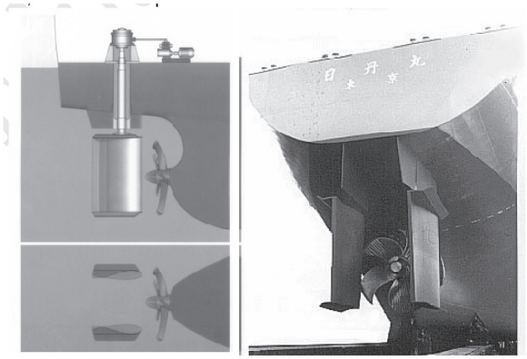


Fig.31 Timón *Schilling* Vectwin Sistem® instalado

Como es lógico de suponer, esto puede sólo ser efectuado cuando el buque está moviéndose sobre agua a velocidades muy reducidas
El manejo de estos timones efectúa por medio de un *joystick* ubicado en el puente que indica, de acuerdo a la posición donde se lo coloque, las caídas que sufrirán la proa o la popa. Fig. 31

En la Fig. 32 se observa un diagrama del dispositivo de comando con su axiómetro y repetidores de mando en los alerones
Estos buques están dotados de propulsores FPP
Como ejemplo un diagrama acimutal de empujes para un buque mono hélice de 2.500 hp, con hélice de pala fija y *bow thruster* de 1.000 HP, que utiliza los timones gemelos *Schilling*
De dicho diagrama se deduce que se puede lograr un empuje transversal de 25 ton (10 + 15) para obtener desplazamientos trasversales paralelos en el buque en cuestión. Fig. 33

Según los fabricantes estos timones han sido diseñados para buques de hasta 66.000 t. de DW pero agregan que no hay límite superior de tonelaje.
Otra de las ventajas promocionada por sus fabricantes es el aho-

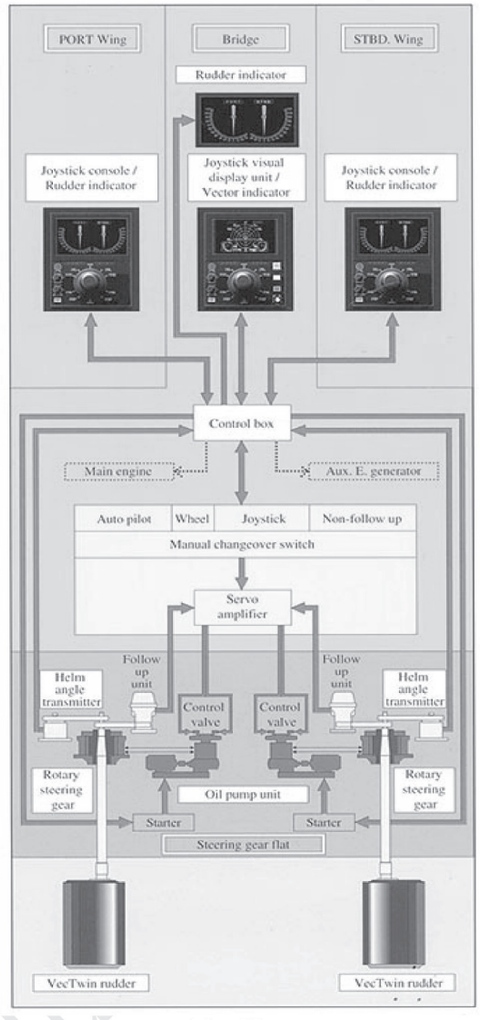


Fig.32 Sistema de comando de un *Vectwin®*

rro de combustible que permiten estos timones debido al "encauzamiento" de la corriente de expulsión de la hélice en navegaciones francas asegurando un ahorro de 141.000 U$S anuales cada 10.000 HP instalados.

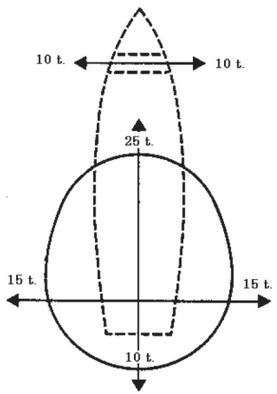


Fig.33 Diagrama acimutal de empuje Vectwin® + Bow Thruster

Conclusión

Como se mostró en la figura 30-d, detener el buque o hacerlo ir atrás se logra colocando los timones con ángulos de metida de 110° que cambian 160° el sentido de la corriente de expulsión.
Obsérvese en el gráfico precedente que el bollard pull al dar atrás es de solo 10 t, o sea aproximadamente el 40% en lugar del 60% que suele ofrecer una hélice dando atrás
Esa pérdida de efectividad en el empuje atrás es importante tomarla en consideración ya que se necesitará una mayor distancia y tiempo para detenerlo que a un buque similar con sistemas convencionales.

Timones Becker®

El timón Becker se compone de dos piezas Fig. 34

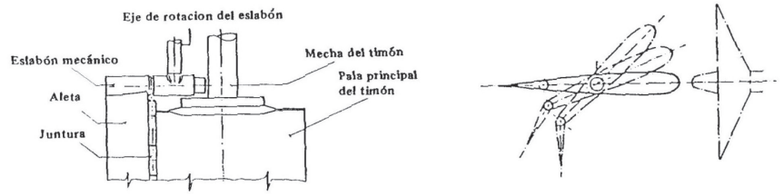


Fig.34a, b Perfil y planta de un timón Becker

- Timón principal, el cual es un timón perfil normal
- Una aleta articulada al timón principal

Para el sistema Becker no se usan los timones semi compensados. El timón principal y la aleta están unidos mediante una simple bisagra Fig, 34-a.
Al girar la mecha y cambiar la posición del timón principal un dispositivo mecánico obliga a la aleta a moverse, para pequeños ángulos de metida 3° por cada grado de la pala principal, y 2° para mayores ángulos, lo cual convierte el timón principal y *flap* en un "ala" adecuadamente curva. Fig. 34-b
El *flap* tiene un área entre el 20 al 30% del área total del timón, el cual alcanza ángulos de metida de 45°, con lo cual la aleta alcanza automáticamente una posición de 90º
Con un balanceo apropiado del timón principal y la aleta se asegura que no se produzcan mayores momentos de timón en relación a timones normales, de tal modo que se pueden utilizar servomotores de potencia normal siempre que alcancen un ángulo de giro de 2 x 45º. Mediciones efectuadas han demostrado que el empuje transversal de un timón Becker es aproximadamente un 50 % superior al de un timón normal
En la marcha recta, el timón principal y la aleta confieren al buque una gran estabilidad de rumbo. Con ángulos de timón muy pequeños se consigue con celeridad un gran empuje transversal.
Con un ángulo de timón de 45º y la aleta a 90º el empuje transversal del timón es capaz de hacer girar un buque sobre un punto, siempre que, con velocidad cero, la corriente de hélice sea suficiente.
El timón Becker es adecuado para todo buque del cual se requiera una gran capacidad de maniobra. Después de haber sido aplicado en 1960 en embarcaciones de navegación interior o fluvial, el timón Becker es aplicado desde 1962 cada día más en buques transoceánicos.

Rotor Fletchner®

Estos cilindros aprovechan el efecto Bernoulli referido a los fluídos que será tratado más adelante .

Mediante un sistema hidráulico se lo hace girar en una u otra dirección a distintas velocidades.
De esa forma se logra producir mayores diferencias de presión entre ambos lados del timón, que incrementan la Pn. Fig. 35

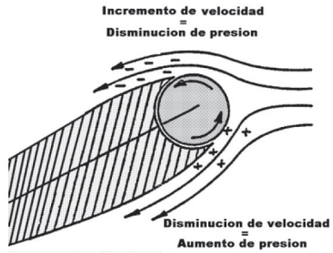


Fig. 35 Esquema en planta de timón Fletchner

Se ha comprobado en piletas que, si se logra una relación entre la velocidad de giro del rotor y su velocidad de avance en el agua, de 3 a 4, se obtiene un incremento de la fuerza del timón de un 100%.
Pej.: si se hace girar el rotor a una velocidad tangencial de 8 m/s y la velocidad del buque es de 4 a 5 ns. (2 - 2,5 m/s)

Timones Jastram®

A continuación se pueden observar los timones de esta fábrica. El de la Fig. 36-a es un semi compensado con rotor Fletchner en su arista de ataque, mientras que el de la Fig. 36-b es del mismo tipo, pero con flap en su arista de escape

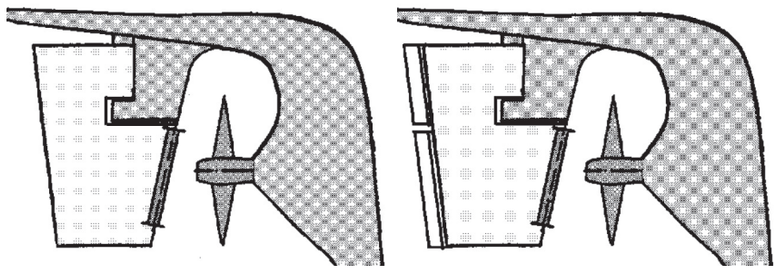


Fig.36a, b Dos modelos de timón Jastram

Combinación del timón Becker y de la tobera Kort.
Una combinación muy eficiente para aumentar la capacidad de

maniobra, junto con un incremento en la fuerza de propulsión, es el acoplamiento del timón Becker con una tobera *Kort*.
La tobera *Kort* es un aro que "envuelve" a la hélice como si fuera un amplio collar a la altura de los bordes exteriores de las palas y

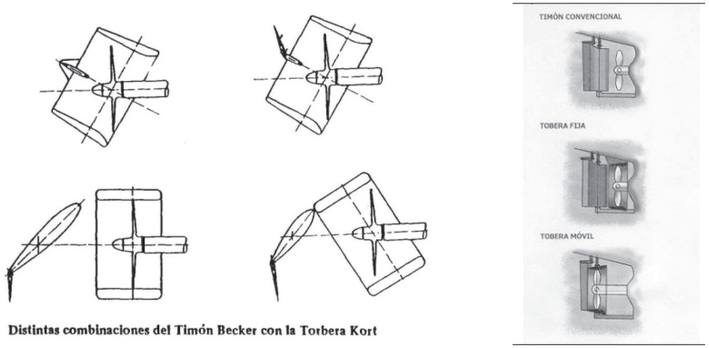


Fig.37 Combiacióniones de timón Becker con tobera Kort

dejando muy poco espacio libre entre éstas y la tobera.
En su interior posee una forma hidrodinámica convergente – divergente.
Está hecha de chapa de acero soldada. Fig. 37

APÉNDICE AL CAPÌTULO GOBIERNO
Convenio solas 1974. Protocolo de 1978. Enmiendas de 1981 y de 1983

Regla 19
Empleo del piloto automático

A. En zonas de gran densidad de tráfico o cuando la visibilidad sea limitada y en toda situación de navegación peligrosa en que se utilice el piloto automático, deberá ser posible restablecer en todo momento el control manual sobre el gobierno del buque *.
B. En las circunstancias que se acaban de enumerar deberá ser posible para el oficial de guardia disponer en el acto de los servicios de un timonel calificado, que en todo momento estará preparado para hacerse cargo del gobierno del buque.
C. El cambio del gobierno automático al gobierno manual y vice-

versa será efectuado por un oficial o bajo la vigilancia de éste.

D. El gobierno manual será objeto de comprobación después de toda utilización prolongada del piloto automático y antes de entrar en las zonas en que la navegación exija precauciones especiales.

Regla 19-1

Funcionamiento del aparato de gobierno

En las zona en que la navegación exija precauciones especiales, cuando los buque lleven servomotores del aparato de gobierno con aptitud para funcionar simultáneamente, deberá haber más de un servomotor funcionando.

Regla 19-2

Aparato de gobierno. Comprobación y prácticas

A. Dentro de las 12 horas previas a la salida del buque, la tripulación verificará y probará el aparato de gobierno. El procedimiento de comprobación comprenderá, según proceda, el funcionamiento de:

1. El aparato de gobierno principal.
2. El aparato de gobierno auxiliar.
3. Los sistemas de telemando del aparato de gobierno.
4. Los puestos de gobierno situados en el puente de navegación.
5. La fuente de energía de emergencia.
6. Los axiómetros, tomando como referencia la posición real del timón.
7. Los dispositivos de alarma para fallos en el suministro de energía destinada a los sistemas de telemando del aparato de gobierno.
8. Los medios de aislamiento automático y otro equipo automático.

B. **Las verificaciones y pruebas comprenderán:**

1. El recorrido completo del timón de acuerdo con las características que el aparato de gobierno deba reunir.

2. La inspección visual del aparato de gobierno y sus conexiones articuladas.
3. El funcionamiento de los medios de comunicación existentes entre el puente de navegación y el compartimento del aparato de gobierno.

C.

1. En el puente de navegación y en el compartimento del aparato de gobierno habrá expuestas permanentemente unas sencillas instrucciones de manejo con un diagrama funcional que muestre los procedimientos de conmutación destinados a los sistemas de telemando del aparato de gobierno y a los servomotores de éste.
2. Todos los oficiales encargados del manejo o el mantenimiento del aparato de gobierno estarán familiarizados con el funcionamiento de los sistemas de gobierno instalados en el buque y con los procedimientos para pasar de un sistema a otro.

D. Además de las verificaciones y pruebas normales prescritas en los párrafos a) y b) se efectuarán prácticas de gobierno del buque en situaciones de emergencia por lo menos una vez cada tres meses, a fín de adquirir experiencia en los procedimientos de gobierno apropiados para esas situaciones. Dichas prácticas comprenderán el mando directo desde el compartimento del aparato de gobierno, los procedimientos de comunicación con el puente de navegación y, cuando proceda, la utilización de las fuentes secundarias de energía.

E. La administración podrá eximir de la prescripción de efectuar las verificaciones y pruebas indicadas en los párrafos a) y b) a los buques que realicen con regularidad viajes de corta duración. Dichos buques deberán efectuar las verificaciones y pruebas mencionadas por lo menos una vez semanalmente.

F. La administración podrá eximir de la prescripción de efectuar las verificaciones y pruebas indicadas en los párrafos a) y b) a los buques que realicen con regularidad viajes de corta duración. Dichos buques deberán efectuar las verificaciones y pruebas mencionadas por lo menos una vez semanalmente.

G. La fecha en que se efectúen las verificaciones y pruebas pres-

critas en los párrafos a) y b) y la fecha y los pormenores de las prácticas de gobierno del buque en situaciones de emergencia efectuadas en virtud del párrafo d) se anotarán en el diario de navegación tal como lo prescriba la administración.

* VÉASE LA RECOMENDACIÓN SOBRE NORMAS DE RENDIMIENTO DE LOS PILOTOS AUTOMÁTICOS, APROBADA POR LA ORGANIZACIÓN MEDIANTE LA RESOLUCIÓN A.342

CAPÍTULO VI

Thrusters

Los *thruster* son auxiliares muy útiles para la maniobra ya que producen empujes transversales que facilitan la misma en espejos de agua reducidos

Los hay de varios tipos, a saber:
Tunnel thruster
Omni thruster
Jet thruster

Tunnel thruster

Los tipo pueden encontrarse a proa (*bow thruster*) o a popa (*stern thruster*) Fig. 1

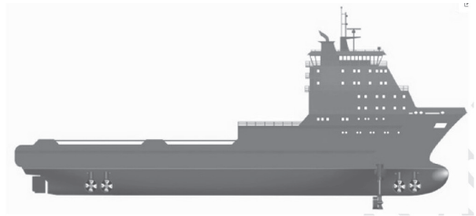


Fig.1 Ubicación en el casco
de los *tunnel thruster*

Este *supply* posee además un *omni thruster* en su proa
Por regla general se puede decir que, (dependiendo del estado de carga), un *bow thruster*, cuando el buque tiene una velocidad sobre el agua de aproximadamente 2 nudos, solo brindará un 50% de su empuje, y que incrementando dicha velocidad, su efecto decrecerá rápidamente hasta desaparecer.
Los *stern thruster* pierden menos eficiencia con la velocidad sobre agua que los bow, pero también en general tienen menor potencia

***Tunnel thruster* tipo "T"**

Los *thruster tunnel* pueden ser también del tipo "T". Fig. 2 Un flap accionado hidráulicamente envía el chorro de expulsión descar-

gado por la hélice horizontal hacia una u otra banda. Si el mismo es colocado horizontalmente, los empujes a ambas bandas son iguales y la hélice puede seguir girando sin producir momento evolutivo alguno.

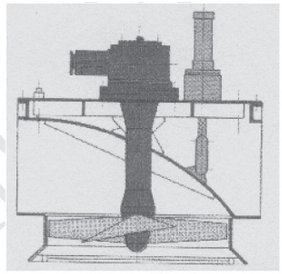


Fig.2 También pueden ser mecanismo tipo "T"

Generalmente su potencia está expresada en kW, lo cual puede acarrear algún tipo de confusiones cuando debe compararse su poder con otras fuerzas, como la del *bollard pull* de remolcadores o el viento.
Para facilitar dichas comparaciones conviene tener presente las siguientes equivalencias
0,74 kW ~ 1 SHP y 100 SHP ~ 0,8 Ton
El rendimiento de un *tunnel thruster* está intimamente ligada a la velocidad del buque sobre el agua, estimándose que por encima de los cinco nudos se anulan sus efectos.
No suelen encontrarse *thrusters* con potencias mayores a los 3500 kW. Lo usual es que si se requieran una potencia mayor, se agreguen *thrusters*, pudiendo haber hasta tres en la proa y dos en la popa.
Cuando se hace referencia a la potencia de los *tunnel thruster* se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones.
La misma coincide con la indicada cuando:

- Están sumergidos a la profundidad de diseño.
- La velocidad del buque sobre el agua sea nula o hasta ¼ de nudo.
- El buque se encuentre adrizado, caso contrario habrá diferencias entre los empujes que se efectúen hacia una u otra banda.

Nota de los autores: *Ambas caras de las hélices de los thrusters son simétricas. En algunos casos particulares en "modificaciones caseras" se utilizan hélices de propulsión cuyas caras de las palas no son superficies helicoidales exactamente semejantes, lo que originará diferencias entre el empuje hacia una u otra banda.*

Pérdida de rendimiento de las hélices transversales

Sobre la banda de aspiración se generan dos zonas, una de depresión a proa del túnel y otra de presión a popa del mismo (puntos D y B respectivamente). Fig. 3

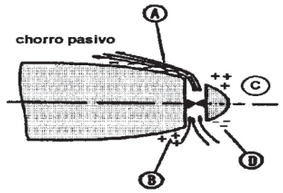


Fig. 3 Pérdida de efectividad en thruster simple

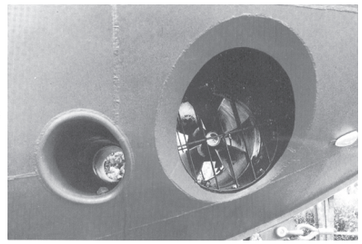


Fig. 4 Tunnel thruster antisccion

Sobre la banda de expulsión sucede otro tanto, pero a la inversa (puntos A y C respectivamente).
Esto implica que el chorro de expulsión no empuja sobre "una pared de agua" perpendicular al chorro de expulsión, sino que es desplazado hacia popa, convirtiéndose en un chorro pasivo que no genera ningún efecto.
Ello llevó a que una conocida firma haya desarrollado innovaciones para este tipo de equipamiento como el de un túnel anti-succión a popa del thruster (*Thruster A.S.T. ® anti suction thruster*) *túnel anti-succión*. Fig. 4
El mismo equilibra las presiones a ambas bandas a popa del thruster permitiendo su utilización a mayores velocidades.
Así se logra que la corriente de expulsión actúe mejor. Fig. 5

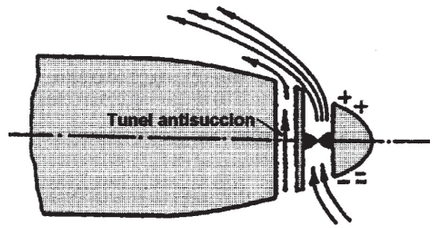


Fig.5 Tunel antisucción AST

Pero su acción sólo se produce con marcha avante ya que es cuando actúa sobre la descarga. Fig. 6
Cuando el buque retrocede no surte ningún efecto. Fig. 7

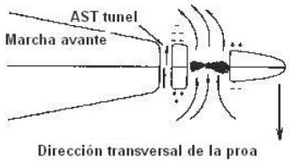


Fig.6 AST efectivo marcha avante

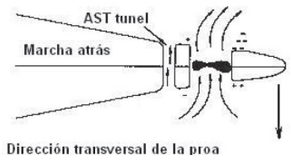


Fig.7 AST inefectivo marcha atrás

Uso de los *thrusters* para generar movimientos transversales.

En los gráficos de las Figs. 8-a , 8-b y 8-c se aprecian los movimientos que se generan utilizando solo el timón la Fig 8-a , sólo el *thruster* Fig. 8-b y combinación de ambos Fig. 8-c Nótese que en los dos primeros la rotación se produce girando sobre el punto pivote que se desplaza hacia proa o popa según el elemento que se utilice.

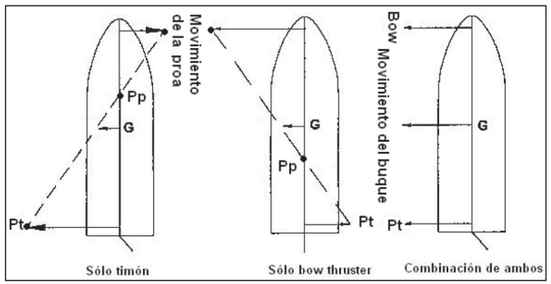


Fig. 8-a Fig. 8-b Fig. 8-c
Uso de las hélices transversales (*Thrusters*)

El correcto uso de las fuerzas de uno y otro permitirá un movimiento transversal, el cual es bien notable en un bi hélice.

El uso del *tunnel bow thruster*

Son cuatro las posibilidades que se deben analizar son

- Buque parado.
- Buque avanzando.
- Desplazando al buque lateralmente.
- Buque retrocediendo.

Buque parado.

En este caso se tienen dos puntos a observar
La posición a la que se mueve el punto pivote (Pp).
Un indeseado movimiento avante en aguas calmas y sin viento.
Estando el buque detenido sobre el agua el punto pivote se ubicará aproximadamente a 1/8 de la eslora a contar desde el espejo, dependiendo en gran medida del asiento que tenga el buque. Fig. 10

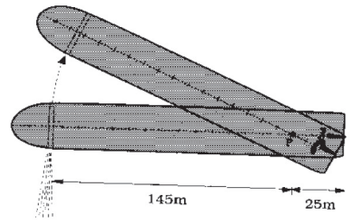


Fig.10 Acción de la hélice transversal con buque parado

Estando el buque en aguas calmas y sin ningún efecto externo como viento o amarras, al aplicar el *thruster*, por efecto Bernoulli, el buque experimentará una muy ligera tendencia de ir avante.
Esto debe ser tenido presente cuando muy próximo a la roda hay algún obstáculo. Fig. 11

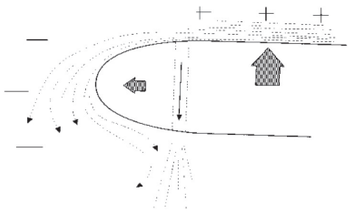


Fig.11 Efecto Bernoulli con buque parado

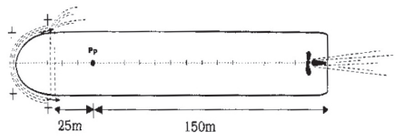


Fig.12 Pérdida de eficacia con buque avanzando

Buque avanzando

Aquí deben tenerse presente dos elementos

- Pérdida de eficacia debida a la velocidad del buque. Fig. 12
- El corrimiento hacia Pr. del Pp que resta brazo de palanca al *bow thruster.*

Pero la situación es distinta si el buque comienza a avanzar con el timón totalmente a una banda, aplicando sólo pequeñas "patadas" de máquina avante.
En ese caso, el Pp se encuentra aún más a proa, (aproximadamente 1/8 de la eslora a contar de la roda), prácticamente sobre el *tunnel thruster*. Fig. 13

Un ojo inexperto mirando hacia proa, en la primera etapa de la maniobra, puede tener la sensación que la proa está cayendo, pero en realidad lo que está sucediendo es que el buque se desplaza de costado.

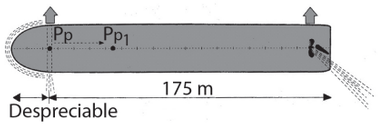


Fig.13 Efecto con timón y hélice transversal proel

Una habilidad del maniobrista es "el sentir" el movimiento lateral que está realizando el buque en una maniobra, y es muy importante tratar de desarrollarla.
Esto es particularmente muy efectivo en los buques grandes, donde su gran inercia impide que tomen arrancada avante, permitiendo aplicar el movimiento lateral por más tiempo.

Pero en los buques mono hélices es muy importante diferenciar hacia que banda se debe hacer la maniobra, si el movimiento lateral es a babor o a estribor, ya que, como se verá, hay grandes diferencias entre ambas.

Desplazamiento lateral a babor

El movimiento lateral a babor debe ser iniciado con una potente, pero corta, patada avante con todo el timón a estribor, al mismo tiempo que se aplica el *thruster* a babor, que contrarrestará cualquier indeseable tendencia de la proa a estribor. Fig. 14

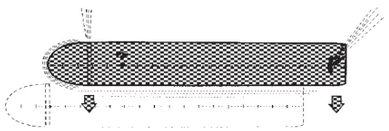


Fig.14 Desplazamiento lateral a babor

Cuando se pone máquinas atrás, lo más frecuente no es aplicarla para disminuir la arrancada que puede haber adquirido el buque con las patadas avante, sino aprovechar el efecto lateral indeseado que produce la hélice, llevando la popa a babor, en un FPPRH, mientras que la caída de la proa a estribor será controlada

con el *bow thruster*. Fig. 15
La clave consiste en balancear el poder del *thruster* con la fuerza lateral Pt. generada por el timón.

Desplazamiento lateral a estribor

La maniobra con "patadas" avante no tiene diferencias notables

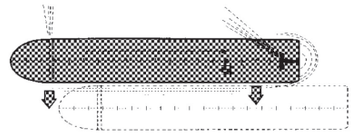


Fig.15 Compensando al dar máquina atrás

con la del movimiento hacia babor.
Pero en cambio puede resultar difícil llevarlo a Er. cuando se debe retroceder, y la popa ha ganado espacio a Br.
La experiencia a demostrado que no se pueden permitir distracciones cuando se esté próximo a un muelle, debiéndose prevenir guiñadas indeseadas.
El problema surge cuando se hace necesario dar máquina atrás, para contrarrestar una arrancada adelante. Como resultado de ello, la popa se moverá a Br.
Si no se evita ese desplazamiento, será muy difícil hacerle ganar el espacio perdido a Er. Fig. 16

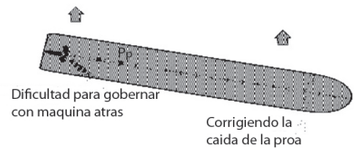


Fig.16 Dificultad para ir a estribor si la proa fue a babor

Maniobra correcta es posicionar inicialmente la popa tan a estribor como sea posible, ya sea con respecto a un muelle o un sitio de atraque, para evitar tener que dar atrás con grandes potencias y/o largos períodos. Fig. 17

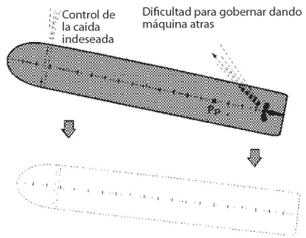


Fig.17 Maniobra correcta

Teniendo estrepada atrás

En estas condiciones el *bow thruster* es realmente eficiente, siempre y cuando la velocidad retrógrada no sea excesiva, debido a que el Pp se ubica aproximadamente a ¼ de la eslora a partir del espejo.

Por lo tanto trabaja con un excelente brazo de palanca. Fig. 18

Se aconseja aplicar poca potencia de *bow thruster* por largo

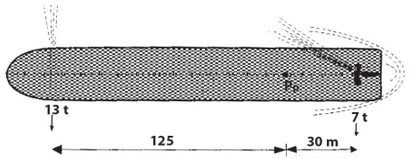


Fig.18 Eficiencia de la hélice transversal proel
en retroceso

tiempo, antes que grandes potencias por cortos períodos, y solo aumentarla cuando realmente sea necesario.

Debe considerarse que las respuestas al gobierno serán perezosas por lo que las tendencias de caída tardarán en ser controladas.

También se debe recordar que, con puente a popa si se mira hacia atrás, se pierde la sensación de caída del buque, por lo que es necesario controlar permanentemente la proa, para evitar que una caída indeseada adquiera velocidad angular.

Amarrar a un muelle retrocediendo

Esta maniobra resulta habitual en dársenas cerradas Puede brindar muchas satisfacciones, sobre todo si la banda de atraque es la de estribor.

Aproximandose a un muelle es fundamental recordar donde se encuentra aproximadamente el Pp.

Si el buque está retrocediendo, el empuje transversal indeseado de la hélice hará que la popa vaya describiendo un amplio arco cayendo a babor.

Si la ubicamos tan cerca del muelle como la seguridad lo permita, el rabeo de la proa irá poniendo al buque paralelo al muelle, sin alejarla demasiado del mismo. Fig. 19

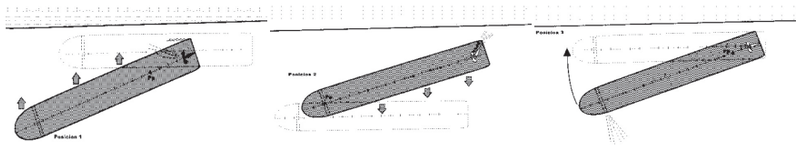


Fig.19 Amarrando en retrceso a un muelle

El ángulo de incidencia del buque con respecto al muelle puede ser corregido con el *bow thruster*.

Si la popa está en posición y la proa no quedó lo suficientemente cerca del muelle, un adecuado uso del *bow thruster* permitirá remediar esa situación, porque si el buque está detenido, o con ligera arrancada atrás, el buque rotará sobre el Pp que estará ubicado a popa de la sección maestra, o sea que trabajará con un excelente brazo de palanca.

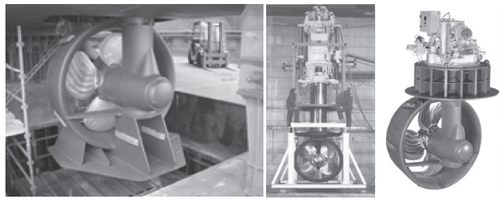
Omni Thrusters

Los *omni thruster* no tienen las limitaciones que afectan a los *tunnel thruster*, teniendo gran eficacia, aun a moderadas velocidades del buque.

Su mayor inconveniente surge cuando deben ser usados en zonas con bajos márgenes de seguridad.

Los mismos pueden ser utilizados, bajados o izados a bajas velocidades, normalmente rondando los 6 ns.

La Fig. 21-a muestra un *omni thruster* desplegado, las Fig. 21-b y 21-c dos listos a ser instalados en buques.



a b c

Fig.21 *Omni thruster* instalado, dos modelos a ser instalados

Jet thruster

Estos elementos tienen un menor rendimiento que los anteriores y son instalados en embarcaciones que deben navegar en aguas someras con posibilidades de varar en fondos blandos.
Son esencialmente bombas centrifugas instaladas en el fondo del buque, que aspiran agua por un orificio central, que consta de

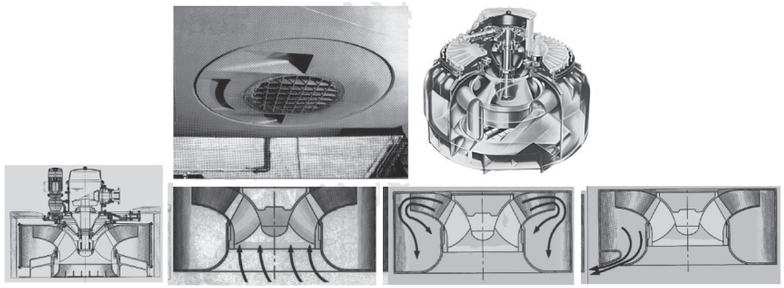


Fig. 22 Equipo y forma de trabajo de un *Jet Thruster*

una rejilla para impedir que chupe elementos que puedan producir daños al equipo, y la despiden a través de tres descargas montadas sobre una corona circular que puede ser girada 360°.
Dichas descargas, ubicadas a 90° cada una de ellas en un sector de 270°, descargan en un mismo sentido con un ángulo vertical de 13°, lo que le resta rendimiento debido a la descomposición de fuerzas horizontal y vertical. Fig. 22
Un motor mediante un piñón y corona acciona la bomba centrifuga y otro orienta la corona para producir el empuje deseado.
En la Fig. 23 se observa esquemáticamente su instalación en la proa de un buque

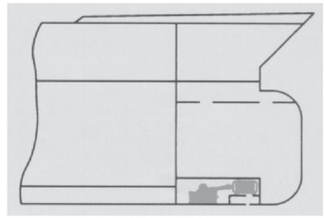


Fig. 23 Esquema de instalación de un *Jet Thruster*

Nota de los autores: *Una descripción y estudio de su funcionamiento se encuentra en el libro*
"MANEJO DE BUQUES EN AGUAS RESTRINGIDAS " del Capitán E. Gilardoni.

CAPÍTULO VII

Resistencia

Introducción

La ingeniería naval se ocupa, entre otras cosas, del diseño de las líneas de la carena, sus apéndices y del cálculo o medición de todas las resistencias que se generan durante el movimiento del buque.
Pero es la parte experimental del estudio, que involucra a la mecánica de los fluídos, donde el agua, que es obviamente un fluído con una viscosidad cerca de 800 veces superior a la del aire, actuando sobre la carena, complica mas las cosas.
Dicha viscosidad es la que exige un profundo estudio en la hidrodinámica naval.
Ajustándose a una definición académica, se puede expresar que: la viscosidad es la propiedad que tiene un fluído de resistir las tensiones tangenciales y de corte.
La hidrodinámica es la parte más compleja del diseño.
En ella es necesario medir e interpretar los valores obtenidos de ecuaciones matemáticas, estimando y rediseñando líneas de agua, para lograr menor resistencia y mayor performance.
Es allí donde estará la clave del éxito de un ingeniero naval.
En esa primera etapa del proyecto de un barco se aspira lógicamente a predecir la correlación que existe entre las formas dibujadas y los efectos de la resistencia producidos por el movimiento de la carena dentro del fluído en que se desplaza.
Cuando en el ambiente náutico se habla de "última tecnología", una simple asociación de ideas lleva a pensar casi exclusivamente en materiales más fuertes y livianos o, en aleaciones especiales. Eso es solamente una parte de la ingeniería con aplicación a diseños mecánicos y de resistencia en las estructuras del casco o equipos.
Sin embargo,en fluodinámica, la última tecnología está representada por los más completos programas de estudio de diseño y análisis sobre modelos de carenas.

Si a esto se le suma el hecho de que los "apéndices", como propiamente se llama a las quillas de rolido, estabilizadores dinámicos, timones, ejes, tomas de mar, *thruster* y hélices de los modelos en escala que se prueban en los canales hidrodinámicos de experimentación, tienen una gran importancia en la resistencia total al avance y deben necesariamente ser diseñados meticulosamente para mantener lo que se denomina "semejanza dinámica" con respecto a las formas de la carena.
Por ello es que a los modelos, se los debe construir en una escala diferente al de la escala del mismo casco en el que están incorporados.
Esta escala sale de un cálculo complejo y hace a esos apéndices proporcionalmente más grandes que el tamaño que les correspondería si se utilizara la escala de reducción del mismo modelo del casco.
Así se procede para que pueda medirse con más exactitud la resistencia total producida por el modelo y estimar entonces matemáticamente con más precisión la resistencia total al avance del barco real antes de construirlo.
Este trabajo de experimentación en tanque de pruebas es lento y hace más costosa la construcción de los modelos.
Pero también se dispone de varios métodos analíticos de cálculo aproximado de la resistencia al avance, que se basan en fórmulas más o menos complejas y en gráficos bien probados donde intervienen principalmente las relaciones manga/calado, los coeficientes de afinamiento que caracterizan a la carena, como son el coeficiente de bloc, el coeficiente prismático, de sección maestra y, obviamente, la eslora en flotación, el desplazamiento, la superficie mojada, etc..
Se utilizan además ecuaciones para calcular la resistencia friccional y predecir la que va a producir el buque real.

Como referencia solamente, pueden citarse

- El método de AYRE y el método de gráficos de Taylor para el cálculo de la potencia efectiva
- La fórmula de Williams Froude para el cálculo de la resistencia friccional.

- La ley de Reynolds que investiga la resistencia de viscosidad.

Antes era una constante, como ocasionalmente aún se ve hoy día, la aplicación del muy viejo método de "la prueba y el error".
Ahora las computadoras son el gran almacén de datos para interactuar formas y predecir resultados, donde los técnicos especialistas en fluodinámica, hidrodinámica y aerodinámica incorporan complejos estudios que permiten obtener resultados con mucha precisión.
Todos esos métodos antes mencionados, están integrados en el software de los programas de cálculo de ingeniería naval.
Antiguamente, antes de trabajar con modelos en escala en costosos ensayos en canales de experimentación, se efectuaban remolques en condiciones de calma en el río o el mar, lejos de las turbulencias en el agua que deja la popa del remolcador. Fig. 1

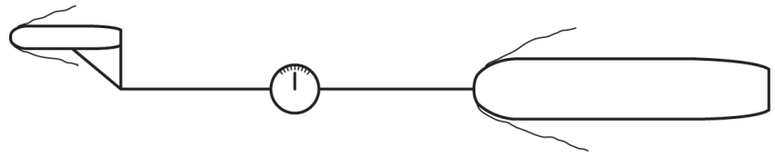


Fig.1 Antigua forma de medir la resistencia al avance

Como se podrá apreciar no había una lógica exacta ni en el tamaño de las olas en las que navegaban esos modelos.
Simplemente, a partir de ese dinamómetro que se intercalaba delante del modelo remolcado, se obtenía la resistencia al avance.
El modelo del barco de diseño óptimo se obtenía por descarte y eliminación.
En un canal de experimentación hidrodinámica el remolque se realiza a través de un carro externo que corre sobre la misma pileta y desde donde está fijado el modelo. Fig. 2
Así, para un buen barco mercante o de guerra la cuestión era, conjugar la mejor velocidad con la mayor autonomía.
La propulsión y potencia de los motores o los aparejos de vela se diseñaban especialmente para obtener la mejor performance en velocidad con la menor potencia y consumo de combustible (carbón o más tarde combustibles líquidos).

- La recopilación y la comparación de datos fue permitiendo

deducir fórmulas que lograron obtener valores teóricos que facilitaron el diseño y equipamiento.

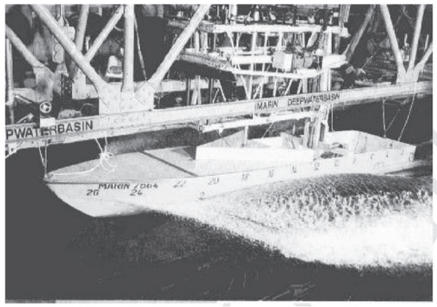


Fig.2 Método moderno de medición de resistencia

Los mejores barcos eran los que podían ir más rápido y más lejos.
Conseguidos entonces los primeros archivos sistematizados sobre formas de cascos, ligados a través de coeficientes de fineza, el almirantazgo inglés trató de ligar entre sí, de una forma algo simplista, las variables más importantes del problema, que eran:

- El desplazamiento del barco
- La velocidad
- La potencia necesaria de su máquina.

Y de esa forma surge la llamada "Formula del Almirantazgo", que permite obtener un coeficiente C
Dicho coeficiente es aproximadamente el mismo para carenas similares a velocidades no muy diferentes

$$C = \frac{\Delta^{2/3} \times V^3}{Pot.\ \ maq}$$

Siendo

Δ: Desplazamiento en toneladas elevado a la 2/3
V: Velocidad en nudos elevada al cubo
Pot. maq: Potencia efectiva de la máquina en CV (ya que se refería a máquinas o motores de vapor)

El resultado de estos estudios sistemáticos permitió obtener cascos hidrodinámicamente más estilizados pero más costosos por lo complicado y lento para construirlos.

En ellos se diseñaban curvas y contra curvas, pantoques y timones perfilados y proas con bulbos, todos prolijamente estudiados.
Esto describe solo una síntesis escueta de los avances que se lograron con la ciencia hidrodinámica en el siglo XIX, pero como el agua sigue siendo la misma, la ley que la gobierna permanece casi inmutable y todavía sigue siendo aplicada.
Luego, con la llegada de la segunda guerra mundial, el enorme número de barcos construidos, impuso una ventaja a la hora de decidir y nadie preguntó: cuánto consume o qué tamaño de ola levanta a su paso BDT - BDM o BDI o una lancha torpedera rápida, un Victory, un T-2

Nota de los autores: *Las siglas L.S.D (B.D.T)., L.S.M (B.D.M). y L.S.I (B.D.I) describían tipos de barcos con una hidrodinámica de líneas al estilo de las "caja de zapatos" que servían solo para "ir" a la guerra a desembarcar equipos, tanques y soldados en una playa. Nunca fueron pensados para el retorno.*

La potencia instalada y la velocidad necesaria era la provista por motores seriados construidos masivamente y en muchos casos hasta multiplicando su número en la instalación de cada barco por medio de cajas de acople especiales para poder satisfacer la potencia total requerida.
Una vez finalizada la segunda guerra, el incremento de los desplazamientos y el costo del combustible, motivo que cada vez con mayor precisión se calculasen las resistencias y potencias necesarias para mover a velocidades importantes y con consumos acotados.
Los progresos de la ingeniería mecánica permiten lograr enormes potencias en motores diesel que consumen combustibles pesados de menores costos, hélices de diseños avanzados y sistemas electrónicos que optimizan la performance de los buques
La moderna tecnología aplicada actualmente, reduce considerablemente los niveles de polución que generan las máquinas y mecanismos hoy utilizadas
La potencia necesaria para mover cada tonelada de desplazamiento es inversamente proporcional (a igualdad de las restantes condiciones) a la raíz cúbica del desplazamiento o sea que la potencia necesaria para mover cada tonelada de desplazamiento

es tanto menor cuanto mayor sea el buque
En los buques mercantes de moderada velocidad (12 a 15 ns.) la relación entre la resistencia total al avance y el desplazamiento (Δ) no supera el valor 1 / 500.

Esfuerzo de tracción y carga transportada

Considerando un buque en el cual la relación entre el porte neto y el desplazamiento máximo se varíe entre 1/3 y 1/4 se obtiene que la relación entre el esfuerzo de tracción y la carga transportada es de 1/333 hasta 1/375, lo que nos demuestra que el buque es el medio más eficiente de transporte de mercaderías en relación a la ecuación peso transportado / potencia empleada.
El medio de transporte que sigue en eficiencia al buque es el ferrocarril con una relación de 1/100.
El camión tiene una relación aproximada de 1/40. El avión 1/7

Nota de los autores: *Estas proporciones pueden desactualizarse rápidamente debido a los avances tecnológicos que se están aplicando en todos los medios de transporte, pero de todas formas el transporte marítimo seguirá encabezando la lista de los medios más eficiente en relación a la ecuación energía/peso.*
En un mundo cada vez más poluído y ocupado; el que se efectúa por agua presenta una ventaja notoria sobre el resto de los medios de transporte por su ecuación potencia / tonelaje transportado lo cual redunda en un sustancial de ahorro de energía.

Si comparamos el espacio que ocupa un puerto con playas y vías ferroviarias y playas de estacionamiento de camiones y caminos veremos que la diferencia es enorme
Evidentemente el mundo deberá tender a un mayor aprovechamiento de los transportes lo que redundará en un mejoramiento del transporte marítimo / fluvial en el agua y ferroviario en la tierra.
Un dato significativo al respecto se obtiene de la obra "El resurgimiento del ferrocarril" de Marcia Lowe es el siguiente:
Una línea de ferrocarril de doble vía (15 m de ancho), es capaz de transportar en una misma unidad de tiempo el mismo número de

pasajeros que 16 carriles de autopista (122 m de ancho).

Resistencias que se oponen al movimiento de un buque
Un buque cuando navega sufre dos tipos de resistencia ocasionadas por dos fluídos sumamente diferentes entre sí.
Una es la del aire, resistencia aerodinámica, la cual, en condiciones normales meteorológicas y cuando un buque se desplace a velocidades no superiores a los 20 ns., no genera un valor muy importante.
La prueba de ello es la poca importancia que los ingenieros navales le dan a la aerodinámica de las superestructuras de los mercantes que navegan a dichas velocidades.
En cambio con el agua si adquiere valores realmente significativos y digna de un estudio más profundo.
La presión ejercida sobre su carena y todos los elementos que ella contiene, puede considerarse como la suma algebraica de la presión hidrostática - ejercida por el agua con el buque en la condición de reposo -, y la presión hidrodinámica, la que es función de la velocidad, del movimiento propio de un mar agitado, y de la inclinación de la superficie en movimiento con respecto a la dirección de éste que se produce al navegar en un río aguas arriba.
Ambas, la aerodinámica y la hidrodinámica, conformarían la que se denomina resistencia a la marcha o resistencia del buque al movimiento.
Por consiguiente, el valor de la potencia de máquinas con que será necesario dotar al buque para que adquiera y mantenga una velocidad calculada constante, dependerá de la resistencia que le presenten ambos fluídos.
Cuando un barco se desplaza con cierta velocidad en el agua encuentra una fuerza que lo frena que se define como resistencia total al avance. y que se vence con un medio interior (motor - hélice) o exterior (a vela o remolque).
Esta resistencia está originada en su mayor parte por el agua y la otra por el aire.
Para que mantenga una velocidad uniforme es necesario aplicarle una fuerza o potencia que se mide en HP, aunque actualmente se

utiliza el kW.
La del aire es más importante en los veleros, es pequeña cuando no hay viento y muy importante en caso contrario.
La ingeniería naval subdivide la resistencia total al avance en cuatro componentes fundamentales de estudio para realizar un mejor análisis de sus variables y ponderar así particularmente sus incidencias:

1. **Resistencia friccional**
2. **Resistencia por formación de olas**
3. **Resistencia por remolino**
4. **Resistencia por viento**

Se debe entender que la potencia de propulsión necesaria para llevar el barco a una determinada velocidad de marcha continuada podrá ser proporcionada por cualquier sistema de propulsión que se utilice:

- **Motor**
- **Vela**
- **Motor y vela conjuntamente**
- **Un remolque exterior al barco.**

Cuando se encara un diseño, es necesaria una lógica secuencia de trabajos.
Es primordial ocuparse en optimizar cada uno de los componentes indicados en la parte del diseño que corresponda.
Observese que tres, de los cuatro componentes que determinan la resistencia total al avance se refieren a resistencias que se generan en el agua.
Se analizarán en orden de importancia.

Resistencia friccional o por rozamiento

La resistencia friccional se genera por el frotamiento de la superficie de la obra viva del casco con el agua Fig. 3

El agua tiene una determinada viscosidad y la misma provoca una adherencia a la carena a lo largo de la eslora.
Dicha viscosidad se transmite además a las moléculas de agua

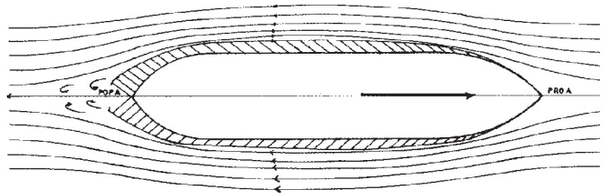


Fig.3 Croquis de resistencia friccional

aledañas, por lo que el espesor de la masa de agua arrastrada va

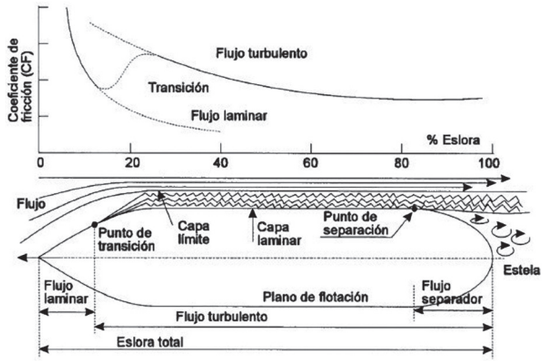


Fig.4 Variación del coeficiente de fricción

creciendo a medida que se va acercando a la popa del buque.
Los filetes de agua próximos a la carena pueden ser laminares o turbulentos. Fig. 4
Depende de la eslora de flotación y por lo tanto de la superficie de dicha carena, del estado de esa superficie, o sea si la misma posee menor o mayor rugosidad, (antiguos cascos remachados), si está recién carenada y consecuentemente limpia, grafitada, siliconada, pulida, erosionada, sucia con incrustaciones; o de su diseño: apéndices, túnel *thrusters* abiertos, tomas de agua, etc.
El aumento de esta resistencia friccional con la velocidad es función de la misma velocidad "**V**" elevada a la 1,83, por lo tanto deberá tenerse en cuenta que la variación con respecto a la misma será en forma potencial.
Normalmente representa el 50 a 60% de la resistencia total, pero puede llegar a porcentajes más altos en buques muy lentos.
Un dato a tener muy en cuenta es que el coeficiente es inversamente proporcional a la eslora.

Lo que demuestra que proporcionalmente se necesita menos potencia, por unidad de superficie de obra viva, para alcanzar una misma velocidad, a medida que incrementemos la eslora del buque.
Puede ser calculada mediante la siguiente fórmula inglesa:

$$\text{Re}sistencia\ \ en\ \ libras = F \times A \times V^{1,83}$$

Siendo:
F: es un coeficiente de fricción determinado experimental mente por Froude y Tideman.
A: área de la carena en pies cuadrados
V: velocidad del buque en nudos.

Para calcular la potencia en HP necesaria para neutralizar la resistencia por rozamiento se deberá utilizar la siguiente fórmula:

$$Potencia\ en\ HP\ efectivos\ (EHP) = \frac{F \times A \times V^{1,83}}{325,7}$$

La siguiente tabla muestra los coeficientes de fricción antes mencionados para buques recién carenados navegando en agua salada a 12.5ºC:

TABLA

Coef / Eslora	200'	300'	400'	500'	600'
Froude	0,00900	0,00891	0,00884	0,00878	0,00872
Tideman	0,00942	0,00922	0,00910	0,00904	0,00898

Tabla. Coeficientes de fricción Froude / Tideman

Mediante experimentos se comprobó que el aumento de la fricción de un buque es aproximadamente potencial con respecto al tiempo transcurrido después de la salida de dique.
Por este motivo, los buques de línea suelen limpiar sus fondos periódicamente, mediante medios submarinos o dique seco, para disminuir así los mayores costos por consumo de combustible que los mismos ocasionan.
En algunos casos, cuando se navega en zonas de mucha insolación, con grandes períodos de detención, se calcula que el

aumento de la resistencia por fricción debido a incrustaciones en el casco, luego de haber realizado limpieza y pintado del mismo, es de aproximadamente un 10 % anual.

Resistencia por formación de olas

Como la navegación del buque de superficie se efectúa entre dos medios de diferente y notoria densidad, se originan desniveles en la superficie del agua que traen como consecuencia la formación de olas.
Ésta resistencia no se produce, por ejemplo, en un submarino que navega en inmersión.
La energía que acumulan dichas olas le fue entregada por el buque y se manifiesta en una notable resistencia a su movimiento.
Dicha resistencia es la originada por el empuje que realiza el casco dentro del agua al desplazarse a velocidad, y produce dos trenes de olas:
- **Divergentes**
- **Transversales.**

Las divergentes a su vez se descomponen en
- **Las de proa, (bigotes).**
- **Las de popa.**

Las divergentes de proa son generadas por el choque frontal de las amuras con el agua, lo que produce un frente de olas de dirección paralela a las amuras, con un sentido de avance normal a las mismas. En cambio en aguas someras modifican su dirección abriéndose el ángulo que forman hasta llegar con relaciones profundidad / calado 1,1 a aproximadamente 160/170°
Las olas divergentes de popa se producen a la altura de las aletas, debido al avance de las aguas que van a llenar el vacío creado por el buque durante su avance.
Su dirección y sentido de avance son similares a las divergentes de proa.
Las olas transversales son originadas a lo largo de toda la eslora y como lo indica su nombre son perpendiculares a la dirección de avance y se mueven a la misma velocidad del buque.

Ellas se originan debido al desequilibrio que se produce cuando el agua es empujada hacia abajo por el avance del buque, y que con su movimiento le transmite una presión lo que provoca, debido a la incompresibilidad de dicho fluído, un movimiento de otras aledañas hacia arriba.
Las mismas al ascender superan el nivel normal de la superficie debido a la inercia de su movimiento, y como el agua tiende a ocupar distintos niveles por debajo y por encima de la superficie, se forman olas que se mantienen estacionarias con respecto a la carena mientras la velocidad se mantenga constante.
La Fig. 5, nos muestra un perfil clásico de la ola transversal generada por un buque en movimiento.

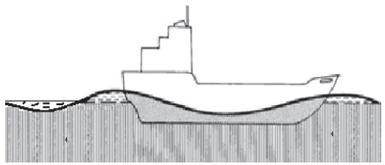


Fig.5 Perfil clásico de ola transversal

La cresta de la ola transversal de proa se encuentra algo a popa de la roda, mientras que la de popa está un poco después de la popa o sea que puede afirmarse sin demasiado error que:
Para velocidades estándares de un buque mercante, la distancia entre las crestas de proa y popa es aproximadamente su eslora y su velocidad de propagación es la misma velocidad del buque.
Ambas permanecen en el agua una vez que el barco ha pasado, formando el llamado diagrama de las doce crestas de Kelvin, y que se van disipando progresivamente luego del paso del buque. Fig. 6

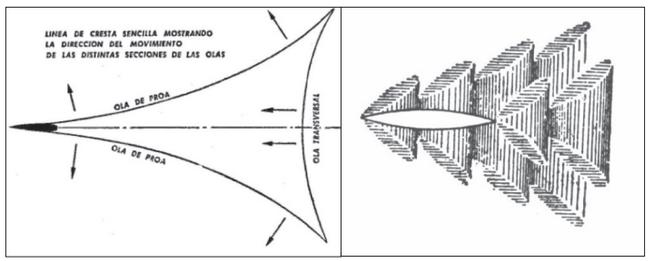


Fig.6 Diagrama de las doce crestas de Kelvin

Obsérvese que las crestas de las olas transversales son limitadas en sus extremos por las olas divergentes de proa y de popa.
Pero cuando la velocidad es muy reducida aumenta el número de olas que se forman por eslora, disminuyendo su altura.
Esto es debido a que las partículas de agua disponen de tiempo suficiente para ascender y descender varias veces a lo largo de la eslora.
Esta resistencia depende de muy diversos factores y, a diferencia de la de fricción, no puede ser calculada teóricamente con precisión, sino con ensayos de pileta o en canales de experimentación.

Puede afirmarse, en líneas generales que a una velocidad constante del barco depende de:

- **La resistencia por formación de olas**
- **La eslora en flotación.**
- **El desplazamiento.**
- **La forma de la carena.**

Crece muy rápidamente con la velocidad, lo que hace que para cada tipo de casco se llegue a una velocidad máxima, que no puede ser superada a menos que se produzca el planeo de la carena.
El planeo es la salida del agua de parte de la carena, debido a la sustentación por la fuerza hidrodinámica que induzcan sus formas, disminuyendo así el agua que desplaza (desplazamiento) Es el principio que utilizan los *fast ships e hidrofoils*.

Esto lleva a clasificar las embarcaciones en dos tipos:

- **De desplazamiento**
- **De planeo**

Con el planeo se produce un amesetamiento en el crecimiento de la resistencia por formación de olas con la velocidad, de forma tal que una vez superada la velocidad umbral de planeo del casco, el aumento de la resistencia es pequeño, lo que permite alcanzar velocidades muy altas con un pequeño incremento de la potencia de propulsión.
La importancia relativa de la resistencia de fricción y por formación de olas depende del llamado "Número de Froude", que es un

número adimensional, y que se define como :

$$N°\,de\,Froude = \frac{Velocidad\ del\ buque\,(ns)}{\sqrt{Eslora\ \ flotación\ (pies)}}$$

Este valor puede llegar alrededor de 2 para barcos de desplazamiento.
Con el fin de calcular la velocidad a la que podrá navegar un buque recién diseñado, es preciso entonces conocer previamente las resistencias que habrá que vencer.
Para terminar de interpretar como se comportan las partículas de agua con el movimiento del buque, se muestra en la figura Fig. 7 que representa dos medias secciones maestras de finos de proa y popa.

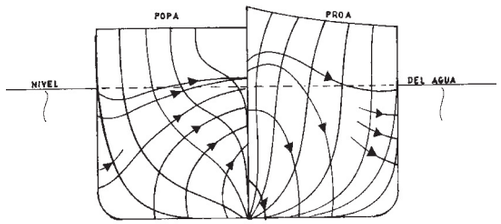


Fig.7 Trayectoria de los filetes líquidos en aguas profundas

A la derecha los finos de proa babor y a la izquierda popa babor del mismo buque.
Las líneas curvas con sus flechas nos muestran las trayectorias que siguen los filetes líquidos cuando se navega en aguas profundas.
Las olas divergentes de proa y popa aumentan su tamaño e importancia con la velocidad del buque, incrementando consecuentemente la resistencia al avance.
No producen otro efecto que el de "frenar el movimiento" del buque.
Estas olas no modifican ni la evolución, ni el asiento, ni el margen de seguridad del buque.

Las olas transversales, en cambio, si actúan modificando asiento y calado.
Éstas sí deben de ser tenidas en cuenta cuando se está navegando en aguas poco profundas a las que el maniobrista deberá prestar mayor atención.
Del análisis teórico del desplazamiento de una ola, siempre que la misma sea trocoidal, se obtiene que la longitud o distancia entre crestas o senos sucesivos esta dado por la fórmula:

$$Dis\tan cia\ entre\ crestas\,(m) = 0{,}174 \times V^2\,(ns.)$$

Observemos entonces que cuando se duplica la velocidad del buque se cuadruplicará la longitud de la ola transversal
La combinación de crestas de olas transversales de la proa y la popa forman en la estela otra ola resultante, cuya altura es indicativa de la energía perdida por el buque.
Si en la ola resultante de la estela se suman senos se formará una ola de gran altura que generará una gran pérdida de energía.
Si por el contrario en la estela coinciden la cresta de la ola de proa con el seno de la ola de popa la ola resultante será pequeña y la pérdida de energía mínima.
En la Fig. 8 podemos apreciar gráficamente dicho efecto
Obtener un refuerzo o una anulación de la interacción de los dos

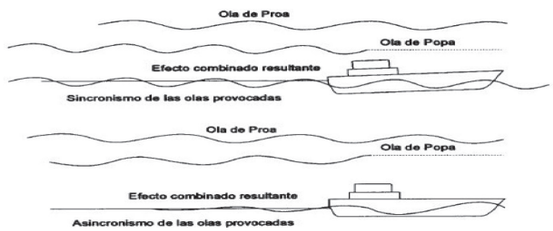


Fig.8 Efectos combinados de las olas de proa y popa

sistemas dependerá de la relación entre la longitud (L) entre crestas y la eslora del buque (e), o sea:

L/e

Para comparar entonces la longitud de la onda de las olas de

estela con la eslora del buque se puede establecer la siguiente proporción:

$$\frac{L(m)}{e(m)} = \frac{0{,}174 \times V^2(Ns)}{e(m)}$$

Se pueden entonces presentar distintas situaciones:
Para velocidades muy pequeñas, la ola generada en proa llega a popa prácticamente atenuada.
p.e.: en la Fig. 9, se observa que la longitud de las olas transversales es 1/3 de la eslora del buque

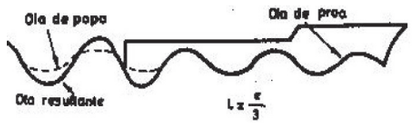


Fig.9 Relación velocidad baja para ola de proa en popa

Al aumentar la velocidad, la longitud de la ola también ha aumentado de tal forma que en la estela ambas olas están en oposición y por consiguiente se anulan. Fig. 10

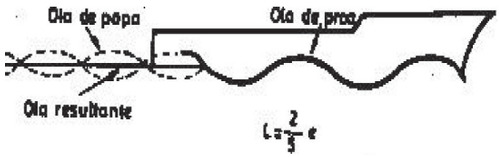


Fig.10 Relación velocidad alta para ola de proa en popa

La resistencia a la marcha en este caso es menor que en el anterior
Al aumentar la velocidad la longitud de la ola crece hasta hacerse igual a la eslora del barco. Fig. 11

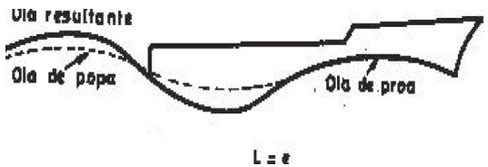


Fig.11 Relación Velocidad longitud de la ola

Si la longitud de las olas transversales generadas es igual a la

eslora del buque, se experimentará un refuerzo de su altura y consecuentemente un aumento de la resistencia
Al reforzamiento de ambas olas en la estela se añade que el buque se asienta de popa con lo que el empuje debido a la propulsión se inclina hacia arriba.
El resultado es que la resistencia a la marcha aumenta. Fig. 12

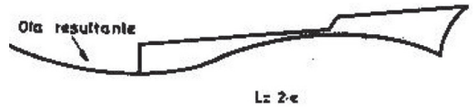


Fig.12 Aumentando la longitud de la ola aumenta la resistencia

La mayor resistencia a la marcha se observa cuando la longitud de la ola es el doble de la eslora del barco, por lo que la popa se hunde en el seno formado por la propia ola.
Tanto el propulsor como las formas del buque no están diseñados para navegar de esa manera.
En consecuencia, la resistencia a la marcha es la máxima.

Sobrepasada la velocidad del caso anterior, la embarcación se va enderezando montándose en la cresta de la propia ola cuya longitud es el cuádruplo de la eslora.
A estas velocidades la resistencia por formación de ola decrece abruptamente. Fig. 13



Fig.13 Ola = 2 esloras Máxima resistencia al avance

Resumiendo se puede afirmar que:

A medida que la velocidad del buque aumenta, la longitud de la ola se incrementa y la combinación de crestas o senos en la estela va siendo alternativamente pequeña y grande, como se pudo apreciar en los gráficos precedentes.
Es preciso alcanzar una velocidad determinada para que la ola de la estela alcance en la popa una altura muy importante.
La resistencia producida por la formación de olas transversales,

para un buque determinado, dependerá de su velocidad, y alcanzará su valor máximo a una velocidad intermedia.
Ésta velocidad se la denomina **velocidad crítica**.
A partir de dicho momento cualquier incremento que se haga en la misma se traducirá en un brusco cambio de asiento positivo. El buque se apopará notablemente.
Por encima y por debajo de esta velocidad, la resistencia es inferior y por consiguiente la potencia necesaria para vencerla es más pequeña.
Con lo hasta aquí expuesto es factible calcular, para un barco de eslora determinada, la velocidad a la que el buque se hunde de popa creciendo abruptamente la resistencia al avance.
p.e.: Un buque de 50 m de eslora:
La velocidad crítica ocurre cuando la longitud de la ola es doble de la eslora o sea para este caso: L=100 m.
Como la longitud de ola depende de la velocidad aplicando la fórmula vista:

$$L = 0{,}174 \times V^2$$

Despejando "V"

$$V = \sqrt{\frac{100}{0{,}174}} = 24 NS.$$

Es decir: a una velocidad de 24 ns. este barco alcanza su velocidad crítica

Si se continúa aplicando potencia lo que se logrará es provocarle un brusco cambio en su asiento dinámico que lo llevará a ir "remontando" permanentemente la cresta de la ola, haciéndolo navegar en condiciones de un gran esfuerzo para el que no fue diseñado.

En el gráfico se puede apreciar lo que sucede con dicho buque cuando supera su velocidad crítica de 24 ns. Fig. 14
navegando por aguas someras se ha constatado que la máxima resistencia y hundimiento de la popa se alcanza a velocidades

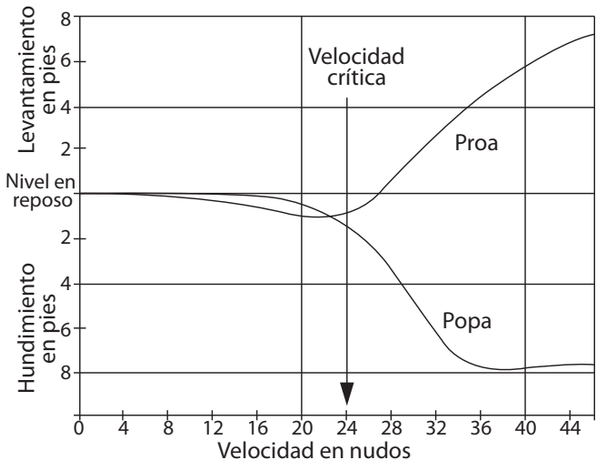


Fig.14 Actitud del asiento del buque en aguas someras en funcion de la velocidad. Velocidad crítica de resistencia

inferiores a las obtenidas por la fórmula.
Esto se debe a que la ola de proa aumenta de tamaño al ser influenciada por el fondo.
El maniobrista debe estar atento al incremento de calado que puede sufrir su popa cuando navegue en aguas con escaso margen de seguridad
Se ha comprobado que el incremento del asiento puede llegar a ser del 2% de la eslora.
Así en un buque de 100 m de eslora puede alcanzar su popa un hundimiento de 2 metros, valor nada despreciable para no ser tenido en cuenta.
Otro aspecto a prestarle especial atención es el ***sinkage***.
El buque navega en una depresión, que es directamente proporcional a su velocidad e inversamente proporcional a la profundidad donde lo hace.
O sea, cuando se navega en aguas que son restringidas tanto vertical como horizontalmente, se produce una disminución puntual de la profundidad donde el buque navega, o lo que es lo mismo, una disminución del margen de seguridad.

Resistencia por formación de remolinos o vorticial

Generalmente sólo es debida a los remolinos causados por las asperezas de la carena y por los filetes líquidos, que a diferentes velocidades resbalan unos sobre otros a medida que se alejan del casco.
Suele ser muy pequeña a menos que la forma de la bovedilla sea poco hidrodinámica (no "cierre" las aguas), lo que provoca enormes remolinos cuando el agua trata de llenar ese espacio vacío que va dejando la carena en su avance.
La Fig. 15 muestra los distintos valores de resistencias vorticiales producidos por distintas formas moviéndose dentro de un fluído.

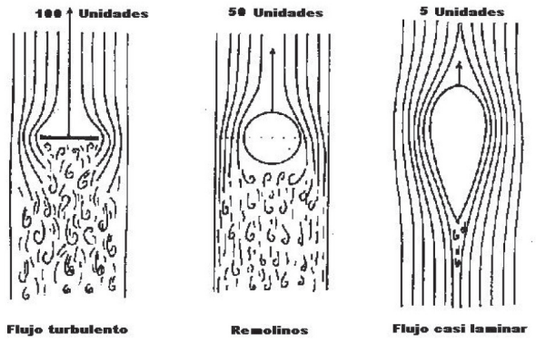


Fig.15 Resistencia vorticiales o por tipo de flujo

A pesar de no estar especificada la unidad de medición de la resistencia, es perfectamente entendible la notable variación de los valores entre distintas formas analizadas.
La medición de estas resistencias permite dimensionar el sistema propulsor necesario; y esa es la tarea de los ingenieros navales.
Lo que el maniobrista si debe conocer, para poder contrarrestarlas, aprovecharlas y/o preverlas, son las distintas fuerzas que se oponen al movimiento, donde se aplican, que efectos evolutivos producirán y cuáles podrán ser sus valores aproximados.
De igual modo que se ha visto en timón y propulsor, aquí también mediante fórmulas matemáticas y modelos experimentales en escala se podrán calcular y valorar dichas fuerzas y prever el comportamiento que tendrá un nuevo buque.

Hasta aquí se ha analizado las resistencias de obra viva y obra muerta de un buque navegando.
Hay otra que también debe ser tenida en cuenta:

Resistencia del propulsor.

Esta es la que se manifiesta cuando, por efecto de su propia rotación, el propulsor produce, en las aguas que lo circundan, perturbaciones estas que se agregan a la resistencia total al avance.

Diseños hidrodinámicos para disminuir la resistencia por formación de olas

Con el propósito de minimizar la resistencia por formación de olas, los proyectistas navales se esfuerzan por disminuir la altura de las olas creadas por el buque.
Uno de los objetivos es dotarlo de una eslora buque lo más larga que el diseño lo permita.
Por otro lado a igualdad de esloras de flotación se han logrado muy buenos resultados con diseños de proas especiales, como las proas bulbo o cucharas, también llamada Maier

Proa bulbo

La proa bulbo consiste en prolongar la proa bajo la línea de flotación de buque a plena carga, con una saliente en forma redondeada. Fig. 16

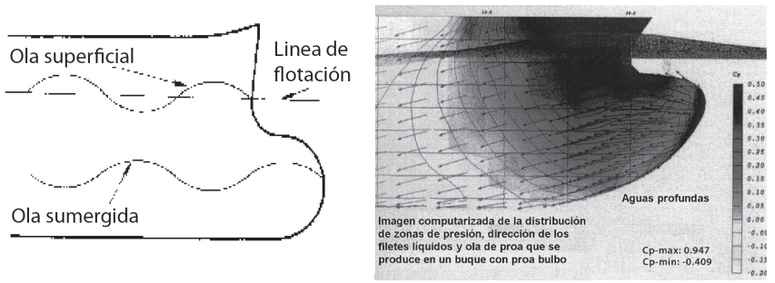


Fig.16 Proa bulbo su efecto

El bulbo, en marcha avante, crea una ola sumergida que está desfasada media longitud de ola con respecto a la ola superficial creada por la roda, obteniéndose como consecuencia una sensi-

ble disminución de ésta
A la derecha del cuadro Fig. 16 se observan las diferentes presiones que se generan en una proa bulbo, indicadas por distintas tonalidades.

Proa cuchara o Maier

La forma de proa Maier fue desarrollada por el ingeniero austríaco del mismo nombre hacia 1907.
Es semejante a una cuña muy aguda con bastante inclinación y hoy es muy utilizado en los pesqueros.
Su principal ventaja es la reducción de la resistencia a la marcha por la creación de una sobrepresión baja muy retrasada a la alta favorable para capear grandes temporales por su tendencia a disminuir los cabeceos y por lo tanto sacar las hélices fuera del agua.
Fig. 17

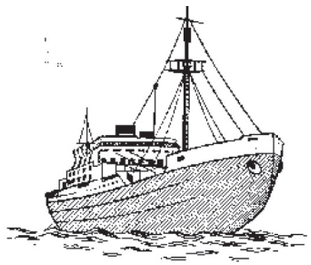


Fig.17 Embarcación con Proa Maier

Estos diseños han echado por tierra las clásicas rodas cutter, esos afilados cuchillos que parecía que tan bien "cortaban" las aguas.
En la década de los 70' se investigó además con las popa bulbo.
Estas reproducían aproximadamente el diseño del bulbo de proa con el mismo fin, el de crear una ola submarina de mitad de período de la onda superficial de popa, pero estos diseños no prosperaron.

Resumiendo:

Resistencia total al avance = Resistencia por rozamiento + Resistencia por formación de olas + Resistencia por formación de remolinos + resistencia del propulsor

Conclusiones finales:

- En buques grandes y lentos, la resistencia por rozamiento es aproximadamente el 90% de la resistencia total.
- En buques medianos y de velocidad moderada baja al 60 / 80% de la resistencia total.
- Conforme aumenta la velocidad, la resistencia por formación de olas se va haciendo más importante y, en algunos casos, en buques que navegan a velocidades muy grandes para sus esloras, la resistencia a la fricción desciende hasta el 40% de la resistencia total ocupando la resistencia por formación de olas el resto.
- Se puede decir, en general, que las características que disminuyen la resistencia por formación de olas aumentan la resistencia por fricción.

En la tabla siguiente se puede observar las distintas resistencias (expresadas en EHP – potencia efectiva - requerida para vencerlas) para un modelo de buque de 18.000 t de desplazamiento, navegando a diferentes velocidades

Velocidad del buque en ns.	**10**	**12**	**14**	**16**	**18**	**20**
Resistencia total (EHP)	1.050	1.825	3.040	4.880	7.370	10.755
Resistencia por fricción (EHP)	905	1.495	2.270	3.470	4.950	6.750
Res.por remolinos y olas(EHP)	145	360	770	1.410	2.420	4.000
Relación fricción/ olas – remolinos	**0,86**	**0,79**	**0,75**	**0,71**	**0,67**	**0,63**

Tabla. Ejemplo de resistencia para un buque 18.000Tons DW

Como se observa la proporción alcanza al 86% de la resistencia total a 10 ns. disminuyendo a medida que la velocidad va en aumento hasta llegar a ser sólo el 63 % a los 20 ns.
Ello se debe al incremento de la resistencia por olas y remolinos
Es interesante también observar el incremento potencial de la

potencia requerida para aumentar progresivamente la velocidad

Clasificación de los buques según la relación velocidad / eslora

Como ya se ha visto existe una relación entre la velocidad "V" expresada en nudos y la eslora "e" expresada en metros.
También se vio que hay una velocidad que fija un límite (velocidad crítica), a partir del cual la resistencia aumenta en forma tal que hace costosa por demás la potencia necesaria para superarla.
Se puede entonces afirmar que para una dada eslora existe una velocidad critica determinada, la cual está dada por la fórmula

$$V = 1{,}83 \# \sqrt{e}$$

Siendo
V : velocidad en nudos
e : eslora de flotación

$$1{,}83 = \frac{V}{\sqrt{e}}$$

Despejando se tendrá
En base a ésta relación se puede decir que las velocidades de buques con carenas convencionales, será:

- Moderada si esta relación es inferior a: 1,3.
- Alta si esta relación oscila entre: 1,3 y 1,83
- Altísima si esta relación excede: 1,83.

En los buques de carga clásicos se procura que sea menor de 1,3.
En los de pasaje, al ser necesario aumentar la velocidad para disminuir la duración de la travesía, se ha tenido que aumentar en su diseño la eslora para que la relación no exceda de 1,8.
Casi todos los buques mercantes se proyectan con la previsión de tener la máxima velocidad por debajo de la relación 1, 83
Por ejemplo: un Panamax que navega a 16 ns. y tenga una eslora de 225 m da la siguiente relación:

$$\frac{16\,Ns}{\sqrt{225\,m}} = 1{,}07$$

El "Queen Mary" que tenía 310 m de eslora y 32 ns. de velocidad:

$$\frac{32\,Ns}{\sqrt{310m}} = 1{,}82$$

Un crucero de guerra de 205 m de eslora que desarrolla una velocidad de 34 ns. tiene una velocidad altísima:

$$\frac{34\,Ns}{\sqrt{205m}} = 2{,}38$$

De aquí proviene la denominación de bajas, altas o altísimas velocidad con que se cataloga un buque de acuerdo con su eslora

Fórmula que relaciona la resistencia total al avance con el desplazamiento

Como se ha establecido, no hay fórmulas matemáticas absolutamente exactas para el cálculo de la resistencia total al avance.
Sin embargo algunas de ellas se utilizan con una precisión bastante aproximada.
Una de las más empleadas es la siguiente:

$$Rt = K_1 \times S \times V^{1{,}825} + K_2 \times D^{2/3} \times \frac{V^4}{Ef}$$

Siendo
K1 : coeficiente de Froude, comprendido entre 0,14y 0,15
S : superficie de la carena expresada en metros cuadrados
V : velocidad expresada en nudos
D : desplazamiento expresado en toneladas
K2 : coeficiente variable |para buques finos y veloces: 0,05
|para buques lentos: 0,065
Ef : eslora de flotación expresada en metros

Calculo de la superficie de la carena o superficie mojada

Suele obtenerse de las curvas hidrostáticas, pero de no encontrársela allí, se la puede calcular por la siguiente fórmula calculada por Denny

$$Sm(m^2) = 1{,}7 \times E \times C + \frac{Vs}{C}$$

Siendo:
Sm : superficie mojada expresada en metros cuadrados.
E : eslora entre perpendiculares expresada en metros.
C : calado expresado en metros
Vs : volumen sumergido expresado en metros cubicos
Para su cálculo se sobreentiende siempre calados parejos.

Fórmula que permite obtener la resistencia de la carena por rozamiento

La resistencia debida al rozamiento entre el casco del buque y el agua está dada por la fórmula de Froude que se indica a continuación:

$$Rf = \mu_f \times \delta_{H2O} \times S_c \times V^{1,825}$$

Siendo
Rf : Resistencia de fricción en kg. o libras
μf : Coeficiente de fricción en agua dulce (depende de la densidad del líquido y de la eslora, como valor aproximado se toma un valor de 0,14 cuando se trabaja en medidas métricas o 0,009 en medidas inglesas)
: Densidad del agua
Sc : Superficie mojada de la carena expresado en m en caso de usar 0,14 o pies si se usa 0,009.
V : Velocidad del buque en m/seg. o ns. según se utilice el sistema métrico decimal o el sistema inglés

Nota de los autores: *μf para agua dulce es igual a 1 y para agua de mar 1,025*

La resistencia total al avance es siempre una pequeña fracción del desplazamiento, y disminuye su proporción con el incremento del desplazamiento.

***Froude, Williams* – (Número de)**

Ingeniero naval británico nacido en 1810 y fallecido en 1879.
Realizó experimentos acerca de la relación entre un buque y su modelo a escala reducida, a fin de determinar la potencia máxima necesaria para conseguir en el buque la velocidad requerida.
Halló que las velocidades de los buques de formas similares varían en función de la raíz cuadrada de sus dimensiones lineales y de esto dedujo su Ley de Comparación, enunciada así:
La resistencia total varía linealmente como el desplazamiento, cuando la velocidad lo hace como la raíz cuadrada de la eslora. El número de Froude en canales abiertos nos informa del estado del flujo hidráulico. El número de Froude en un canal se define como:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

Siendo:
v : velocidad media de la sección del canal [m/s]
y : Ancho de la lámina de agua, medido perpendicular desde la solera o la superficie del canal [m]
g : aceleración de la gravedad [m/s^2]
En el caso de que:
Sea Fr > 1 el régimen del flujo será supercrítico
Sea Fr = 1 el régimen del flujo será crítico
Sea Fr < 1 el régimen del flujo será subcrítico

Resistencia de buques

La resistencia que un buque encuentra a su movimiento cuando se desplaza sobre la superficie del agua esta formada por la fricción sobre la superficie de arrastre de la carena y la resistencia debida a las olas.
Los estudios en modelos se complican por la existencia de tres tipos de fuerzas importantes: de inercia, viscosas y de gravedad.
Los aspectos relacionados con la fricción sobre la superficie de la carena requieren igual número de *Reynolds* en el modelo y en el prototipo; por su parte, la resistencia debida al movimiento ondulatorio depende del número de *Froude*.
Para cumplir ambos requisitos, el modelo y el prototipo deben

ser del mismo tamaño.
La dificultad anterior se puede eliminar empleando un modelo pequeño y midiendo el arrastre total cuando se remolca en un tanque de laboratorio especial para ese propósito.
Entonces se calcula la fricción en la superficie del modelo y se resta del arrastre total.
Se cambia de escala la cantidad restante por medio de la ley de Froude, de manera que corresponda al prototipo y se le agrega la fricción sobre la superficie, calculada para el prototipo, obteniéndose la resistencia total debida al agua.
Mediante este tipo de pruebas es posible predecir, a través de la ley de *Froude*, la formación de olas y el arrastre que pueden ocurrir en el prototipo.

Número de Reynols

Cuando un liquido fluye en un tubo y su velocidad es baja, fluye en líneas paralelas a lo largo del eje del tubo; a este régimen se le conoce como "**flujo laminar**". Conforme aumenta la velocidad y se alcanza la llamada "**velocidad crítica**", el flujo se dispersa hasta que adquiere un movimiento de torbellino en el que se forman corrientes cruzadas y remolinos; a este régimen se le conoce como **flujo turbulento** Fig.19

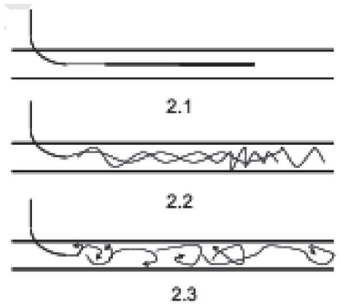


Fig.19 Transición entre flujo laminar y turbulento

El paso de régimen laminar a turbulento no es inmediato, sino que existe un comportamiento intermedio indefinido que se conoce como régimen de transición".

Si se inyecta en una corriente dentro de una tubería transparente algún líquido colorido que contiene otro fluído incoloro, se pueden observar los diversos comportamientos del líquido conforme

varía la velocidad véanse las Figs. 20



Figs. 20.2.1; 20.2.2; 20.2.3

Cuando el fluído se encuentra dentro del régimen laminar (velocidades bajas), el colorante aparece como una línea perfectamente definida (Fig. 20.2.1), cuando se encuentra dentro de la zona de transición (velocidades medias), el colorante se va dispersando a lo largo de la tubería (Fig. 20.2.2) y cuando se encuentra en el régimen turbulento (velocidades altas) el colorante se difunde a través de toda la corriente.
Las curvas típicas de la distribución de velocidades a través de tuberías se muestran en la Fig. 20.2.3.
Para el flujo laminar, la curva de velocidad en relación con la distancia de las paredes es una parábola y la velocidad promedio es exactamente la mitad de la velocidad máxima.
Para el flujo turbulento la curva de distribución de velocidades es más plana (tipo pistón) y el mayor cambio de velocidades ocurre en la zona más cercana a la pared.
El número de Reynolds no tiene unidad, podría decirse que es el "Re", pero como este número no es convertible a ninguna otra magnitud, no se le asignó una unidad, solamente representa si es un flujo es turbulento o no.

El Reynolds (Re) es laminar cuando $Re < 2100$
El Reynolds (Re) es turbulento cuando $Re > 2100$

Nota de los autores: *En física, química, ingeniería y otras ciencias aplicadas se denomina magnitud adimensional a toda aquella magnitud que carece de una magnitud física asociada, así, serían magnitudes adimen-*

sionales todas aquellas que no tienen unidades, o cuyas unidades pueden expresarse como relaciones matemáticas puras.

Algunos ejemplos de magnitudes adimensionales son

- **La cantidad de objetos de un conjunto**
- **Las razones de proporcionalidad**
- **Un punto en el plano o el espacio**
- **Algunos números usados en ingeniería como el número de Mach, el número de Reynolds, etc.**

Los *ángulos* a pesar que pueden expresarse en *grados, radianes,* etc., pueden definir sus unidades de forma puramente matemática, sin necesidad de que sean una unidad física, simplemente expresándolos como fracción de una circunferencia.

CAPÍTULO VIII

Sinkage, Squat y parámetros relacionados con su producción

Sinkage

Cuando un buque navega en aguas restringidas, tanto vertical como horizontalmente lo hace dentro de una depresión puntual de las aguas que lo rodean. Dicha depresión es creada por el mismo y es directamente proporcional a su velocidad e inversamente proporcional a su margen de seguridad
Tendrá entonces el maniobrista que tomar en consideración que el avance del buque en esas condiciones provoca una merma del margen de seguridad **Ms** por efecto de una disminución de la profundidad de las aguas aledañas.

Esa disminución se denomina ***SINKAGE***

Nota de los autores: *No se debe confundir el* ***sinkage*** *con la* ***variación de calados*** *que sufre un buque cuando cambia la densidad del agua en la que está flotando. Ese fenómeno es el denominado: fresh water allowance.*

Existen tres etapas claramente definidas en el comportamiento del buque cuando comienza a disminuir el margen de seguridad y considerar que se esta navegando en aguas restringidas

El buque comienza a modificar levemente su comportamiento. (variación de las vibraciones, ligera pérdida de velocidad, ligera inestabilidad direccional, ligero cambio del perfil de las olas que genera, mínimo cambio del asiento dinámico). Pueden aparecer todas o solamente alguna de ellas. Esto ocurre aproximadamente cuando la relación profundidad/calado es **6**. Dicha relación varía principalmente con la velocidad que está desarrollando el buque más que con su tonelaje.
Cuando la relación antes mencionada comienza a aproximarse a **1,4** las alteraciones se hacen más notables, pero el buque aún no corre riesgo de tocar fondo por *sinkage* o *squat*. Sólo disminuirá su performance.

3. Por último, cuando dicha relación es menor a **1,2,** es que se deben adoptar medidas correctivas que impidan que el buque llegue a su velocidad de saturación y toque fondo. Y la medida drástica a aplicar es una disminución de su velocidad sobre agua. Figs. 1a 1b 1c

Nota de los autores: *En las dos últimas situaciones se consideran aguas calmas, o sea el buque no presenta movimientos de arfada, cabeceo ni rolido significativos*

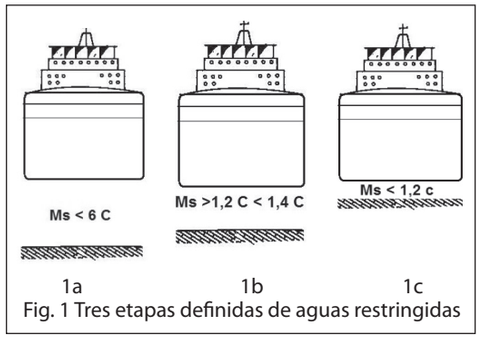


Fig. 1 Tres etapas definidas de aguas restringidas

El otro fenómeno íntimamente ligado con el *sinkage* es el *squat*

Nota de los autores: *Cabe destacar que en la bibliografía referida a este fenómeno, no suele mencionarse el sinkage sino directamente el squat, debido a que es éste el valor que se debe tener en cuenta al calcular el margen de seguridad para navegar por la zona de la determinante.*

El *squat* es el cambio del asiento dinámico del buque cuando pasa de navegar en aguas profundas a aguas someras.
Conviene aclarar que un buque puede sufrir tres tipos de asiento:

- Asiento estático
- Asiento dinámico
- *Squat*

Asiento estático
Es el que tiene el buque cuando un buque flota libremente estando detenido, gareteando, amarrado a un muelle o fondeado, en aguas profundas o someras sin corriente.

Asiento dinámico
Es el que tiene el buque cuando está en movimiento en aguas profundas. Ello se debe a las diferentes ordenadas que tienen el centro de gravedad (CG) donde se considera que se aplica el empuje de la máquina propulsora; y el centro de carena (KB) donde se considera aplicada la resistencia del agua sobre la carena.

Squat
Es el asiento que adopta el buque cuando pasa de navegar de aguas profundas a aguas someras.

Sintetizando: el *sinkage* no es un aumento de calado, sino una disminución del margen de seguridad con el que navega el buque, el *squat* es una variación del asiento dinámico, esto es, una variación de los calados de proa y popa.
Como regla rápida y práctica, pero aproximada, se suele aplicar la totalidad del *sinkage* como *squat* al aumento del calado del extremo del buque que más se hunde, mientras que sólo las 2/3 partes del mismo al extremo contrario.
Dicha variación – hacia proa o hacia popa – dependerá de su coeficiente de bloc y del diseño de su casco (que posea o no proa bulbo).
Los buques con un coeficiente de bloc mayor a 0,7 tienden a aproarse, mientras que en los que es menor dicho valor, se apoparán.

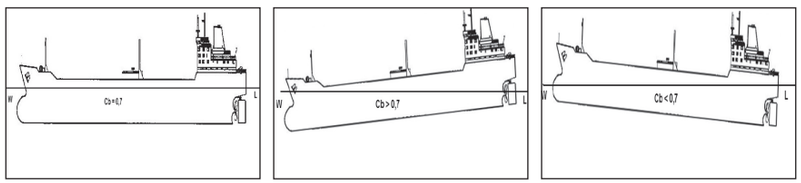


Fig. 5 Asiento según Coeficiente bloc

En cambio los que su coeficiente esté muy próximo a 0,7 no sufrirán cambio de asiento.
Pero…atención: para que esto se cumpla el buque debe estar

navegando en aguas someras y su asiento estático ser "0" o muy pequeño. Fig. 5
Cuando un buque se mueve sobre el agua no arrastra solamente una masa de agua aledaña al mismo, sino que también la "empuja" con su proa hacia adelante, hacia los costados y hacia abajo. Fig. 6

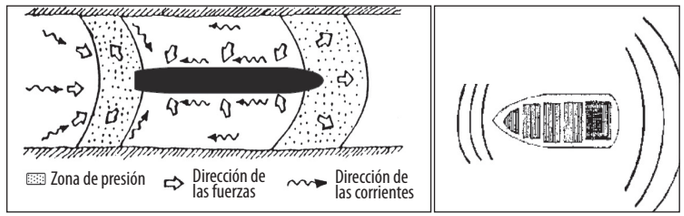


Fig. 6 Efectos de avance en el agua que rodea al buque

En su popa el agua que fue desplazada hacia los costados y hacia abajo corre a llenar el espacio vacío que va dejando la carena en su avance.
Existe una gran diferencia en las trayectorias de los filetes líquidos aledaños al buque cuando navega en aguas profundas y aguas someras.
Cuando el buque navega en aguas profundas y abiertas dichos filetes no tienen obstáculos para hacer dicho recorrido, pero cuando dichos espacios están restringidos por bajo fondos, bancos o veriles deben moverse más rápidamente para alcanzar la popa.

Nota de los autores: *Téngase presente que el sinkage y squat se perciben recién por encima de los 5 ns. sobre agua, en consecuencia un buque fondeado, en aguas someras, pero con fuerte corriente también sufre squat. Esto significa que no es absolutamente necesario que sea el buque el que se mueva sobre el fondo para que este fenómeno se produzca.*

Obsérvese los siguientes gráficos.
Ellos representan un desarrollo de los finos de proa y popa proyectados sobre el plano transversal de la sección maestra. Nos muestran la amura de babor a la derecha y la aleta de

babor a la izquierda
En aguas profundas Fig. 7-a el agua no sufre restricciones para desplazarse hacia la popa. Las olas divergentes de proa y popa no tienen una gran altura y una gran cantidad de agua es desplazada hacia abajo.
En aguas someras Fig 7-b, al tener restringido el pasaje de agua por debajo, sigue trayectorias diferentes a las que seguía en aguas profundas, aumenta su velocidad con que se mueve hacia la popa, ello hace disminuir la presión hidrostática sobre el fondo de la embarcación y la zona aledaña donde el mismo se encuentra, produciendo un descenso de la profundidad puntual donde el buque esta navegando.

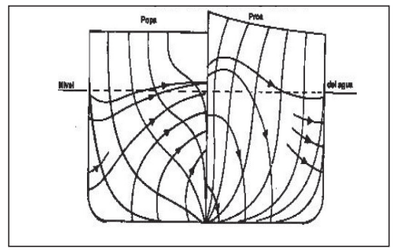


Fig. 7a Navegando en aguas profundas

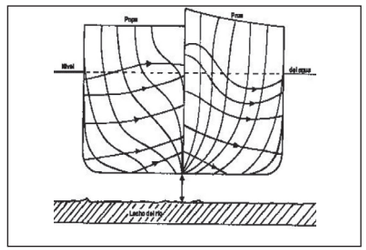


Fig. 7b Navegando en aguas someras

Debido a dicha restricción del espacio disponible, es que se produce la aceleración de los filetes de agua cercanas, que se deben mover a una mayor velocidad en sentido contrario al avance del buque, para poder así llenar ese vacío que está dejando el buque al avanzar a una velocidad constante.

Resumiendo:
Cuando un buque se desplaza, empuja con su proa una cierta cantidad de agua, dejando un vacío tras de sí que es vuelto a llenar por el agua que se dirige, por debajo y por los costados del casco hacia la popa y si dicho espacio resulta restringido, (*shallow waters areas*), su velocidad aumentará y disminuirá la presión que en todos los sentidos ejercen sus moléculas Consecuentemente disminuirá el margen de seguridad y la profundidad Fig. 8
Obsérvese en la Fig. 8, que el buque que navega dentro de un

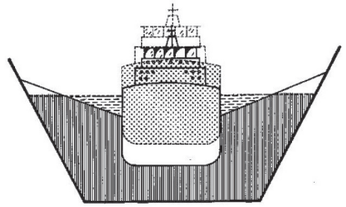


Fig. 8 Disminución de Margen de Seguridad en aguas restringidas

canal cerrado no ha modificado su calado medio, pero sí disminuyó la profundidad donde navega
Esto se debe al principio de la conservación de la energía en los fluídos ampliamente estudiado por el físico *D. Bernoulli*.
Daniel Bernoulli fue un científico suizo del siglo XVIII que estudió los efectos que provocaba la velocidad con que se movía un fluído con relación a la presión que en todas direcciones el mismo ejercía.

Principio de *Bernoulli*
El teorema de *Bernoulli* es consecuencia del principio de la conservación de la energía.
En un fluído en movimiento hay tres tipos de energía:
La energía cinética debida al propio movimiento.
La energía potencial debida a la diferencia de presión.
La energía gravitacional potencial debida a la diferencia de niveles que lo hacen fluir.
En un flujo, al que ni se añade ni se resta energía, la ecuación deberá permanecer constante.
Expresado matemáticamente:

$$Cons\,tan\,te = \tfrac{1}{2} mv^2 + pV + mgy$$

Donde
m : es la masa de una unidad de volumen "V"
V : es su velocidad
p : su presión
g : es la aceleración debida a gravedad
y : es la elevación o diferencia de nivel.
Si expresamos la masa **m** en términos de la densidad donde

p = m/V, y reemplazamos en todos los términos, la ecuación de *Bernoulli* quedará de la siguiente forma:

$$Cons\,tan\,te = \tfrac{1}{2} pv^2 + p + pgy$$

Entonces tenemos los tres términos con unidades de presión.
Si **"y"**(diferencia de nivel) no cambia, un aumento en **"v" (**velocidad) implica una disminución en **"p"(**presión) y viceversa.
En su forma más simple, se resume el teorema de *Bernoulli* en:
Cuando la velocidad con que se mueve un fluído aumenta, la presión que ejerce cada una de sus moléculas, en todas las direcciones, disminuye.
Esto es válido para todos los fluídos, sean líquidos o gaseosos siempre que su flujo sea laminar y no turbulento como sucede cuando la rapidez es demasiado grande.
Cuando ello ocurre, el flujo puede volverse turbulento y describir trayectorias curvilíneas variables conocidas como remolinos, en cuyo caso el principio no se cumple.
Contra la creencia que la presión atmosférica aumenta durante un tornado o huracán, de hecho, ocurre exactamente lo opuesto
Un viento de alta velocidad puede dejar una casa sin techo debido a que la presión que ejerce el aire que se mueve a gran velocidad por encima del mismo es menor que la del aire inmóvil que se encuentra dentro de ella. Fig. 9

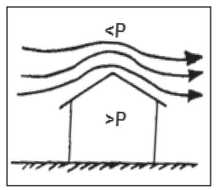


Fig. 9 Aplicación del principio de Bernoulli

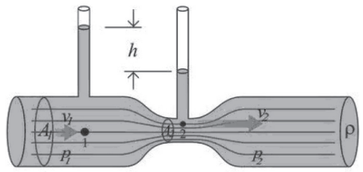


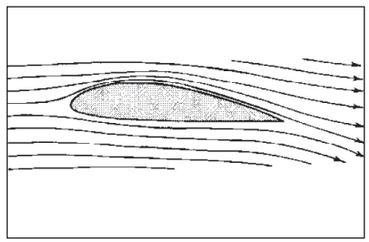
Fig. 10 Esquema representativo del Teorema de Bernoulli

Generalmente los techos se construyen de tal manera que sean capaces de soportar grandes cargas, como el peso de la nieve, por ejemplo, pero no para resistir una fuerza dirigida hacia arriba. Esto produce una fuerza ascensional que puede arrancar el techo.
Si se considera ahora una tubería por la que pasa un flujo cons-

tante de agua, pero con distintas secciones la cantidad de agua que pasará será siempre igual, ya sea que se haga más ancha o más estrecha, por lo que la rapidez del agua se reducirá en las seccionas anchas y aumentará en las angostas. Fig. 10
En un flujo estacionario, la trayectoria que sigue cada pequeña región de fluído no se altera con el tiempo. Un fluído en flujo estacionario sigue líneas de corriente.
Las líneas de corriente son caminos o trayectorias que recorren las moléculas del fluído adyacente.
Las líneas se acercan unas a otras en las regiones estrechas, donde el flujo es más rápido siendo la presión menor.
Con esto se demuestra que cuanto mayor sea la rapidez del flujo, menor será la fuerza que ejerza el fluído en la dirección perpendicular a la del flujo.
El hecho de que la presión del fluído disminuya al aumentar la rapidez puede resultar sorprendente a primera impresión, especialmente si no se distingue entre la presión en el fluído y la presión que éste ejerce sobre un obstáculo interpuesto en su camino.

El siguiente experimento demuestra lo explicado.
Si se toma una hoja de papel, sosteniéndola por uno de sus bordes como lo muestra la Fig.11, el otro extremo de la hoja caerá por efecto de la fuerza de la gravedad.
Al acercar ahora el borde sujeto al labio inferior y soplar con fuerza hacia abajo por encima de la hoja se verá cómo la misma se levanta mientras fluya el aire.





Figs. 11 Fig12
Aplicación del teorema de Bernoulli

¿A qué se debe? Pues el aire que está por debajo de la hoja permanece estático, mientras que el que está por encima está en movimiento. Entonces es el aire estático que ejerce una mayor presión desde abajo hacia arriba, que la de arriba hacia abajo que está ejerciendo el aire que fluye por encima.

Aplicaciones del principio de *Bernoulli*

El principio de *Bernoulli* permite explicar el vuelo de los aviones.
La forma y la orientación de las alas hacen que el aire pase con más velocidad sobre la superficie superior que la superficie inferior del ala.
La presión en la parte superior del ala es menor que la presión bajo la superficie inferior.
La diferencia entre estas presiones produce una fuerza total dirigida hacia arriba llamada fuerza ascensional. Fig. 12

Cuando la fuerza ascensional iguala al peso, se hace posible el vuelo horizontal
Incluso una diferencia de presión pequeña puede producir una fuerza considerable si la superficie de las alas es grande.
La fuerza ascensional es mayor cuanto mayor sea la rapidez y/o el área de las alas.
Cuando el avión disminuye su velocidad, debe aumentar el área de sus alas desplegando unos *flaps* por detrás de ella, o levantando unos *slacks* en el borde superior, para obligar a la corriente que pasa por encima del ala a recorrer un mayor trayecto, y consecuentemente hacerlo a una mayor velocidad
Así, los planeadores que vuelan a baja velocidad tienen alas muy grandes y las alas de un avión más veloz son relativamente pequeñas.
Las diferencias de presión son sólo uno de los factores que contribuyen a la fuerza ascensional que se ejerce sobre un ala, tanto de un avión como de un hidro deslizador.
Otro de los factores que interviene en esto es la tercera ley de Newton; la inclinación del ala, llamada á*ngulo de ataque,* hace que el aire se desvíe hacia abajo, el ala empuja al aire hacia abajo (acción) y éste empuja el ala hacia arriba (reacción).
Esto se puede comprobar cuando viajando en auto a velocidad

y sacando la mano por la ventanilla como si fuese un ala. Si se la inclina ligeramente de manera que el aire se desvíe hacia abajo, empujará la mano hacia arriba.

El principio de *Bernoulli* establece

- Que la presión de un fluído disminuye al aumentar su rapidez.
- Que sólo es válido si el flujo es estacionario, es decir, cuando el flujo sigue líneas de corriente sin que existan turbulencias. (Flujo laminar)
- Que explica, tanto la fuerza ascensional de los aviones, como el *sinkage* de los buques cuando navegan en aguas someras.

Además, al navegar en aguas restringidas, se producen otros varios efectos:

- Aumenta la turbulencia de los filetes líquidos en la popa, provocando una disminución del momento evolutivo del timón. Eso provoca que el gobierno del buque se haga más inestable y sea necesario mayor ángulo de metida para mantener el rumbo.
- Se altera la forma de las olas producidas por el buque formándose senos y olas más pronunciados, lo que provoca un cambio en el asiento dinámico por efecto de la variación de la altura de las transversales (*squat*).
- Pérdida de eficiencia de la hélice por efecto de las turbulencias, y ello provoca que, a igualdad de potencia, haya una disminución de la velocidad provocada por el aumento de la fricción

Importancia que adquirió el *squat* en la navegación moderna

El *squat* es conocido y ponderado desde hace mucho tiempo atrás, pero el escaso tamaño que tenían los buques, además de su poca velocidad, hacía que sus valores fueran tan pequeños que lo hacía prácticamente despreciable.

Pero los buques crecen mucho más rápidamente en tamaño que los puertos y vías navegables, y ello ha llevado, no solo a mejorar sensiblemente sus cualidades evolutivas, sino a tener presente este fenómeno, antes ignorado, ya sus valores han llegando a cifras que no pueden seguir siendo despreciadas.

Resumiendo, los factores relacionados directamente con el *squat* y que influyen en su valor son los siguientes:

- Velocidad del buque
- Relación profundidad / calado
- Coeficiente de bloc Cb.
- Factor de bloqueo Fb o factor de ocupación Foc.
- Perfil del canal
- Asiento estático
- Desplazamiento
- Densidad del agua

Se analizará ahora cada uno de ellos

Velocidad

El **factor principal** que actúa sobre el *squat* es **la velocidad** que lleva el buque sobre agua, por ello se lo denomina : **Factor de corrección instantáneo**.

Como se verá más adelante en las fórmulas que permiten calcularlo, dicho parámetro está elevado al cuadrado, en consecuencia su incidencia sobre el resultado es potencial.

En otras palabras: si se reduce la velocidad a la mitad, disminuye el *squat* a la cuarta parte.

En el caso de un buque y canal dados y dentro de ciertos límites, si la velocidad es baja, el buque produce poco vaciamiento del canal, los filetes de agua que acompañan al casco son de mayor espesor y el frotamiento entre uno y otro se efectúa a baja velocidad y menor presión.

Los veriles del canal y el casco sufren menos presiones.

Conviene entonces efectuar la navegación a baja velocidad, pero cuidando no disminuirla tanto como para que el timón pierda efectividad y fuerzas externas cruzadas obliguen a navegar con un excesivo abatimiento. El límite inferior de la velocidad siempre será la velocidad donde se tenga gobierno.

Esto debe tenerse muy en cuenta principalmente en situaciones de cruce o de sobrepasos.

Aumentando las R.P.M. se llega a un punto en que el buque no aumenta más su velocidad, más aún, la disminuye, pero con las

condiciones de gobierno totalmente alteradas.

Relación profundidad / calado

Ya mencionada anteriormente. Es la medida en el sentido vertical. Cuando es mayor de 6 el buque se comporta como si navegara en aguas libres, siendo las variaciones de su comportamiento asintóticas.

Entre 6 y 2 va aumentando paulatinamente la importancia de la interacción con el lecho del mar o río. El buque ya no se comporta como en aguas libres. El perfil de las olas por él ocasionadas comienza a modificarse, su respuesta a la maniobra va decreciendo, varía la frecuencia de las vibraciones, varía ligeramente el asiento, etc. A esto llamamos aguas limitadas.

Cuando es menor de 2 el buque se encontrará en aguas en las que el movimiento cicloidal de las ondas correspondientes al diagrama de Kelvin no pueden desarrollarse totalmente, rozan el fondo, se ovalizan y rompen. Le "roban" un gran porcentaje de su energía que depende fundamentalmente de la velocidad que desarrolle. La interacción es muy notable

Cuando la relación de aproxima a 1,2 la situación está cerca del límite pudiéndose llegar seguramente a la velocidad de saturación, el buque tocará fondo. Cualquier alteración en la geografía del fondo motivará que el buque no responda al timón, buscando una zona de mayor profundidad. La condición de navegación del mismo en éste último caso es absolutamente distinta que en aguas libres.

Basta solo citar un hecho comprobado: las R.P.M. de la hélice. Cuando la relación profundidad / calado más se aproxime a la unidad, por más que se aumente la inyección a la máquina la hélice no dará más vueltas que las que el canal o bajo fondo le permitan.

Coeficiente de bloc Cb

Coeficiente de bloc Cb resulta de dividir el volumen de la carena por el volumen del prisma que la contiene, y cuyas dimensiones son la eslora de flotación, la manga moldeada de flotación y el calado medio expresados ambos en las mismas unidades Fig. 13

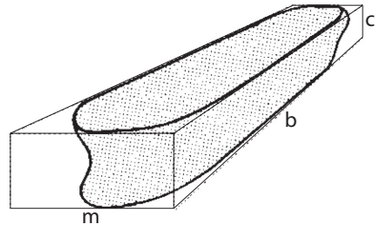


Fig.13 Interpretación gráfica de Coeficiente de bloc

El resultado es un número abstracto siempre menor que la unidad que indica cuanto se aproximan las formas de la carena a las del prisma rectangular que la contiene

Adquiere gran importancia en la navegación en aguas restringidas ya que influye sobre la estabilidad direccional, el *squat* y la curva evolutiva, en la medida que otros parámetros se aproximen a sus valores críticos,

El coeficiente de bloc varía considerablemente según el tipo de buque

Estos son algunos valores promedios:

Buques de pasajeros	0,550 a 0,675
Buques de carga	0,700 a 0,890
Post panamax	0,900 a 0,930
Buques post panamax	0,900 a 0,930

Y también con el desplazamiento/calado. A medida de que el calado decrece, también lo hace el coeficiente de bloc.

Para un buque de formas finas esta reducción es de aproximadamente 0,005 por pié de calado y para buques de formas llenas esta disminución es de 0,002 por pié

El coeficiente de bloc se puede obtener de las curvas cruzadas, tablas de protocolos, o también calcular mediante la siguiente fórmula:

$$Cb = \frac{T\ (t)}{\text{Eslora flotación (m)} \# \text{manga flotación (m)} \# \text{calado medio (m)} \# d_{H_2O}\ (t/m^3)}$$

Este coeficiente influye directamente en dos aspectos:

- En el valor del *squat*
- En el cambio de asiento al navegar

En el primero de los casos, como se verá más adelante al analizar la fórmula que permite calcularlo, se encuentra en el nominador, lo mismo que la velocidad que se desarrolla.

Deberá tenerse en cuenta, al calcular el asentamiento que sufre un buque, cuál será su cambio de asiento, para de esa forma saber en que extremo del buque, en proa o popa, se aplicará la corrección

Cada vez son más tenidas en cuenta las correcciones por *squat* en los buques que naveguen en canales y aguas restringidas y es muy común que sea la pregunta obligada de muchos Prácticos al embarcar para mantener los márgenes de seguridad exigidos por las autoridades.

En el canal de acceso al puerto de *Europoort* (Rotterdam) p.ej.; que tiene un largo de 30 km. y un ancho de 1.200 m, el margen de seguridad exigido por sus autoridades es del 20% del calado del buque y en la parte interior de dicho puerto, con 14 km. de largo y un ancho de 400 m se exige un 15% del calado como margen de seguridad.

Numerosos puertos del mundo trabajan con un margen el 10%

La conclusión es:

Para igual velocidad, pero mayor coeficiente de bloc, resulta un mayor *sinkage*.

Factor de bloqueo Fb y Factor de ocupación Foc

El Factor de bloqueo resulta de dividir el área de la sección maestra de la carena buque y el área de la sección del canal. Su resultado será una fracción.

$$Fb = \frac{Ab}{Ac} \qquad Foc = \frac{Ac}{Ab}$$

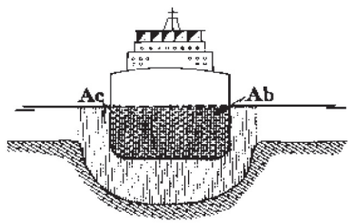


Fig. 14 Factor de bloqueo y Factor de Ocupación

El Factor de ocupación, (menos usado), es la inversa: El área de la sección transversal del canal y el área de la sección maestra de la carena. En este caso el resultado será un porcentaje. Fig. 14

Esta primera relación se utiliza en la formula compleja del Dr. *B. Barrass* para el cálculo del *squat*

El canal ideal según, *J. Siebols* y *J.H.G. Wright,* es aquel en que esta relación área de la sección maestra de la carena – área de la sección del canal,es igual o superior a 1/20 (Fb: 0,05). En este canal no se aprecian aumentos significativos de resistencia al avance. Por debajo de dicha relación comienza a incrementarse la resistencia, siendo su límite inferior aconsejable 1 / 5 (Fb: 0,2).

Se puede afirmar que: cuanto menor sea la sección de canal ocupado, mayor será el control sobre el buque, desde el punto de vista de gobierno y seguridad de la maniobra

A medida que dichos factores se aproximen más a la unidad, o sea cuando más tiendan a igualarse las áreas en cuestión, menor deberá ser la velocidad que se puede desarrollar en dicho canal, debido al menor espacio que quedará para el pasaje de los filetes líquidos desde la proa hacia la popa, amén que aumentará la pérdida de gobierno del buque por las turbulencias que se crearán.

Esto se contrapone con la mala práctica que se suele ver de aumentar la potencia para intentar incrementar la velocidad dentro del canal, cuando el buque está comenzando a aproximarse peligrosamente al fondo.

Con ello únicamente se obtiene un aumento del asentamiento y la turbulencia, perdiendo de esa forma el gobierno del buque, alcanzando la velocidad de saturación con la que el buque tocará el fondo.

Es decir, si diminuye o detiene la máquina, el buque flotará nuevamente, pero si se pretende hacerlo avanzar a velocidades próximas a la velocidad de saturación, toca fondo

Se deduce por lo expuesto que en todo canal es necesario fijar una velocidad máxima según el tipo y calado de los buques que lo naveguen a fin de:

- Que puedan tener una navegación segura con un margen de

seguridad (*underbotton clearance*) mínimo durante todo el recorrido.
- Evitar desmoronamientos en los veriles por el efecto de succión provocados por la hélice

Los elementos perceptibles que nos anuncian que nos encontramos muy próximos a la velocidad de saturación son :
- El buque trepida fuertemente y pierde significativamente velocidad.
- El timón a menos de 15/20º a cada banda resulta inefectivo.
- Las olas divergentes de popa rompen alcanzan o comienzan querer sobrepasan al buque
- El buque se desgobierna.
- Las posibilidades de control de la situación disminuyen rápidamente. El buque "busca el agua" independientemente de cómo sea colocado el timón

La velocidad a aplicar tiene entonces que variar entre dos límites:
- Uno inferior correspondiente a la mínima velocidad de gobierno
- Otro superior, superado el cuál el buque se desgobierna por efecto de las interacciones con el fondo y los veriles o bancos.

Esto indica que la elección se encuadra entre:
- No tan baja como para perder el gobierno.
- No tan alta que aumente los valores de *squat* poniendo en riesgo la gobernabilidad.

Aparecen no obstante situaciones ajenas que tientan a la mala praxis de aumentar la velocidad más allá de lo prudente, como ser:
- El cruce con otros buques.
- Lo efímero del instante de pleamar.
- La excesiva distancia entre las determinantes.
- El aprovechamiento de la luz diurna.
- La conveniencia de llegar al lugar de menos agua antes que otro buque que tenga un mayor compromiso con la marea, etc.

El perfil del canal

Define que buques van a navegar por él, no por la carga que transportan sino por sus dimensiones, propulsión y maniobrabilidad, frecuencia de pasaje, posibilidades de cruce y sobrepaso, velocidades aceptables, acercamiento mínimo aconsejable a los veriles y descarga de las olas generadas por el avance del buque.

Su relación con el *squat* es importantísima.

Un canal de perfil ancho aumenta la distancia lateral entre el casco y el veril, disminuye el efecto "cajón" y se puede asimilar al caso de cercanía de un banco. Las olas transversales generadas por el avance no tienen como única posibilidad el desarrollo a lo largo de la eslora, con los límites que la profundidad impone, pueden expandirse lateralmente y así disminuyen la focalización del eje de crujía, disminuyendo el vaciamiento de la zona central del buque.

Un canal de profundidad tal que la distancia vertical quilla / fondo permita el flujo relativamente libre de los filetes de agua que acompañan ambas superficies, aleja la posibilidad de la "entrada en resonancia" de las fuerzas intervinientes, con ello se evita la "saturación" en la velocidad y se facilita el gobierno del buque.

Un canal de taludes regulares permite al buque hallar una condición semi permanente de equilibrio entre todos los factores actuantes y desarrollar su pasaje por él a velocidad constante y sin agregar otras variantes al gobierno que no sean las que imponen el viento y la corriente.

Un canal de perfil diseñado y ejecutado apropiadamente, según la ciencia y técnica de la ingeniería de dragado, con la posibilidad de derrame lateral del agua expulsada por el avance del buque, permite, si la nave ha guardado los márgenes correspondientes, que el restablecimiento del nivel inicial sea la resultante del equilibrio del sistema.

Las variantes instantáneas del *squat* para seguir siendo consideradas como tales, no deben ser permanentes ni tener retrasos en su recuperación, el buque es el factor de cambio de las condiciones del canal y una vez traspuesta la posición considerada, éste retoma su posición previa.

Un canal con paredes lo suficientemente firmes como para resis-

tir la presión a que las somete el casco del buque en su avance: – el movimiento de los filetes de agua que quedan entre ambos y que en determinado momento cambian de sentido, el desplazamiento de la masa de agua de la ola de proa, la recuperadora de popa y el chorro de expulsión de la hélice –, permiten que el buque no experimente aumento de dificultades para su navegación en él. Fig, 15

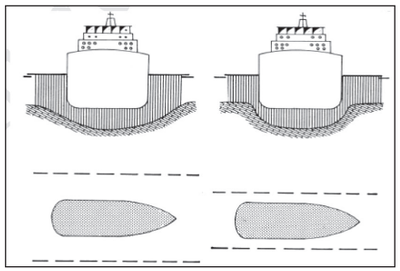


Fig. 15 Perfiles de canal

El asiento estático

Influye sobre el *squat* ya que es el punto de inicio sobre el mayor acercamiento entre quilla y fondo por el efecto "venturi".

La condición ideal de carga es la del asiento estático cero, máximo de carga para un calado máximo establecido, pero esa condición puede no ser la ideal para la navegación del canal, porque la mayoría de los buques al avanzar tienden a tomar asiento negativo, con mayor calado en proa, principalmente los de proa bulbo, que si bien mejora la condición hidrodinámica, acentúa la inmersión de la proa.

Nota de los autores: *Las numerosas experiencias que día a día los Prácticos realizan en canales, indican que la mejor condición de asiento a los efectos de la navegabilidad y en términos generales es con un pié a un pié y medio (30 a 45 cm) de asiento positivo, siempre y cuando se mantenga un margen de seguridad superior al 10% del calado.*

La situación puede variar mucho si no se respeta esa distancia quilla/fondo, ya que, independientemente de su coeficiente de bloc y que tenga o no proa bulbo, el *squat* aumentará el asiento en el mismo sentido del asiento estático

La elección del asiento estático depende entonces de dos clases de factores:

- Las necesidades de la estiba del cargamento, que puede ocupar los volúmenes de bodega total o parcialmente, todas las bodegas o dejando algunas libres para tomar otras cargas en otros puertos, en fin, la necesidad comercial será determinante en cada caso;
- Las posibilidades de modificarlo con movimientos de lastre para adecuarlo a la navegación a efectuar.

El desplazamiento

El desplazamiento está íntimamente ligado al volumen de la carena, por consiguiente mucho desplazamiento equivale a un mayor volumen de agua desplazada.

Tampoco suelen ser iguales las relaciones peso / potencia, ni tampoco la energía cinética que acumula cada uno de ellos.

Con margen de seguridad adecuado un buque mayor navega mejor que uno pequeño en el mismo canal, ya que el primero se ubica mejor en el eje del canal debido a que su mayor manga "acerca" los veriles del canal a sus costados, provocando entonces el acomodamiento en el eje hidrográfico.

Pero elementos como *squat* y Fb agrandan los riesgos a los que el buque y los veriles están sometidos.

Densidad del agua

En muchas desembocaduras de grandes estuarios tipo delta, como en particular en el Río de la Plata se produce un fenómeno que tiene significativa importancia denominado floculación, depositándose en estratos partículas de tipo coloidal, de diferentes tamaños, densidad y composición química.

Por dicha causa no coinciden los sondajes de la sonda ecoica con sondajes tomados con escandallos, ya que las ondas de la primera se reflejan en la superficie superior de la "jalea" mientras que el escandallo la atraviesa sin ninguna dificultad.

Esta particularidad es la que permite afirmar, que los buques se deslizan en parte por el "barro licuado" disminuyendo su calado correspondiente a agua dulce, ya que parte de la carena del

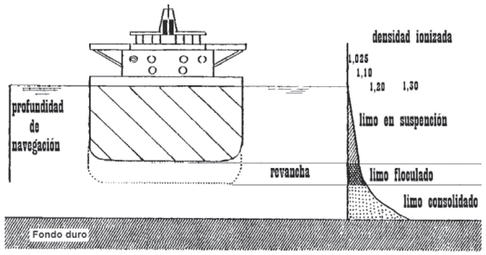


Fig. 16 Densidad del agua, limo floculado y Profundidad Náutica

buque está sumergida en un fluído de una densidad bastante superior a 1. ($\cong 1{,}1/1{,}2$)
En la figura 16 se puede observar gráficamente que es lo que sucede realmente con un buque que navega en dichas condiciones

Los daños a los que se someta al canal no figuran entre los ítems objeto de estudio.
Sin embargo permite extraer al menos una conclusión importante:
Hay una interfase agua / capa sedimentaria con una densidad bastante superior a 1, donde actúan ondas de características diferentes de las que actúan en el agua más cercana a la superficie, de densidad muy próxima a 1.
De esa conclusión se puede inferir que el gobierno y la condición de maniobrabilidad del buque inmerso en esa interfase se ven afectados por al menos dos tipos de medios acuáticos en forma simultánea.
Naturalmente la navegación del buque en un canal de esas características es diferente de la que lleva en canales de fondo y paredes firmes y hace necesario un tipo de conducción específica.

Ello motivó que el PIANC en el año 1997 definiera la llamada **Profundidad Náutica** con el fin de señalar cual es realmente el lecho del canal.

Está definida como el nivel donde las características físicas del fondo alcanzan el límite crítico, más allá del cuál, en con-

tacto con el fondo del buque, se produce algún daño o efectos inaceptables sobre su control y maniobrabilidad.

En el caso de fondos cubiertos con capas de lodos fluídos, esa "profundidad náutica" está localizada, en alguna profundidad, bajo la interface agua / lodo donde, desde un punto de vista reológico* una transición entre limo fluído y limo sólido pueda ser definido. Ella define físicamente cual es realmente el lecho utilizable del canal.
*Reología: La reología es la ciencia del flujo que estudia la deformación de un cuerpo sometido a esfuerzos externos

Para apoyar dicha definición se deben establecer dos condiciones básicas

1. **El casco del buque no deberá sufrir en ningún momento daño alguno al navegar dentro del limo floculado.**
2. **La maniobra del buque no debe de verse seriamente afectada.**

Nota de los autores: *PIANC - Permanent International Association of Navigation Congresses*

Las conclusiones a que se ha llegado comparando el comportamiento de buques en canales de diferentes tipos de fondo muestran que cuando la navegación se realiza en canales de fondo limoso (*quick clay*) se producen las siguientes modificaciones notorias en sus condiciones de navegabilidad

- Aumento de la resistencia al avance
- Aumento de la distancia de detención al disminuir o parar la máquina (masa adicional de fluído que arrastra).
- Disminución del *squat*.
- Disminución del asiento.
- Grandes caídas de rumbo más lentas, aunque los pequeños cambios de rumbo pueden ser rápidos.
- A bajas velocidades es necesario un mayor ángulo de timón que el que sería necesario aplicar en aguas libres.

Para especificar un valor aceptable de densidad del limo flocu-

lado es necesario estudiar cada lugar en detalle y conocer la relación entre el esfuerzo de corte del lodo fluído y su densidad.
Ello se debe realizar con sondas especiales de muy baja frecuencia (20 a 50 kHz), las que permiten registros de distintas densidades.

Ecuación del navegante

Cuando el maniobrista navega en aguas someras debe tener siempre presente la llamada ecuación del navegante. Fig. 1
La misma resulta de comparar los siguientes parámetros
Calado + Margen de seguridad ≤ Determinante + Altura de la marea
Si se cumple dicha relación tendrá la certeza de que mantendrá el margen de seguridad mínimo establecido (Ms) en todo el trayecto.
Cuando se hace referencia al margen de seguridad se debe diferenciar el margen bruto del neto.
Deberá determinar un margen de seguridad bruto que le asegure un margen de seguridad neto cuando pase sobre la determinante de la zona a navegar.

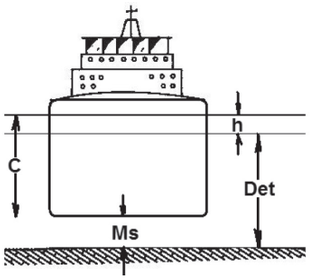


Fig. 1 Ecuación del navegante

Para esa determinación es necesario tener presente aspectos referidos al agua y aspectos referidos al fondo. Fig. 2

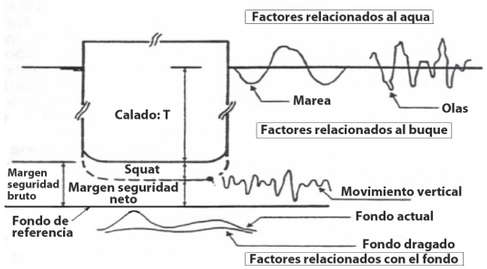


Fig. 2 Margen de seguridad neto y bruto

En primer término se analizarán los referidos al agua.
Hay tres aspectos a tomar en consideración, dos principales y uno secundario:

Principales

- La variación del nivel por efecto de las mareas
- El movimiento que le produce al buque el oleaje

Secundario

- Presión atmosférica

Con respecto al primero el problema consiste en estimar cual será la altura que tendrá la marea en el momento en que el buque esté transitando por la determinante.
Con respecto al segundo deberemos estimar cual es la magnitud del efecto que el oleaje le produce al buque
Un buque navegando en aguas agitadas sufre seis libertades de movimientos sobre tres ejes: Fig. 3
Estrepada (***Surge***): Movimiento rectilíneo sobre el eje longitudinal
Rolido ***(Roll)***: Movimiento oscilatorio sobre el eje horizontal longitudinal
Guiñada ***(Yaw)***: Movimiento horizontal oscilatorio sobre el eje vertical
Arfada ***(Heave)***: Movimiento rectilíneo sobre el eje vertical
Movimiento lateral ***(Sway)***: Desplazamiento horizontal lateral sobre el eje transversal
Cabeceada ***(Pitch)***: Movimiento oscilatorio sobre el eje horizontal transversal

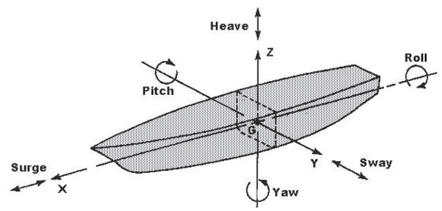


Fig. 3 Los 6 tipos de movimiento de un buque navegando

De estas seis libertades de movimiento que experimenta, solo tres de ellas son las que tienen injerencia sobre la determinación del margen de seguridad neto (arfada – cabeceo – rolido).
Sólo la experiencia puede permitir estimar cual será el movimiento resultante del buque acorde a la altura y período de las olas.
Con referencia al secundario la presión atmosférica modifica la altura

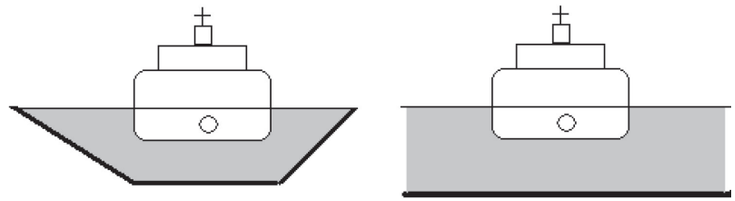
de las agua un centímetro cada variación de cien hectopascales
Dentro de los referidos al fondo deberá tomarse en consideración varios aspectos:
Calidad de fondo:

1. **Fondo blando, semi blando o duro**. Evidentemente con un fondo rocoso es necesario tomar un margen de seguridad mayor que con un fondo de limo blando.
2. **La confiabilidad que se tenga en los datos hidrográficos existentes**. Si se trata de un río caudaloso, con periodos de crecientes, las mismas pueden haber movido o alterado bancos.
3. **Colisiones o varaduras que se hayan producido en el lugar** y que aún no haya sido vuelto a relevar. Si en la zona se ha producido una varadura, el buque afectado puede haber producido desmoronamiento de veril o modificación de la geografía del fondo. En caso de una colisión partes de los buques o sus cargas pueden estar aún depositadas en el fondo.

Consecuentemente un buen análisis de todos estos aspectos deben ser tomados en consideración para determinar un margen de seguridad bruto que nos garantice con certeza el margen de seguridad neto necesario para una navegación segura cuando se deba navegar con calados comprometidos.
Nos queda ahora calcular la velocidad a la cual deberemos navegar en las determinantes para que el *squat* que se genere no disminuya el Ms previsto.
Para ello se deberá tener presente si el buque navega en aguas restringidas abiertas, o en un canal natural o dragado artificialmente.

Cálculo del *squat*
Para poder entonces navegar con seguridad entonces se debe conocer como determinar ese valor.
Canales cerrados y aguas someras
Se considera **canal cerrado** al limitado por veriles que sobrepasan el nivel del agua o están muy próximos por debajo de él.
Se consideran **aguas someras abiertas** aquellas donde la pro-

fundidad fuera del canal es lo suficientemente grande como para que cuando el buque navega puede descargar agua por encima de los veriles del canal
Las fórmulas simplificadas para calcular el squat de un buque navegando en un canal son las siguientes:



Canal cerrado **Aguas someras:**
Fórmulas simplificadas para calcular Squat

Nótese que en un canal cerrado se duplica el valor de aguas someras abiertas.
Si despejamos el término velocidad podremos calcular a la cual debiéramos navegar para generar un squat determinado.

$$Sq = \frac{CbxV^2}{50} \qquad Sq = \frac{CbxV^2}{100}$$

Donde el valor del *Sq* resulta de la siguiente operación:

squat max. = Determinante +/- altura de marea - (Calado + Ms)

$$Squat\,max = \frac{Cb \# S^{0,81} \# (Vb\,(nS))^{2,08}}{20} \qquad S = Fb$$

Existen fórmulas que deben ser aplicadas para casos intermedios. Para la aplicación de las mismas se deben incorporar profundidades y anchos de influencia que permiten obtener valores más exactos para dichos casos p.e.
Fórmula compleja del Dr Barrass:
Nota de los autores: *Dichas fórmulas exceden el alcance del presente libro. Para su estudio se recomienda recurrir al libro: "Manejo del Buque en Aguas Restringidas" 2 da Edición Cap. 5 del C.U. Eduardo Gilardoni*
Existen además de las fórmulas matemáticas tablas o gráficos

para una cálculo más rápido.

¿Cuáles son las ventajas de predecir el asentamiento de un buque en una determinada situación?

Son varias, p.e:

- **El maniobrista sabrá cuando y cuanto deberá reducir la velocidad, y así resguardar su buque de averías, cuando deba navegar por zonas de menor profundidad con calados comprometidos.**
- **Evitar que el buque toque fondo debido al *squat* provocando averías, manteniendo un adecuado margen de seguridad.**
- **Se podrá cargar unas pulgadas más (siempre que no exceda la línea de carga que corresponda).**

Considérese que 1 pie más de calado en un *bulk-carrier* de 100,000 DWT significa aproximadamente un 3% de su DWT.

Resumiendo se puede afirmar que prediciendo el *squat* que sufrirá un buque se ha despejado un área bastante obscura que rodeaba dicho fenómeno, y los Prácticos no deberán más usar el principio "de prueba y error" para llevar los buques a puerto con seguridad

Conclusiones finales - Quince signos que pueden aparecer cuando el buque entra a navegar en aguas restringidas

- El *squat* máximo se incrementa.
- El *sinkage* se incrementa.
- El buque generalmente desarrolla mayor asiento hacia proa o popa.
- Las olas se incrementan, particularmente las divergentes de popa.
- El buque se vuelve más perezoso para maniobrar
- Los indicadores de calado en el puente o los transductores de la ecosonda indican variaciones de los calados de los extremos.
- El taquímetro muestra una disminución de las RPM. Si el buque estuviese en aguas someras, sin restricciones laterales, dicha disminución puede alcanzar hasta un 15% de las que corresponden a la inyección en aguas libres; si navegase un canal

confinado, dicha merma puede alcanzar un 20%.

- Habrá una pérdida de velocidad: en aguas someras la misma puede alcanzar un 35%, en canal confinado o río estrecho puede llegar al 75%.
- El buque puede comenzar a vibrar repentinamente. Esto es debido a la entrada en resonancia de la frecuencia de vibración que produce el buque con la reflejada por el fondo del lecho del mar o río.
- Los *rolidos*, cabeceos o arfadas se ven disminuídos por el efecto colchón producido por el escaso espacio entre el casco y el fondo y/o veriles.
- Sedimentos o barro pueden aparecer en el agua aledaña al buque emergiendo al costado del casco.
- La curva evolutiva se agranda. Si el margen de seguridad es muy pequeño puede incrementarse hasta un 100%.
- Las distancias y tiempos de detención se incrementan.
- La efectividad del timón disminuye.
- El ancho de las olas se incrementa considerablemente.

CAPÍTULO IX

Estabilidad direccional

Estabilidad direccional es la particularidad que tiene todo buque de mantenerse a rumbo con el timón colocado a la vía.

Existen tres tipos de estabilidad direccional

Cada una de ellas dependerá de la ubicación que tenga la proyección tangencial a la curva evolutiva del centro de presión **Cp** sobre la carena donde se aplica la resultante de la resistencia al avance de la misma. Donde dicha proyección tangencial corte al plano de crujía se ubica el centro de resistencia **Cr.** Dependiendo de la ubicación que el mismo tenga con respecto al centro de gravedad **CG** dependerá la estabilidad direccional que se genere.
Sobre **Cr** actúa la sumatoria de las resultantes de la resistencia que ofrece cada molécula de agua contra la obra viva, mientras que sobre **CG** estamos aplicando el empuje producido por la/s máquina/s propulsora/s.
Cuando **Cr** se ubica a popa de **CG**; la estabilidad direccional es estable o positiva. Fig. 1
En cambio cuando lo hace a proa es inestable o negativa. Fig. 2

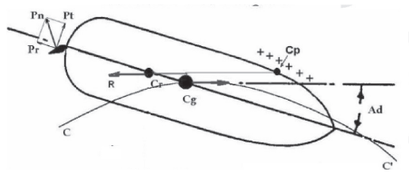


Fig. 1 Estabilidad direccional estable

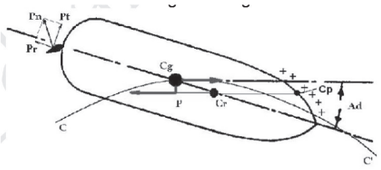


Fig. 2 Estabilidad direccional inestable

Como es de suponer, la estabilidad direccional neutra se produce cuando la proyección del centro de resistencia **Cr** al avance de la carena coincide o está muy próximo al centro de gravedad del buque **CG**.

Características evolutivas en cada uno de los casos mencionados

La estabilidad direccional estable se caracteriza por responder el

buque al timón al ser este colocado a una banda, pero no bien es vuelto a la vía, comienza a disminuir su *ROT* hasta detener su caída y continuar su trayectoria en línea recta.
Un exceso de estabilidad direccional estable, tampoco es aconseable debido a que el buque se torna extremadamente duro para cambiar de rumbo.
Un buque con **estabilidad direccional inestable**, una vez iniciada su caída, la continuará aún cuando el timonel coloque el timón a la vía.
Para detenerla deberá cargar timón hacia la banda opuesta.
Estos buques son difíciles de gobernar y sus curvas evolutivas suelen ser más pequeñas que la de los direccionalmente estables.
En cambio en los buques con **estabilidad direccional neutra** se manifiesta una falta de tendencia que presentará cuando teniendo una caída sea colocado el timón a la vía.
O sea, podrá continuarla a la misma banda o iniciar otra hacia la opuesta, dependiendo de las condiciones externas (viento, corrientes cambiantes, oleaje o geografía de fondo).

Variación de la estabilidad direccional

La estabilidad direccional de un buque puede variar cuando pasa de navegar en aguas profundas a aguas someras o viceversa y ello se debe al cambio de asiento dinámico, — *squat* —.
El *squat* varía el volumen de las semi carenas a proa y a popa de la sección maestra. Consecuentemente varían las áreas mojadas de dichos volúmenes y entonces se desplaza el centro de presión **Cp**, y lógicamente su proyección sobre el plano de crujía **Cr**.
Cuando el buque adquiere una guiñada, lo podrá ubicar adelante, atrás o sobre el mismo **CG**.
La estabilidad direccional puede variar durante una trayectoria curvilínea en aguas someras debido al aumento de resistencia que se produce en el cuarto de carena de la banda contraria a la caída, a popa de la sección maestra, que corre a **Cp** hacia popa. Fig. 3

Además sobre la aleta interior comienza a desarrollarse una depresión.

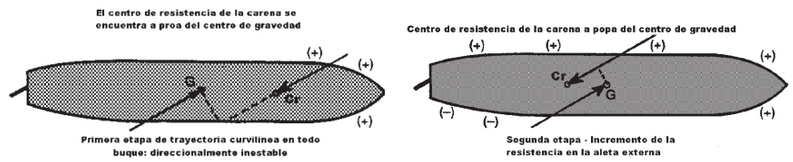


Fig. 3 Variación de la estabilidad direccional

Contrariamente en un buque que se encuentre aproado se experimentará una estabilidad direccional inestable cuando se navega en línea recta.
Esta condición es percibida por el maniobrista por el corrimiento hacia proa del punto pivote, el cual se ubica muy próximo a la roda.
Todo maniobrista sabe la mala gobernabilidad que tiene un buque aproado.
Durante una caída la estabilidad puede variar debido a la presión que se genera en la aleta externa. Fig. 4

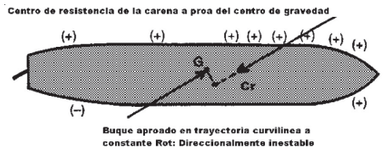


Fig. 4 Inestabilidad variación según ángulo de timón

En consecuencia se puede tener un buque que sea direccionalmente inestable a pequeños ángulos de metida de timón y estable a grandes ángulos, o viceversa, según sea su asiento.
Si el aproamiento es muy importante, lo que el maniobrista puede esperar es que el buque continúe su caída aún después de haber puesto el timón a la vía, debido a la gran presión en la amura externa a la caída ya que el Cr se encontrará a proa del **CG** y por consiguiente el buque continuará con una estabilidad direccional inestable.
Lo que el maniobrista debe hacer para tener certeza de no caer en una potencial estabilidad direccional inestable es procurar que el buque no quede con asiento negativo debido a consumos, movimientos de carga/lastre o efectos de aguas someras y man-

tener siempre el suficiente y lógico asiento positivo, que le permita la determinante de la zona a navegar.
Si se debe navegar un buque con estabilidad direccional negativa, adviértase que a pesar de que la respuesta al timón podrá no ser rápida y transcurra un período de tiempo mayor que el usual para que el buque comience su caída, luego la misma costará ser detenida.
Si en esa circunstancia sólo se opta por poner el timón a la vía tan pronto como la caída se ha iniciado, el *ROT* podrá incrementarse mientras se lo mantenga en dicha posición, y posiblemente el buque tome tal inercia giratoria que no pueda luego ser rápidamente contrarrestada y se vaya contra un veril del canal.
Siempre que esta indeseada situación se presente, quien maniobre deberá estar muy atento a controlar, no solo los rumbos, sino además el axiómetro, con el fin de poder adelantarse a pérdidas de control, sobre todo en áreas restringidas donde la embarcación deba efectuar cambios de curso.

Por lo tanto, no debe subestimarse la importancia de contar con un experimentado timonel que conozca las particularidades evolutivas del buque que está timoneando.
Un buque con estabilidad direccional inestable requiere un tratamiento especial y el timonel es la pieza fundamental en su conducción segura.

Conclusiones

Se puede decir entonces que la estabilidad direccional

- Podrá variar cuando varíe el margen de seguridad.
- Podrá variar cuando, adrede, se modifique el asiento del buque moviendo, cargando o descargando pesos
- Aumenta con el incremento de la eslora.
- Aumenta cuando el buque más avance de "ronza" (incremente su manga aparente).
- Disminuye con mayor Cb.
- Disminuye cuando la relación eslora/manga decrece (buques cortos y mangudos).
- Disminuye cuando las áreas a proa de la sección maestra se

incrementan con relación a la de popa, el punto pivote Pp se corre a proa.
- Se debe entonces prevenir anticipadamente que la estabilidad direccional del buque podrá variar al entrar en aguas poco profundas y que la misma podrá hacerlo de forma caprichosa.

Utilidad de las curvas de Bonjean

Estas curvas eran calculadas por los ingenieros navales antiguamente mediante el uso de un planímetro y en la actualidad con programas computarizados.
Proveen para cada sección transversal de la carena el área mojada o el volumen correspondiente a las mismas basándose en los calados.
El ápice de cada curva mostrará cuál sección transversal tiene la mayor área o volumen, o sea permite determinar la ubicación del centro de carena **B**.
Ello permite al profesional calcular cuál será el volumen de las semi carena a proa y popa de la sección maestra,pudiendo predecir la ubicación de **Cp** y en consecuencia el **Cr.** Fig. 5

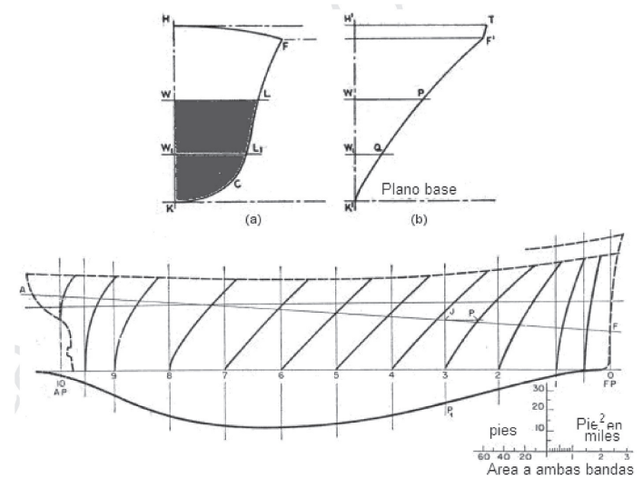


Fig. 5 Curvas de Bonjean. Su utilidad

CAPÍTULO X

Punto pivote

Definición

Usualmente los marinos suelen mencionar que hay un punto, en algún lugar de la eslora del buque, sobre el cual el buque gira al iniciar una trayectoria curvilínea.
En realidad este concepto está errado ya que el buque que está desarrollando una trayectoria curvilínea rota alrededor de un punto; pero el mismo es el centro "**O**" de la curva evolutiva y se encuentra en el agua a algunas esloras hacia la banda de caída. Fig. 1 En realidad: **el punto pivote (Pp)** es aquel donde el radio de dicha curva corta perpendicularmente al vector del movimiento tangencial en coincidencia con el plano de crujía del buque.

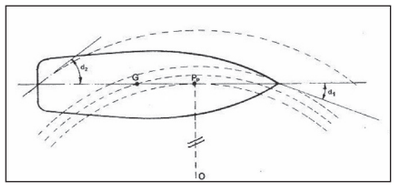


Fig. 1 Concepto de punto pivote

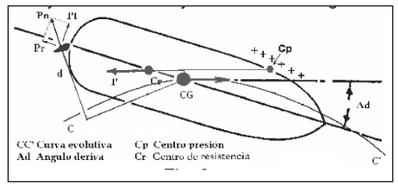


Fig. 2 El punto pivote
no debe confundirse con CG o el CR

Siempre que el ángulo de deriva (**d1**) lleve la proa hacia adentro de la trayectoria curva que sigue el buque, el punto pivote se encontrará a proa de la sección maestra.
Visto desde un punto de vista geométrico, un observador ubicado en la popa de un buque que se encuentra cayendo a estribor se estará moviendo a través del espacio en dos direcciones
Una es angular respecto de la línea de crujía.
La otra tangencial a la curva evolutiva.
Pero si este se ubica en la proa del mismo buque el movimiento angular será hacia la otra banda además de la tangencial antes mencionada.
Moviendo ahora al observador a lo largo de la eslora, en algún punto de la misma, sentirá que se está moviendo paralelamente

con la crujía, o sea que se está desplazando solo en forma tangencial a la curva evolutiva sin sufrir movimiento angular alguno. En ese sitio pierde la noción de caída.
Entonces, al describir el buque una trayectoria curvilínea, todos los puntos situados a proa de Pp caen hacia la banda interior de la curva y los situados a popa, lo hacen hacia afuera, recorriendo un arco, tanto mayor, cuanto más grande sea la distancia al Pp.
El punto pivote no debe ser confundido con CG y Cr.
El mismo no tiene nada que ver con ellos, aunque dichos puntos tienen mucho que ver con su ubicación durante la curva evolutiva.
CG no es solo el centro de gravedad del buque sino también por definición de la OMI, el que describe la curva evolutiva que figura en los protocolos.
Cr es, el centro de resistencia, punto de intersección de la proyección del centro de presión (Cp) que ejerce el agua sobre la carena con la crujía, y sobre el cual se genera la cupla contraria al momento evolutivo del timón. Cuando dicho valor iguala al momento evolutivo, el ROT se estabiliza, ángulo de deriva (**Ad**) alcanza su máximo valor y la velocidad deja de decrecer. Fig.2

Distintas posiciones que puede ocupar el Pp

- **Próximo a la sección maestra, con buque detenido y calados parejos.** Fig. 3-a
- **A proa en marcha avante y trayectoria rectilínea**. Fig. 3-b
- **Más a proa aún en trayectoria curvilínea aguas profundas**. Fig.3-c
- **Cerca de la sección maestra en trayectoria curvilínea y escaso margen de seguridad.** Fig.3-d
- **Próximo a la popa en marcha atrás.** Fig. 3-e
- **En el punto desde donde sale una amarra única que trabaje.** Fig. 3-f
- **En los labios del escobén de un ancla única fondeada**. Fig. 3-g

Estrepada avante
En su ubicación entran en juego dos fuerzas
- El empuje, en este caso avante.
- La resistencia longitudinal que se opone al avance. El balance

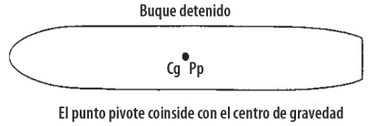


Fig. 3a Buque detenido con calados parejos



Fig. 3b Buque en trayectoria rectilínea

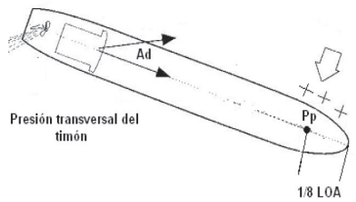


Fig. 3c Buque en trayectoria curvilínea en aguas profundas

de estas dos fuerzas ubicará al punto pivote Pp normente entre ¼ y 1/3 de la eslora a contar desde la roda.

Trayectoria curvilinea

Cuando el buque describe una trayectoria curvilínea en aguas

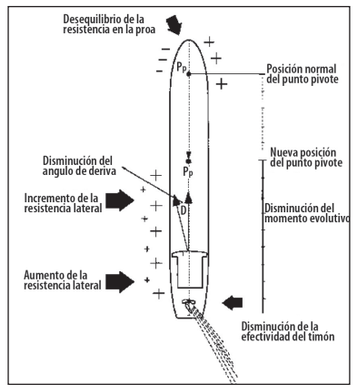
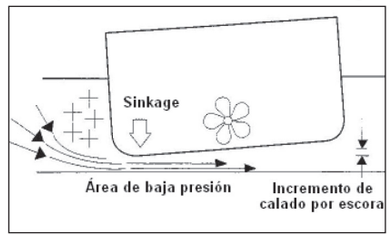


Fig. 3d Buque en trayectoria curvilínea aguas someras (relación profundidad/calado < 1,2)



profundas el punto pivote se corre aún más a proa ubicándose aproximadamente a 1/8 de la eslora contando desde la roda.
Buque en trayectoria curvilínea aguas someras (relación profundidad/calado < 1,2).

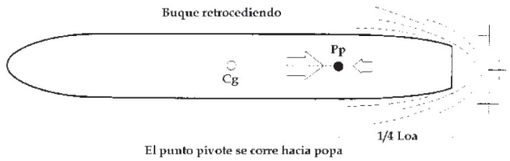


Fig. 3e Buque retrocediendo.

Ese corrimiento hacia popa es originado por el incremento de la presión del agua sobre la aleta exterior que hace disminuir el ángulo de deriva e incrementa el diámetro táctico.

Estrepada atras

El Pp se podría ubicar aproximadamente 1/3 a ¼ de la eslora a contar desde el espejo.
El empuje, en este caso hacia popa, debe de encontrar un balance con la resistencia longitudinal creada en la popa del buque. Esta última posición puede variar mucho más que la que ocupa en proa cuando el buque avanza ya que hay factores como

- Aceleración.
- La forma de la bovedilla.
- La velocidad. que afectan su posición.

Buque con cabo pasado a punto fijo y en fuerza

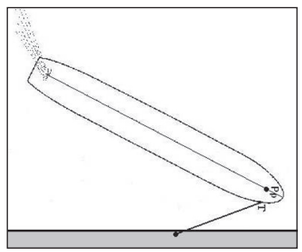


Fig. 3f

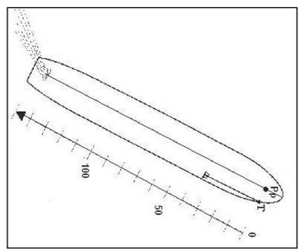


Fig. 3g

En caso de tener un cabo pasado a un punto fijo, el punto pivote se ubicará en el punto donde el cabo salga del buque.

Buque fondeado con cadena en fuerza

En este caso el punto pivote se ubica en los labios del escoben

por donde sale la cadena.
Es de suma utilidad conocer aproximadamente la posición que ocupa el punto pivote
Todo objeto que se encuentre por la banda de caída a proa del Pp, se acercará a la amura, en cambio los que se encuentren a popa del mismo, se alejarán del casco.
En forma inversa sucede cuando el buque está dando atrás.

Punto pivote Pp vs. centro vélico Cv Fig. 4

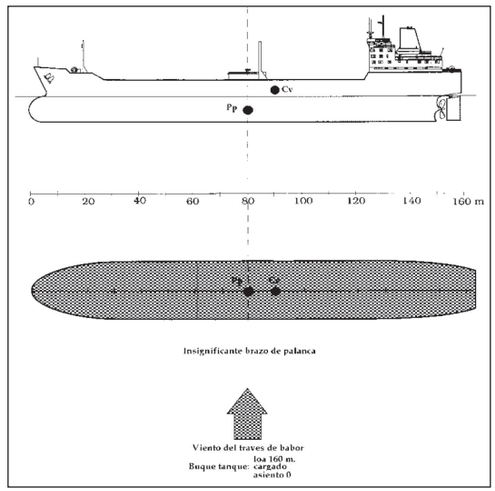


Fig. 4 Punto Pivote vs Centro Vélico

Cuando el Cv se encuentra a popa del Pp, el buque tenderá a orzar.
Es el típico caso de un buque con casillaje a popa detenido o avanzando en el agua.

Cuando el buque avanza la tendencia a orzar se ve acentuada por el incremento del brazo de palanca. Fig. 5

Pero si el buque se encuentra con un asiento positivo significativo, el centro vélico se correrá hacia proa, disminuyendo la tendencia de orzada. Fig. 6

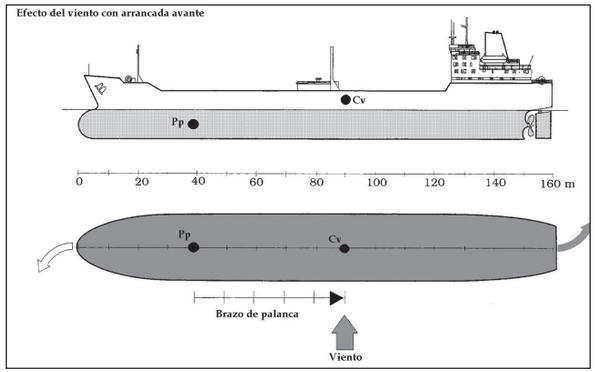


Fig.5

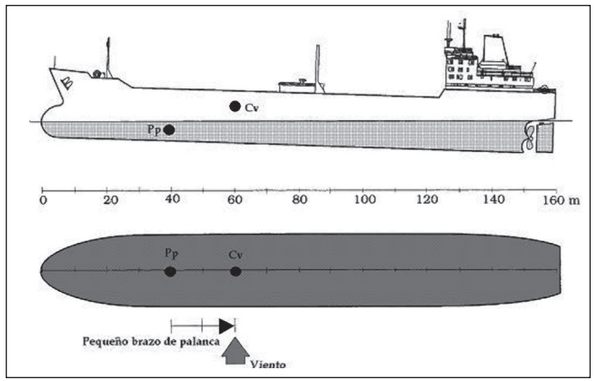


Fig.6

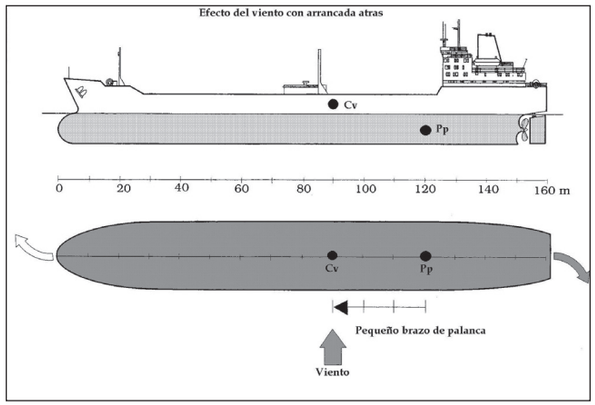


Fig.7

Cuando el buque retrocede, aún con casillaje a popa, el Pp se ubica a popa del Cv y la tendencia será de arribada. Fig. 7

Retrocediendo, a medida de que se incremente el asiento positivo el brazo de palanca crece y la tendencia a arribar aumenta. Fig. 8

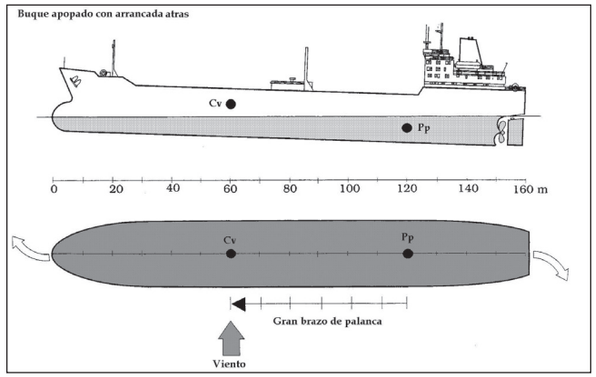


Fig.8

CAPÍTULO XI

Curva evolutiva

Buque en trayectoria curvilínea

Cuando un buque inicia una trayectoria curvilínea genera distintas fuerzas longitudinales y transversales que ameritan un estudio detallado.
El caso general está representado en la Fig. 1 que muestra un buque cuyo centro de gravedad G describe una curva CC'.

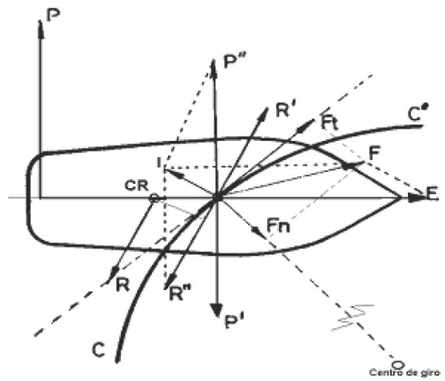


Fig.1 Fuerzas actuando sobre un buque en trayectoria curvilínea

Actúan sobre el buque tres fuerzas, a saber:
E : Empuje longitudinal ocasionado por el propulsor.
P : Fuerza lateral debida al momento evolutivo del timón.
R : Resistencia a la marcha, que en este caso no está desplazado hacia proa porque el buque se desplaza lateralmente (de ronza)

Efecto que producen esas fuerzas sobre el centro de gravedad.

Recordar que siempre que se aplique una fuerza se trasladará un par neutro al centro de gravedad.
La fuerza lateral **P** trae como consecuencia una cupla evolutiva (**par PP'**) quedando una fuerza **P"** que tiende a producir un desplazamiento lateral hacia la banda opuesta de caída.

La resistencia **R** produce una cupla que se opone a la anterior (**RR**') y una fuerza **R"** se contrapone a **P"** pero no exactamente en dirección contraria, por lo que de las fuerzas **R"** y **P"** se obtiene la resultante "**I**" ..
El empuje **E** está aplicado sobre **G** por lo que solo produce efecto de avance.
En consecuencia se combinan las tres fuerzas: **R"**, **P"** y **E**, que actúan sobre el centro de gravedad **G**.
La combinación de la resultante **I** y el empuje E , genera otra fuerza resultante que se denominará **F** y se descompondrá en otras dos fuerzas, una normal a la trayectoria, **Fn** (fuerza centrípeta); y otra tangente a la misma, **Ft** (fuerza tangencial).
Como resumen de lo anterior son **tres efectos** existentes en un buque que sigue una trayectoria curva:

1. Par de giro (PP') - (RR') que tiende a rotar al buque alrededor del centro de gravedad.
2. Fuerza Ft que le produce una aceleración en la dirección de la trayectoria, no en el sentido de marcha.
3. Fuerza Fn denominada fuerza centrípeta, que lo mantiene girando alrededor de un punto externo.

Establecido todo esto se verá, ahora en detalle, el valor que alcanzan dichas fuerzas en diferentes momentos de la trayectoria del buque, cuando, navegando a una velocidad determinada se mete un cierto ángulo de timón a la banda (estribor en este caso).
En la evolución de un buque pueden distinguirse tres fases o períodos diferentes, a saber:

Período de maniobra

Es el tiempo comprendido desde que se empieza a meter el timón hasta que el mismo ha alcanzado los 35º.

Período variable

Es la fase intermedia que se inicia en el punto **A** cuando el timón ha alcanzado su ángulo de 35º, y termina aproximadamente en el punto **E**. Fig. 2 En éste período el buque experimenta un velocidad angular en aumento y simultáneamente una disminución de su velocidad lineal (por efecto de la presión retardatriz **Pr** y sobre todo por el aumento de su frente de avance ya que el buque comienza a desplazarse "de ronza"). En esta fase la curvatura se incrementa, el barco va respondiendo progresivamente a la acción del timón tendiendo a alcanzar una posición de equilibrio entre todas las fuerzas activas y resistentes (**P- P'** y **R – R'**). Debido a la rotación, el buque no se mueve hacia la proa sino que lo hace de costado, con lo que la resistencia de la carena ya no actúa en sentido proa - popa sino empujando el buque hacia la banda de metida del timón.
En consecuencia el par de giro se reduce al tiempo que la resultante de todas las fuerzas **F** sobre el centro de gravedad **G** va cambiando progresivamente de dirección hasta empujar el buque hacia estribor.
La trayectoria tiene al fin un punto de inflexión en la que el buque comienza a ganar espacio hacia la banda de caída.
A causa de ello la resistencia de la carena actúa cada vez más en sentido transversal buscando igualar el momento evolutivo y la fuerza resultante I sobre el centro de gravedad se va ubicando normal a la trayectoria.

Período uniforme

Comienza en el punto **E,** cuando el buque ha caído aproximadamente 90º a partir de su rumbo inicial.
Es la fase final en la que el buque a alcanzado su punto de equilibrio, o sea que las cuplas **P – P'** y **F – F'** se igualan. El par debido a la resistencia de la carena anula por completo al del timón. Las únicas fuerzas existentes son la **tangencial** y la **centrípeta**, la curvatura es constante y el movimiento se hace circular.
En las restantes posiciones **H, K, y L**, puede apreciarse que el centro de gravedad **G** ha recorrido la circunferencia antes citada y los distintos puntos de la línea de crujía se mantienen formando los mismos ángulos de deriva d con respecto a la tangente de la trayectoria
El período uniforme adquiere mucha importancia debido a que es a partir de dicho momento en que se estabilizan diversos pará-

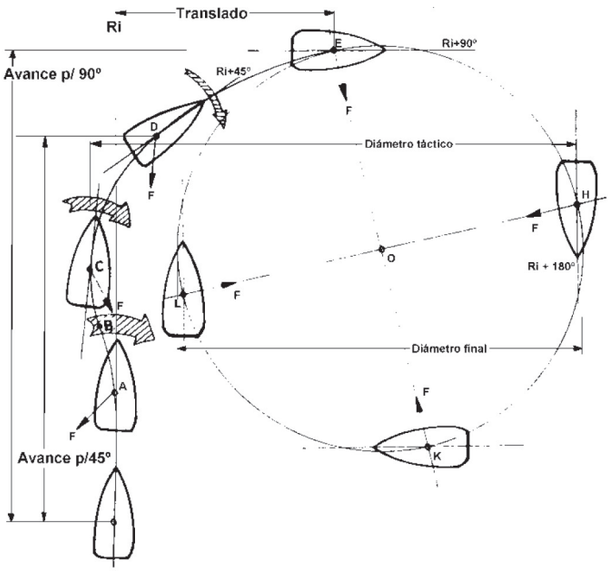


Fig.2 Curva evolutiva

metros, a saber:
El punto pivote **Pp** que hasta ese momento fue variando su ubicación desplazándose sobre el plano de crujía, se fija en una posición, lo que por lógica consecuencia motiva que:

- El ángulo de deriva "**d**" se haga constante.
- La velocidad del buque "**Vb**", que luego de colocar el timón a la banda había comenzado a decrecer, se estabilice en un valor que en algunos casos puede llegar a alcanzar el 60% de la velocidad inicial.
- La velocidad angular de caída "**Va**" se haga constante.

Análisis de los distintos elementos que definen una evolución:

Avance
Distancia que se desplazó su centro de gravedad para cierto cambio de rumbo, en la dirección del arrumbamiento original, medida desde el punto donde colocó el timón a la banda. Este dato es de suma importancia debido a que determina el espacio que necesita el buque para apartarse de su rumbo inicial.

Traslado
Distancia que, para determinados cambios de rumbo, se desplaza el centro de gravedad en dirección perpendicular al arrumbamiento inicial.
Cuando se hace mención simplemente al avance o traslado sin especificar la magnitud del cambio de rumbo se sobreentiende que los valores indicados corresponden a haber caído 90º

Nota de los autores: *Observamos entonces que tanto el avance como el traslado son las coordenadas ortogonales de la evolución cuando se adoptan como ejes de referencia el rumbo inicial Ri y su normal, tomando como origen el punto en que inicialmente se pone timón a la banda.*

Diámetro táctico
También llamado máximo, es la distancia que el buque se desplazó lateralmente en dirección normal al rumbo inicial Ri cuando ha caído 180º .

Nota de los autores: *Como el buque sufre inicialmente una deriva hacia la banda opuesta a la que fue colocado el timón, algunos autores, con mucho criterio, consideran diámetro táctico a la distancia entre el punto de máximo alejamiento hacia la banda opuesta a la de caída y el punto donde el buque a completado la caída de 180º; y no la distancia desde el rumbo inicial. Particularmente consideramos que esta es la definición que más se adapta a la realidad, ya que es el diámetro del espejo de agua necesario para la evolución*

Diámetro final
También llamado de rotación, es el diámetro de la curva evolutiva que el buque desarrolla durante su período uniforme, o sea a partir de haber caído 90º.

Ángulo de deriva

Es el existente entre la tangente a la trayectoria de cualquier punto del buque y la línea de crujía.
Es importante observar como dicho ángulo varía según la ubicación que se ocupe en el buque.

En el gráfico se muestran distintas trayectorias de diversos puntos del buque.
Estas, en el período uniforme de la evolución, son circunferencias concéntricas con centro en **O**.
Cada punto y tiene un ángulo de deriva diferente. Fig. 3

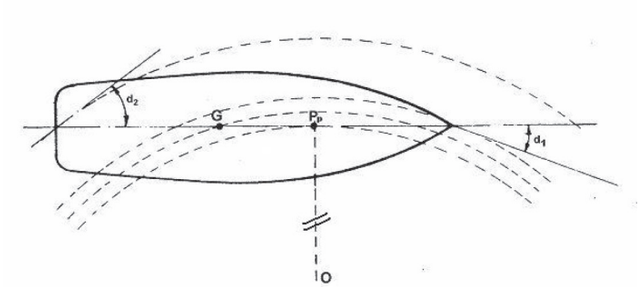


Fig.3 Angulo de Deriva

El ángulo de deriva d es nulo en la posición del punto pivote, en cambio hacia popa del mismo el ángulo de deriva d va aumentando hacia afuera, mientras que hacia proa, ese ángulo crece en sentido contrario, o sea hacia adentro.

Curva evolutiva

Para un buque mercante de formas llenas podemos decir que los valores que corresponden en aguas profundas a cada elemento son los siguientes,

Avance:	4 a 5 esloras
Traslado:	1 eslora
Diámetro táctico:	4 a 6 esloras
Diámetro final:	3,5 esloras
Ángulo de deriva:	6 a 20º

Puntos en común extraídos de la observación de diversas curvas evolutivas
De la observación de numerosas curvas evolutivas de diferentes buques mercantes se extraen las siguientes conclusiones comunes a todos

Eslora
Un buque corto evoluciona en un menor número de esloras que uno largo de similar tecnología.
Velocidad
La trayectoria de la evolución es prácticamente independiente de la velocidad que lleva el buque. Se puede decir que esta sólo influye en el tiempo insumido (siempre que por lo menos sea superior a 4 / 5 nudos para garantizar así la acción del timón).
Ángulo de metida
Para una misma velocidad, el diámetro táctico y final disminuye cuando aumenta el ángulo de timón aplicado.
Velocidad de caída
La velocidad angular de caída varía normalmente en un buque convencional entre 1º y 2º por segundo.
Ángulo de deriva
El ángulo de abatimiento aumenta con el ángulo de timón. Es independiente de la velocidad a que se evoluciona, oscilando entre 6º y 20º.
Es mayor en un buque de gran pala y coeficiente de block alto. (cercano a la unidad)
En un mismo buque varia con el asiento, pudiendo llegar a invertir su sentido en casos extremos. Recuérdese que en dichos casos el extremo del buque con menor calado es el que describe el arco de mayor radio
Diámetros táctico y final
Las dimensiones lineales de la curva disminuyen al aumentarse el ángulo de metida del timón y/o las dimensiones de la/s pala/s.
El diámetro final resulta generalmente entre ½ y 1 eslora inferior al diámetro táctico
Coeficiente de bloc
De dos buques de similares esloras y calados, el que tenga la carena más afilada (< Cb) necesita más espacio para girar que el que tenga formas más llenas (> Cb). En buques largos de líneas finas el diámetro táctico es de seis esloras, pero en aquellos en que la proporción manga / eslora es relativamente grande dicho diámetro disminuye sensiblemente.
Téngase en cuenta que el coeficiente de block puede, en algunos

buques, sufrir variaciones importantes en distintos calados, ya sea en lastre o a plena carga, lo que modificará las dimensiones de la curva evolutiva.

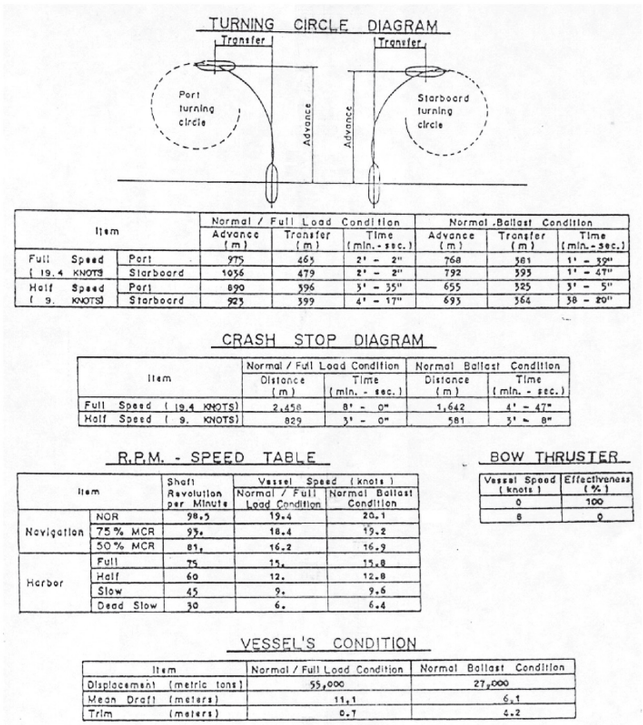
Desplazamiento transversal

El desplazamiento transversal o deriva del centro de gravedad es independiente de la velocidad pero aumenta con el ángulo del timón y el área de la pala sumergida.

Banda de caída

En buques monohélices las dimensiones de la curva variarán de acuerdo a la banda a la que se efectúe la caída, debido a los efectos laterales indeseados de la hélice. Resultaran ligeramente menores hacia la banda contraria a la del giro de la misma. p,e: un buque destrógiro girará en menor espacio cayendo babor.

Estado de carga



TURNING CIRCLE DIAGRAM

Item		Normal / Full Load Condition			Normal Ballast Condition		
		Advance (m)	Transfer (m)	Time (min.-sec.)	Advance (m)	Transfer (m)	Time (min.-sec.)
Full Speed (19.4 KNOTS)	Port	975	663	2' - 2"	768	381	1' - 32"
	Starboard	1056	479	2' - 2"	792	393	1' - 47"
Half Speed (9. KNOTS)	Port	890	396	3' - 35"	655	325	3' - 5"
	Starboard	923	399	4' - 17"	693	364	38 - 20"

CRASH STOP DIAGRAM

Item	Normal / Full Load Condition		Normal Ballast Condition	
	Distance (m)	Time (min. - sec.)	Distance (m)	Time (min. - sec.)
Full Speed (19.4 KNOTS)	2,458	8' - 0"	1,642	4' - 47"
Half Speed (9. KNOTS)	829	3' - 0"	581	3' - 8"

R.P.M. - SPEED TABLE

Item		Shaft Revolution per Minute	Vessel Speed (knots)	
			Normal / Full Load Condition	Normal Ballast Condition
Navigation	NOR	98,5	19.4	20.1
	75% MCR	93.	18.4	19.2
	50% MCR	81,	16.2	16.9
Harbor	Full	75	15.	15.8
	Half	60	12.	12.8
	Slow	45	9.	9.6
	Dead Slow	30	6.	6.4

BOW THRUSTER

Vessel Speed (knots)	Effectiveness (%)
0	100
8	0

VESSEL'S CONDITION

Item	Normal / Full Load Condition	Normal Ballast Condition
Displacement (metric tons)	55,000	27,000
Mean Draft (meters)	11,1	6,1
Trim (meters)	0.7	6.2

Fig.4 Protocolo de diagrama de características evolutivas

El estado de carga produce variaciones en las dimensiones de la curva evolutiva. Tanto el avance, el traslado y los diámetros táctico y final son más pequeños en estado normal de lastre que ha plena carga. La diferencia ronda normalmente el 10%.

En buques que transportan cargas liquidas, se produce un corrimiento del centro de gravedad de cada tanque que contenga carga, producido por efecto de la fuerza centrífuga. Ello produce un corrimiento virtual del centro de gravedad del buque, con el consiguiente aumento de las dimensiones de la curva evolutiva

Como es de suponer, es de suma importancia para el maniobrista conocer datos como: diámetro táctico, traslado, avance, tiempo a emplear en cada caso, etc.

Para ello se debe de tener siempre a mano, en un lugar bien visible del puente de mando, conociendo perfectamente sus datos, la planilla que muestre las características evolutivas del buque que se tripula.

En la Fig. 4 vemos un modelo de la misma

Influencias de causas externas en toda curva evolutiva

Cuando un buque realiza una curva evolutiva se deben esperar modificaciones en la misma ocasionadas por:

- Corrientes
- Viento
- Margen de seguridad
- Geografía del fondo

Se análizará cada uno dedichos elementos.

Corrientes

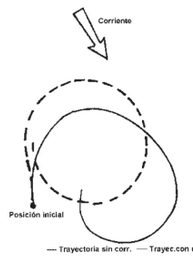


Fig.5 Acción de una corriente sobre la curva evolutiva

Produce una deriva constante del buque cualquiera sea el rumbo que el mismo tenga, por lo tanto será más predecible, ya que al estar todo el buque flotando sobre una masa de agua que se traslada, se desplazará uniformemente en la dirección de avance de la corriente. Fig. 5

Viento

En este caso el viento, al actuar sobre la obra muerta, incide de manera distinta según el rumbo que lleve el buque y dependiendo de la ubicación del casillaje habrá momentos en que retarde o acelere las caídas, de acuerdo a la dirección desde donde incida. Fig. 6
En este caso será más difícil prever cuales serán los valores finales ya que la "docilidad" de gobierno del buque estará cambiando permanentemente

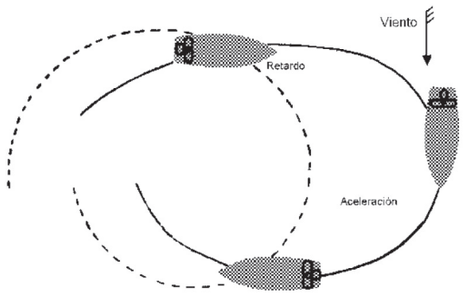


Fig.6 Acción del viento sobre una curva evolutiva

Oleaje

Un oleaje de cierta magnitud alterará la cadencia de caida, según la posición del buque con respecto a la onda.

Margen de seguridad

Cuando la evolución se realiza en zonas donde las profundidades son menores a 6 veces el calado se debe esperar un incremento de las dimensiones de la misma, tanto más importante cuando más escasa sea la distancia quilla-fondo.Cuando la relación se acerca a la unidad (1 / 1,2) se puede esperar hasta una duplicación de los valores mencionados.

Geografía del fondo

Si en el caso anterior se está maniobrando sobre fondos desparejos, no sólo se deberá prever una disminución del momento evolutivo del buque por disminución del margen de seguridad, sino que también se agregarán los efectos de banco (ó veril) que podrán oponerse o ayudar a la evolución, produciendo deformaciones en la curva todavía más impredecibles que las del viento.

Curva evolutiva en un buque de dos hélices

Cuando en esta clase de buques se evoluciona sin alterar ni las R.P.M. ni el sentido de giro de las hélices, la curva descripta por los mismos es en general semejante a la explicada en buques de una hélice.
Ahora bien, cuando por medio de las máquinas se aumenta el efecto producido por el timón, dando atrás con la de la banda a la cual se ha metido el timón, entonces la curva es totalmente distinta, pero no debe asumirse que esta diferencia es notable en los primeros momentos, pues hasta que el buque ha recorrido un par de esloras aproximadamente la proa no gana terreno hacia la banda hacia la que se ha metido el timón. Fig. 7

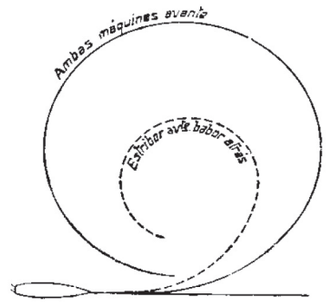


Fig.7 Curva evolutiva de buques de dos hélices

La popa, durante ese recorrido rabea hacia afuera como en un mono hélice, el buque va perdiendo velocidad gradualmente hasta quedar reducida en un 70 a 80% con relación a la que con-

servaría si fuese con ambas máquinas avante
A partir de aproximadamente las dos esloras el buque comienza a caer con viveza, con un ángulo de deriva mucho mayor que el que formaría si hubiera metido solo timón
Si se para la máquina interna y con la otra se continúa avante a toda fuerza y se mantiene el / los / timones a la banda, el tiempo que se tarda es algo mayor al que se emplearía con ambas hélices avante, pero la curva es más pequeña.
La definición de curva evolutiva dada por la O.M.I. en su documento del 19 de Noviembre de 1993 es:

Protocolo

SEGÚN EL SUBCOMITE DE DISEÑO DE BUQUES Y EQUIPOS DE LA O.M.I. LA CURVA EVOLUTIVA ESTANDAR ES LA REALIZADA CON EL TIMÓN A 35º A UNA BANDA, BUQUE CON CARGA MÁXIMA, CALADOS PAREJOS, VIENTO POR DEBAJO DE 20 Ns. Y OLAS MENORES A 1,25 m DE ALTURA PARA BUQUES DE ESLORA INFERIOR A 150 m Y 2,50 m PARA BUQUES DE ESLORA SUPERIOR.

Diagramas evolutivos

Los protocolos de astillero que acompañan a cada buque incluyen además los diagramas evolutivos.
La diferencia entre una curva evolutiva y un diagrama evolutivo es que mientras la primera debe cumplir las especificaciones mencionadas anteriormente, los segundos permiten obtener datos de distancias, tiempos, promedios de velocidad de caída para distintas velocidades, ángulos de timón y a veces estados de carga.

CAPÍTULO XII

Efectos evolutivos generados por la carena y la obra muerta

El marino y el aviador tienen algunas cosas en común:

- Se mueven dentro de fluídos sin tener contacto con medios sólidos.
- Direccionan sus móviles moviendo la parte trasera de las mismas con el fin de que la delantera se dirija en el rumbo deseado.
- No tienen freno.

Las diferencias radican en:

- El marino se mueve dentro de dos fluídos, el agua y el aire. Ello motiva que el marino deba neutralizar la resultante de dichas fuerzas externas para mantener un rumbo verdadero sobre el fondo.
- El piloto solo debe aplicar un abatimiento para compensar la deriva que le produce un solo fluído: el aire, pero el se desplaza en tres dimensiones en lugar de las dos en que lo hace el marino que navega en superficie.

De allí surgen los términos rumbo verdadero sobre el fondo (Rv o COG) y rumbo verdadero de la proa (Rvp). El ángulo que forma el Rv con la crujía (Rvp) es el denominado abatimiento y al aplicarlo se contrarresta una deriva que estaría sufriendo el buque si no lo aplicásemos.
Ello justifica el dicho: "el rumbo verdadero de un buque es una expresión de voluntad".

Como aproximadamente la diferencia de densidades entre el agua y el aire es de 800 veces, la resistencia que sufre la carena es muy superior a la que genera la obra muerta. Ello a motivado que hasta hace unos años, para velocidades de buques bajas y moderadas sólo se haya estudiado la más importante de ellas, la que provoca el agua al avance del buque.

Nota de los autores: *Hasta hace algún tiempo los ingenieros navales nor-*

malmente no prestaban mayor atención a las formas aerodinámicas de la mayoría de los buques, debido a las bajas velocidades que desarrollaban, lo que hacia despreciable el valor de la resistencia al avance que oponía el casillaje y obra muerta, prevaleciendo en muchos casos el factor económico sobre el aerodinámico y el estético.

Por eso las superestructuras de muchos buques, sobre todo de la década del 70' y 80', tenían formas cúbicas con refuerzos exteriores que tan feo aspecto presentaban, pero ello se hacía en aras de la economía en la construcción.

Ante el incremento de las velocidades dicha resistencia comenzó a tomar gran importancia.

Un dato interesante es la resistencia que el aire opone al avance de un buque que navegue a 40 ns. sin formas aerodinámicas, el que puede alcanzar el 10% de la resistencia total.

Entendemos entonces el porqué los buques rápidos tienen estructuras aerodinámicas.

Los **cinco puntos fundamentales** que se analizarán en esta sección serán:

- **CG : centro de gravedad:** Punto imaginario donde se aplica la resultante de la fuerza de gravedad de la tierra sobre toda la masa del buque. También sobre él debe considerarse que se aplica el empuje de la máquina propulsora.
- **Cr : centro de resistencia**: Punto imaginario sobre la crujía donde se proyecta el centro de presión de agua sobre la carena
- **Cp** : **centro de presión:** Punto imaginario en el centro geométrico del área mojada sobre el cual actúa la resultante de todas las resistencias que generan las moléculas de agua en la carena debido al movimiento del buque. Su proyección sobre el plano de crujía es el centro de resistencia: Cr
- **Cv** : **centro vélico:** Punto imaginario donde se aplica la resultante de todas las fuerzas producidas por el viento sobre la obra muerta.
- **Pp** : **punto pivote**: Punto imaginario sobre el plano de crujía, con múltiples posiciones según la forma en que opera el buque el cual, en trayectoria curvilínea, sufre solamente un

movimiento tangencial con respecto a la misma y donde el radio de la curva evolutiva corta perpendicularmente al plano de crujía.

Para el estudio del efecto que produce la resistencia del agua sobre la carena se considerará que las infinitas fuerzas que sobre la misma actúan quedarán simplificadas en sólo una resultante que actúa sobre lo que denominaremos centro de presión (Cp).

Cuando el buque se desplaza en una trayectoria rectilínea dicho Cp se encuentra en la roda, Fig. 1-a pero cuando el buque efectúa una trayectoria curvilínea, el mismo se desplaza hacia la amura exterior de la curva evolutiva. La proyección tangencial a la curva de centro de presión sobre el plano de crujía genera el otro punto llamado centro de resistencia (Cr)

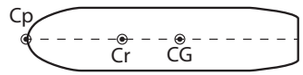


Fig.1a Buque en trayectoria rectilínea

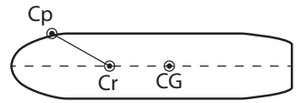


Fig.1b Buque en trayectoria curvilínea

El corrimiento hacia la banda del Cp crea una cupla evolutiva que puede ser del mismo sentido o contrario al momento evolutivo del timón. También puede no originar ninguno, como en el caso en que caiga sobre el CG.

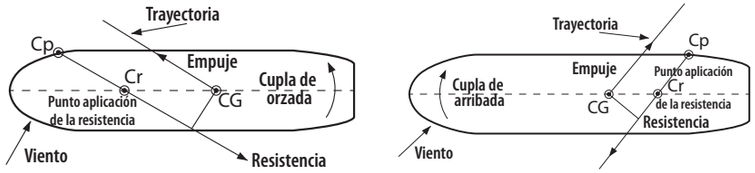
La resistencia de las semi carenas a proa y popa de la sección maestra ofrecen al movimiento resistencias directamente proporcionales a sus superficies, por lo tanto el extremo del buque que tenga mayor calado será el que ofrezca mayor resistencia al movimiento, obrando en forma parecida a un ancla de capa.

Si se analiza ahora la resistencia que produce el aire sobre la obra muerta se deberá realizar un análisis similar. Al punto de aplicación de las infinitas fuerzas que accionan sobre ella se denominará centro vélico (Cv) y su ubicación dependerá de la disposición que tenga la estructura o cubertada.

Tendencias evolutivas

Analizando en conjunto la acción de ambos puntos es posible

determinar cuales serán las tendencias evolutivas que se producirán.
Este análisis adquiere una gran importancia principalmente durante la maniobra, ya que permitirá adelantarse a las tendencias de caída que tendrá el buque
Pero el Cp también puede desplazarse hacia las amuras o aletas, en trayectorias rectilíneas, según sea el sentido de la estrepada del buque.
Esto provoca tendencias de guiñada que se denominan de orzada o arribada según lleven la proa o la popa al viento como queda demostrado en las Figs. 2-a y 2-b



Buque avanzando,
Fig.2a viento de la amura de babor Fig.2b mismo viento pero yendo atrás

Se observan las cuplas de fuerzas que se generan, donde el viento provoca cambios de rumbo por efecto de la resistencia del agua sobre la carena.

Buque avanzando
Obsérvese que el empuje de la máquina se produce en dirección paralela a la resistencia, pero con sentido opuesto, y aplicada sobre el centro de gravedad
Como la trayectoria del buque no coincide con el plano de crujía, se produce una cupla entre CG y Cr que tiende a llevar la proa al viento - tendencia de orzada.

Buque retrocediendo
Al contrario yendo el buque atrás el efecto es más importante, debido a las formas más llenas de la bovedilla y el mayor calado que normalmente suele tener la popa.
El valor de la resistencia será, para igual velocidad, bastante mayor a popa que a proa, ya que los finos de proa están diseña-

dos para "abrir" las aguas y los de popa para "cerrarlas".
La cupla generada tenderá a llevar la popa al viento – tendencia de arribada -.
Entonces se puede asegurar que cuando el buque, por efecto de ambas fuerzas "lleve su proa al viento" o sea: la lleve a barlovento, se dirá que orza
Contrariamente cuando "saque la proa del viento", o sea que la misma caiga a sotavento: se dirá que el buque arriba
Entonces y sólo por efecto de la carena, se pueden establecer los dos siguientes principios de maniobra:

Todo buque que avanza y deriva : orzará
Todo buque que retrocede y deriva : arribará

Esto lo hará en mayor o menor grado según la posición a la que caiga el Cr respecto del CG
Por ello el conocimiento aproximado de su ubicación es muy importante para el maniobrista; ya que le permitirá prever la reacción del buque en distintas condiciones.
Como conclusión práctica se puede entonces afirmar que todo buque que retroceda sobre el agua llevará su popa al viento, cualquiera sea la ubicación de su casillaje, siempre y cuando tenga suficiente espacio atrás para mantener dicho sentido de retroceso el tiempo necesario.
El buque se ha convertido en un "móvil de tracción delantera" donde es la popa la que tira de él y no lo empuja, y la proa rabeará buscando el sotavento.
Si el viento es suficientemente fuerte, ni los efectos laterales indeseados de la hélice ni la presión normal del timón – que estará ubicado en esa situación a "proa de la hélice"–, serán capaces de contrarrestar la tendencia de arribada.
Y como regla nemotécnica puede recordarse:
El extremo del buque que avanza irá hacia el viento.
Agréguese ahora otro punto a los efectos evolutivos que genera la carena, el Cv.
La posición que adopte el mismo podrá incrementar o disminuir los efectos evolutivos producidos por la carena.
Para una mejor comprensión conviene que identificar dos situaciones diferentes:

- **Buque detenido sobre el agua**
- **Buque desplazándose sobre el agua**

Buque detenido sobre el agua

Un buque puede estar detenido sobre el agua pero moviéndose sobre el fondo, flotando sobre una corriente de sentido y velocidad constante.

En ese caso el Cr estará coincidiendo con su baricentro B.

Su centro vélico se desplazará hacia el extremo que tenga mayor área expuesta al viento, y ello dependerá de la ubicación de sus superestructuras y trojas o cubertadas y de su asiento

Obsérvense las Figs. 3-a, 3-b y 3-c de buque con casillaje a popa

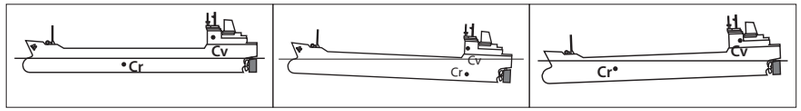


Fig.3a Evolución por viento con asiento cero Casillaje a popa

Fig.3b Evolución por viento con asiento Positivo Casillaje a popa

Fig.3c Evolución por viento con asiento negativo Casillaje a popa

En el primero de los casos, al estar el Cr ubicado a proa del Cv el buque tenderá a orzar. Dicha tendencia disminuirá a medida que el buque se apope.

La situación del segundo caso podría ser una situación de equilibrio. El buque recibiría el viento por el través sin tendencia de caída a ninguna de las bandas.

En el tercero de los casos la tendencia de orzada sería mucho mayor que en el primer caso ya que el brazo de palanca generado será mucho mayor.

Véase ahora las Figs. 4-a , 4-b y 4-c de buque con casillaje a proa

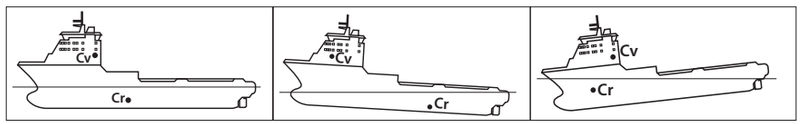


Fig.4a Evolución por viento con asiento cero Casillaje a proa

Fig.4b Evolución por viento con asiento Positivo Casillaje a proa

Fig.4c Evolución por viento con asiento Negativo Casillaje a proa

En el primer caso el buque tendrá una posición de equilibrio recibiendo el viento por popa del través, o sea tenderá a arribar.

En el segundo caso, al haber aumentado el brazo de la cupla, la tendencia de arribada se incrementará.

Si el buque está muy aproado, su posición de equilibrio cambiará radicalmente, pudiendo llegar a tener una tendencia de orzada si su Cr se sitúa a proa del Cv.

La posición de equilibrio detenidos sobre el agua la alcanzarán cuando el centro vélico y el centro de resistencia estén ubicados sobre la misma vertical, o sea no se genere ninguna cupla

Si la superestructura es simétrica, caso que se da, y sólo en forma aproximada, únicamente en los "*car-carriers*" y algunos modernos porta contenedores o buques de pasaje, el mismo estará ubicado muy próximo a la sección maestra.

En este caso el viento no modificará significativamente los efectos estudiados en momentos evolutivos de la carena.

Buque desplazándose sobre el agua

Hasta aquí se ha visto el efecto evolutivo de la carena cuando es aplicada en su centro de gravedad, una fuerza que la impulsa, (empuje del propulsor) y una resistencia a ese impulso aplicada en el centro de resistencia de la carena, ambas de igual dirección pero sentidos opuestos.

Cuando la dirección con que sopla el viento real coincide con el sentido rectilíneo con que se desplaza el buque, su incidencia será solo la de disminuir o aumentar la velocidad según su sentido (viento de proa o popa respectivamente), ya que el centro de resistencia y el centro vélico se encontrarán sobre el plano de crujía y con direcciones paralelas entre sí (considerando buques transversalmente simétricos).

En un buque con el casillaje a proa tipo supply-vessel, algunos *roll-on/roll-off*, buques semi sumergibles, etc. el mismo estará desplazado hacia proa de la sección maestra.

En este caso los vientos cruzados provocarán seguramente un efecto de arribada.

Cuando el buque en cuestión sea un buque tanque, *bulk-carrier* o algunos *roll-on/roll-off* que tengan su casillaje en la popa, el centro vélico estará desplazado a popa de la sección maestra.

En este caso la tendencia será seguramente de orzada, salvo apo-

pamientos extremos.
Pero cuando el viento real no coincida con la dirección de avance del buque, dicho centro vélico generará cuplas de orzada o arribada con respecto al centro de resistencia, de acuerdo a donde se ubiquen las mayores áreas de las superestructuras.
Cuando el buque se mueve sobre el agua las dos fuerzas intervinientes – resistencia y empuje –ubicarán otro punto, también imaginario, denominado punto pivote (Pp), que será el que determinará la tendencia de caída que tendrá el buque.

Nota de los autores: *Véase más detalles sobre el punto pivote en el capitulo relacionado al mismo*
En la Fig. 5-a se muestran los puntos que intervienen en este análisis.

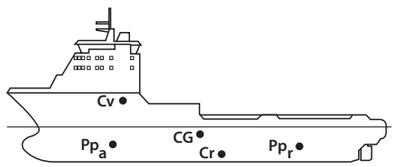


Fig.5a Buque desplazandose, puntos de análisis

Buque con centro vélico a proa
Considerando que el **punto pivote** se corre hacia el extremo del buque hacia el cual el buque se mueve con el buque avanzando, si el centro vélico está ubicado muy a proa y si el *bollard pull* del viento fuera muy importante, Fig. 5-b puede llegar a neutralizar la tendencia de orzada y convertirla en arribada.
Y en la Fig 5-c, con el buque retrocediendo, la tendencia de arribada será muy importante y el buque llevará la popa al viento

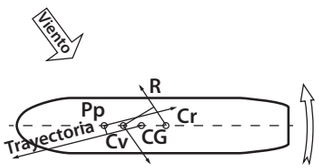


Fig.5b Buque con centro vélico Cv a proa avanzando

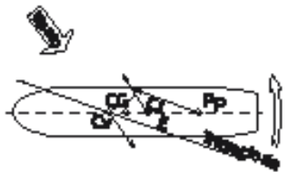


Fig.5c Buque con centro vélico Cv a proa retrocediendo

con presteza
Buque con centro vélico a popa
En la Fig 6-a se muestran los puntos que intervienen en éste análisis.

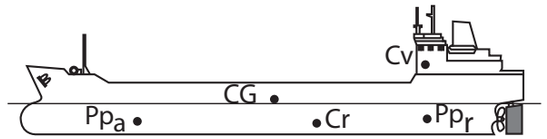


Fig.6a Buque desplazándose, puntos de análisis

En la Fig. 6-b cuando el buque avanza sobre el agua la tendencia de orzada será importante. Será mayor que cuando el buque está detenido debido al corrimiento hacia proa del punto pivote.
En la Fig. 6-c cuando el buque retrocede la tendencia de arribada será mucho menor que si el centro vélico estuviera a proa de la sección maestra debido a que las cuplas tienen sentido opuesto

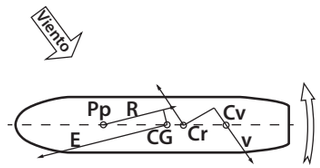


Fig.6b Buque con centro vélico Cv a popa avanzando

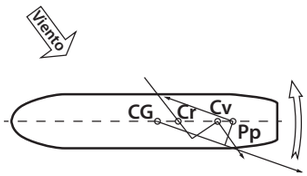


Fig.6c Buque con centro vélico Cv a popa retrocediendo

Evidentemente son tantas las variantes que se pueden presentar sobre la trayectoria que puede seguir un buque por efecto de las fuerzas externas que es imposible predecirlas en general, debiendo ser la observación constante la que proveerá la experiencia a su Capitán que le permitirá determinar cuál será el comportamiento que su buque seguirá en cada oportunidad.
Lo que sí le permitirá sacar conclusiones correctas será analizar previamente cuales son las condiciones de estado de carga y asiento del buque y cuáles son las fuerzas externas que actuarán sobre él para poder así predecir su posible comportamiento.

Conclusiones prácticas:

- Si el buque está aproado y avanzando su gobierno será difícil. Al buque le costará mantener un rumbo rectilíneo, su curva evolutiva se reducirá, su Pp se desplazara más hacia proa y será difícil detener las caídas. Dicho efecto se verá magnificado en caso de que el timón y la hélice no se encuentren totalmente sumergidos
- Si el buque está muy apopado y avanzando mantendrá con facilidad una trayectoria rectilínea, su Pp se desplazara hacia popa, le costara iniciar una caída, su curva evolutiva será tanto mayor cuanto más grande sea el apopamiento.
- Si el buque está retrocediendo y está apopado, tenderá a llevar la popa al viento, o sea a arribar. Esta tendencia se incrementará a medida que aumente el apopamiento.
- Si el buque está retrocediendo y está aproado, dicha tendencia disminuye por efecto del corrimiento hacia popa del centro vélico, la pérdida de eficacia del timón y el incremento de los efectos laterales de la hélice.

Efecto evolutivo provocado por la escora

Un buque flotando recibe infinitos empujes hidrostáticos producidos por otras tantas moléculas de agua sobre su carena. Pero no todas ellas lo mantienen a flote.
Las que actúan sobre sus costados, que tienen igual dirección pero sentido inverso, lo que hacen es tratar de aplastar el casco.

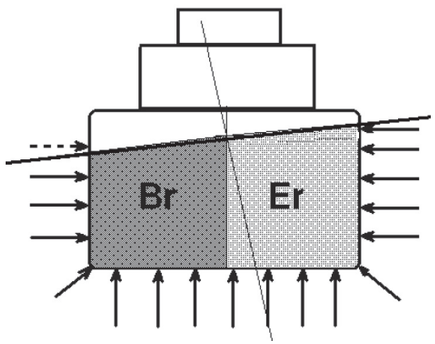


Fig.7 Efecto provocado por la escora

Ellas están contrarrestadas por las estructuras rígidas del casco.
En cambio las verticales que tienen un sentido de abajo hacia arriba son las que sostienen el buque y lo hacen flotar
Cuando un buque en movimiento está escorado como lo muestra la Fig. 7, se desequilibran los empujes laterales sobre sus costados, el sumergido será mayor debido a su mayor área.
Esa diferencia de empujes, de igual dirección pero diferente sentido, provocan una tendencia de caída hacia la banda emergida.
Dicha tendencia tiende a disminuir a medida de que aumente el coeficiente de bloc , finos de proa más llenos, tipo cape size, debido a las proa “cilíndricas” o “U” que los mismos poseen, haciendo disminuir dicho efecto, pudiendo en casos extremos llegar a revertirse, como el de una barcaza de empuje de forma prismática.
En dicho caso la presión generada por el frente de avance de la semi sección maestra de la carena de la banda sumergida superará la diferencia de presiones laterales sobre los costados debido a la escora, y el buque tenderá a caer hacia la banda sumergida.
En el caso de los cape size (Cb > 0,91), el efecto puede incrementarse en aguas someras debido al aproamiento que se produce por *squat* que incrementa el volumen de la semi carena que se encuentra a proa de la sección maestra. Por ello estos suelen ser buques direccionalmente inestables
Esto sucede tanto en marcha atrás como en marcha adelante.
Si es el viento el que provoca la escora, en marcha avante el buque aumenta la tendencia a orzar.

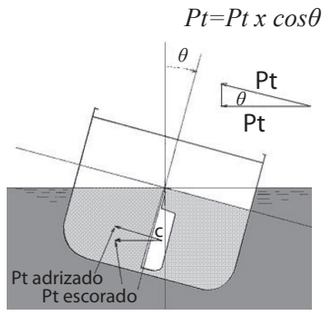


Fig.8 Aumento de efecto por disminución de presión en el timón

En un buque convencional, la escora dificulta el giro del buque a la banda que está escorado.
A este efecto resulta necesario sumarle la disminución de la presión transversal (Pt) que sufre el timón debido a la escora. Fig. 8
A esto debe estar atento el maniobrista cuando desee caer hacia la banda de escora en un buque con un Cb que no sea alto, pues tendrá una curva evolutiva superior a la de protocolo.

Efecto del mar

En altamar son dos los tipos de oleajes que pueden encontrarse:

- **El oleaje ocasionado por el viento: la ola originada por el viento o mar sorda (*wave*)**
- **La ola tendida o de leva (*swell*).**

En el primer caso, por coincidir la dirección del viento con el del mar, la posición de equilibrio será la que ya ha sido tratada.
En el segundo caso el buque podría estar recibiendo dos o más trenes de olas.
Uno de ellos corresponderá al viento imperante, si lo hay, y él o los otros al de leva.
De acuerdo a la fuerza del viento imperante y a la altura de las olas que el origine, y la altura de la/s ola/s de leva que reciba, será la posición de equilibrio que adopte el buque.
Se puede afirmar en forma general, que los buques convencionales encuentran su posición de equilibrio atravesados al sentido de las olas de leva, recibiéndolas entre el través y la aleta.

Posición de equilibrio al perder arrancada

En muchas oportunidades se deben realizar tareas que exigen tener el buque en tales condiciones, por lo que es muy conveniente saber prever cuál será la posición final que adoptará, con el fin de que el buque se mantenga con una posición lo más próxima posible a la de equilibrio y de esa forma facilitar la maniobra y ganar tiempo para mantener un sotavento en una de sus bandas.
Cada buque tiene su posición de equilibrio de acuerdo a su diseño, estado de carga y asiento.
La misma puede variar en zonas de bajo fondos con corrientes

cambiantes de dirección y/o velocidad. Fig. 9

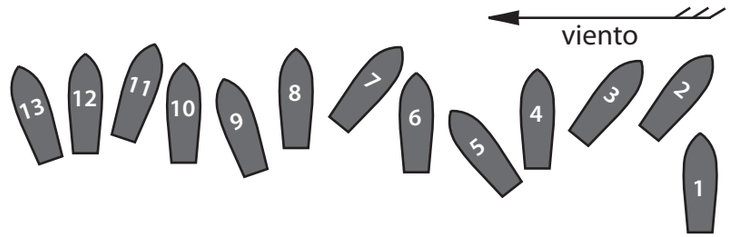


Fig.9 Búsqueda de la posición de equilibrio al detenerse

Supongase un buque que navega avante con viento del través de Er y detiene sus máquinas manteniendo el timón a la vía (posición 1)
Como todo buque que avanza y deriva, orzará llevando su proa al viento buscará la posición 2.
Irá perdiendo gradualmente su arrancada, ayudado también por el viento que lo recibirá a proa del través.
Cuando se detenga, posición 3, el viento lo hará retroceder, además de derivar, posición 4, comenzando a arribar, hasta que comience a recibir el viento por popa del través.
Esto lo frenará en su retroceso, posición 5.
Entonces el viento nuevamente lo hará avanzar y derivar, por lo que orzará, posiciones 6 y 7
Repetirá este ciclo de forma cada vez más atenuada hasta detenerse en una posición de equilibrio, recibiendo el viento desde una dirección del través, corrido más hacia proa o popa según esté desplazado el centro vélico de su obra muerta, posiciones 8, 9, 10, 11 y 12 respectivamente.
Si ésta fuera totalmente simétrica longitudinalmente, no lo recibirá tampoco a 90º de su crujía sino ligeramente a popa del través, debido al "efecto ancla de capa" que provoca la hélice y el timón.

Nótese que la hélice, el timón, diferencias de finos de proa y popa y asiento son las asimetrías de la obra viva, y la hélice se comporta como un ancla de capa

La ubicación del casillaje, palos, plumas o grúas, tapas escotilla, etc. son las asimetrías de la superestructura.
Estas diferencias harán que el viento no se ubique exactamente en el través sino que lo haga hacia la amura o aleta según se corra el centro vélico hacia popa o hacia proa de la sección maestra respectivamente

CAPÍTULO XIII

Maniobrando un monohélice

Maniobrando un mono hélice

Se analizarán los momentos evolutivos que se producen en **un mono hélice dextrógiro de pala fija - FPPRH,** según los empujes generados con su propulsor y la ubicación que tenga su timón.

En caso de que el buque posea un propulsor de otras características deberán adecuarse las fuerzas intervinientes a las mismas (FPPLH – CPPRH – CPPLH). Se debe tener presente que los buques dotados con hélices FPP o APP (*Adaptable Pitch Propeller*) cambian su sentido de giro cuando dan atrás.

Para ello se utilizará un método gráfico: un diagrama de vectores. El mismo permite conocer cual será la dirección, sentido y magnitud con que se moverá un punto en el espacio cuando sobre el actúan simultáneamente diversas fuerzas.

En el trazado de un diagrama de vectores se deberá partir del punto considerado colocando una de las fuerzas implicadas respetando su sentido y longitud, sobre el extremo opuesto partirá otra de las fuerzas aplicando el mismo criterio y así sucesivamente hasta haber sido dibujadas todas. A continuación, uniendo el punto inicial con el extremo opuesto de la última fuerza obtendremos el movimiento resultante que sufrirá el punto en cuestión donde han sido aplicadas las respectivas fuerzas.

Cabe destacar que carece de importancia el orden en que las fuerzas sean dibujadas, pero que si es de vital importancia respetar lo más fielmente posible el sentido y la longitud de cada vector.

Abreviaturas que utilizaremos en los siguientes gráficos

E	Dirección hacia donde está ejerciendo el empuje la hélice
Elp	Efecto lateral indeseado de las palas de la hélice
Cepa	Corriente de expulsión de las palas ascendentes de la hélice
Cepd	Corriente de expulsión de las palas descendentes de la hélice
Pn	Presión normal que los filetes líquidos ejercen sobre la cara activa del timón
R	Resultante del diagrama de vectores. Indica hacia donde se desplazará la popa
Ca	Componente avante - movimiento del buque hacia adelante.
Cat	Componente atrás - movimiento del buque hacia atrás

I) Buque con arrancada avante y máquinas atrás

Este es uno de los casos más importantes en este estudio, debido a que es la maniobra a la cual se apela usualmente para evitar un riesgo por proa en una emergencia.
El desconocimiento de como intervienen las distintas fuerzas en este caso es usualmente el motivo que provoca muchos accidentes.
Como es de suponer en este caso son infinitas las variaciones de intensidades y direcciones que se producirán desde el momento en que se ordena toda fuerza atrás hasta que la hélice alcanza sus máximas RPM en dicho sentido.
Por ello es que para un más claro análisis tomaremos en consideración solo dos situaciones:

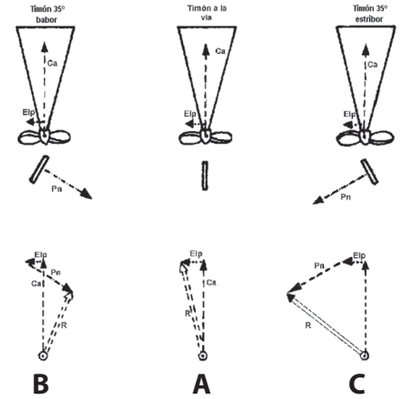
1. Cuando la hélice comienza a dar atrás (sin ')
2. Cuando la hélice alcanza sus máximas rotaciones atrás (con ')

Quedando las fuerzas actuantes en cada una de ellas quedarán diferencias con el tilde.

Situación 1

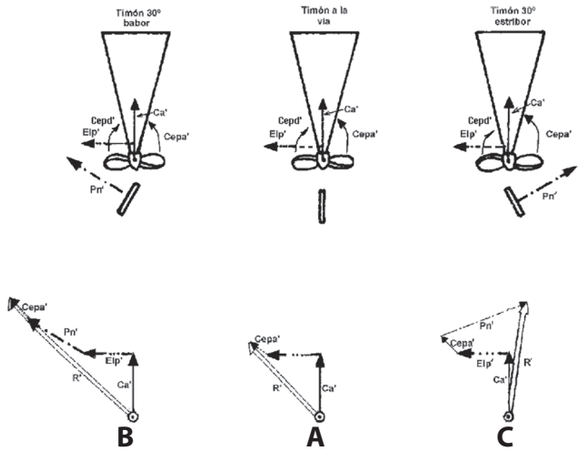
En el caso A la proa del buque caerá a estribor debido a la incipiente aparición de **Elp** mientras que la componente de avance

Ca disminuirá – el buque irá perdiendo estrepada -.



En el caso B al principio la proa caerá a babor debido al mayor efecto que tendrá la fuerza **Pn** respecto **Elp**. Esto se debe a que en un primer momento predominan los filetes líquidos originados por el avance del buque. Pero observemos que **Elp** tiene sentido opuesto a **Pn** lo que disminuye el momento evolutivo del timón.
En el caso C **Pn** y **Elp** tienen igual sentido por lo que la caída será más notable.

Situación 2.



El buque a disminuido sensiblemente su estrepada como lo muestra la componente **Ca'**.

En el caso A observamos el incremento de la fuerza **Elp'** debido al efecto de poco calado (diferencia de densidades del agua entre el semicírculo superior e inferior del disco de la hélice), a lo que se le suma la llegada de la corriente helicoidal de descarga a la bovedilla de estribor **Cepa'**, presionando sobre la misma, mientras que la **Cepd'** pasa por debajo de la quilla si producir efecto alguno. El ROT se incrementa a medida que **Ca'** disminuye.

En el caso B observamos igual que en "A" el incremento de **Elp'** y la aparición de **Cepa'**, pero en este caso ya se comienza a notar el efecto de la corriente de aspiración de la hélice sobre la cara de popa del timón representada por **Pn'**. Al actuar todas las fuerzas en el mismo sentido van produciendo un aumento notable del ROT a estribor.
En el caso C, de igual manera que en "A" y "B", ha crecido **Elp'** y actúa **Cepa'**, pero aquí **Pn'** actúa en sentido contrario, disminuyendo la cadencia de caída a estribor. Podemos deducir que si el buque comenzara a retroceder, Pn' aumentaría debido que a la corriente de aspiración de la hélice se le sumarían los filetes originados por la estrepada atrás.
Si colocamos el timón con anterioridad a la inversión de la máquina lograremos una caída inicial a babor más franca.
Dicho valor dependerá de la antelación con que pongamos el timón a babor previamente a invertir la máquina, ya que de esa forma acentuaremos en más o menos la inercia a babor que tendrán que vencer las fuerzas **Elp** y **Cepa**
Si como en el caso C el timón está colocado a estribor al principio el buque cae francamente a estribor y continuará su caída con fuerza en los primeros momentos ya que la fuerza **Pn** se suma a las fuerzas **Elp** y la naciente **Cepa**.
A medida de que Pn vaya disminuyendo e incrementándose Pn' dicho ritmo de caída irá haciéndose más lento hasta poder llegar a detenerse y comenzar una caída a babor lenta si el buque adquiere buena arrancada atrás.
El buque se puede llegar a detener su marcha con un arrumbamiento de unos 20 a 30º a estribor del rumbo inicial, pero se pueden dar también el caso de que la caída inicial a estribor no se

detenga y continúe lentamente.
Si en el momento en que estimamos que comienza a tomar injerencia **Pn'** y se acentúa la fuerza **Cepa**, invertimos el timón, colocándolo a babor, acentuaremos la caída de la proa a estribor pudiendo de esa forma llegar a detener el buque con un rumbo prácticamente atravesado al inicial.
Se observarán grandes diferencias según varíe la velocidad que lleva el buque y la potencia de máquinas que se aplique en la marcha atrás, ya que en base a eso será la relación de fuerzas que más predomine.
Cuanto más lenta sea la velocidad inicial del buque y mayor sea la velocidad de la hélice en la máquina atrás, más rápidamente se sentirán los efectos de la corriente de expulsión de las palas ascendentes **Cepa** y la presión normal **Pn'** sobre la cara de popa del timón

Habiendo analizado las fuerzas que actúan en la popa en distintas situaciones podemos definir cuales deberían ser las órdenes de timón necesarias para lograr determinados momentos evolutivos que nos permitan salir de una situación comprometida.

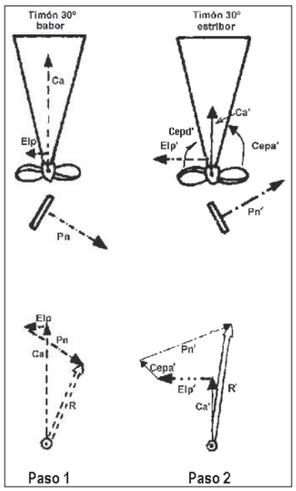
Maniobras de emergencia

Detener un buque cuando se desee que no se aparte mucho del rumbo inicial

Esta situación se presenta cuando el buque se encuentra navegado en aguas restringidas lateralmente, por ejemplo un canal o río angosto, y por emergencia debemos detenernos tratando de recostar el buque contra veril o costa evitando varar. En este caso deberemos resignar la distancia de frenada en aras de no perder el arrumbamiento que traíamos.

1. Se mete timón a la banda a la banda de babor
2. Aguardamos que la caída se inicie y se ordena toda máquina atrás.
3. Se pone nuevamente timón a la vía
4. La caída a babor irá disminuyendo por efecto del Elp, hasta comenzar un ROT a estribor en aumento.
5. Si fuera necesario y como el buque ya habrá perdido estre-

pada avante por lo que comenzará tímidamente a responder al timón en máquina atrás se lo puede cambiar a estribor para aprovechar Pn' y frenar su caída a estribor.

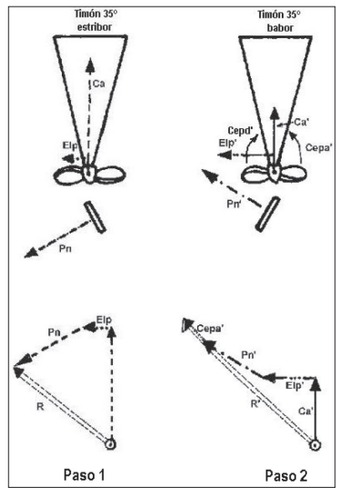


La justificación teórica de este procedimiento es la siguiente:
Al aplicar timón a babor generamos una inercia de caída a dicha banda la que será paulatinamente anulada por el **Elp**.
El valor de dicha caída no deberá ser muy grande (5 a 10º aproximadamente).
El **Elp** deberá consumir un esfuerzo en detener dicha caída para provocar una a estribor, pero mientras eso sucede el buque habrá perdido estrepada.
Cuando su velocidad ya sea escasa podremos utilizar timón con su reacción en máquina atrás para aumentar o disminuir la misma,

Detener un buque cuando se desee que se aparte lo más posible del rumbo inicial

Esta es una situación que puede ser aplicada cuando tenemos aguas laterales libres y nos permitirá disminuir el valor del avance a 90º debido al incremento de la manga aparente ya que obligamos al buque a que avance de ronza con respecto al rumbo inicial.

1. Se pone todo estribor.
2. Se espera que el buque inicie su caída y se ordena máquina atrás toda fuerza
3. Se observará que el buque va disminuyendo su ROT a estribor debido al aumento de la corriente de aspiración de la hélice sobre la cara de popa del timón a medida que la hélice alcanza sus rotaciones máximas y que el buque pierda estrepada.
4. Se pone entonces todo timón a babor para aprovechar la Pn' e incrementar el ROT.



La justificación teórica de este procedimiento es la siguiente:
La física nos enseña que todo cuerpo en movimiento tenderá a seguir en dicho estado salvo que haya una fuerza que se oponga al mismo. En consecuencia el **CG** de un buque en trayectoria rectilínea tratará de seguir la misma salvo que generemos una fuerza que lo obligue a convertirse en una curvilínea.
Si sólo dejamos el timón a la vía al poner toda fuerza atrás la única fuerza que actuará será el **Elp**.
Lo que se consigue con esta maniobra es acelerar ese cambio de trayectorias agregando el momento evolutivo del timón que es muy importante cuando el buque tiene una importante estrepada avante.
Ahora veamos el porqué disminuimos la distancia de detención.

Supongamos un buque de las siguientes características:
Eslora: 200 m. Manga: 30 m. Calado 10 m.
Si el buque avanza en línea recta su frente de avance será de 300 m^2.
Si logramos hacerlo avanzar de ronza el área de avance crecerá proporcionalmente de acuerdo al seno del ángulo que forme entre el **Rvp** y el Rumbo Inicial.
Pongamos como ejemplo que logramos una caída de 60º, el seno correspondiente es 0,866

$$\textit{Frente avance} = \textit{Eslora} \times \textit{seno}\ 60^0 => 200\text{m} \times 10\text{m} \times 0{,}866 = 1732\text{m}^2$$

La diferencia del área que presentará resistencia queda claramente notada.

Esquivar un peligro que se encuentra a una distancia de la roda menor al avance del buque a 90º

Esta es otra de las maniobras que todo marino debe tener en mente adecuada para el barco que tripula.
En el caso que un peligro u objeto (un tronco semi sumergido, bote de un pescador, etc.) no detectado por radar, aparezca a fil de roda y que el mismo se encuentre a una distancia de la roda menor al avance del buque a 90º, aplicar el timón a una banda solo evitará colisionarlo por proa, pero lo hará en algún lugar de su eslora debido al avance de ronza.
Esta maniobra, vulgarmente denominada "verónica", se debe realizar de la siguiente forma:

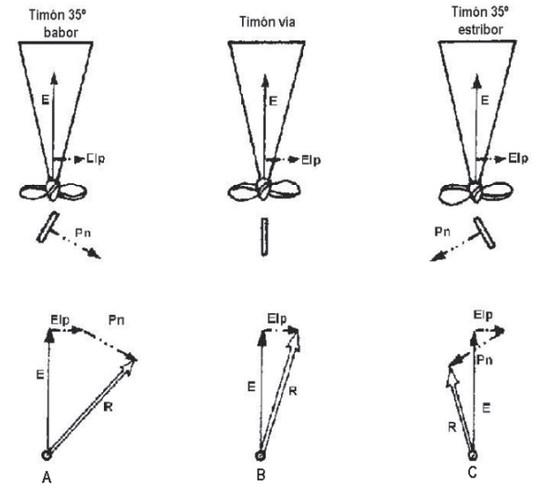
1. Como el buque que analizamos es dextrógiro, su caída a babor será más ágil que a estribor, por lo tanto si el peligro esta justo en proa será conveniente la caída a babor.
2. Muchas situaciones de riesgo son evitadas incrementando la potencia de máquinas ya que de esa forma se logra aumentar la Pn sobre el timón y consecuentemente el momento evolutivo. Por lo tanto si nos queda una reserva de potencia se debe utilizar.
3. Cuando el peligro se encuentre entre 10 y 15º por la amura y a una distancia de la roda entre una y dos esloras cambiar el timón a la otra banda.

La justificación teórica de este procedimiento es la siguiente:
En primera instancia se saca el objeto de la proa, la popa rabea a estribor para luego, al cambiar de banda el timón se anula dicho rabeo permitiendo que el objeto pase rozando por la banda.
Se deben tener presentes con el fin de ajustar la maniobra los siguientes aspectos:

- Tiempo que transcurre desde que el timón pasa de una a otra banda.
- Inercia giratoria que normalmente tiene ese buque.
- Ubicación aproximada del punto pivote debido al margen de seguridad con que se está navegando.

Nota de los autores: *Bajo ningún concepto en esas circunstancias se debe dar máquina atrás*

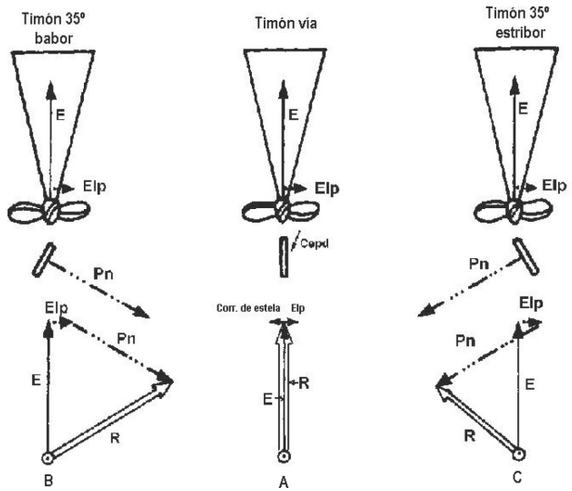
II) Buque que aplica toda fuerza avante partiendo de reposo



Estamos aquí en la situación común de iniciar la navegación luego de estar detenidos (amarrados, fondeados o gareteando)
A) Estando el timón a la vía, el efecto lateral de las palas **Elp** tiene una pequeña tendencia de llevar la popa a estribor que es más acentuada cuando se aplica mucha potencia inicial y en los primeros momentos mientras el buque toma arrancada.
A medida que la velocidad aumenta esa tendencia irá disminu-

yendo hasta desaparecer.
En los casos B y C, si el timón ha sido metido a una banda con anterioridad a darse la orden a máquinas, y se aplica una buena potencia inicial, la presión normal **Pn** en la cara activa del timón provocará un gran efecto evolutivo superior al avance, sobre todo en buques de gran porte sin gran potencia de máquinas. Pero siempre responderá mejor en las caídas a babor como lo muestra la figura B debido a que se le suma el efecto lateral del las palas **Elp** al efecto del timón **Pn**.
Saber aprovechar la pereza del buque en tomar estrepada para provocar una caída con un menor radio evolutivo es una habilidad que se debe desarrollar. Con ello se logra girar un buque de porte en espejos de agua reducidos, debiéndose, en dicho caso, estar muy atento a la arrancada que vaya adquiriendo el buque.
Es distinta la situación cuando el buque navega a su máxima velocidad y se le aplica timón, ya que allí la "pereza" será la que retarda el apartamiento del buque de su derrota inicial, jugando en dicho caso de enemiga

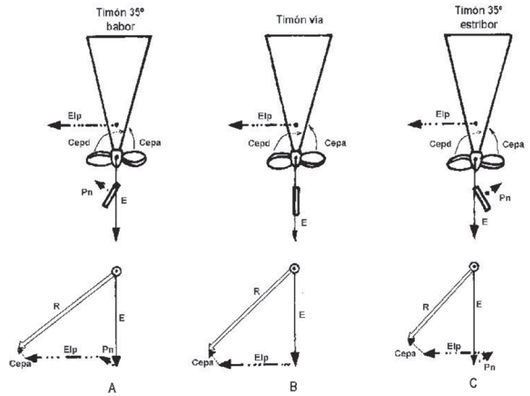
III) Buque con estrepada adelante y máquina avante



Caso A: cuando el buque haya tomado velocidad y mantenga el timón a la vía la tendencia de caída a babor desaparecerá anulada

por el efecto de la corriente de estela.
Caso B: si coloca el timón a babor, la presión normal sobre la pala del timón **Pn** se sumará al efecto lateral de las palas de la hélice provocando un momento evolutivo mayor que si la caída fuera a estribor.
Caso C: si en cambio el timón es colocado a estribor, el **Elp** se restará a la **Pn** produciendo una resultante **R** menor, consecuentemente el momento evolutivo será menor que a babor.
Es por ello que los mono-hélices dextrógiros tienen una curva evolutiva generalmente un 10% menor a babor que a estribor.

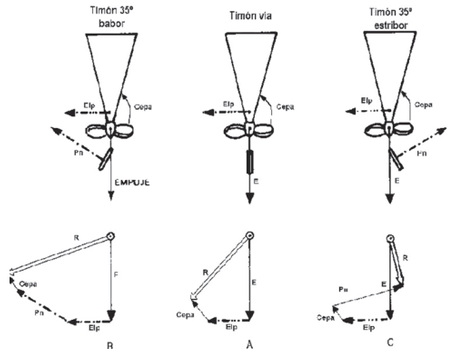
IV) Buque con máquina atrás toda fuerza partiendo de reposo



Caso A: podemos observar claramente el efecto que produce **Elp** que provoca una clara caída de la popa a babor. A este efecto se suma la descarga de la corriente de expulsión **Cepa** de las palas ascendentes que llega de inmediato sobre la bovedilla de estribor mientras que la corriente de expulsión de las palas descendentes **Cepd** dirigen su descarga por debajo de la quilla perdiendo así empuje.
Caso B: cuando colocamos el timón a babor sumamos la presión normal **Pn** que producen los filetes líquidos de la corriente de aspiración sobre la cara de popa del timón, incrementando levemente efecto evolutivo de llevar la popa a babor.
Caso C: el timón a estribor genera un efecto Pn que no alcanza a contrarrestar la tendencia de llevar la popa a babor, ya que la

fuerza que ejercen los filetes líquidos de la corriente de aspiración es muy pequeña.

V) Buque con estrepada atrás y máquina atrás toda fuerza



En estos casos se nota un aumento significativo del efecto que los filetes líquidos Pn ejercen sobre la cara de popa del timón. Los mismos provienen de la corriente de aspiración y de los filetes originados por la velocidad retrógrada del buque.

Caso A: la popa irá a babor debido únicamente a los efectos **Elp** y **Cepa**.

Caso B: a dichos efectos se suma la fuerza **Pn** aumentando la tendencia llevar la popa a babor.

Caso C: solo **Pn** se hace lo suficientemente importante como para neutralizar o aún superar las demás fuerzas opuestas cuando la velocidad hacia atrás sea lo suficientemente importante. En ese caso la popa podrá comenzar a tener una tendencia a estribor.

En los casos IV) y V) podemos asegurar que:

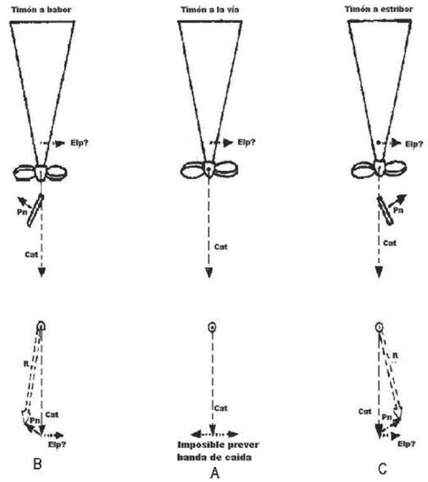
- Todo buque que se encuentre detenido y dé máquina atrás caerá su proa a estribor a pesar de que con anterioridad haya puesto su timón a estribor.
- A todo buque que retroceda y continúe dando máquina atrás le será muy difícil evitar la caída de su proa a estribor poniendo todo el timón a estribor, salvo que su velocidad retrógrada sea lo suficientemente grande.

VI) Buque con arrancada atrás y máquina avante

Debemos destacar dos situaciones:

1. Cuando comenzó a girar la hélice en marcha avente
2. Cuando alcanzó las rotaciones ordenadas

Situación 1



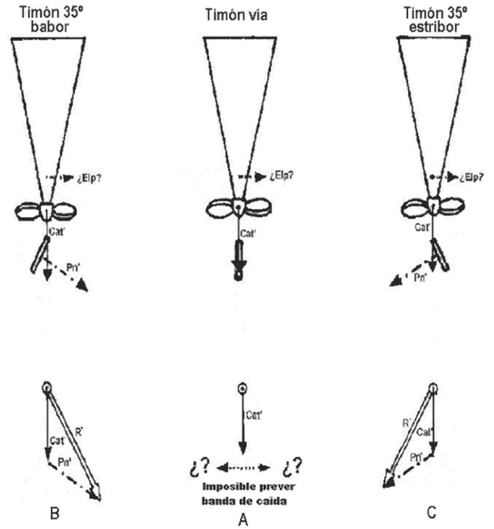
Caso A: aquí es necesario tomar en consideración cuál era la tendencia de caída que previo a poner máquina avante tenía el buque ya que como se vio el **Elp** en marcha avante es pequeño. Si el buque tenía arrancada atrás lograda por sus propios medios, seguramente su popa se encontraba yendo a babor. Otra posibilidad es que estuviese siendo remolcado por popa a fil de codaste. Mientras que en el primer caso no se puede determinar cuanto demorará el **Elp** en frenar la tendencia, en el segundo seguramente la respuesta sea más rápida

En estos tres casos la fuerza **Elp**, que como se dijo en marcha avante es pequeña, se encuentra totalmente alterada por estar recibiendo los filetes líquidos producidos por el retroceso del buque en la cara de popa de la hélice, mientras que en las de proa se encuentra una zona de turbulencias, donde los filetes líquidos de la corriente de aspiración le llegan totalmente alterados.

Caso B: la fuerza **Pn**, posiblemente pequeña, salvo de que el

buque tuviera gran arrancada atrás, intentará llevar la popa a babor por poco tiempo, ya que a medida de que la corriente de expulsión de la marcha avante se comience a incrementar la fuerza **Pn'**, la tendencia de llevar la popa a estribor dominará.
Caso C: sucede exactamente a la inversa, con la única diferencia es que si el buque, en su retroceso tuviera una tendencia de su popa a babor, y su velocidad retrógrada pequeña, la componente **Pn** será mínima y no logrará cambiarla.

Situación 2



Ahora la corriente de expulsión de la hélice llega con fuerza sobre el timón predominando ciertamente sobre las otras.
Caso A: al no generarse **Pn'** alguna no se puede determinar el tiempo que demore el **Elp** de actuar sobre la tendencia de caída que puede tener el buque
Casos B y C: lo que podemos asegurar en estos dos últimos casos es que el efecto de la corriente de expulsión actuará rápidamente sobre la cara de proa del timón sobreponiéndose a la **Pn** producida por los filetes líquidos originados por la velocidad retrógrada del buque provocando la caída de la proa hacia la banda de metida del mismo.

Un poco de historia y futurología sobre sistemas no convencionales

Propulsores *Voith Schneider ® y Schottel ®*
El ingeniero vienés Ernest Schneider perfeccionaba en 1925 el revolucionario sistema de propulsión para buques que denominó rotor cicloidal. No era una idea novedosa, ya que desde finales del XIX numerosos científicos e ingenieros trabajaban en la propulsión a base de ejes verticales o cicloidales (C.Oetling, G.Koch, G. Wellner).
Para comprobar su viabilidad práctica Schneider recurrió a una conocida saga de eficientes mecánicos, establecidos desde el año 1825 en la ciudad alemana de Heidenheim. El fundador de aquella empresa, Johann M. Voith, había comenzado su actividad en el ramo de la cerrajería, pero en 1913 se lanzó al diseño y fabricación de maquinaria para la industria papelera.
Desde 1917, Voith venía trabajando sobre diversos modelos de turbinas, en particular las entonces novedosas turbinas diseñadas por Víctor Kaplan para la generación de electricidad, así como en maquinaria para ferrocarriles. La elección de Ernest Schneider para desarrollar su invento fue correcta ya que pocos como Voith estaban en Europa tan familiarizados con la dinámica de fluídos y sus aplicaciones prácticas. En el fondo, el negocio de Voith giraba en torno a las habilidades de un conjunto de palas para mover líquidos o bien de su eficiencia a la hora de recoger la energía de un fluído (gases o agua) y transformarla en movimiento.
Voith fue seducido por las ideas del austriaco y juntos construyeron en 1928 el primer propulsor cicloidal para instalarlo en un bote, bautizado como "Uhu", que navegó por el Rin satisfactoriamente. Entre tanto, la empresa norteamericana Boeing desarrollaba el mismo principio, asociada al profesor de la Universidad de Washington, Frederick Kirsten.
El propulsor cicloidal *Voith Schenider* estaba ideado para las aguas tranquilas de ríos y canales, de forma que en el año 1937, lanchas equipadas con el extraño sistema surcaban el lago Constanza, los canales de Venecia y un año más tarde recorrían el Sena. No irían más lejos porque un año después se desencadenaría la Segunda Guerra Mundial. Sin embargo, los descendientes de Johann M.

Voith no arrinconaron la propulsión cicloidal, equipando con ella el remolcador "Bienne" del año 1951. Para seguir adelante, el propulsor *Voith Schneider* necesitaba mayores estímulos y, sobre todo, de cálculo informático con el que diseñar palas eficientes y mejorar la gestión de la cinemática.

Profusión de Sistemas

Con los elementos ofrecidos por la tecnología, todas las combinaciones de propulsión resultan hoy posibles para lograr un buque adaptado a las necesidades de los prácticos, a la geografía de los puertos y al tráfico de buques.
Los remolcadores convencionales siguen plenamente vigentes, pero se impone la alternativa a este tipo de propulsión a popa con hélices y timón independiente.
Son los remolcadores *Z Peller* que prescinden del timón y utilizan en su lugar dos hélices-timón con giro de 360º comunmente denominados *Schottel*. Como denominación internacional para este tipo de buques suele utilizarse el genérico **ASD** (*Azimutal Stern Drive)*.



Remolcador ASD

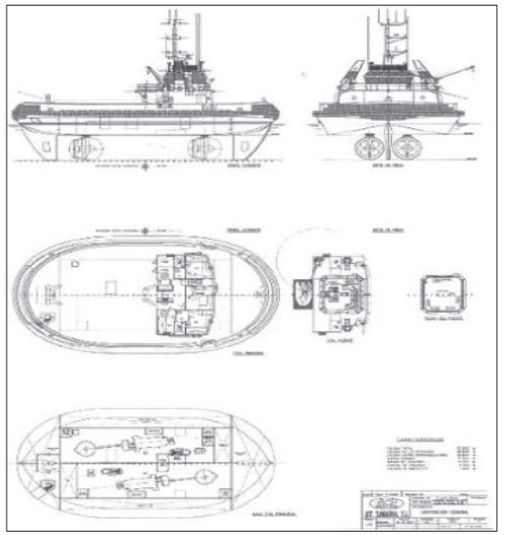


Remolcador Tractor Tug

Pero en el interior de los espacios portuarios, a menudo angostos y donde se requiere el máximo de versatilidad y maniobrabilidad, a mediados de los años 80 empezaron a proliferar los remolcadores Tractor, diferenciados de los **ASD** porque situaban los medios de propulsión en el primer tercio de la eslora. Es en ellos donde han hecho una fulgurante irrupción los sistemas hélice-timón más avanzada y los propulsores cicloidales ***Voith Schneider***. Son buques que ofrecen más rápida parada o inversión del sentido de

la marcha, además de ser capaces de empujar o tirar desde cualquier posición del arco de 360º.

En los últimos años, se han desarrollado otros dos nuevos tipos de remolcadores portuarios que vienen a combinar los sistemas anteriores. El primero es el remolcador SDM (*Ship Docking Module*). Provisto de dos hélices-timón azimutales situadas asi-



métricamente en la carena, son conocidos en Europa como ATT (*Asymmetric Tractor Tug*).
Desarrollado en Florida (USA), en el año 1997 entró en servicio un buque de planta elipsoidal, con defensas rugosas por todo su perímetro y despejadas cubiertas, que ofrecía máxima potencia de tiro en todas las direcciones. Tenía 27,60 metros de eslora por 15,30 de manga y un calado de 5,20 metros capaz de alcanzar 12,5 nudos en el sentido marcado por la línea de crujía y hasta 6,5 nudos en marcha lateral.

Finalmente, el sistema *Tractor Plus* persigue el objetivo de mejorar, todavía más, la gran maniobrabilidad de los clásicos *Tractor*, equipados con dos propulsores hélice timón o con dos *Voith Sch-*

neider emplazados hacia la proa. En el sistema *Tractor Plus* se elimina la quilla estabilizadora fijada a popa del Tractor común y se instala en su lugar una hélice-timón azimutal.

Gracias a este tercer propulsor azimutal aumenta sensiblemente la maniobrabilidad de los *Tractors* puros, especialmente cuando se trabaja en espacios confinados. El modelo es muy similar al desarrollado en los remolcadores bautizados como *Rotor Tug,* diseñados por *Kooren-Kotug.*

CAPÍTULO XIV

Maniobrando un bihélice

Las hélices gemelas, fueron usadas desde muy antiguo, aunque sólo se generalizaron a partir de 1870.

Se analizarán los sistemas convencionales, o sea con línea de eje, que se pueden encontrar con

- **Hélices de pala fija**
- **Hélices de paso controlable.**

Comenzando con las primeras, las de pala fija.

En la enorme mayoría de los casos, en los buques bi-hélice de pala fija, las mismas giran en sentido contrario y esto se debe a que de ésta forma se anulan los efectos laterales indeseados producidos por la corriente de expulsión que son:

- El efecto lateral indeseado de las palas de la hélice (ELP).
- Se logra que las corrientes helicoidales de descarga de cada hélice peguen sobre lados contrarios de sus respectivos timones cuando se encuentran a la vía.

En la mayoría de los buques lo hacen hacia afuera, es decir, la de babor levógira y la de estribor dextrógira (siempre mirando el buque desde la popa). A estos buques se los denomina de giro exterior, mientras una disposición contraria de rotación de las hélices se denomina de giro interior.

Se pueden encontrar algunos buques, especialmente remolcadores, con el giro interno (babor dextrógiro, estribor levógiro).

Ello se debe a dos razones

- Mejor rendimiento con iguales condiciones (diámetro, paso, RPM).
- Posibilidad, en buque de poca eslora y proporcionalmente, gran distancia entre porta hélices, de provocar movimientos laterales

Con esto se logra minimizar el arrastre de agua y por lo tanto aumentar el rendimiento, pero lamentablemente se produce una considerable pérdida de maniobra en los ciabogas.

Cuando se realiza un ciaboga con un bi hélice de giro interior, los

efectos evolutivos producidos por el efecto lateral de las palas se contraponen a la cupla provocada por el empuje de sus hélices. Figs. 1-a, 1-b y 1-c

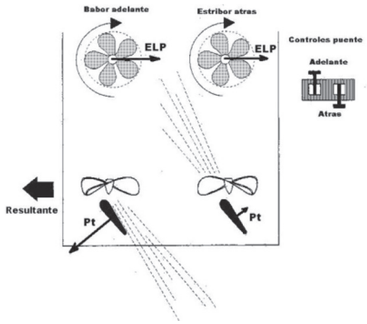


Fig. 1a Giro interior

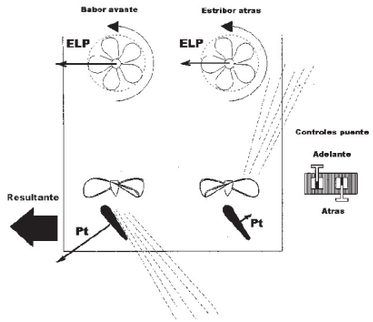
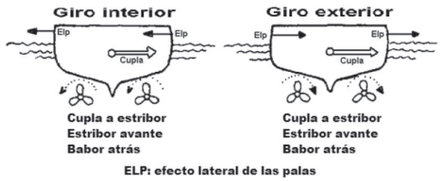


Fig. 1-b Giro exterior



Figs. 1a, b y c Efectos evolutivos de Ciaboga con hélices de giro interior

Ventajas y desventajas:

Ventajas

- Estando el timón a la vía y ambas hélices dando avante o atrás y generando iguales empujes, no provocarán efecto evolutivo indeseado alguno, ya que se compensan entre ambas. Por lo tanto si el buque está con arrancada avante y se ponen ambas máquinas atrás con iguales empujes el mismo irá perdiendo arrancada sin apartarse del rumbo. Lo mismo sucederá si, con timón a la vía se da máquina avante a iguales empujes, el buque avanzará sin apartarse de su rumbo. (Obsérvese que se mencionan empujes y no rotaciones; La pérdida de eficiencia de una hélice dando atrás y/o alguna avería en sus palas, si las rotaciones son iguales, no darán igual empuje).
- Estando las hélices alejadas del plano de crujía, ya sea utilizando

una sola de ellas o ambas girando a distintos regímenes, provocan distintos empujes, pudiendo lograr tendencias de caída a una u otra banda. Otra de las ventajas evolutivas de los bihélices se observa cuando se debe ir atrás, entonces se mejora notablemente el gobierno utilizando la hélice apropiada para que la cupla que crea por su asimetría dirija la popa en la dirección deseada. Obsérvese en la Fig.2 los efectos evolutivos que se producen. Muestra que es superior cuando se da atrás que cuando se da avante.

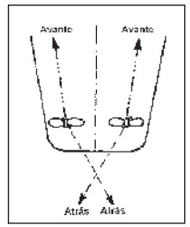


Fig. 2 Ventajas de las hélices de giro contrario

Nota de los autores: *Una forma muy gráfica de interpretar los efectos producidos por la asimetría de los empujes es imaginar que se está llevando un changuito de un supermercado sobre una superficie plana y horizontal. Si se empuja al mismo de un solo lado de su manija, se verá como el mismo gira hacia el lado opuesto. Si en cambio se tira de dicho extremo de la manija hacia atrás, girará hacia el mismo lado. Para que avance o retroceda en linea recta es necesario generar empujes similares en ambos extremos. (Siempre y cuando sus ruedas no se encuentren trabadas)*

Una de sus grandes ventajas es el poder realizar ciaboga. El mismo consiste en dar avante con una máquina y atrás con la

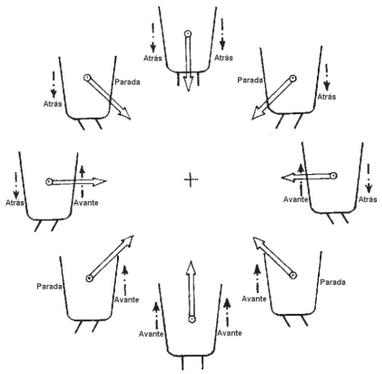


Fig. 3 Distintas tendencias evolutivas con un bihélice de timones gemelos maniobrando Máquinas y timón

otra. Utilizándolas adecuadamente, un buque de no mucha eslora, podrá girar sobre sí mismo sin avanzar ni retroceder. Aquí también corresponde tener presente la pérdida de rendimiento que tienen las hélices convencionales cuando dan atrás, por lo tanto al aplicar iguales RPM avante que atrás el buque avanzará. Se deben igualar los "empujes", y ello se logra dando más rotaciones a la hélice que está dando atrás.
En los ocho diagramas de la Fig. 3 se muestran las distintas tendencias evolutivas que pueden lograrse con un bi hélice de timones gemelos, parando o invirtiendo la máquina y/o poniendo timones a una u otra banda:

Desventajas
Como las hélices gemelas están más alejadas de la zona donde la corriente de estela tiene su máxima velocidad, es necesario considerar también que se benefician menos con energía "devuelta" por dicha corriente, como ocurre con el mono hélice; donde la misma se encuentra inmersa en una zona donde dicha corriente alcanza su mayor velocidad.
Además téngase presente que una hélice, cuanto mayor sea su diámetro y más lentamente gire, mayor será su eficiencia.

Nota de los autores: *En muchas ocasiones se utilizan los bihélices y trihélices porque permiten disminuir el calado o el puntal para igual potencia – caso remolcadores empujadores, supplies, etc.*
Por otro lado la OMI exige que todo buque de pasajeros, por razones de seguridad, posean como mínimo dos máquinas independientes que acciones dos propulsores.
Pero dichas desventajas no alcanzan a anular la gran ventaja obtenida debido a la cupla que se genera en los ciabogas, lo que hace que en ese sentido, los bi-hélices sean mucho más maniobrables que los mono hélice convencionales.

Efecto de lavado

Este efecto se produce cuando se realiza ciaboga en un punto en un bi hélice que tenga su bovedilla dividida por una quilla central (*skeg*) Fig. 4.

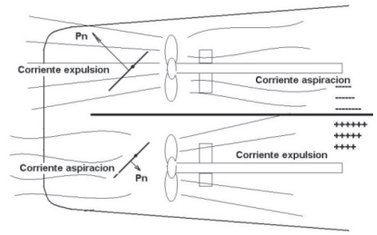


Fig. 4 Efecto lavado con ciaboga a estribor

La hélice que da avante "saca agua" de la misma, en cambio la que da atrás "mete agua" en la suya.
Ello genera diferencias de presiones en ambas aletas que se manifiestan en diferentes niveles del agua entre una y otra colaborando así en la caída de la popa a babor
A ello se suma la corriente helicoidal de descarga de la hélice que está dando atrás - en un buque de palas fijas y giro exterior -, que pega contra la bovedilla incrementando dicha presión

Podemos encontrar buques bihélices monotimón o con timones gemelos.

La maniobrabilidad a baja velocidad y la mecánica del ciaboga en un punto presenta una gran diferencia entre los mono timón y los que poseen timones gemelos

Análisis de maniobra para un buque bihélice y monotimón.

Cuando se posee un solo timón, éste se encuentra sobre crujía, por lo que queda alejado de las corrientes de expulsión y aspiración de las hélices.

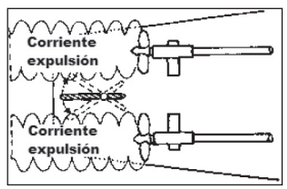


Fig. 5 Maniobra de un bihélice monotimón

Eso le hace perder al buque el importante efecto evolutivo que

produce la corriente de expulsión actuando directamente sobre casi toda el área del timón. Sólo aprovecha una pequeña parte de una de ella en la parte de popa del timón cuando se lo aplica todo a una banda. Fig. 5
Naturalmente este efecto será mayor cuanto mayor sea la eslora de la pala del timón lo que le permitirá que intercepte más corriente de expulsión de la hélice.
También dependerá evidentemente de la distancia transversal de los porta hélices al plano de crujía.
Para pequeños ángulos de timón, el efecto evolutivo que producirá éste timón simple será solo la acción de la presión ocasionada por los filetes líquidos originados por la velocidad del buque.
Por lo tanto cuando el buque está detenido o con poca arrancada su gobierno es muy malo.
Si lo pretendido es hacer un ciaboga y se pone el timón hacia la banda a la que se busca que caiga la proa, obsérvese como la parte de popa de la pala intercepta la corriente de aspiración de la hélice que está dando atrás, lo que genera un efecto contrario al deseado, entorpeciendo la maniobra. Fig. 6

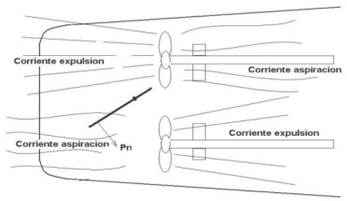


Fig. 6 Posición a la que NO debe ponerse el timón en un ciaboga

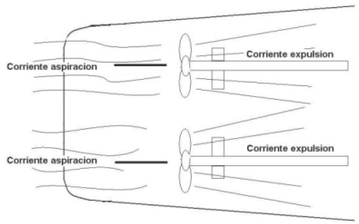


Fig. 7 Reacción de un bi helice con timónes gemelos al dar atrás

La fuerza **Pn** originada por los filetes líquidos de la corriente de aspiración se oponen a la caída de la popa hacia babor
Consecuentemente, si se efectúa ciaboga en un punto con un buque monotimón, el mismo deberá mantenerse a la vía, trabajando solo con el efecto evolutivo producido por la cupla de ambas hélices.

Análisis de maniobra, para un bihélice con timones gemelos, que es el caso más común.
Si se estudian las maniobras anteriores sobre este modelo se obtiene lo siguiente:
Si el buque está con arrancada avante y se invierten las máquinas a iguales empujes, manteniendo los timones a la vía, al igual que el mono timón, el buque perderá arrancada sin apartarse del rumbo. Fig. 7
Pero en caso de poner los timones a una banda, los efectos producidos por los mismos, a pesar de ser también disminuidos por la perturbación provocada por las hélices, tendrán un efecto evolutivo sensiblemente superior al buque con timón simple. Fig. 8

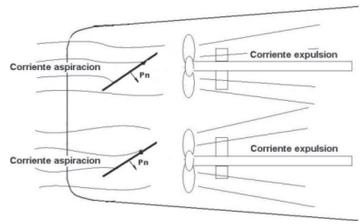


Fig. 8 Acción al poner timónes a la banda

Esto se debe a que los timones interceptan mucho más la corriente de aspiración y si el buque retrocede en el agua, a dicha corriente se le suma la producida por la velocidad retrógrada del buque lo que incrementa las **Pn**s.
La principal ventaja de los timones gemelos se observa sobre todo en el ciaboga debido a que las palas de los timones se encuentran a popa de cada hélice y aprovechan al máximo los efectos evolutivos producidos por la corriente de expulsión de la hélice que da avante. Fig. 9
Por lo tanto, para que sume su efecto a la cupla producida por el ciaboga, se deberá siempre colocar el timón hacia la banda a la cual se desee caer
Es la corriente de expulsión de la máquina que da avante que genera la Pn más

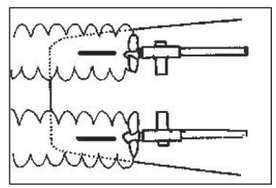


Fig. 9 Aprovechamiento total de los chorros de expulsión

importante, verdadero factor controlador, ya que predomina plenamente sobre la corriente de aspiración de la hélice que da atrás que produce una Pn muchísimo menor.
Analizando puntualmente lo que ocurre cuando se efectúa ciaboga, observando las fuerzas intervinientes
mediante un diagrama de vectores. Figs. 10-a y 10-b

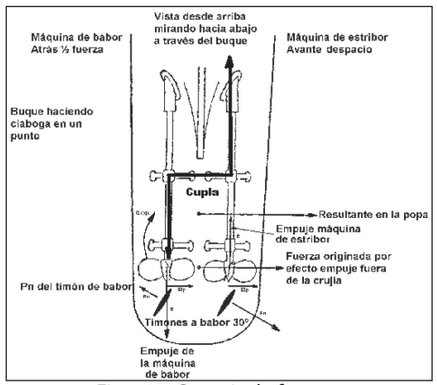


Fig. 10a Croquis de fuerzas intervinientes en un ciaboga

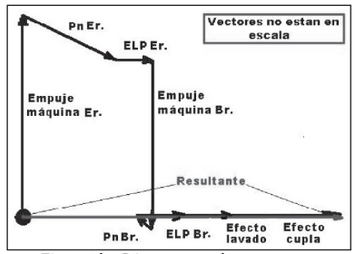


Fig. 10b Diagrama de vectores en un ciaboga bihélice

El gráfico muestra un bihélice visto desde abajo, haciendo un ciaboga a babor en un punto Analizando punto por punto mediante dicho diagrama, se comenzará con el propulsor de estribor. Saliendo del punto de partida del mismo se tiene el vector que representa el empuje de dicha hélice, luego la presión normal (**+Pn**) que corresponde al **timón de estribor** y por último el efecto lateral de las palas (**ELP**).
Yendo ahora al propulsor de babor. Empuje hacia atrás,(**-Pn**) (mucho menor debido a que es corriente de aspiración), y **ELP**. Luego se ve el vector correspondiente a la cupla y el efecto de lavado.
Si la resultante de dicho diagrama es horizontal, el buque está girando en un punto, si en cambio se desvía, está avanzando o retrocediendo, según sea hacia arriba o hacia abajo.
Debe notarse que la acción de la presión lateral de las palas se ve disminuida en los bi-hélices con respecto los mono hélices debido a que el tamaño de los propulsores es sensiblemente menor.

Entonces, si se ajusta con fineza las rotaciones hacia avante y atrás, se podrá lograr que el buque gire sobre si mismo, sin avanzar ni retroceder.
Como se mencionara, todo esto depende mucho de la eslora del buque, de la separación entre los porta hélices y de las potencias de máquinas disponibles.
En un mercante bihélice de gran eslora (y por lo tanto con una gran área lateral de carena), con escasa relación SHP/desplazamiento, intentar girar en un punto por medio del ciaboga seguramente será una maniobra tan extremadamente lenta que no será aconsejable y no valdrá la pena siquiera intentar realizarla.
En cambio en un remolcador, ferry o supply se convertirá en algo tan sencillo que es una maniobra sumamente utilizada.
Esta cupla es más efectiva cuanto mayor sea el largo del brazo de palanca, es decir, cuanto mayor sea la distancia existente entre ambos porta hélices.
Las fuerzas que origina cada hélice en la popa de un bihélice son idénticas a las que se estudiaron en maniobra de un mono hélice; pero se tendrá que analizar a cada una en particular, ya que si bien cuando ambas están en marcha avante o marcha atrás, lo hacen con giros con sentido opuesto, anulando los efectos laterales de sus palas y el empuje sesgado de las corrientes de expulsión contra las palas de los timones, cuando trabajan haciendo ciaboga, o sea una de ellas dando atrás y la otra adelante, dichos efectos se suman al girar ambas en el mismo sentido.

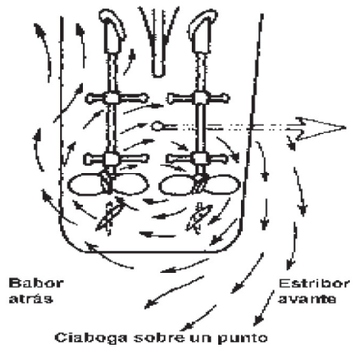


Fig.11 Circulación de los filetes líquidos en el ciaboga

Aquí se muestra la circulación de los filetes líquidos al realizar el referido ciaboga Fig.11
Se observa aquí que la hélice de estribor arroja el agua hacia atrás por la aleta de esa banda produciendo una pérdida de presión del agua contra el casco en ese lugar, mientras que la hélice de babor arroja agua contra la aleta de babor aumentando la presión

del agua contra el casco en ese lugar.
El efecto combinado es producir una fuerza lateral que empuja la popa a estribor y que se suma a las ya actuantes.

Bihélice de paso controlable
En los bihélices con propulsores de paso controlable, al no cambiar los mismos de sentido de giro para dar atrás, lo que sería mandatario es el sentido de la corriente de descarga helicoidal de la hélice interna.
Si la misma es de giro interior provocará una mayor presión sobre la bovedilla correspondiente, pero si en cambio fuera de giro

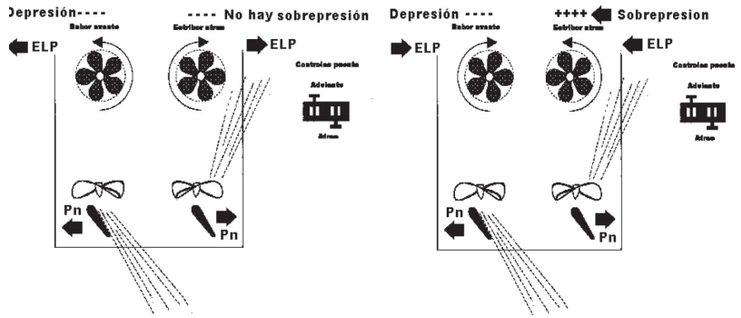


Fig. 12a y 12b Bihélice CPP de giro externo e interno,reacciones

exterior dicho efecto al dar atrás no se produciría, no presentando ninguna ventaja. Figs.12-a y 12b
De todas formas, como la gran mayoría de los bihélices CPP están dotados de toberas Kort y como las mismas minimizan en gran medida los efectos laterales de las palas de la hélice, normalmente ambas hélices giran en el mismo sentido.

Momento evolutivo cuando el buque está escorado
Cuando un bihélice está escorado la hélice que se encuentra más sumergida - a igualdad de rotaciones - efectúa un trabajo más efectivo por lo que acentuará la caída hacia la banda emergida generado por las diferencias de presiones laterales sobre sus costados.

Efectuar ciaboga con viento
Aprovechamiento del efecto evolutivo provocado por la carena conviene resaltar que cuando está soplando viento, - si este tiene una fuerza apreciable -, para llevar la proa al viento rápidamente y con poco esfuerzo, conviene tener arrancada avante.
Si el buque está parado, la proa irá a sotavento así las hélices estén girando en ciaboga a su máxima potencia.
Para mejorar velocidad de caída si se desea que la proa vaya contra el viento (orzar) con un bihélice, el buque deberá mantenerse con arrancada avante.
La maniobra aconsejable es:

- **Poner los timones a la banda a la que se desee caer.**
- **Dar atrás despacio con la hélice de adentro y continuar avante con mayor potencia con la hélice de afuera.**

Si en cambio lo que se desea es llevar la popa a arribar al viento la hélice de afuera deberá dar adelante con mucho menos potencia que la hélice de adentro que deberá estar dando atrás a toda fuerza para lograr que el buque adquiera velocidad de retroceso.
De todas formas debe tenerse en cuenta que lo que se necesita será mayor espacio de maniobra para orzar que el que se necesite si lo que se desee hacer es arribar, o sea llevar la popa al viento con arrancada atrás, siendo esto último más fácil cuanto mayor sea la intensidad del viento.
Todos esto efectos se ven aún más acentuados en buques con su casillaje ubicado en proa (*supplys*) debido al corrimiento del centro vélico que eso provoca.
En el caso de casillaje a popa (*bulkcarriers y/o tanqueros*) el efecto de vela cangreja de su casillaje no suele ser suficiente impedimento para llevar la popa a barlovento siempre y cuando se logre una importante arrancada atrás.

Buques trihélices:
En estos casos generalmente las hélices de afuera son de giro exterior y la central dextrógira.
Se pueden encontrar con uno o tres timones
Generalmente en un buque trihélice el ciaboga se efectúa utili-

zando únicamente las hélices exteriores.
Si el mismo posee un solo timón puede darse el caso de que resulte de utilidad la utilización de la hélice central para aprovechar el efecto evolutivo que puede llegar a producir la corriente de expulsión de la misma sobre el timón puesto a la banda a la cual se desea caer.
No olvidar que son casos muy raros, en los cuales solo la experiencia personal puede aportar datos valederos sobre como utilizar cada propulsor.

CAPÍTULO XV

Navegación en canales

Ancho ideal de un canal de doble mano

Cuando se habla de canales no todos coinciden sobre cual es el ancho ideal donde los buques pueden cruzarse o sobrepasarse.
Según J. Siebols dicho ancho debe ser igual a 10 mangas del máximo buque que lo pueda navegar Fig. 3

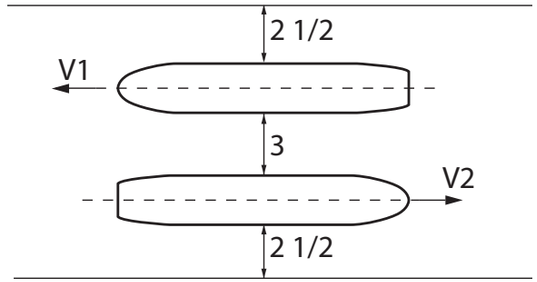


Fig.3 Ancho ideal de canales de navegación

C.B.Barras acepta dicha aseveración pero la interpreta para buques de diferente manga.
El C.U Práctico del Río de la Plata C.Bach, sólo se refiere a la relación dada por el factor de ocupación Foc aconsejando que sea siempre mayor a la relación cinco / uno, entendiéndose que debe considerarse para el cálculo la sumatoria de las dos secciones maestras mojadas.
Como es fácil apreciar estas condiciones no siempre se cumplen en algunos canales.
Además considerando que las secciones maestras mojadas o las mangas aparentes muchas veces se ven sensiblemente incrementadas por efecto del abatimiento aplicado, dichas condiciones de seguridad se ven aún más disminuídas.
Por lo tanto debe ser tenido muy en cuenta y debería haber un límite para el abatimiento a aplicar.
Cualquiera fuere la condición de un canal dentro de parámetros navegables, las causas más comunes que provocan los accidentes

de cruces son el temor y el apuro durante la maniobra.
Meter timón precipitadamente sin tener en cuenta las tendencias que se originan durante la interacción, puede causar abordajes y varaduras.

Maniobra de cruce entre grandes buques en el un canal angosto

Considerando las siguientes circunstancias:
Se cruzarán dos buques de 220 m. de eslora con rumbos genéricos Este y Oeste.
Como se dijo para 7º de abatimiento cada uno habrá incrementado su manga en unos 25m.
Disminuirán sus velocidades durante el cruce a 9 / 10 ns. c/u
La corriente es del cuadrante Norte, corre a 1 ns. e incide con un ángulo de 30º. respecto al eje del canal

Análisis de los detalles del cruce:

La velocidad relativa será de unos 18 a 20ns.(9,20 a 10,29 m/sec.)
La velocidad de abatimiento perpendicular al canal, que produce una corriente de un nudo a 30º será de 0,5 ns. (0,26 m/seg.)
El tiempo que durará el cruce (la interacción que comenzará cuando las rodas esten a una eslora hasta que se enfrenten los coronamientos), será de aproximadamente 66 seg.
Ambos buques durante dicho lapso de tiempo serán arrastrados por la marea, en forma perpendicular al canal unos 16 m. hacia el veril sur.
Como se apreciará los valores no son nada despreciables y requieren una gran coordinación de maniobra entre ambos buques junto con una fría evaluación y análisis de los elementos actuantes, todo esto producto de una larga experiencia.

Detalles de cómo se realiza la maniobra:

Maniobra de cruce de vuelta encontrada en canales

1.- Factores a considerar

- Dimension de la solera
- Calado de los buques

- Dirección y fuerza de la corriente
- Manga y eslora de los mismos
- Altura de marea
- Direccion y fuerza del viento
- Profundidad fuera del canal
- Tipo de buque
- Capacidad de reacción al timón (percibida)
- Velocidad angular del timón

Comunicaciones

- Información previa recibida via VTS
- Coordinación puente a puente

Maniobra
Se considerará una coordinación de cruce a “buena vía” es decir roja con roja por ser la habitual, aun cuando no obligatoria o excluyente de dos Panamax en 30 pies de calado (9,15 mt)
Se asume maniobrar en el buque más comprometido, esto es, el que tiene la corriente por su babor (o viento muy fuerte si la corriente es débil), se deberá tener en cuenta la acción de viento y/o corriente en relación a la superficie expuesta a uno u otro elemento, considerando su interacción (pueden sumarse o restarse sus efectos).
Ambos buques sujetos a la misma acción de viento y corriente, navegarán con el abatimiento necesario para mantener su derrota.
El que navega el semicanal favorable ocupará y procurará mantenerse sobre el eje de esa porción navegable del canal, teniendo en cuenta que la corriente, si incide con cierto ángulo llevará la línea de boyas hacia el centro del mismo esto es el veril, quedará por fuera de esa línea .
El establecido como buque más comprometido, corriente por su babor, deberá navegar como mínimo manteniéndose sobre el eje principal del canal, o aún más a su babor, recordando que contrariamente a lo indicado para las boyas de su babor las de su estribor se encontraran por fuera del veril o sea, el veril quedará entre el eje del canal y la línea de boyas.

Ambos buques verán incrementada, por efecto del abatimiento aplicado, su manga aparente y sin necesidad de recurrir a un cálculo exacto según fórmula de determinación de incremento de manga, se puede obtener una aproximación por regla de tres muy simple de la ocupación de canal por cada uno de los buques para comparar con el ancho de canal disponible. Considerar que un buque de 220 mts de eslora incrementa su manga aproximadamente 3,7 metros por cada grado de abatimiento.
Ambos buques se encontrarán en la posición descripta en la navegación previa al cruce, tomando en cuenta todos los factores resumidos en este parágrafo
Estarán aproximándose al punto de cruce.
A poco más de una milla de distancia, (2 kms a 2,5 kms) reducirá la máquina (que ya se encontraba en condición de maniobra) con el doble propósito de bajar la velocidad (será muy leve) y primordialmente para llevarla a un régimen que permita tener una reserva de potencia en el momento de la aproximación final y del cruce.

La recomendación, cuando no la exigencia reglamentaria en los cruces es: anclas a la pendura listas a fondear y personal en proa para maniobrarlas en caso de necesidad, debidamente comunicado con el puente.
Acorde al tamaño de los buques y condición de los mismos (cargados o en lastre), se determinará cuando comenzar el acomodamiento para el cruce.
Esto resulta casi excluyente para el que navega del lado "malo" del canal, – para el caso planteado el buque que recibe la corriente, el viento o ambos por babor (el que navega de W a E)– ; el que lo hace del lado "bueno" mantendrá su rumbo y posición en su semicanal hasta el momento que se indicará.
Lo recomendable se encuentra entre seiscientos y mil doscientos metros entre proas, atendiendo al tamaño y condiciones del buque a maniobrar
Recordar que la indicación radar nos dá distancia desde la posición de la antena no de la proa
Los grandes buques en general tardan más que los pequeños

para obedecer al timón

Si se tiene en cuenta que una pérdida de tiempo en la caída representa un acercamiento indeseado al buque opuesto, al encontrarse el buque a la distancia elegida se dará orden de todo a estribor, para inmediatamente de iniciada la caída, es decir rota la inercia, sacar timón a diez o quince grados. Cuando la proa del más comprometido apunte al centro del buque opuesto se ordenará aguantar y una vez detenida la caída mantener el rumbo. Esto habrá llevado la proa a enfilar aproximadamente a la popa del otro buque. Se mantendrá ese último rumbo, **NO** la enfilación. Proa de uno y popa del otro irán quedando libres a medida que ambos buques avancen corrigiendo si se estima necesario.
Con ambas proas por el través (de ellas) se ordenará todo timón a babor para una vez nuevamente rota la inercia disminuir el ángulo de pala al necesario para cambiar el rumbo, controlando la caida para no excederse en la misma liberando las popas. La máquina se pedirá a toda fuerza. (siempre de maniobra)
Estas dos últimas secuencias deberán ser tambien efectuadas por el otro buque y evaluadas por ambos en las reacciones que cada uno experimenta para dejar sus popas francas entre si.
Finalizado el cruce se buscará nuevamente la posición relativa en el canal, igual a la que se mantuviera antes del mismo. (Resulta de ayuda la estela del que navega del lado bueno).
Analizando estas últimas acciones, recordar la interacción entre dos buques o entre veril y buque.
Las relatadas procuran contrarestar el rechazo que producirán las proas y la atracción que experimentaran las popas en el momento propio del cruce.
Las acciones previas evitarán que el veril de estribor provoque rechazo y desgobierne al buque en la condición "mala", generando riesgo de colisión por rebote o excesivo acercamiento de la popa al mencionado veril con posibilidad de varadura o averías a la hélice o al timón. (ver interacciones)

Corolario

La navegación es un arte y como tal, cada maniobrista actúa según su propio criterio.
Esto no quiere decir: hará lo que le venga en gana.
La ciencia náutica dá los fundamentos para aplicar esos criterios.
Por ello, la maniobra aquí sucintamente explicada, está sujeta a pequeñas variantes acorde a circunstancias: físicas, hidrometeorológicas, imprevistas o personales donde el maniobrista aplicará el criterio propio pero sujeto a un eje rector.
Resulta útil recordar que no hay dos maniobras iguales aún cuando se realicen con un mismo buque y tripulaciones iguales, idénticas condiciones internas y externas y en un mismo lugar.
Por último el maniobrista debe adelantarse a la maniobra, lo que no significa hacer la maniobra antes, sino como el jugador de ajedrez tener en mente los movimientos posteriores a realizar o sus sustitutos en caso necesario.

La importancia de la manga

Se debe tener en cuenta que en las últimas décadas muchos buques han tendido a achicar sus esloras en relación al aumento de sus mangas.
Un caso notable es el del "Esso Japón" que tiene 350 m de eslora con 70 m. de manga lo que da una relación 5,1 contra el común de los buques de antaño que tenían una relación de 6,25.
Dichos buques tan "mangudos" provocan muchas veces que toquen fondo con sus pantoques en su cuerpo prismático cuando rolan, en lugar de hacerlo con sus extremos de proa o popa.

Manga aparente por abatimiento

El rumbo verdadero es una expresión de voluntad que la mayoría de las veces para poder mantenerlo debe aplicarse un abatimiento.
Dicho abatimiento significa un incremento del frente de avance del buque.
En aguas abiertas carece de importancia, pero cuando se debe navegar en aguas confinadas como canales de doble mano adquiere una vital importancia su cálculo. Figs. 1-a y 1-b

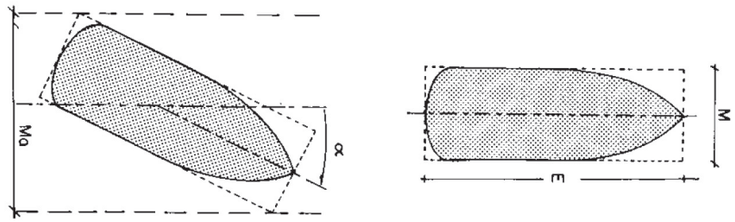


Fig.1a, b Abatimiento y manga aparente

El análisis trigonométrico que se muestra, permite obtener dicho valor por exceso ya que no se toman en cuenta los finos de proa y popa, pero es preferible despreciar esos valores "en más" como margen de seguridad. Fig. 2

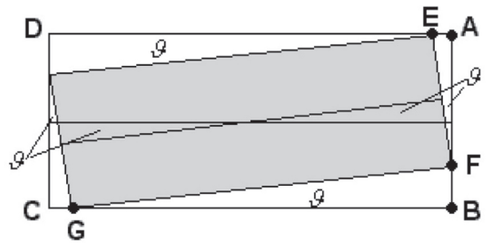


Fig.2 Análisis trigonométrico de la manga aparente

$$Manga..aparente = AB = AF + FB$$

$$\cos\vartheta = \frac{cat.ady.}{hipotenusa} = \frac{AF}{EF} = \frac{AF}{manga} \therefore AF = \cos\vartheta \times manga$$

$$\text{sen}\,\vartheta = \frac{cat.op.}{hipotenusa} = \frac{FB}{GF} = \frac{FB}{eslora} \therefore FB = \text{sen}\,\vartheta \times eslora$$

Por lo tanto:

$$manga.\,aparente = \cos\vartheta \times manga + \text{sen}\,\vartheta \times eslora$$

Como regla nemotécnica rápida podemos utilizar la siguiente:
Un buque de 600'de eslora incrementa su manga en 10' por cada grado de abatimiento.

En sistema decimal un buque de 180 m de eslora incrementa su manga en 3m. por cada grado de abatimiento

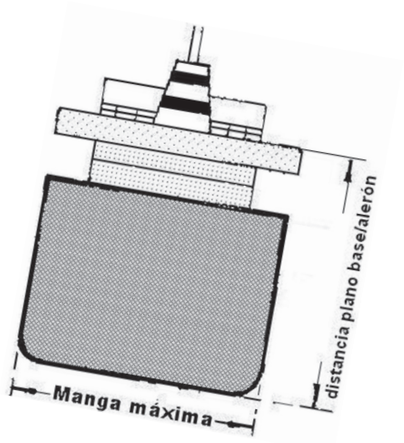


Fig.3

Esta misma fórmula podemos adaptarla para calcular el incremento de la manga debido a una escora

$$Ma.p/escora = \cos e \times manga + sen\, e \times dist.al\ \ plano\ base$$

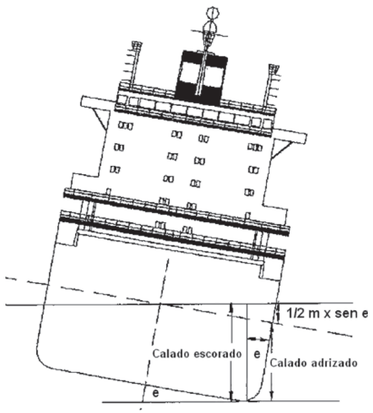


Fig.4

Esto tiene una mayor utilidad sobre todo cuando debemos atracar a un muelle que tenga estructuras que lleguen al borde, y

debamos hacerlo con el costado escorado hacia tierra.

Los buques de fondo plano incrementan su calado cuando escoran Dichos incrementos son muy significativos, considerando las mangas que tienen los buques actuales, por lo cual debe ser muy tenido en cuenta, aún para pequeños ángulos.

$$Sen\, e = \frac{Cat.op.}{hip.} \;\&\; cat.op. = hip. \# sen\, e \;\&\; 1/2 manga \# sen\, e$$

Sobrepaso de buques en aguas restringidas - Interacciones entre ambos buques:

Las interacciones que en aguas poco profundas aumentan enormemente aquí resultan más riesgosas debido a la escasa velocidad relativa existente entre ambos buques que prolonga los tiempos de maniobra más de lo deseado.

Por lo tanto se debe obrar con mucha calma y sin apuros, evitando los sobrepasos cuando no sean absolutamente justificados y razonables recordando que las responsabilidades serán siempre compartidas.

Consideraciones previas

Se aconseja que para que se justifique el sobrepaso de dos buques que naveguen en la misma dirección por un canal debe existir una diferencia de velocidades entre ambos de por lo menos 4 Ns.

La maniobra debe ser previamente perfectamente acordada y ningún sobrepaso podrá ser efectuado sin el consentimiento del buque alcanzado, quien además decide la banda de paso.

Se tendrán en cuenta los márgenes de seguridad de cada buque

Se verificará que la zona esté habilitada para cruce o sobrepaso.

Se evaluarán las condiciones hidrometeorológicas (altura de marea, dirección e intensidad de la corriente; y del viento, visibilidad, etc. Se tendrá en cuenta el tráfico para evitar sorpresas de encuentros indeseados.

Si el calado y márgen de seguridad adoptado le permiten al que alcanza, navegar por fuera del canal bajo ninguna circunstancia el sobrepaso se hará dentro del mismo y se deberá tener la precau-

ción en el ingreso de hacerlo a una distancia suficiente a proa del sobrepasado y cuidando que la ola que se genere no perturbe al que ya a quedado a popa.
El que salga del canal lo hará con tiempo utilizando un ángulo y velocidad que le aseguren que los efectos de rebote contra el veril estarán muy disminuidos o anulados.
El que navega fuera del canal lo hará a una distancia tal que asegure que no producirá ninguna interacción al buque que lo hace dentro del canal.
Cuando entre nuevamente al canal lo hará a una distancia tal que no signifique riesgos para el otro buque. Deberá considerarse la posible pérdida de velocidad al disminuir fuera del canal la relación calado-profundidad.
En caso de que el sobrepaso se quiera realizar por dentro del canal se estudiarán previamente los efectos de rechazo de veril, interacción entre los buques, *squat*, efectos producidos por la corriente; y en caso de ser factible la maniobra los buques, al iniciar la aproximación adoptarán las siguientes velocidades: el buque alcanzado deberá buscar la velocidad mínima compatible con el buen gobierno y que no le obligue a navegar con un abatimiento excesivo que aumente desmesuradamente su manga aparente, reduciendo el espacio de maniobra del buque que alcanza. Por razones obvias se recostara sobre el veril de barlo corriente.
El buque que alcanza deberá buscará la velocidad máxima que no produzca desgobiernos importantes por squat o rechazo de veril, es decir: que pueda tener dichos efectos siempre bajo control.

Nota importante:

No es conveniente iniciar el sobrepaso si la diferencia de velocidades en estas últimas condiciones es inferior a los tres a cuatro nudos
Considerando que ambos buques tengan 200 m de eslora cada uno y la diferencia de velocidades sea de 4 nudos el tiempo de sobrepaso desde que la roda del alcanzante se encuentre a una eslora de distancia del coronamiento de popa del alcanzado,

hasta que el coronamiento del que sobrepasa alcance la roda del alcanzado (800 m) será de unos 6,5 minutos.
Las 9 etapas de un sobrepaso dentro de un canal que veremos a continuación fueron extraída del libro "Arte de la maniobra del buque", del Cap. Victorio Gomez, y fue obtenida a través de modelos a escala estudiados en piletas de experimentación.
Muestran las principales fuerzas de atracción y repulsión actuantes debido a las interacciones entre dos buques provocadas por las zonas de succiones y presiones creadas alrededor de las obras vivas de los mismos.
No se expresa en que unidades fue efectuada la medición; de todos modos, esos valores relativos comparados entre sí dan idea de como pueden variar dichas fuerzas y los momentos en que ello ocurre.

"A" representa a un buque de 226 m de eslora y 30,5 m de manga; "B" representa un buque tanque de 174 m de eslora y 21 m de manga.
El buque "A" alcanza al buque "B", ambos navegan con rumbos paralelos, "A" lo pasará por su través de babor a "B".
El pasaje lo harán a muy corta distancia entre ambos.
Los experimentos se llevaron a cabo haciendo varias corridas a velocidades comprendidas entre los 10 y 20 nudos.

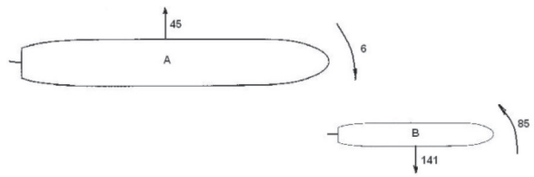


Fig.5

Cuando "A" alcanza a "B", la popa de éste último siente una fuerza de repulsión que la despide a la banda contraria de aquella por la cual es alcanzado, en tanto que la proa tiende a caer hacia la banda por donde es alcanzado.
En tanto el buque "A" también siente la atracción en su proa que busca la zona de depresión que sigue al buque por su popa.
Como es de suponer la preponderancia del efecto de las fuerzas

la tendrá el buque de mayor porte.
La tendencia se manifiesta en ambos buques, como lo indican las figuras 5 y 6.

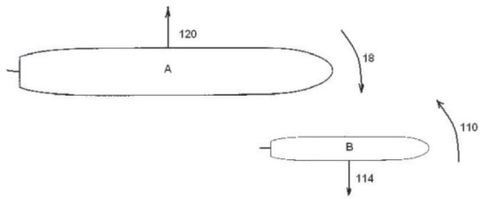


Fig.6

Posteriormente, entre las posiciones 6 y 7 el momento de giro de "B" se invierte.

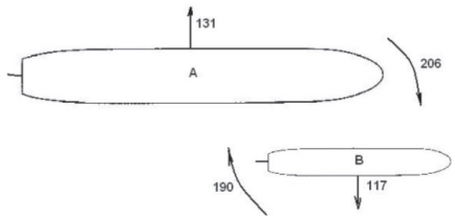


Fig.7

Y las fuerzas de repulsión se transforman en fuerzas de atracción en figura 8

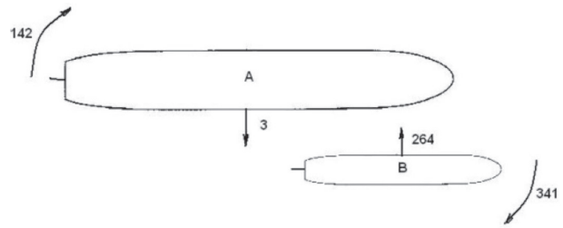


Fig.8

Hasta ese punto del pasaje existe una situación de peligro potencial. La proa de "A" tiende a ir contra "B" y la popa de éste último tiende a ir contra "A", los buques se atraen mutuamente, la tendencia es ir uno contra el otro.

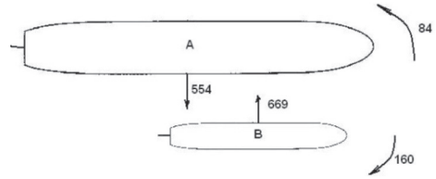


Fig.9

Ambos buques tendrán que meter timón para no perder el gobierno mientras se hallan a esa altura del pasaje; sí están muy cerca tendrán que maniobrar rápida y decididamente para evitar la colisión: esto quiere decir meter timón.
Si la aproximación se hace teniendo al buque alcanzado muy a fil de roda con un rumbo casi paralelo a la corriente de expulsión del alcanzado, habrá que tener el máximo de cuidado, porque ésta corriente puede desplazar la proa del buque que alcanza.
En la posición 10 ambos buques están a la par y se ven por el través. La atracción es muy fuerte y en ambos buques se ha gene-

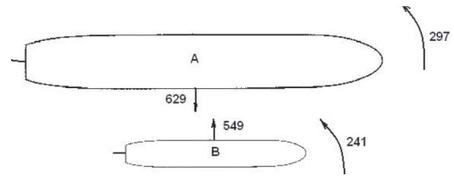


Fig.10

rado un movimiento o momento de giro hacia afuera, "A" hacia babor y "B" hacia estribor. Dicho efecto se ve acrecentado por la cuña de agua que penetra entre ambos cascos.

En la práctica, si los buques no son muy diferentes de tamaño, la tendencia a apartarse aumenta y requieren que se meta timón

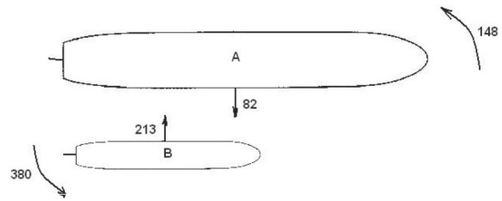


Fig.11

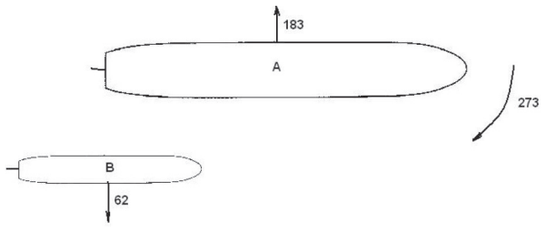


Fig.12

hacia adentro para mantener sus posiciones sin peligro de colisión.
La posición 11 entraña gran riesgo ya que la proa del "B" tiende a buscar la depresión de la sección maestra del "A" tendiendo la popa de "A" y la proa de "B" a irse una contra la otra, al mismo tiempo que los buques se atraen mutuamente.
La posición 8 presenta ya riesgos decrecientes ya que la atracción entre ambos cascos se transformó en repulsión, pero eso no implica descuidar la situación, obsérvese la tendencia que mantienen ambos buques a cruzarse en sus derrotas.
El resultado de los experimentos fue confirmado por una serie de pruebas en el mar, con buques de tipos diferentes haciendo operaciones de reabastecimiento en navegación, en éstas pruebas se comprobó que la posición 5, ambos a la par, es generalmente satisfactoria para esas operaciones, ya que la tendencia de ambas proas a apartarse aumenta a medida de que los buques se aproximan, constituyendo un factor de seguridad.
Antes y después de la posición 5 las situaciones de peligro se hallan en estado potencial, y los efectos tan notables de las interacciones solo pueden evitarse si se puede mantener apartados a los buques de sus zonas de influencia.
La extensión de esas zonas de interacciones y las fuerzas de sus efectos varían de acuerdo al tamaño y las formas de los barcos, de sus velocidades y de la profundidad del lugar en que navegan.
Resulta muy difícil dar reglas generales para evitar los efectos de las interacciones una vez que cada uno se encuentra atrapado por ellas..
Las fuerzas de atracción y repulsión son proporcionales al cuadrado de la velocidad y a la diferencia de desplazamiento entre



Fig.13 Remolcador que tomará remolque por proa

los buques.
En el caso extremo de un remolcador que se aproxima a un gran buque que navega a velocidad excesiva, con el fin de tomar remolque, la repulsión que efectuará la amura sobre el pequeño buque será tan grande que lo descontrolará atravesándolo sobre su derrota.



Fig.14 Remolcador que tomará remolque por popa

Esta mala maniobra a provocado muchos accidentes en donde el buque mayor pasó por ojo al pequeño.
Un caso parecido se produce cuando el remolcador se acerca a la aleta en iguales condiciones y con el mismo fin. La depresión que produce el propulsor girando a excesivas rotaciones "atrae" al buque menor contra su popa.
En el caso de reabastecimiento en el mar, los efectos de la interacción entre buques que naveguen a 20 Ns. en aguas cuya profundidad sea inferior a 20 brazas (35 m.) pueden ser enormes.
Debido al perfeccionamiento del control de gobierno del buque a altas velocidades, se requieren los mismos ángulos de timón para mantenerse en posición a cualquier velocidad comprendida entre los 10 y 20 nudos, pero se debe dar por descontado que cuanto más alta sean las velocidades, menor será el tiempo disponible para enmendar errores.
La regla 34 del R.I.P.P.A. establece que el buque que alcanza podrá indicar fónicamente la banda por la que pretende alcanzar mediante su pito o sirena mediante el siguiente código:

Larga/larga/corta	Pretendo alcanzarlo por su estribor
Larga/larga/corta/corta	Pretendo alcanzarlo por su babor

Larga/corta/larga/corta Conformidad

Obviamente, el sistema fónico, aunque vigente, hoy ha sido reemplazado por la comunicación puente a puente por VHF, que otorga un mejor entendimiento entre alcanzado y alcanzante.

Desgobiernos producidos por el viento

Los vientos paraleros a crujía producen efectos acelerantes o frenantes. A partir que se vayan poniendo del través irán produciendo tendencias de orzada o arribada. Fig. 15

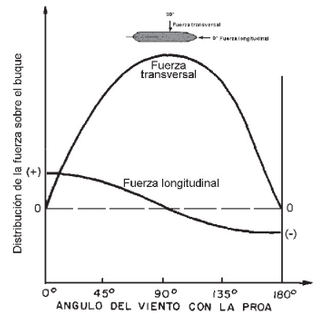


Fig.15 Acción del viento segun la dirección de que lo reciba

Esto reviste mayor importancia aún cuando se navegue en canales que presentan curvas .

Influencia del viento

Cuando un buque navega en un canal con un fuerte viento de través no sigue una trayectoria rectilínea, sino va modificando permanentemente su abatimiento. Fig. 16 .

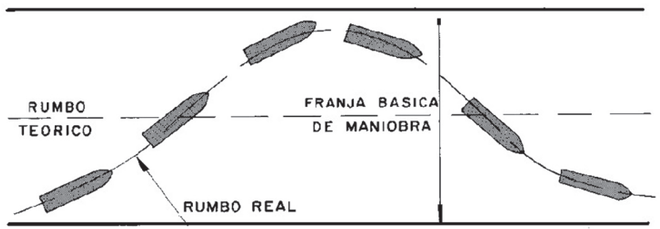


Fig.16 Ancho básico de la franja de maniobra en el canal

En caso de cruce se deberá prever tal desgobierno en cada uno

de los buques, considerando que el buque que navegue en lastre sufrirá en mayor grado dichos efectos desestabilizadores.

La Fig. 17 muestra el efecto sumamente exagerado para mayor claridad.

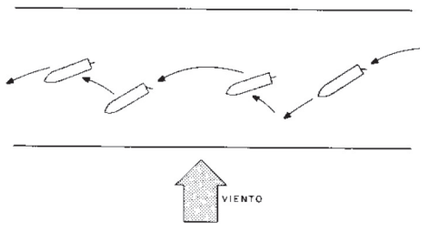


Fig.17 Navegando con fuerte viento cruzado

También aquí el ancho básico de la franja de maniobra debe tenerse en cuenta.

El mismo determina la capacidad de respuesta que puede obtener el maniobrista de su buque.

Radio de giro controlado

Cuando un buque navega en aguas restringidas y resulta necesario efectuar un cambio de rumbo, es muy importante mantenerse sobre la derrota trazada, logrando un correcto empalme entre la seguida previamente y la futura a seguir.

La maniobra puede ser planificada teniendo como dato la curva evolutiva del buque, aunque es muy común que las condiciones en que se efectuará la caída, (velocidad del buque y ángulo de pala) difieran de la misma.

Una solución a este problema se presenta navegando sobre el arco de circunferencia que empalme el rumbo inicial con el final. Esto significa que el radio de giro se mantendrá constante y además será fácilmente calculable.

La Fig. 18 nos muestra una caída en esas condiciones.

El buque realiza su caída a lo largo de un arco de circunferencia de radio “r” recorriendo una distancia “d”.

El ángulo es la diferencia entre el rumbo final y el rumbo inicial.

Como se aprecia en el desarrollo matemático, existe una sencilla

relación entre el radio de giro "r", la velocidad del buque "Vb", y el promedio de caída ROT (*rate of turn*).
En la práctica la expresión se puede reducir a:

$$\text{Radio de giro (millas)} = \frac{\text{velocidad buque (nudos)}}{\text{promedio de caída (º/min)}}$$

$$\textit{Promedio de caída (º/min)} = \frac{\text{velocidad buque (nudos)}}{\text{radio de giro (millas)}}$$

Esto significa que disponiendo a bordo de un instrumento indicador del promedio de caída ROT (*rate of turn indicator*), se puede realizar una caída a lo largo de un arco de circunferencia de radio determinado y calculando el promedio de caída necesario para la velocidad que desarrolla el buque.

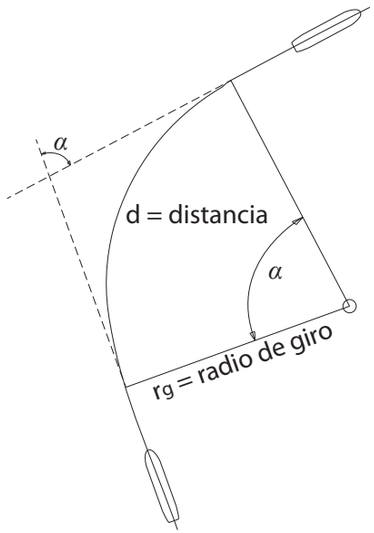


Fig.18 Radio de giro controlado

El gráfico de la Fig. 19, permite resolver dicha operación en forma gráfica:
Existen sistemas de gobierno en buques modernos que poseen un microprocesador que acciona el timón en forma directa y automática una vez que se le haya indicado el rumbo final, y el radio de giro deseado, utilizando la información del girocompás y/o GPS y los datos de velocidad del buque, aplicando entonces

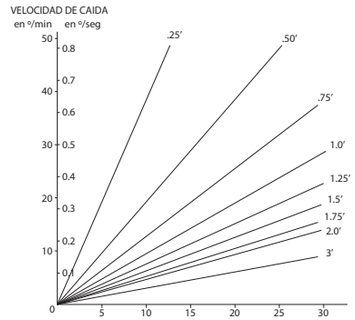


Fig.19 Resolución gráfica del ROT

el ángulo de metida correspondiente. (No controla acción de viento o corriente)
Este gráfico muestra una plantilla modelo, que puede ser hecha en papel transparente, respetando la escala de la carta, y facilita la tarea de determinar el radio de giro en una caída determinada.
Fig. 20

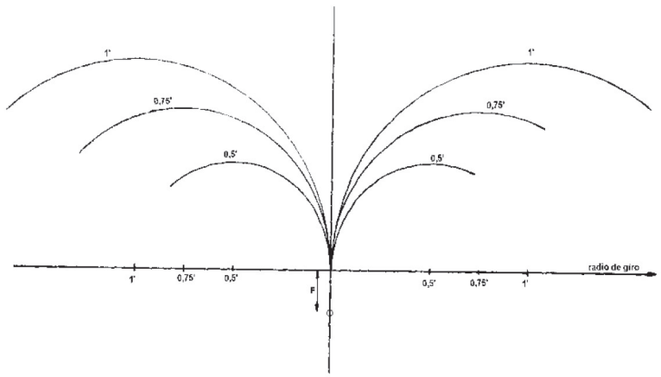


Fig.20 Plantilla para determinar Rg y situar el centro de giro

Permite también situar el centro de giro de la caída, que si es un objeto conspicuo y/o visible será el único punto que mantendrá su demora relativa y su distancia al buque durante la navegación.
La distancia F corresponde al período de maniobra descripto en curva evolutiva.
El valor F puede obtenerse experimentalmente iniciando una caída en un punto teórico (F = 0) y observando luego el despla-

zamiento final F' que tuvo el buque respecto a la derrota prevista. Con éste dato y el ángulo de caída se puede calcular el valor de F, aplicando la fórmula trigonométrica del seno del ángulo obtenido por la diferencia entre rumbo final y rumbo inicial.
Si el buque se encuentra navegando sobre una derrota antes de iniciar su caída, es sencillo determinar el instante de iniciación de la caída.
Por ejemplo mediante la demora a una marca conspicua.
Si esto no fuera posible, se puede aplicar la técnica de la demora paralela al nuevo rumbo, como muestra la Fig. 21.
En este caso el valor de P se lo puede determinar incluso considerando el valor de F utilizando la siguiente fórmula:

$$P = D + F \times \operatorname{sen} \Delta R \therefore$$
$$P = r \times (1 - \cos \Delta R) + F \times \operatorname{sen} \Delta R$$

En caso de existir una corriente de velocidad conocida, el efecto de la misma puede determinarse trasladando el centro de giro **O** una distancia igual al efecto de la corriente durante el lapso de tiempo que insuma la caída, en la dirección hacia donde la misma corra.

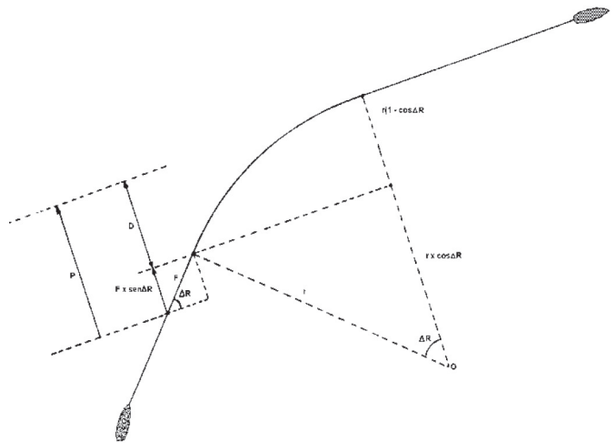


Fig.21 Aplicación de demora paralela al nuevo rumbo

En todos los casos el criterio básico para una conducción a la voz, consiste en función de un punto fijo, que será una boya o cualquier otra marca (incluida una virtual en una pantalla ARPA), establecer el radio que produzca el arco de derrota a seguir para unir la realizada previamente y la posterior al giro.
En términos habituales tales marcas están provistas en las cartas de navegación.
Como datos relevantes, siendo el radio una medida ya establecida en base a la zona a navegar, se deberá determinar la velocidad con que se desea efectuar la navegación del tramo, teniendo en cuenta que al iniciar la caída esa velocidad se verá disminuida y se deberá contar con reserva de potencia para mantener la elegida.
Recordar que el ROT es producto de un cociente "Vb / rg", si varía unos de sus términos variará el resultado.
Utilizando las posibilidades del ARPA, convendrá trazar un *VRM* con radio en el punto fijado como eje de giro y longitud establecida del radio de giro, para generar la derrota curva que permita observar en la imagen radar el mantenimiento del avance tangente a la misma.
Ajustar la derrota previa, para lograr un empalme en el punto donde comienza la de giro controlado y establecer en función del buque y su arrancada, la posición donde deberá ordenarse timón para iniciar la caída en el momento justo (*WOP -wheel over point*).
El radar deberá estar configurado en "*True motion*" a efectos de lograr que el único punto fijo en la pantalla sea el centro de giro. (El eje de una calesita), otro dato no menor es tener claro el boyado existente en la zona, que permita una navegación de "ojo marinero" complementando el de cálculo, así como incidencia de viento y corriente en la derrota.
Generalmente la corriente tratándose de lugares estrechos tendrá en casi todo el recorrido la dirección general del mismo (de proa o de popa si se trata de zonas de marea, de dirección única si se trata de ríos).
El Oficial en el radar, juega en esta maniobra un papel trascendente, informando en todo momento la posición del buque sobre el VRM y su tendencia si observara desvíos.
Obviamente en razón de los conceptos iniciales de este título, en buques modernos todo esto puede ser realizado automá-

ticamente, excepto la consideración de acción de viento y/o corriente.
También puede fijarse una serie de "*Way Points*" sobre la derrota curvilínea, pero esto resultará tedioso en un paso angosto y de mucha longitud, por la cantidad de puntos a fijar.
En radares Arpa muy modernos ya existe la posibilidad de obtener vectores que calculen la posición futura en una trayectoria curvilínea.
Recordar tambien que el "ojo marinero" no se remplaza, se lo ayuda con los elementos electrónicos, pero marcas, boyas y balizas determinan si el buque se encuentra en la derrota cierta.

Navegación en ríos estrechos

Se analizarán los dos tipos de situaciones que se pueden presentar dos casos: Sin corriente y con corriente y dentro de este último caso, la misma en contra o a favor.

a) Tomar una curva sin corriente ni viento
En la Fig. 22 se observa como el buque de la izquierda, convenientemente ubicado respecto a la orilla, puede en forma teórica tomar la curva sin utilizar o usando apenas el timón, aprovechando los efectos del veril de afuera.

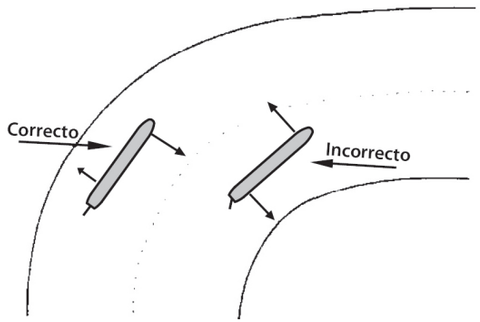


Fig.22 Navegación en ríos estrechos

En este caso se aprovechan los efectos de atracción y repulsión del veril.
En el buque de la derecha dichos efectos juegan en contra y pueden provocar el embicamiento

Tomar una curva con corriente

Buque remontando la corriente sin viento.
Obviamente la más difícil es la curva cerrada cuando existe una corriente considerable.
Se debe encarar la curva sobre el eje del canal y con margen de máquinas (posición **a**)
Al efectuar el giro retardado (casos **d** y **e**), la corriente puede dar por la amura de la banda hacia donde se va a efectuar el giro, retardándolo y pudiendo causar con esto quedar varado en la orilla de afuera.
Si se llegara a esa instancia, la mejor maniobra a efectuar es atrás de emergencia, para así quitar la estrepada al buque y entonces dejar que lo desplace la corriente.
Éste será arrastrado por ella manteniendo una distancia constante a la orilla, independientemente de la orientación del buque.
Fig. 23

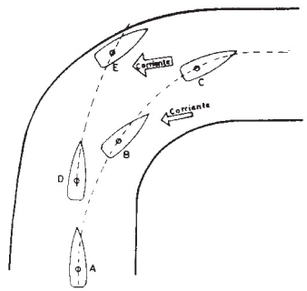


Fig.23 Tomando una curva con corriente en contra

Una vez salido de esa situación, se podrá comenzar nuevamente y ejecutar el giro en la forma correcta.
Realizar esta maniobra satisfactoriamente no es difícil si se lleva el buque con la orientación apropiada en todo momento del giro
Ésta debe de ser aproximadamente paralela a las orillas y lo más posible sobre el eje del canal (posiciones **b** y **c**).
Se puede comprobar fácilmente si la proa es la correcta observando las orillas.

Si se nota cualquier desviación, se debe corregir de inmediato aumentando o disminuyendo el ángulo del timón.

Buque navegando aguas abajo y sin viento.

Hacer el giro navegando a favor de la corriente presenta problemas diferentes.
La velocidad de aquella, añadida a la velocidad del buque a través del agua, hace que la velocidad con respecto al fondo se vea incrementada.
Por otra parte la acción de la corriente tiende a reducir en vez de aumentar los efectos de hélice y timón.
Si se inicia el giro muy adelantado o muy atrasado, la corriente al ayudar al mismo desplazará al buque hacia las orillas ya que incrementará o disminuirá la caída, sacándolo del eje de la vena líquida
Si se efectúa la aproximación algo recostado sobre la orilla interna de la curva, o si se cae antes de tiempo, puede suceder que la popa quede en aguas más rápidas, y, al actuar la corriente sobre la aleta de adentro, la empuje con fuerza sobre el veril exterior, aumentando la caída inicial. Fig. 24

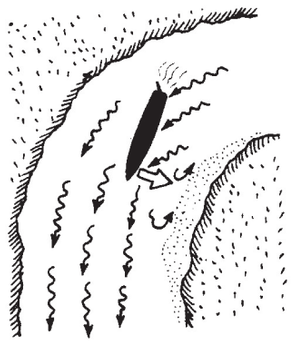


Fig.24 Tomando una curva con corriente a favor

En consecuencia puede ser necesario poner timón a la banda de afuera para prevenir esa guiñada, o al menos aplicar timón en contra con la anticipación necesaria para mantener el buque estable al encarar el nuevo tramo recto del canal.
Quizás la forma más segura de girar con la corriente a favor es

aproximarse a la curva viniendo algo hacia afuera del eje del canal, pero muy cerca del centro del mismo.
Con ello se evitará tanto la excesiva corriente de la orilla exterior, como los remolinos de la margen interior, mientras que la moderada corriente del centro, actuando sobre la aleta de adentro ayudará la caída.
El grado con que se hagan sentir los efectos de la corriente depende de la eslora del buque en relación con el ancho del canal navegable.

Buque navegando aguas abajo con viento de popa

Ésta situación exige la máxima vigilancia ya que viento y corriente aumentan su velocidad sin mejorar sus condiciones de maniobra.
Fig. 25

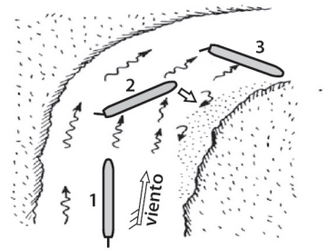


Fig.25 Tomando una curva con corriente y viento a favor

En la posición 1 el buque comienza a ingresar en la curva.
En la posición 2, a medida que comienza a caer su popa va quedando en aguas más rápidas y la acción de éstas, sumadas al viento y el movimiento de caída que tiene la proa, aumenta la tendencia a descontrolarlo avanzando hacia la orilla interior.
Ésta puede llegar a ser una situación ingobernable (posición 3) .
Para evitar esto se debe meter con suficiente antelación el timón a la banda contraria.
Si en la posición 2 se pusiera máquina atrás se aumentaría la tendencia a estribor y sería inevitable el embicamiento contra la orilla.
Como idea general puede decirse que no es difícil maniobrar en forma satisfactoria en canales o ríos estrechos.
El secreto principal de tomar toda curva reside en:

- Mantener el buque cerca del eje.
- Recibir la corriente lo más paralela a la crujía como sea posible.
- Navegar con reserva de potencia de máquinas.
- Comenzar los giros en el instante oportuno.

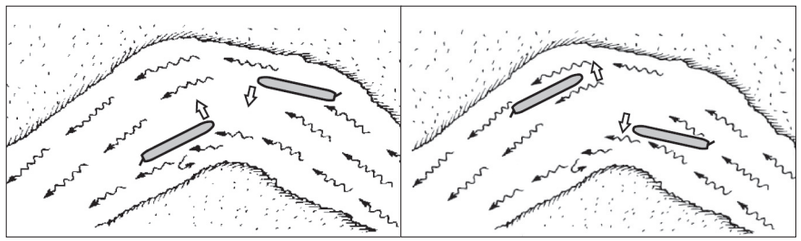
Además tener muy presente que:

- Una corriente en contra tiende a hacer caer la proa hacia el veril externo.
- Una corriente a favor tiende a hacer caer la proa hacia el veril interno.

Estas tendencias pueden servir para determinar la dirección de la corriente desconocida al tomar una curva.

Cruce de dos buques en una curva

Casi universalmente existen reglas que prohíben a determinado tamaño de buques cruzarse en curvas estrechas y cerradas.
Normalmente el buque que tiene la corriente en contra debe disminuir su marcha para permitir el franqueo del buque que viene aguas abajo.
Pero de ser el encuentro inevitable y producirse exactamente en la inflexión, el buque que va con corriente a favor, deberá navegar del lado interior de la curva y el otro por el exterior, lo que puede motivar un acuerdo entre ambos capitanes para cruzarse a "la mala vía" Fig. 26-b



Modo incorrecto
Fig.26a

Modo correcto
Fig.26b

De no proceder así, existirá una fuerte tendencia de los buques a aproximarse peligrosamente, con probable riesgo de colisión,

como muestra la Fig. 26-a.
La regla a seguir es:
Conclusiones
El buque que recibe la corriente por Pr. deberá recostarse sobre el veril externo y el que la recibe por popa por el interno.

Cruzar un paso estrecho con corriente de través

Ocasionalmente en un canal o bahía se necesita atravesar pasos muy estrechos, tales como un puente levadizo o la entrada a un rompeolas.
Frecuentemente existen corrientes o vientos atravesados, y la abertura a pasar es escasamente mayor que la manga del buque.
Al aproximarse en tales circunstancias se debe maniobrar para tener el centro de la entrada en una marcación constante.
Esto requerirá alterar el arrumbamiento del buque hasta que se mantenga constante la marcación al centro de la entrada.
La diferencia entre la marcación del centro de la entrada y el rumbo del buque, cuando ésta es constante, determina el ángulo con que debemos atravesar el paso.
Habiendo determinado de ésta manera el ángulo, se podrá proyectar los extremos del buque con esa inclinación, para de esa manera determinar si es posible atravesar dicha boca con seguridad. Fig. 27

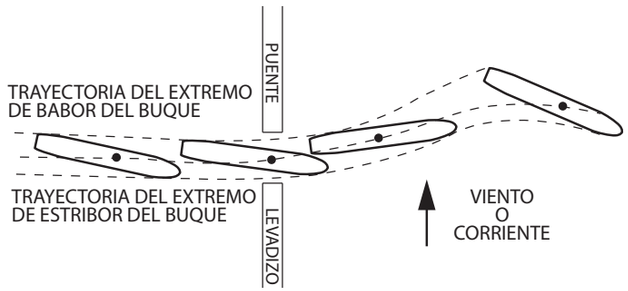


Fig27 Cruzar un paso estrecho con corriente o viento atravesado

El gráfico ilustra esta proyección y muestra que con un ángulo muy grande con respecto al canal se necesitará una entrada o boca mucho mayor que la manga del buque.

Si eso ocurre habrá dos acciones posibles a tomar:

- Aumentar la velocidad del buque con el fin de disminuir el ángulo de abatimiento.
- Si duplicamos la velocidad se disminuirá dicho ángulo a la mitad, pero debe considerarse que se cuadruplicará la energía cinética y aumentarán proporcionalmente las averías que se producirán si golpean las escolleras.
- La segunda será ir haciendo caer el buque a medida que pase por la entrada o boca como se ve a continuación.

En este caso se deberá poner al buque paralelo al canal justamente al llegar a la boca o entrada, y de esta manera eliminar su abatimiento con respecto al canal.
Considérese que tan pronto se realice esta maniobra el buque comenzará a derivar hacia el lado de sota corriente, pero antes de haberlo hecho una distancia apreciable, ya habrá pasado la boca.

Un caso distinto es cuando se debe ingresar desde una zona donde corre una fuerte corriente atravezada a la entrada de una zona protegida Fig. 28

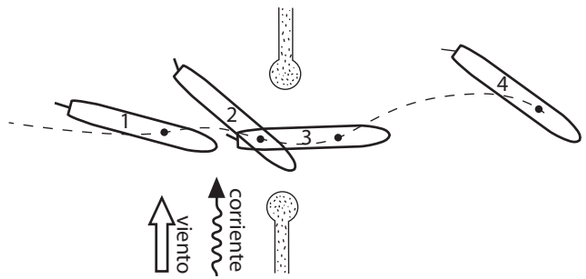


Fig.28 Cruze paso estrecho con viento o corriente de través de un de los lados

En la posición 1 se pone proa a un punto situado bastante más a barlo corriente de la entrada.
En la posición 2 la proa va llegando a aguas más calmas mientras que la popa se mantiene en la zona de corriente. El buque tiende entonces a caer hacia la dirección desde donde proviene la corriente.
Se debe estar atento a ésta tendencia para contrarrestarla apenas

aparezca y actuar con todo timón y golpe de máquina.
En la posición 3 el buque entero casi ha entrado en zona de aguas calmas pudiéndose ya sacar timón y, de ser necesario, disminuir nuevamente la máquina.
La posición 4 el buque toma el rumbo necesario para continuar su maniobra
Ésta maniobra requiere mucha serenidad y claro juicio en el caso de que se trate de una dársena que no sea muy amplia y se esté haciendo sin remolcadores, ya que luego habrá que detener el buque.
Al pasar por una puerta de esclusa restringida, es recomendable llevar la proa bastante pegada al lado de barlo corriente / viento de la misma.
Cuando la proa llegue a la entrada, se deberá hacer caer la popa hacia barlo corriente / viento para aclararla del lado de sota corriente / viento de la esclusa
Un caso típico de esta maniobra es la entrada al puerto de La Plata a través de los malecones con corriente fuerte de bajante o creciente.
La gran ventaja aquí es que se puede realizar con bastante arrancada avante, ya que hay suficiente espacio delante, hasta la zona protegida para poder ir perdiendo arrancada lentamente.
Si se nota cualquier desviación, se debe corregir de inmediato aumentando o disminuyendo el ángulo del timón.

Ángulo ciego a proa por troja o apopamiento

En buques con el puente en popa, y sobre todo si llevan cubertadas, trojas o están muy apopados, hay un espejo de agua a proa de su roda que no es visualizado desde el puente.

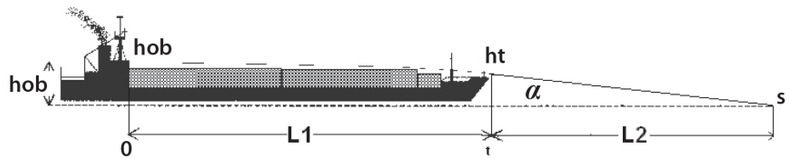


Fig.29 Angulo ciego a proa

Los programas computarizados de carga brindan dicha informa-

ción, pero en caso que no poserla puede ser fácilmente calculada por trigonometría. Fig. 29
En la misma tenemos que
ob : Altura ojo observador sobre el nivel del agua.
ht : Altura troja en proa sobre el nivel del agua.
L1 : Distancia observador punto más alto troja en proa.
L2 : Distancia desde proa hasta donde recién se comience a ver la superficie del agua.
α : Ángulo en **s**
La tangente del ángulo α
en el triángulo **ht t s** resulta de $\text{tang } \alpha = \frac{h_t}{L_2}$

la correspondiente al mismo ángulo del triángulo **hob o s** resulta de

$$\text{tang } \alpha = \frac{hob}{L_1 + L_2}$$

Por triángulos semejantes tendremos entonces que

$$\frac{h_{ob}}{L_1 + L_2} = \frac{h_t}{L_2} \therefore h_{ob} \times L_2 = h_t \times (L_1 + L_2) \therefore h_{ob} \times L_2 = h_t \times L_1 + h_t \times L_2 \therefore$$

$$h_{ob} \times L_2 - h_t \times L_2 = h_t \times L_1 \therefore L_2 (h_{ob} - h_t) = h_t \times L_1$$

y como resultado final tenemos que:

$$L_2 = \frac{h_t \times L_1}{h_{ob} - h_t}$$

Esta fórmula permite obtener la distancia ciega que tendrá el maniobrista a contar desde la proa hasta el nivel del agua.
Observese que dicha distancia es a "nivel de agua", o sea que un objeto que se eleve sobre el mismo, será visible a una distancia menor, acorde a su elevación sobre la misma, como se muestra en la Fig. 30

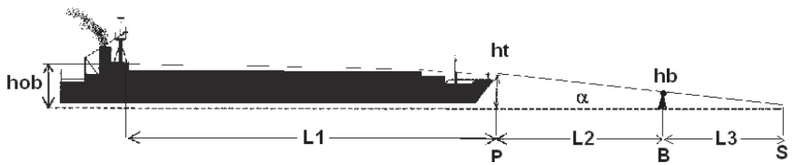


Fig. 30 Ángulo ciego a proa distancia a un objeto sobre el nivel del mar entre la proa y la distancia ciega

Se agregará otra proporcionalidad entre triángulos semejantes: **hb B S** con **ht P S,** donde el cateto **hb** representa la altura de la boya sobre el nivel del agua.
La tangente del ángulo α en el triángulo **hb B S** se obtiene de

: $tan\ \alpha = \frac{BS}{hb} \therefore BS = tan\ \alpha \div hb$

Por lo que conociendo la altura de las boyas y el ángulo α mediante:

$$tan\ \alpha = \frac{hob}{L_1 + L_2}$$

Se sabrá así la distancia ciega a proa que se tendrá desde donde se comienza a ver.

CAPÍTULO XVI

Navegación con mal tiempo

Generalidades

El marino deberá hacer frente, en algunas ocasiones, a un mar embravecido como consecuencia de un temporal, en donde las olas se levantan por encima de la altura del puente y se abalanzan con violencia contra el buque. Se comprenderá entonces la necesidad e importancia de estudiar las características propias de las olas y los efectos que estas producen sobre el buque.

Formación de olas por acción del viento

Se mostrará en principio como se originan las olas de viento. Fig.1

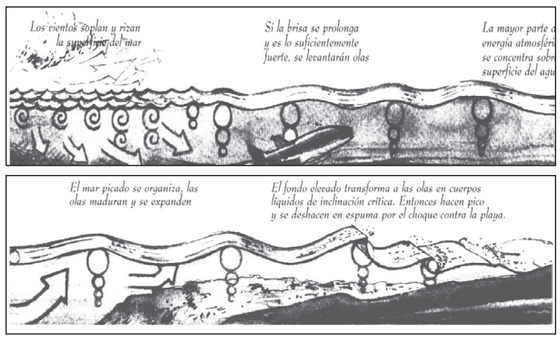


Fig. 1 Formación de las olas de viento

La formación de las olas de viento se produce por la incidencia del mismo sobre la superficie del agua.
La superficie libre de una extensión de agua en equilibrio y reposo es totalmente horizontal.
El viento, que no es uniforme ni constante en intensidad y dirección, al soplar sobre dicha superficie rompe ese equilibrio produciendo presiones dispares y hundiendo en algunas zonas una masa de agua.
Como esta es incompresible, provoca la elevación de zonas aledañas, que se elevarán en consecuencia por encima de la horizontal

media y sufrirán un arrastre en la dirección del viento formando la onda.

Elementos que definen las olas Fig. 2

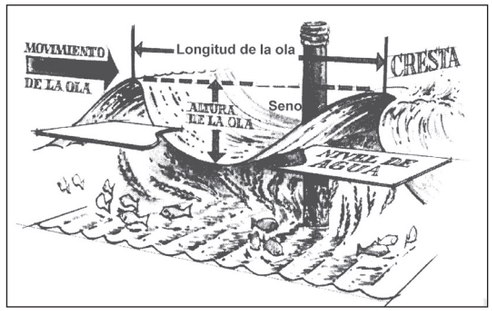


Fig. 2 Elementos que definen las olas

h : Altura de la ola	Distancia vertical, en metros, entre el seno y la cresta.
L : Longitud de la ola	Distancia horizontal, en metros, entre dos crestas o senos sucesivos.
T : Período de la ola	Tiempo, en segundos, empleado por la ola en recorrer su longitud L o sea el tiempo transcurrido entre el paso de dos crestas sucesivas por un punto fijo en el mar.
V : Velocidad de la ola	Velocidad, en nudos, de propagación que lleva la ondulación en su avance aparente.

Maduración de las olas

Cuando un viento comienza a soplar sobre un mar que estaba llano, el mismo comienza a picarse. Al principio la longitud de las olas es corta y la superficie del mar tiende a ser confusa, no hay aún dirección definida en el oleaje.
A medida que el viento persiste en fuerza y dirección las olas se van definiendo y va aumentando la altura, el período, la longitud y la velocidad. Se genera el **mar picado**
Dichos parámetros estarán limitados por la profundidad, o sea que en aguas someras dichos valores tendrán un techo que no podrán sobrepasar.

Dichas condiciones geográficas generan olas de longitudes y períodos cortos que rompen con pocas alturas.
Cuando el mal tiempo amaina, las cabrillas desaparecen y las olas tienden a convertirse en ondulaciones uniformes. Es lo que se denomina **mar tendido o mar de fondo.**
Este está formado por olas de mayor longitud, son regulares, más amplias y no llegan a romper. Las vemos como una serie de ondulaciones paralelas, infinitamente anchas e idénticas, que avanzan a velocidad uniforme en dirección perpendicular a sus crestas y senos.
Al paso entre **mar picado y mar tendido** se suele denominar maduración

Trenes de olas

Las olas viajan en grupos o trenes, en donde el grupo avanza a la mitad de la velocidad de las olas individuales Fig. 3

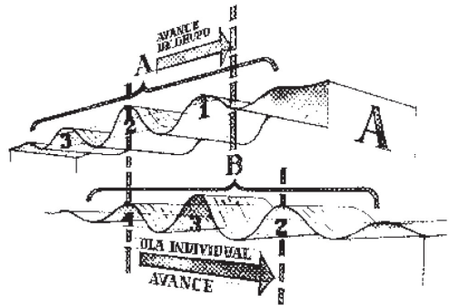


Fig. 3 Trenes de olas

En consecuencia, la misma ola no se mantendrá como la más alta del grupo, sino que las olas que pasan de un extremo a otro del grupo alcanzan su máxima altura cuando lo hacen por el centro del grupo.
Por eso las cabrillas no se producen siempre sobre la misma ola, y en una formación simple de olas, una ola determinada solo forma espuma en su cresta cuando pasa cerca del centro del grupo.
Pero en altamar se suelen encontrar diferentes trenes de olas provenientes de distintas direcciones las que se cruzan.

Esto se debe a que han soplado vientos de distintas direcciones en lugares quien sabe muy distantes que han provocado oleaje que ha ido avanzando y madurado, encontrándose en un determinado sitio para crear un mar cruzado o encontrado. Fig. 4
El caso de mar cruzado o encontrado es más la regla que la excepción en alta mar
Si en ese encuentro la cresta de una ola de un tren coincide con el seno de una ola de otro tren se produce un efecto de substracción.

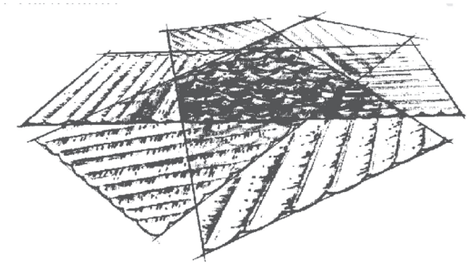


Fig. 4 Olas descarriadas

Si en cambio coinciden ambas crestas se produce una ola de mayor tamaño.
Vulgarmente a esa ola se la denomina "descarriada" y se repite aproximadamente a períodos regulares.
Esto ocurre porque los dos trenes tienen períodos, longitudes y velocidades diferentes y las coincidencias se producen periódicamente.
Es muy importante analizar el comportamiento del mar en un temporal donde hay olas encontradas para determinar el momento en que se deberá efectuar, por ejemplo, una maniobra de cambio de rumbo con el fin de evitar que una "descarriada" tome al buque por el través.
Tomar nota de cada cuanto se produce un rolido extraordinario cuando se navega en un temporal es un dato que puede ser de enorme utilidad

Determinar la longitud y la velocidad de un tren de olas estando el buque parado

Determinación de la longitud

Si la eslora del buque lo permite se ubican dos observadores sobre cubierta de forma tal que puedan estar en el sitio donde se producen sucesivas crestas.

$$\cos \alpha = \frac{cat.\ ady.}{hipot.}$$

Luego utilizando la relación se puede obtener fácilmente su longitud. Fig. 5

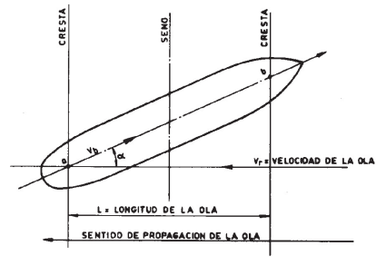


Fig. 5 Longitud y velocidad de un tren de olas estando el buque parado

De la misma forma se podrá obtener la velocidad de propagación de la misma.

Determinación de la velocidad usando el mismo gráfico

Suponiendo el barco parado y los observadores situados en **a** y **b**; Al pasar una cresta por **b** se pone en marcha el cronómetro; al llegar la siguiente cresta al punto **b** se para el cronómetro y se observa el número de segundos transcurridos **t** ; la cresta anterior estará donde se encuentra el observador **a.** La velocidad **V** de la ola se designará en lo sucesivo **velocidad real del perfil (V_r)**
La fórmula que permitirá obtener la velocidad relacionando la longitud **(L**) con el tiempo transcurrido (**t**) será:

$$V_r = \frac{ab \times \cos\alpha}{t} = \frac{ab \times \cos\alpha}{T_r} = \frac{L}{T_r}$$

Donde

V : Velocidad real de la ola en metros/segundo.
ab : Separación de los observadores en metros.
T : Segundos transcurridos entre dos crestas sucesivas que pasan por **b** = período real Tr
α : Ángulo de incidencia del oleaje
Tr : Período de la ola, período real en el tiempo (t) medido en segundos.
L : Longitud de las olas en metros
La fórmula que relaciona estos tres últimos parámetros es la siguiente:

$$V = \frac{L}{T}$$

Ejemplo:
Considerando una ola de 305 m. de longitud con un período de 14 sec.
Aplicando la fórmula antedicha

$$V = \frac{305m}{14\,\text{sec}} = 21{,}78m/s = 78.429m/h = 42{,}3Ns$$

Se obtendrá que la velocidad de propagación de la onda sea de 42 ns.

Tamaño de las olas

El tamaño de las olas depende del viento que las creó.
Cuanto más intenso sea, en mayor espacio y cuanto más tiempo actúe, mayor será el tamaño de las olas.
El área del mar sobre el cual puede actuar un viento se denomina ***fetch*** (no tiene una palabra correspondiente en castellano).
Esto se traduce en un aumento de los parámetros longitud, altura y período de las mismas hasta llegar a un valor máximo en lo referente a longitud y altura que no puede superar ya que se desploma.
Las olas normales suelen tener una pendiente máxima de 5º a 10º.
La relación aproximada ente la altura y la longitud está dada por la fórmula:

$$Altura\ H(m) = \frac{L(m)}{20}$$

Relaciones entre las características de las olas

Teóricamente la velocidad de una ola que se propaga libremente por aguas profundas es una función principalmente de su longitud **(L)** o de su período (**T**), siendo prácticamente independiente de su altura.
No existe ninguna fórmula matemática que exprese para una zona de mar, en un momento dado, las relaciones que existen entre la altura, longitud y período de la ola, porque el perfil del oleaje depende, entre otras muchas variables, de:

- Velocidad del viento en el lugar.
- Distancia que el viento ha recorrido con dirección y velocidad constante antes de llegar al lugar.
- Tiempo en que lleva soplando el viento.
- Estado previo del mar.
- Profundidad del lugar.
- Configuración geográfica de la zona.
- Corrientes marinas que puedan modificar la ola.

En el caso de sistemas de olas regulares (recuérdese que éstos son prácticamente imposibles de encontrar debido a los sistemas de olas encontrados) se podrán demostrar las siguientes relaciones:

$$T = \frac{\sqrt{2\pi}}{g}\sqrt{L} \qquad V = \sqrt{\frac{g}{2\pi}}\sqrt{L}$$

Debiendo tener presente que para hallar **T** o **L** deberán expresarse todos los datos en las mismas unidades:
Si se utiliza el SMD

$$g = 9{,}81\,{}^{m}\!/_{seg^2}$$

Si se utiliza el sistema de medición ingles (pies)

$$g = 9{,}81 \times 0{,}3211 \Rightarrow 3{,}15\,{}^{pies}\!/_{seg^2}$$

Como ya se expresara, en la práctica nos encontramos con sistemas irregulares de olas. De acuerdo a las observaciones de varios investigadores en buques oceanográficos la longitud media, en base al período medio, es la siguiente:

$$T_m = \sqrt{\frac{K}{2\pi} L_m}$$

Donde **K** es un coeficiente que varía entre: 1 para mar abierto y profundo y 0,5 para aguas restringidas

Relaciones prácticas entre las características de las olas
Las relaciones entre el período y la longitud teniendo en cuenta las fórmulas expresadas anteriormente, son las siguientes:

Para obtener período conociendo longitud

$$T(seg) = 0{,}8\sqrt{L(m)}$$

Para obtener longitud en metros conociendo período en segundos

$$L(m) = 1{,}56 \times T^2(seg)$$

Para obtener velocidad de traslación en m/seg., conociendo la longitud de la ola en metros

$$V(m) = \frac{L(m)}{T(seg)} = 1{,}25\sqrt{L} \qquad (m)$$

Para obtener la velocidad de traslación en nudos en función de la longitud de la ola en metros

$$V(nudos) = 2{,}4\sqrt{L} \quad (metros)$$

Para obtener la velocidad de traslación en m/seg., en función del período de las olas en seg.

$$V(m) = \frac{1{,}56 \times T^2(seg)}{T(seg)} = 1{,}56 \times T(seg)$$

Para obtener la velocidad de traslación en nudos en función del período de las olas en seg.

$$V(nudos) = 3T(segundos)$$

Período (Seg)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Velocidad (Ns)	6	12	18	24	30	36	42	48	55	61
Longitud (Mts)	6	25	55	100	155	225	305	395	505	625
Altura (Mts)	½	1	2	5	7	10	12	10	8	5

Tabla 1. Relación entre longitud, altura, velocidad y período de una ola

Es más fácil la determinación del período de una ola que su longitud, por lo tanto es ese el dato que el marino toma con mayor asiduidad.
Siempre deberá tenerse en cuenta al calcular el período, la velocidad del buque respecto al mar, ya que si no se hace se estará tomando el período relativo y no el verdadero.
La Tabla 1 relaciona longitudes, alturas y períodos. Sus datos se aproximan bastante a la realidad y pueden ser aplicados con confianza:
Del análisis de las fórmulas y de la tabla se sacan dos conclusiones:

- A mayor período y longitud también mayor velocidad.
- La mayor altura se produce con períodos que oscilan entre 200 y 400 m.

Características del movimiento ondulatorio

Para comprender mejor los efectos de las olas es conveniente hacer las siguientes consideraciones generales sobre el comportamiento de las mismas:
Las partículas de agua en una ola en aguas profundas no se desplazan horizontalmente con ella, sino que describen trayectorias circulares denominadas cicloides, moviéndose hacia

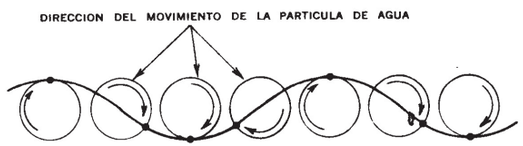


Fig. 6 Características del movimiento ondulatorio

arriba cuando la cresta se aproxima, hacia adelante cuando la cresta pasa, hacia abajo cuando aquella pasó y luego hacia atrás, durante el pasaje del seno, hasta casi ocupar su posición inicial. Fig. 6

Nota de los autores: *Cicloide es la curva plana engendrada por un punto de una circunferencia que rueda sobre una línea recta. La trocoide, en cambio, es la curva engendrada por un punto interior de esa misma circunferencia. La cicloide, por lo tanto, es el caso extremo de la trocoide.*

O sea que las partículas superficiales describen trayectorias cicloidales, mientras que las que se encuentran en el interior de la circunferencia, trocoidales.

Si se arroja al agua un pequeño flotador que se tenga certeza que no será arrastrado por el viento, se observará que el mismo no avanza sino que sube y baja rítmicamente al tiempo que se traslada hacia adelante y atrás siguiendo una trayectoria cicloidal.

El flotador y las partículas de agua que lo rodean no se alejan del punto inicial.

Si se pusieren flotadores a lo largo de toda la superficie se comprobaría que todos ellos recorren distintas curvas cicloidales, pero desfasados en el tiempo.

El agua no se desplaza sino que lo hace la ondulación, de ahí que el observador aprecie el movimiento de la ola

Dependiendo del tamaño de la ola, a profundidades de unos pocos metros el agua permanece tranquila.

Se ha comprobado que el movimiento circular de las moléculas desaparece a una profundidad ligeramente superior a la mitad de la longitud de las olas.

Por dicha razón, un submarino que navegue en inmersión a una profundidad superior a ese valor durante un temporal, lo hará en aguas calmas.

El movimiento de las olas, es pues, un movimiento superficial.

Acercándose a aguas someras en donde la profundidad sea menor que la mitad de la longitud de las olas, las moléculas de agua que giran en las capas inferiores, rozan con el fondo y son frenadas en su movimiento trocoidal, alterándolo y descompen-

sándolo, convirtiendo el movimiento en una elipse, cuyo eje mayor es el horizontal.

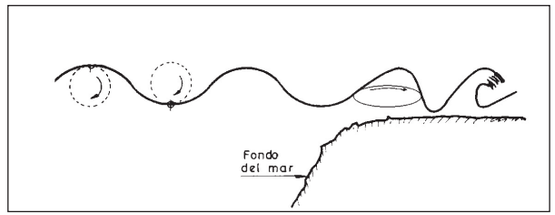


Fig. 7a Movimiento de las olas Costa escarpada

Si la disminución del fondo es muy abrupta, el rozamiento con el mismo y la viscosidad del líquido, hacen que las partículas que forman la cresta de la ola se adelanten en su movimiento respecto a las de las capas inferiores, haciéndose inestables y desmoronándose, como puede apreciarse en los dos gráficos de las Figs. 7-a y 7-b

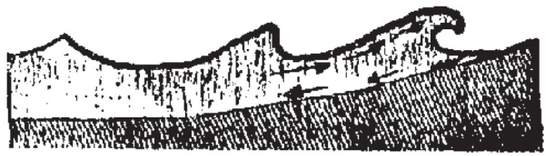


Fig. 7b Movimiento de las olas Costa desplayada

En una playa, al ser mayor la disminución del fondo, mayor es la deformación del movimiento ondulatorio que sufre la masa de agua, transformándose en otro de traslación que hará que las partículas de agua suban a la playa, hasta que el rozamiento y la gravedad consuman su energía, haciendo que la masa de agua retroceda nuevamente hacia el mar incidiendo en la base de la

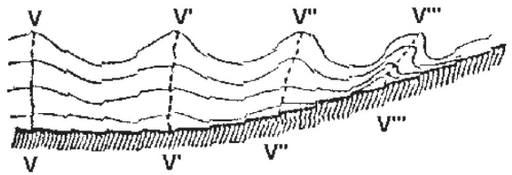


Fig. 8 Modificación del perfil de la ola en la playa

ola siguiente lo que provoca que la misma rompa antes.
En la Fig. 8 se aprecia como, en las distintas secciones V, V', V" y V"', se van modificando los perfiles de la onda al llegar a una playa.
En cambio, el desmoronamiento de la ola o rompiente en altamar se produce cuando las olas exceden la pendiente máxima admisible, (aprox. 10% de la relación altura/longitud).
Las rompiente constituyen uno de los peores enemigos de una embarcación, tanto por la fuerza destructora de las mismas como por la posibilidad de embarcar agua a bordo, rompiendo elementos con el consiguiente peligro para la estanqueidad del buque.

Olas extraordinarias

Se pueden producir también olas por otro motivo que no sea el viento. Pueden originarlas sismos submarinos o costeros. Los sismos pueden provocar olas de entre 30 y 40 m. de altura.
Usualmente se las denomina tsunamis. Afortunadamente no son frecuentes.
En Krakatoa hubo uno durante el año 1883
En Chile otro en 1960. Allí el *tsunami* afectó a toda la cuenca del Pacífico. Australia, Nueva Zelanda, Las Filipinas, Okinawa y California sufrieron daños considerables e inundaciones. Japón recibió una ola de 5 m. de altura, aún estando a 9.000 millas de distancia; en Hawai el mar arrasó la ciudad de Hilo tres horas después de producido. En las últimas dos décadas desde 1990 debido a un período de grandes maremotos generados por terremotos se manifestaron varios tsunamis devastadores como el registrado en 2011 en Japón, que se extendió a todo el océano Pacífico.

Conclusiones

- El diámetro de la órbita de las partículas de superficie es igual a la altura de la ola, decreciendo exponencialmente a medida que aumenta la profundidad de las consideradas hasta desaparecer a una profundidad aproximada de ½ período.
- Tanto la longitud, como la pendiente de la ola aumenta con la velocidad del viento reinante; pero cuando éste sopla a más de 10 ns., el promedio del incremento en altura es mucho mayor que el correspondiente incremento en longitud.

- Sin embargo ninguna ola puede alcanzar una pendiente superior a una relación altura/longitud de 1/10, sin que su cresta rompa. Esto quiere decir que cuando una ola tiene una longitud de 10 metros no acepta más de una pendiente del 10%, o sea una altura de un metro, sin que rompa su cresta.
- Cuantas más altas sean las olas, más rápidas serán, porque las partículas de agua de las caras delanteras de aquellas se elevan más, y por esa razón alcanzarán mayores velocidades como resultado de la mayor distancia que tienen para acelerarse.
- Por lo tanto, mientras aumente la intensidad del viento se debe esperar que las olas crezcan más, tanto en longitud como en altura, y se trasladen más rápidamente.
- Toma bastante tiempo para que un sistema de olas se defina, y también, debido a su movimiento necesitan distancias considerables.
- Para una dada velocidad de viento las olas más altas han de encontrarse en los lugares donde el viento ha soplado constantemente durante varios días sobre cientos de millas de mar profundo y sin obstáculos. Esto último se experimenta prácticamente al cruzar el estrecho de Drake. Los vientos predominantes en la, zona (del sector oeste) actúan permanentemente sobre miles de millas de mar profundo y libre de obstáculos, provocando las olas más temidas por los marinos del mundo entero.
- Las olas que se desplazan desde aguas profundas hacia otras comparativamente más playas, se hacen más altas y aumentan su pendiente, por lo tanto rompen y subsecuentemente se rehacen formando un mar corto y alto con olas que rompen permanentemente. Si la extensión de las aguas someras esta delimitada por la costa, se formaran olas de resaca que se reflejan en la playa y vuelven hacia el mar dando origen a un mar confuso con olas peligrosamente empinadas que rompen continuamente. Esto es lo que sucede en la zona de El Rincón (Costa SE de la provincia de Buenos Aires en la República Argentina) y en el mismo Río de la Plata cuando soplan temporales del sector SE. que tantos naufragios han cobrado.

- Una mar gruesa causada por un temporal fuerte y prolongado desatado sobre una extensión de mar abierto y profundo puede viajar cientos de millas sin alterar prácticamente su dirección. Si en su camino se encontrase con otro mar de diferente dirección causado por un temporal local, dará como resultado un mar peligrosamente confuso.

En forma general se puede establecer:

- Las olas cortas, y empinadas y confusas, son las más peligrosas para los buques pequeños.
- Las olas tendidas son más peligrosas para los buques grandes.

Influencia del viento sobre la estabilidad del buque

El arrastre que un fluído en movimiento ejerce sobre otro es directamente proporcional a la velocidad e inversamente proporcional a las diferencias de densidades.
En el caso a tratar en particular, al ser el agua unas 800 veces más densa que el aire, el mayor riesgo que corre el buque, durante un temporal, es debido a los embates de las olas más que a la influencia del viento, ya que son las primeras las que entregan la inmensa energía acumulada por este cuando rompen contra el buque.
El viento solo se convierte en un factor importante de supervivencia del buque cuando sopla con velocidades huracanadas tan altas que puedan ocasionar una escora apreciable a sotavento que se sume a la escora debida al oleaje.
Es importante destacar que un viento constante en dirección y velocidad origina una corriente superficial, al cabo de un día de persistencia, que tendrá una velocidad equivalente al 10% de la velocidad del mismo

Influencia de las olas sobre la estabilidad del buque

Supóngase un buque flotando en aguas tranquilas, al que se lo escora adrede.
Al dejarlo libre tiende a volver a la posición de equilibrio y debido a la inercia sobrepasa esa posición, iniciándose una oscilación alrededor de la vertical, el que se amortigua con el tiempo. Ahora manteniendo el buque horizontal inclínese la superficie del agua Fig. 9

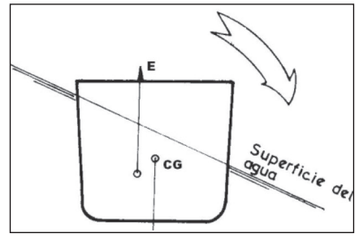


Fig. 9 Influencia del viento sobre la estabilidad

El punto de aplicación del empuje ascensional "B" (baricentro) se desplaza hacia la banda sumergida. El centro de gravedad del buque "CG" permanece inmóvil (si no se produjeron movimientos de pesos a bordo).
El resultado es que las dos fuerzas de igual dirección y magnitud, pero sentidos opuestos, (el empuje hidrostático y el peso del buque), forman una cupla que tiende a escorarlo hasta que su cubierta superior quede paralela a la superficie del mar, provocando una escora.

Movimiento del buque entre las olas

Debe tenerse en cuenta que un buque flotando en reposo y en aguas calmas no sufrirá los mismos empujes hidrostáticos que cuando debe hacerlo en medio de un temporal.
En el primer caso la presión hidrostática que lo sustenta efectúa un empuje parejo sobre toda su obra viva.
Con mal tiempo la superficie del mar se presenta como una sucesión de crestas y senos que se desplazan a una cierta velocidad promedio y las partículas de agua de la superficie (que no se desplazan con el viento), lo hacen siguiendo variadas trayectorias cicloidales.
Por lo tanto en el segundo caso no sólo el volumen de la obra viva estará cambiando constantemente de forma, modificando empujes, sino también el casco sufrirá los efectos de la infinidad de filetes líquidos que, incidiendo con distintas intensidades y direcciones en todas sus partes, provocarán modificaciones en su movimiento, alterarán su velocidad y lo someterán a esfuerzos de arrufo, quebranto, corte y torsiones.
Todos los buques, de acuerdo a su tipo, dimensiones y condiciones de carga, tienen un período natural de rolido y de cabeceo bien definidos, que son independientes de las amplitudes de esos movimientos.
Se verá en detalle cada uno de ellos

Período de cabeceo

Es el tiempo que la proa tarda en levantarse desde la horizontal, ascender y luego descender por debajo de la posición inicial hasta llegar otra vez a la horizontal.
Su valor suele ser mayor que el período de balance.
Esto explica que en la mayoría de los casos el barco con mar de proa siga el contorno de las olas.
El buque que responde a esas características de rapidez de respuesta al oleaje se lo suele catalogar como muy marinero.
Analizando ahora las olas desde un buque en movimiento, el período natural de aquellas se modificará de acuerdo a la velocidad del buque y al ángulo que éste forma con la dirección del mar, pudiéndose incrementar o disminuir en su valor, pero manteniéndose la periodicidad del fenómeno mientras no se varíen los parámetros anteriores.

Navegación con el mar de proa o de popa, período de encuentro o período aparente de las olas

Se lo distingue con la letra (**T**) y es el intervalo entre el pasaje de dos crestas sucesivas por un mismo punto del buque
El ángulo de incidencia α de las olas con el plano de crujía es igual a 0º.
Allí el período de encuentro es máximo. Fig. 10

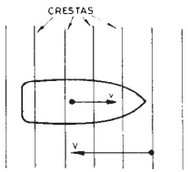


Fig. 10 Navegaciónar con mar de proa o de popa, período de encuentro o período aparente aparente de las olas

A medida de que el ángulo θ aumente el período de encuentro comenzará a disminuir aproximándose al período verdadero de las olas, llegando a ser igual cuando θ sea igual a 90º o sea el mar esté de través. Fig. 11
A partir de allí el valor de **T** continuará aumentando hasta alcanzar su valor máximo cuando α alcance los 180º o sea el mar esté

de popa. Fig. 12

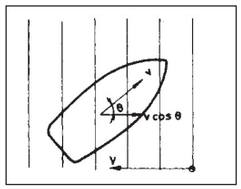


Fig. 11 Período verdadero de las olas

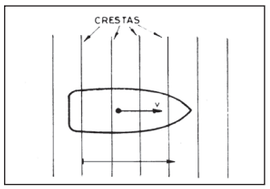


Fig. 12 Período máximo de las olas

Consecuentemente se pueden deducir las siguientes reglas prácticas:

- Orzando hacia la dirección del mar, el período de encuentro disminuye y arribando, aumenta.
- Si el ángulo de incidencia se mantiene constante, el período de encuentro variará con la velocidad de avance del buque

Determinar la longitud y/o velocidad de las olas con el buque navegando

Si las olas vienen de proa o de popa, la distancia es ahora la recorrida por el buque y por la ola convirtiéndose en un problema de móviles.
La velocidad ahora será una velocidad aparente (Va) y será la suma o diferencia de la velocidad real (Vr) de la ola y del buque según el buque reciba el mar a proa o popa del través.
En el caso en que el mar lo reciba a proa del través sería

$$V_a = V_r + V_b \cos . \vartheta$$

Y si lo recibiera de popa del través:

$$V_a = V_r - V_b \cos . \vartheta$$

Se puede entonces establecer que:
+ : mar de las amuras
— : mar de las aletas

Si se tiene en cuenta que el signo +/- depende del signo que tenga el $\cos\alpha$, según sea este > o < de 90º, las fórmulas anteriores podrían sintetizarse así:

$$V_a = V_r + V_b \cos.\vartheta$$

Siendo ϑ el ángulo formado por la línea proa/popa y en el sentido de propagación de la ola, contando de 0º a 180º, desde la proa hasta el costado del buque por donde embate la ola.

Precauciones a tomar cuando se navega con el mar de proa

Varios son los efectos perniciosos ejercidos por las olas sobre el buque cuando se navega con el mar de proa.
El choque frontal de la proa y las amuras contra las olas hacen que estas últimas golpeen al barco con una velocidad que es la sumatoria de la del buque y la de las olas, frenándolo en su avance y sometiendo a las planchas a esfuerzos que pueden llegar a ser violentísimos.
Si las cabezadas son muy amplias se le puede sumar además los esfuerzos desmedidos que sufre el sistema propulsor al trabajar la hélice alternativamente en el aire o sumergida.
Además, al golpear la proa contra la ola se produce una vibración de baja frecuencia, muy característica y fácil de reconocer ya que el buque y sobre todo la superestructura queda hamacándose rítmicamente durante un tiempo. Vulgarmente se la denomina **pantocazo.**
Las únicas medidas para evitar esto es cambiar de rumbo o bajar la velocidad y deben ser tomadas de inmediato ya que los riesgos que se corren son grandes.

Peligro de entrar en sincronismo con el mar de proa o de popa

Para este estudio es importante relacionar la eslora del buque con las dimensiones de las olas por dos motivos primordiales:

- Determinar la cantidad de crestas o senos parciales comprendidos en la eslora del buque.
- Porque la longitud de la ola en relación con su altura determina la pendiente de la cresta.

Navegando con mar de popa, si el período de cabeceo del buque P (*pitching*) es pequeño con relación al período de la ola T", el buque seguirá las pendientes de las olas y tendrá un cabeceo regular, cuya amplitud será el doble de cada pendiente de la ola. Fig. 13



Fig. 13 Sincronismo con mar de proa o popa Sus peligros

Si su velocidad es igual al del avance de la ola, el buque se mantendrá en la misma posición relativa con respecto a ella, manteniendo una misma inclinación sin cabecear.
Cuando más se aproxime su eslora a la longitud de la ola, menor será la amplitud de la cabezada pues más se acercará la pendiente media a la horizontal.
Obsérvese en la Fig. 14 que para una eslora **AB** la inclinación corresponderá al ángulo ϑ, para una eslora **AB'** el ángulo de la pendiente será ϑ, en cambio si la eslora fuese **AB"** el buque prácticamente no cabecearía teniendo solamente una traslación vertical

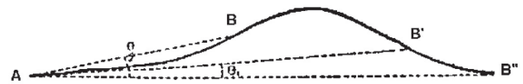


Fig. 14 Relación eslora / longitud de la ola

Es común llegar al caso de que **P > T"** cuando se navega proa al mar Fig. 15 ya que en ese caso **T"** disminuye.



Fig. 15 Producción del cabeceo

Si a esto se agrega el movimiento cicloidal de las moléculas de agua que forman la ola, que en la cresta tienen una componente **Vt** contraria a la marcha del buque, se están sumando la velocidad del buque y la ola, eso hará que la presión hidrodinámica sobre la obra viva de proa sea mayor y eleve aún más la misma , siendo común que saque la roda por encima del nivel del agua para luego caer pesadamente debido a que no tiene el sustento hidrostático que la frene y a ello se le suma el cambio de dirección del par longitudinal.
Si no levanta la proa rápidamente la sumergirá en la ola siguiente y sacará fuera del agua el timón y la hélice.

Sincronismo longitudinal; su peligro y modo de evitarlo

Para olas longitudinales o muy próximas a ellas (mar de proa o popa) se cumple que:
Si el doble del período de cabeceo del buque es igual al período aparente de las olas, y la eslora del buque es igual a la mitad de la longitud de la ola, existe una concordancia perfecta entre el paso completo del perfil de la ola y la oscilación doble longitudinal del buque
Si la velocidad del buque es moderada, el mismo obedece rápidamente al par de estabilidad longitudinal y las cabeceadas serán rápidas. Su amplitud dependerá de la eslora y de la pendiente de la ola.
Si en cambio la velocidad del buque es grande el período **T"** será muy chico y muy grandes serán los cambios de sentido del par de estabilidad.
Si se llega a la situación de **P = T"** se incrementarán los efectos descriptos pues siempre coincidirán las crestas y los senos con las cabezadas. Aumentarán por lo tanto las amplitudes del movimiento pudiendo llegarse al caso extremo de que el buque cuando sumerja su proa en la ola no alcance el momento de su par de estabilidad longitudinal para vencer el peso y la presión que ejerce el agua sobre su castillo y no tenga empuje suficiente para alzar su proa.
La receta es siempre la misma: se deberá variar la velocidad, el rumbo o ambos, pero se debe de tener siempre presente:

Jamás se debe llegar a la situación de sincronismo donde el período de cabeceo P sea igual al período aparente de la ola T"

Período de rolido o balance

Se lo distingue con la letra **R (*rolling*)** y es el intervalo que tarda un buque en ir desde la posición de adrizado a una escora máxima a una banda, luego a la otra y volver nuevamente a la posición de adrizado.
El período de rolido de un buque es directamente proporcional a la manga del mismo e inversamente proporcional a la altura metacéntrica; en consecuencia cuanto más ancho y de menor **GM** sea un buque, tanto mayor será el período de rolido.
Los movimientos de rolido y cabeceo de un buque en el mar dependen del tamaño de las olas, de la relación entre el período de encuentro y los períodos de rolido y cabeceo propios del mismo.
El máximo movimiento se desarrollará cuando haya sincronismo entre esos valores.

Período de encuentro con la ola

Está dado por la siguiente fórmula:

$$T_a = \frac{L}{V_r + V_b \times \cos\alpha}$$

Donde:

T_a **:** Tiempo o período de encuentro de las olas con el buque navegando.
V_r **:** Velocidad real de la ola en metros/segundo.
V_b **:** Velocidad del buque en metros/segundo.
α **:** Ángulo de encuentro entre el rumbo del buque y la dirección de la ola.

Oleaje de través

Se pueden presentar los siguientes casos:

- **Período de rolido del buque menor que el período de encuentro de la ola (R < T)**
- **Período de rolido del buque mayor que el período de encuentro de la ola (R > T)**
- **Período de rolido del buque sincronizado con el período de encuentro de la ola (R = T)**

Período de rolido del buque menor que el período de encuentro de la ola (R < T)

El buque tenderá a montar las olas manteniendo su cubierta paralela a la pendiente de la ola. Con el mar de través, el buque se inclinará siempre a la parte opuesta de la cresta. Fig. 16



Fig. 16 Período de rolido menor que período de encuentro de la ola

En la cresta y en el seno, estará vertical, luego adquirirá un rolido intenso y rápido y la escora máxima será tanto mayor cuanto más próximos estén R de T.

Con mar a proa del través y un cabeceo pequeño redundará en un movimiento cómodo y tranquilo del buque sin que embarque agua.

Período de rolido del buque mayor que el período de encuentro de la ola (R > T)

En este caso el buque cabeceará o rolará independientemente de las olas. Fig. 17

Con mar de través esto significará que el buque se escorará hacia la cresta con rolido relativamente tranquilo, aunque las olas golpeando sobre el costado de barlovento pueden llegar a mantener mojada la cubierta.

Si la diferencia entre P y T es muy grande, el buque se mantendrá constantemente vertical.



Fig. 17 Período de rolido mayor que período de encuentro de la ola

En lo que respecta al cabeceo con mar a proa del través puede provocar que el buque hunda demasiado la proa en el mar y saque fuera del agua hélices y timón.

Período de rolido del buque sincronizado con el período de encuentro de la ola (R = T)

La amplitud de balance real va a depender del tiempo que tarde en cambiar el perfil de la ola o período aparente de la ola ($\mathbf{T_a}$) y del tiempo que tarde el barco en dar una oscilación completa o período doble del buque ($\mathbf{T_d}$).

Si ambos son similares existe una concordancia perfecta entre el paso del perfil completo de la ola y una doble oscilación del buque y se dice que existe un sincronismo transversal.

El movimiento del buque será entonces muy violento. Fig. 18

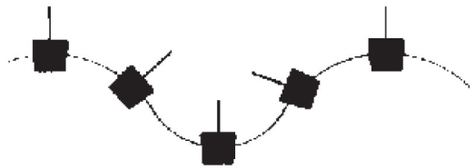


Fig. 18 Período de rolido sincronizado co el de encuentro

Cada ola que pase irá agregando su impulso de rolido al efecto acumulado por aquellas olas que la han precedido, y el buque irá rolando cada vez más y más violentamente hasta alcanzar el máximo rolido que es capaz de soportar.

Sincronismo transversal. Sus peligros y modo de evitarlo.

Operando con modelos en los canales de experiencias o desarrollando la ecuación del movimiento del buque en la ola, se llega a la siguiente conclusión:

Si el doble del período de rolido es igual al período aparente de la ola, el rolido real del buque aumenta aproximadamente, desde un seno a la cresta siguiente, en 1,5 veces el valor de la pendiente de la ola, resultando que luego de pasar la primer ola completa, el rolido real producido será tres veces dicha pendiente; al pasar la segunda ola completa, seis veces y así seguirá aumentando sucesivamente.

Ello indica lo peligroso que resulta el sincronismo transversal para la seguridad del buque, ya que con pendientes normales de 5º, al pasar la primera ola completa el buque llega a un balance de 7,5º real, luego de la segunda, 15º y así sucesivamente.

Los buques de escaso francobordo o con escasas alturas metacéntricas pueden llegar a dar vuelta a campana al cabo del paso de tres o cuatro olas.
Pero los que están adecuadamente diseñados y se encuentren sin daños, no zozobrarán, porque hay fuerzas resistentes que se oponen al rolido hasta llegar a un equilibrio entre las fuerzas que contribuyen a aumentar el rolido y las que se contraponen al mismo.
El buque continuará así rolando al límite máximo hasta que se haga algo para romper la situación de sincronismo.
Si el buque tiene arrancada esto puede lograrse modificando el período de encuentro, para lo cual se deberá cambiar el rumbo, la velocidad, o ambos.
Con ello el período aparente de las olas dejará de coincidir con el propio del buque y la intensidad de los rolidos disminuirá.
Esto es así dado que el período aparente de la ola es :

$$T_a = \frac{L}{V_r + V_b \times \cos\alpha}$$

En efecto, si se varía el rumbo, disminuye α, se hace menor su coseno y varía T_a por lo tanto pasará a ser $T_a \neq T_d$ saliendo de sincronismo. Lo mismo sucede si se disminuye la velocidad (V_b).
Para una escora dada, mientras mayor sea el momento de adrizamiento del buque, (>GM) más corto será el período de rolido.
En cambio si el buque está perdiendo momento adrizante, ya sea por superficies libres, modificación de pesos (como puede ser masas de agua embarcadas en cubierta y que no tengan rápido desagote), corrimiento de carga o inundaciones asimétricas, el período de rolido se incrementará (se dice que el buque se está durmiendo – *tender ship*) y es una clara indicación de que el buque está perdiendo estabilidad.

Conclusiones prácticas

- Todo oficial y principalmente el capitán debe conocer los períodos natural de rolido y cabeceo de su buque para poder apreciar rápidamente cualquier cambio importante de los mismos y poder actuar de inmediato, ya que indica que se está

entrando en una situación de riesgo cierto e inminente.
- Un importante efecto en el movimiento de rolido es la disminución de su estabilidad cuando el casco se encuentra montando la cresta de una ola debido a la sustancial modificación de la forma de la carena sumergida. En un buque con baja reserva de flotabilidad esto puede provocar un peligroso incremento en el rolido o escora, especialmente con vientos huracanados del través.(ver en regla 5 "Criterios de estabilidad": *Weather Criteria*)
- Para un mercante de porte, el período de rolido suele estar entre 12 a 15 segundos mientras que para pequeños buques tipo remolcadores de mar puede rondar entre valores de 3 a 5 segundos.
- Sucede a menudo que mientras un buque pequeño en un mar tendido y largo tiene un comportamiento perfectamente cómodo, otro más grande se debate en el malamente. Mientras que el buque pequeño trepa y desciende las pendientes de las olas y cabecea únicamente cuando esa pendiente cambia de sentido en la cresta o seno; el buque grande en cambio puede estar apoyándose parcialmente en los senos y en las crestas de las olas en forma alternativa, con un extremo siendo levantado por la cresta de una ola y el otro sepultándose en el seno de la adyacente, por lo que cabeceará violentamente.

Nota de los autores: *En una oportunidad un cutter de 10 m. de eslora fue sorprendido en el Caribe por uno de los peores ciclones de los últimos años y se mantuvo sin problemas y sin que siquiera sufriera daños ni siquiera su chinchorro colgado de sus pescantes a solo 2 m. de la línea de flotación.*

Factores que contribuyen a causar rolidos de gran magnitud

1. Poco calado; por el mayor efecto que producen las moléculas de agua superficiales que tienen un movimiento más violento.
2. Efecto de superficies libres creadas por encontrarse tanques importantes a media carga; por la elevación virtual del centro de gravedad que las mismas provocan, disminuyendo el GM.
3. Gran acumulación de nieve, hielo o agua sobre cubiertas y superestructuras; por la elevación del centro de gravedad y

consecuente disminución del GM.

Diagrama para el control de la estabilidad mediante la medida del período de balance

Entre la información que suele entregarse con el buque existe un diagrama, como el de la Fig. 19, para determinar la estabilidad inicial por su altura metacéntrica.

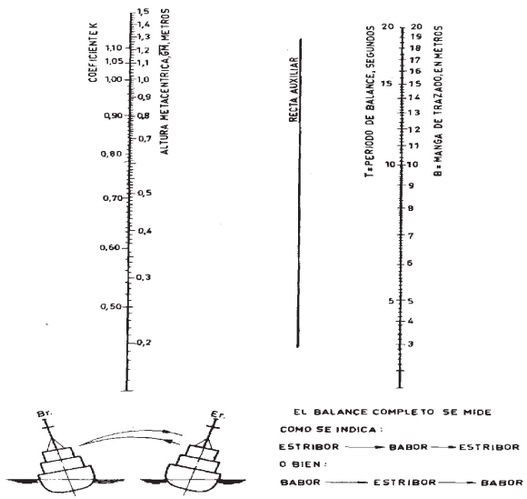


fig. 19 Diagrama para control de estabilidad

Su empleo es sumamente sencillo:
La recta izquierda representa el coeficiente "K".
Este coeficiente se aplica de acuerdo al sistema que se utilice para la medición de la manga
Sistema métrico decimal: 0,8
Sistema métrico inglés: 0,44

Instrucciones para su uso

Parta de la vertical de la izquierda con el valor que corresponda a "K"
Una dicho punto mediante una recta con el que corresponda a la manga sobre la vertical derecha expresada en metros.
Entre ahora con el período de rolido completo expresado en segundos y trace desde la vertical de la derecha una recta que

pase por el punto de intersección de la recta anterior con la recta auxiliar central.
Su intersección con la vertical de la izquierda le indicará aproximadamente la altura metacéntrica GM expresada en metros

Navegando con temporal

Conocidos los principios generales del movimiento de las olas y sus efectos sobre la estabilidad véase ahora el comportamiento del buque durante un temporal recibiéndolo de distintas direcciones.

Navegación con temporal de proa

A esta práctica se la denomina "capear un temporal"
Los efectos perniciosos ejercidos por las olas sobre el buque son:

1. **El choque frontal de la proa y las amuras con las olas.**
2. **Un excesivo movimiento de cabeceo provocará variaciones importantes de RPM. de la hélice.**
3. **Los choques violentos del pantoque proel con el seno de la ola. (pantocazos).**
4. **La suspensión sobre una cresta o con los extremos entre dos crestas sucesivas.**
5. **El embarque de agua por proa.**

Navegación atravesado al temporal

El navegante suele evitar en lo posible la navegación en estas condiciones por los grandes balances que produce.
A menos que se entre en sincronismo, los balances no son perjudiciales para la estructura principal del buque. El mismo sufre

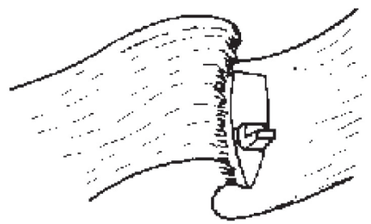


Fig.20 Navegación atravesado al temporal

menos con los balances que con las cabezadas.
Pero los balances excesivos, sin embargo, pueden ser perjudiciales ya que pueden producir roturas de elementos mal trincados, producir corrimientos de carga y además fatigan y dificultan el trabajo de la tripulación.
Existe además el peligro de que una ola rompa a lo largo de la eslora del barco, pudiendo producir rotura de estructuras que hacen a la estanqueidad del buque, con las lógicas consecuencias. Fig. 20

Navegación con el temporal de popa

A esta técnica se la denomina "correr un temporal"
Todo buque que navega de esta forma tiene un movimiento de cabezada suave manteniéndose sensiblemente paralelo al perfil de las olas.
El problema principal es que el buque gobierna mal, con fuertes guiñadas a una y otra banda. El timón responde muy mal cuando la popa se encuentra en la cresta de la ola, pues los filetes líquidos se mueven en la misma dirección y velocidades muy próximas a la del buque. El caso más desfavorable se da cuando el buque y la ola llevan igual velocidad, el buque surfea sobre la pendiente de la cresta y pierde momento evolutivo para mantener el rumbo si el buque se aparta del mismo.
Por otro lado, un buque entre grandes olas de mayor longitud que su eslora, tiende a atravesarse.
Al hundirse la proa en el seno de una ola, el resto del buque, por gravedad, cae al seno girando alrededor de la extremidad hundida. Fig. 21

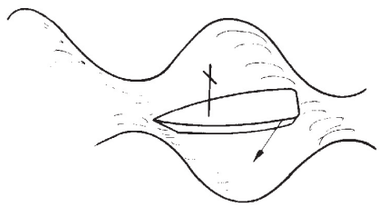


Fig. 21 Navegación con temporal de popa

Con el barco corriendo un temporal y con su popa en la cresta de

la ola, al aumentar el empuje de la masa de agua que se encuentra en la cresta debido al movimiento cicloidal motiva una pérdida significativa del efecto el timón.
La única forma de contrarrestar esta tendencia es incrementando la potencia de máquina y aplicando timón.
Ello implica estar permanentemente atento a los mismos; con el consecuente desgaste tanto del maniobrista como del equipo mecánico.
La solución, pues, para correr un temporal es reducir la velocidad con respecto a la de las olas.
Sin embargo esta no debe reducirse tanto que la ola llegue a romper en la popa. Fig. 22

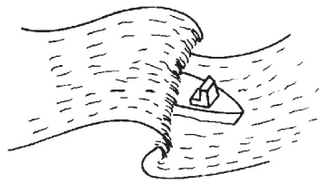


Fig. 22 Reducción de velocidad con temporal de popa

Si se llega a este caso, aparte del consiguiente embarque de agua y posible pérdida de estanqueidad, se producen unos esfuerzos muy grandes sobre el timón que pueden llegar a averiarlo.
Como regla general puede decirse que para que el buque gobierne correctamente debe reducirse la velocidad por debajo de la de las olas hasta un valor aproximado del 60% de estas.
Sin embargo, en barcos con buena reserva de máquinas se puede lograr navegar en muy buenas condiciones aumentando su velocidad respecto a la de las de las olas.

Navegación en forma oblicua al temporal

La navegación con el temporal de amuras o aletas presenta las siguientes características:
El buque cuando navega con el temporal de amura, las olas al golpear en la amura, le producen un par de fuerzas que lo hacen arribar.
En cambio cuando lo hace recibiéndolo de la aleta se produce

el efecto contrario, tendiendo a orzar, o sea llevando su proa al oleaje.
Como se observará, en ambos casos tiende a atravesarse, o sea habrá que estar atento permanentemente para contrarrestar ese efecto.

Gareteando durante un temporal

Este método, como lo menciona el título, consiste en parar la máquina y quedar a merced de las olas durante un temporal.
Si se observa un objeto que flote durante un tiempo en medio de olas desproporcionadamente mayores que el mismo, se verá que se mantiene subiendo y bajando por las olas sin dar señales de sufrir esfuerzo o daño alguno.
Es el caso de un bote o balsa salvavidas que, arrojando su ancla de capa, queda al garete a merced de las olas esperando que amaine.
Un buque puede emplear el mismo método para capear.
Seguramente dará tremendos bandazos pero su estructura no sufrirá importantes esfuerzos ni daños.
Como simultáneamente ira derivando, no embarcará demasiada agua que afecte su estanqueidad.
Lógicamente este tipo de método solo puede emplearse cuando la deriva sea hacia zonas seguras y que la carga que se transporta no corra peligro de desplazarse debido a los fuertes bandazos.

Conclusiones

- Cuando se entra en sincronismo, se debe salir prontamente de esa situación alterando el rumbo, la velocidad o ambos.
- Orzando en dirección a donde proviene el mar el período de encuentro disminuye, arribando, aumenta.
- Los grandes buques suelen navegar bien con el mar de través, ya que al tener períodos de rolido muy grande rara vez encuentran olas que les impriman rolidos excesivos, pues sus períodos de rolidos naturales son generalmente superiores a los períodos de las olas, generalmente de 5 a 9 segundos. No obstante ello, las caídas arribando respecto a las olas, deben de hacerse con cuidado, porque el aumento del período de

encuentro les provoca rolidos más violentos.
- Los buques pequeños y de cortos períodos de rolido se comportan bastante bien en temporales, ya que por eso tienden a mantener sus cubiertas paralelas a las pendientes de las olas y cuando más aumenten el ángulo de incidencia α más se diferenciará su período propio con el de encuentro. Estos buques de período de rolido propio corto tienen por desventaja rolar mucho aún con muy buen tiempo, ya que dicho período es muy similar al período normal de las olas.
- Los buques de períodos medios requieren especial atención porque con frecuencia en ellos se presenta el sincronismo. No siempre es aconsejable orzar en contra del mar pueden disminuirse los rolidos arribando y aumentando algo la velocidad si fuera necesario.
- Se debe tener especial cuidado en el gobierno de buques que lleven pesadas o voluminosas cargas ya que rolidos violentos y excesivos pueden provocar aflojamiento y/o roturas de trincas con los consiguientes riesgos.
- Como ya se viera, la altura metacéntrica es fundamental para el período de rolido, por ello, en un mismo buque varía substancialmente cuando está en lastre o cargado. En el primer caso – buque en lastre - conviene tomar el mar a proa del través y en el segundo – buque cargado - a popa del mismo. Se entiende que esto es hablando en términos muy generales y prescindiendo de otras particularidades que pueda tener cada buque.

Afrontar un temporal

Generalidades
Las condiciones de viento y mar que pueden encontrarse en un temporal son tan diversas, y los buques pueden tener formas, dimensiones y características tan diferentes que hacen que resulte imposible establecer reglas precisas sobre el mejor modo de maniobrar un buque en tales condiciones, por lo que no pueden ser seguidas rígidamente en todos los casos.
Un marino profesional, que estudia cuidadosamente las reacciones de su buque en mal tiempo, adquiere un invalorable conocimiento de las cualidades marineras de aquél y esa experiencia

le indicará como debe manejarlo en tales circunstancias y hasta donde se lo puede exigir sin que sufra daños o corra peligrosos riesgos.

Precauciones generales previas

Todo buque debe ser cuidadosamente preparado para enfrentar condiciones desfavorables durante la navegación, y es por ello que en el momento de zarpar se debe cumplir toda una serie de precauciones de rutina que tienen por finalidad dejar el buque completamente "a son de mar" lo que incluye también su total estanqueidad.
Entre las precauciones más importantes a tomar, se pueden citar las siguientes:

- Verificar que tanto las embarcaciones afirmadas a cubierta como las suspendidas de pescantes, se encuentren perfectamente trincadas y en caso de ser necesario, reforzar su trincado.
- Comprobar el cierre de portas estancas, tambuchos, ojos de buey, etc.
- Las tapas escotillas de bodega deben de estar perfectamente cerradas y aseguradas. Si llegan a poseer los antiguos cuarteles y encerados los mismos deben estar completos y las lonas sanas y dobles y estar firmemente aseguradas.
- Las anclas deben estar con sus estopores colocados y firmemente trincadas, de forma tal que no puedan tomar juego. Las tapas de gatera colocadas u obturadas por medio de cajonadas de bolsas y cemento para impedir inundaciones de cajas de cadena.
- No habrá ningún tipo de "en bando" en maniobras de plumas, pescantes o grúas.
- Todos lo elementos susceptibles de moverse con cabeceadas y rolidos serán perfectamente trincados en lugares protegidos, preferentemente cerrados.
- Se revisaran las bocas de tormenta e imbornales para cerciorarse de que no se encuentren obstruidos, con el fin de asegurar el buen y rápido desagote del agua que se pueda embarcar.
- Se revisaran ventilaciones y aberturas sobre cubierta, cerciorándose que se encuentren en buen estado de estanqueidad.
- Se cubrirán con capas y cenefas todos los equipos que así lo requieran.

El buque debe quedar en condiciones de aguantar cualquier clase de tiempo sin experimentar averías que hagan peligrar su seguridad ni accidentes en su tripulación ni sufrir daños materiales de importancia.
Una cosa es ordenar poner el buque "a son de mar" y otra muy distinta lograrlo realmente. Ello significa que es una misión que no debe delegarse, sino que el responsable debe participar de la misma para tener certeza que nada a sido omitido.
Tengase presente que cuanto mayor tiempo y esfuerzo se dedique a preparar un buque para soportar un temporal, tanto menores serán los daños que pueda sufrir en tales circunstancias.
Un bote, un tambor o cualquier otro objeto que se destrinque por un fuerte rolido o cabeceo puede causar accidentes o averías de mucha importancia y las posibilidades de volver a trincarlo durante un temporal se ven sumamente dificultadas exponiendo a la tripulación a situaciones de riesgo que podían haber sido evitadas con una buena inspección previa.
Se debe considerar que durante un temporal el buque se verá sometido a una dura prueba y por lo tanto se debe tener la seguridad de que todos los medios disponibles a bordo se encuentran en perfectas condiciones de operatibilidad y listos a ser usados.

Los principios fundamentales a tener en cuenta en todo temporal violento son:

- Mantener el suministro de energía eléctrica
- Mantener la propulsión
- Mantener la flotabilidad
- Mantener la estanqueidad

La causa más común que deja al buque sin energía es la puesta a tierra de los tableros principales por mojaduras con agua de mar. Hay que asegurarse que tanto las lumbreras como los conductos de ventilación próximos a los generadores y tableros estén en debidas condiciones estancas.

En embarcaciones de pequeño y mediano porte, cuyos escapes de los motores no se encuentran muy altos, pueden tener problemas de propulsión por ingreso de agua por los mismos.

Los mayores peligros a los que un buque está expuesto durante un temporal son:

- Embarcar tal cantidad de agua que comprometa su estabilidad y/o flotabilidad.
- Sufrir averías por acción directa o indirecta de las olas
- Zozobrar a causa de un rolido excesivo.

Consideraciones acerca de la tripulación

Se debe tener en cuenta los efectos que los movimientos violentos del buque producen sobre la tripulación reduciendo su eficiencia y retardando sus reacciones pudiendo llegarse al caso de que algún o algunos tripulantes no puedan cumplir con sus tareas.
Se debe de prohibir a la tripulación el acceso a lugares de cubierta que pueden ser barridos por las olas. Conviene clausurar bajadas, tambuchos, y escalas de la banda más castigada.
En caso de que por alguna razón impostergable deba salirse a cubierta se deberá cambiar de rumbo, dentro de lo posible, para que el personal lo haga en mayores condiciones de seguridad y además estar provistos de chalecos salvavidas y líneas con arneses de seguridad
Se debe prevenir a la tripulación con suficiente anticipación cualquier cambio de rumbo que altere el período de rolido. Los mismos así estarán preparados para adaptarse al nuevo movimiento.
Si hubo que enviar tripulantes al castillo, se tendrá especial atención de disminuir la máquina con el fin de evitar cualquier cabeceada que sumerja la proa en una ola.
Muchas veces, al salir de puerto con buen tiempo pero mar tendida de proa, no se aprecia desde el puente el fuerte cabeceo que el mismo produce pudiendo llegarse a situaciones en las cuales una ola barra el castillo, por lo tanto deberá reducirse la velocidad convenientemente hasta tanto se finalicen las tareas del personal de proa y se ponga la misma "a son de mar", para evitar accidentes.

Dispositivos anti rolido

Hay diferentes dispositivos que se emplean para atenuar los rolidos en los buques

1. Quillas o aletas anti rolido fijas.
2. Aletas estabilizadoras móviles.
3. Tanques anti rolidos.
4. Tanques Flume

Quillas o aletas anti rolido

Son los elementos más simples y comunes que podemos encontrar.
Consisten en un perfil de unos 25 cm. de ala que están firmemente aseguradas a lo largo del buque en la curvatura del pantoque con una longitud entre ½ a 2/3 partes de la eslora. Fig. 23



Fig. 23 Quillas o aletas antirolido

Las quillas de rolido atemperan la amplitud de los rolidos e incrementan ligeramente su período.
Su efectividad aumenta con la velocidad de avance del buque. Por tal razón rolará más intensamente cuando esté gareteando y con mar de través.

Aletas estabilizadoras móviles

Este es un moderno sistema anti rolido utilizado principalmente en buques de pasaje.
Consiste, en su forma más simplificada, en aletas retráctiles que se proyectan en forma casi horizontal desde los costados de los pantoques.
El ángulo de incidencia de las aletas con respecto al flujo de agua es variado automáticamente, a través de información que recibe de un girocompás estabilizador que permanece permanentemente horizontal, cuando el buque rola, llevando el borde de ataque de cada aleta hacia arriba cuando la banda se dirige hacia

abajo y viceversa. Figs. 24-a y 22-b
Con este sistema se comprobó que rolidos de 22º fueron reducidos a solo 2º

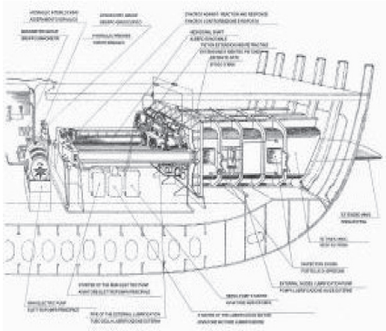


Fig. 24a Mecanismo interior de aletas antirolido móviles



Fig. 24b Disposición exterior de una aleta antirolido móvil

Sus principales desventajas son su costo, peso, complejidad y que su efectividad solo se cumple cuando el buque avanza a través del agua.
El peso de todo el equipo suele rondar entre el 1% y 1,5% del desplazamiento total.
Su utilización implica además una pequeña pero apreciable pérdida de velocidad debido a la descomposición de las que se origina para crear fuerzas que se opongan al rolido.

Tanques anti rolidos

El sistema fue desarrollado por la empresa Siemens pero no tuvo gran aceptación.
Este sistema no sólo no resuelve el problema totalmente y tiene por inconveniente su gran peso, volumen y mantenimiento. El peso del sistema ronda el 1,5% del desplazamiento.
El mismo consta de dos tanques laterales simétricos con una tubería de gran diámetro de comunicación a nivel del fondo, y un sistema de tubería conectada a un compresor en su parte superior.
Los tanques se encuentran llenos hasta la mitad y el aire comprimido crea presiones y depresiones en una y otra banda retardando el transvase. Fig. 25

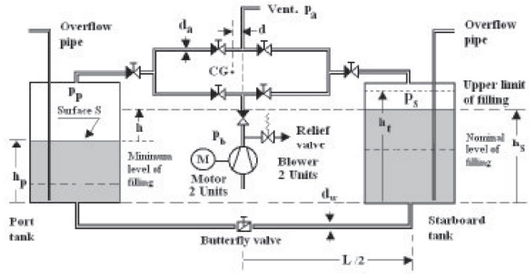


Fig. 25 Tanques Siemens antirolido

Tanques *Flume*
Es un sistema de tanques abiertos y superficie libre. Fig. 26-a y Fig. 26-b
Aprovecha para obtener la horizontabilidad la formación controlada de ondas transversales en tres tanques conectados entre sí mediante conductos *Flumes*

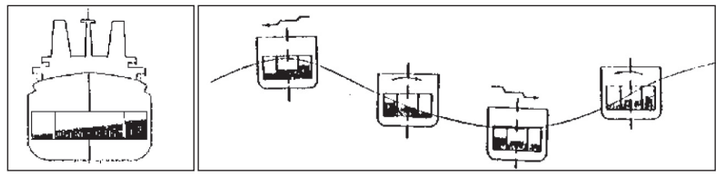
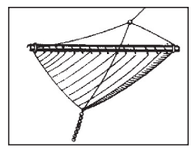
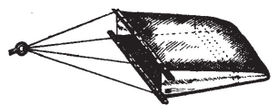


Fig. 26a y 26b Tanques Flume antirolido

El desfasaje de 90º entre el balance y el vector del momento de los tanques se obtiene mediante toberas, rejillas u otras limitaciones en la sección de los conductos de comunicación.
Este sistema es de efecto más sensible que en los tanques tipo "U" por la rapidez del transvase del líquido.





El peso del sistema está comprendido entre el 0,5 y 1% del desplazamiento.

Pueden combinarse dos sistemas y en muchos casos se hace con las aletas estabilizadoras móviles y los tanques *Flume*.

Anclas flotantes o anclas de capa

Antiguamente era muy utilizada por los veleros para mantener el buque aproado al mar durante los temporales.
Actualmente ha caído en desuso en los buques mercantes.
Es sabido que la hélice genera una resistencia durante un remolque, por lo tanto cuando el buque garetea por efecto de la misma llevará la popa al mar.
El ancla de capa para un buque de gran porte que anule dicho efecto y mantenga el buque aproado al oleaje debería adquirir unas dimensiones enormes que la harían muy difícil de maniobrar.
Sólo es utilizada en embarcaciones de salvamento, pequeñas embarcaciones deportivas y buques pesqueros destinados a tareas especiales como son los poteros.
En la Fig. 27 se observan diversos tipos de anclas de capa utilizadas antiguamente.
En la actualidad los que la utilizan asiduamente son los buques poteros que deben estar presentados al mar frenando su deriva mientras cazan Fig. 28

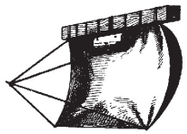


Fig. 27 Anclas de capa

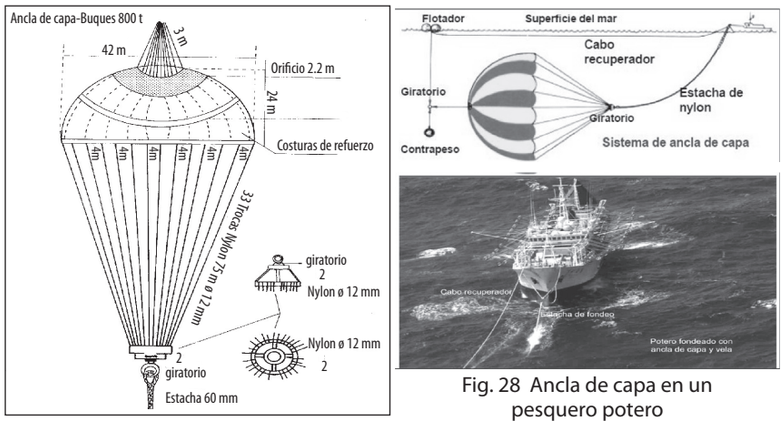


Fig. 28 Ancla de capa en un pesquero potero

Como puede apreciarse no es un elemento manuable y fácil de

utilizar.
Sus grandes dimensiones hacen que la maniobra de largarla y recogerla requiera de un adiestramiento especial y esas tareas no pueden realizarse durante temporales.
Los poteros la utilizan para evitar derivar por efecto del viento, manteniéndose sobre el cardumen de calamares que detectó (por ello también cuentan con una vela doble en su popa – ver foto - para incrementar el efecto de quedar aproado al viento), lo que minimiza los rolidos que provocarían enredos en sus líneas.
En pequeñas embarcaciones - como botes salvavidas - pueden utilizarse baldes con manijas firmes, amarrados mediante un largo cabo por proa o por popa, para mantenerlo aproado o apopado al oleaje.
Las balsas salvavidas auto inflables poseen unas bolsas abiertas en su fondo que ofrecen una resistencia a la gran deriva que les produce el viento debido a su escaso calado en relación con su obra muerta. Fig. 29
También muchas veces embarcaciones, medianas y pequeñas, ante problemas durante temporales utilizan cabos amarrados en uno de sus chicotes en la proa y el otro arrojado al mar, con el fin de que produzcan una resistencia a la deriva producida por el viento. Obviamente cuanto más largos sean mejor será el efecto que produzcan.

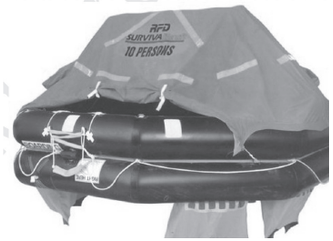


Fig. 29 Uso de baldes o bolsas en balsas salvavidas

Por supuesto esta maniobra debe de hacerse con las precauciones de ir largándolos lentamente para evitar que se enrieden en la hélice.

Uso del aceite para disminuir los rociones del oleaje

El empleo del aceite para calmar la superficie de un mar encrespado data de miles de años.
Ya Aristóteles hablada de esta costumbre utilizada por los pescadores de esa época.
Hasta mediados del siglo XX buques de tonelajes de hasta 20.000 DWT traían aún dispositivos en sus proas para poder ir arrojando,

en forma gradual, una cantidad controlada de aceite.
Esto se empleaba cuando debían operar con embarcaciones menores en sus costados.
Acción del aceite en la superficie del mar agitado Fig. 30

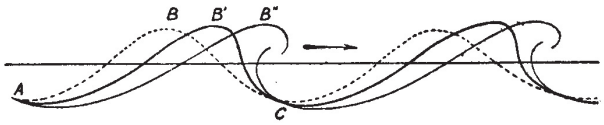


Fig. 30 Uso del aceite para reducir rociones de oleaje

En la figura están representadas las tres formas características de las olas.
ABC : Perfil de onda de mar tendida
AB'C : Cresta se comienza a perfilar formándose el golpe de mar.
AB"C : La rompiente se produce.

En este último caso, al romper la ola contra la embarcación, no permite que la remonte sino que descarga sobre la misma inundando su cubierta y barriendo lo que sobre ella haya.
Las gotas de aceite que adoptan una forma de lentejas inmediatamente que caen en el agua comienzan a adelgazarse formando una película delgadísima que abarca una superficie enorme.
Su misión es cambiar el perfil de la onda convirtiendo la rompiente en una ondulación de mar tendida. Esto se debe a que su cohesión molecular impide que la película sea desgarrada fácilmente y por lo tanto tiende a alisar la superficie evitando que rocíe.
Los mejores aceites son los de foca, lino, algodón como así también pero en menor escala, el agua jabonosa.
Cuanto más viscoso es un aceite, más lentamente se extiende sobre la superficie del agua.

CAPÍTULO XVII

Navegación con niebla

Reglamento y su aplicación

Según el R.I.P.P.A., en su regla 19-b expone para tiempo de niebla la utilización de una velocidad de seguridad acorde a las circunstancias y visibilidad imperante en ese momento.
Pero dicho reglamento autoriza a los estados miembros a que apliquen reglas especiales en los ámbitos de sus jurisdicciones, por ejemplo, hay lugares donde el tráfico es guiado mediante estaciones de *VTS* de tierra, la velocidad y rumbo entonces en caso de niebla será la que establezca la estación de control.
La expresión velocidad de seguridad toma así un significado muy amplio ya que depende de cada circunstancia y condición existente.
Puede darse el caso de que una velocidad muy pequeña pueda ser considerada como exagerada, más aún si se navega con corriente de popa, y se esté obligado a fondear o garetear en una zona de denso tráfico con una niebla espesa y en una zona plagada de peligros.
Por lo expuesto es de suponer que el término "velocidad de seguridad" no ha sido definido adrede con la intención de dejar librado a la decisión de los capitanes cual sea la misma, y que finalmente, en caso de accidente sean los jueces los que determinen si la decisión adoptada por los capitanes involucrados a sido la correcta.
Esto deja a los capitanes la decisión sobre que hacer en esa situación.
Una vieja norma de origen desconocido decía:
"La velocidad de seguridad es aquella con la cual podemos detener nuestro buque en la mitad de la visibilidad existente"

- Navegando en una zona riesgosa, con denso tráfico y con 50 m. de visibilidad se deberá establecer si resulta más seguro fondear, garetear o seguir avante a una velocidad baja cumpliendo con todas las medidas de seguridad que las reglas y el

buen criterio impongan.

De diferentes sentencias de juicios marítimos se puede llegar a aseverar que la mayoría de los jueces consideran como "velocidad de seguridad" aquella que es suficiente para mantener el buque a rumbo y bajo control.

Pero no se debe olvidar que muchos buques no pueden mantener demasiado tiempo su máquina a bajas rotaciones debido a problemas de calentamiento, lavado de aceite en los cilindros, carbonización, etc.

Entonces será el Capitán el que deba evaluar hechos y consecuencias y actuar según su mejor criterio.

En muchas ocasiones en alta mar, en noches obscuras sin luna, es difícil apreciar cuál es la visibilidad real. Normalmente comienza con la aparición de calima, las regalas se humedecen formándose gruesas gotas de agua sobre las mismas. Una buena forma de apreciar la opacidad que va tomando la atmósfera es observar el tope de proa desde el puente. Aparecerán "bigotes" a sus costados y su intensidad está íntimamente ligada a la perdida de visibilidad.

Para ayudar a los capitanes a tomar la decisión más acertada se pueden citar distintas consideraciones tomadas en cuenta por jueces en distintas sentencias judiciales:

1. El capitán permanecerá en el puente durante todo el tiempo en que la visibilidad esté reducida.
2. Se deberán tocar las señales fónicas que estipule la reglamen tación.
3. Se emitirán los avisos de seguridad (*security*) dentro de los lapsos que se estime necesario de acuerdo a las condiciones de tráfico.
4. Se tomará debida cuenta de todo aviso de seguridad que se reciba, aún los lejanos, asentándolos en la carta, y prestándole especial atención en caso de proximidad o rumbos encontrados.
5. Se contestará todo *security* recibido identificándose y dando nuestros datos.
6. Se reforzará la guardia mediante un vigía con binoculares u otro instrumento de ayuda óptica.

7. Se timoneará manualmente.
8. El observador de radar debe dedicarse exclusivamente a dicha tarea no debiendo alternarla con ninguna otra. Esto se debe al acostumbramiento que se produce en la retina según el medio que observa.
9. Se mantendrán abiertas las puertas del puente para permitir escuchar sonidos exteriores débiles. Se debe eliminar toda fuente propia que produzca ruidos innecesarios.
10. En caso de que la navegación sea nocturna se eliminarán fuentes luminosas que interfieran la visión del horizonte especialmente hacia proa.
11. Durante los relevos en horas nocturnas, se dará tiempo suficiente a la guardia entrante para que adapte su visión a la obscuridad (dicho periodo es de unos 15 minutos).
12. El departamento máquinas estará avisado de las condiciones con las que se está navegando.

Los avances tecnológicos electrónicos (*AIS, GPS*, radares *ARPA*, etc.) evidentemente han minimizado los riesgos, pero muchas veces el exceso de confianza que los profesionales tienen en ellos llevan a descuidos importantes que los llevan a situaciones peligrosas.

Téngase presente que la tecnología brinda una enorme cantidad de información la cual es de inapreciable valor, pero no asegura que se esté utilizando adecuadamente.

CAPÍTULO XVIII

Navegación entre hielos

El primer requisito para un Práctico o Piloto en este tipo de navegación, es desarrollar un saludable respeto por el tremendo poder del hielo, nunca deberá permitir que la pacífica apariencia de un campo de hielos lo lleve a una falsa sensación de seguridad. Por otro lado, tampoco deberá tenerle miedo a los mismos, ya que un buque gobernado por manos capaces puede avanzar bastante a través de éstos.

Nota de los autores:*Este capítulo no pretende ser un tratado sobre navegación en zona de hielos. Sólo destaca puntos importantes que un navegante bisoño en ese arte debe tomar en consideración con el fin de acelerar el proceso de aprendizaje y no cometer errores elementales*

En general, el hielo es un obstáculo al avance de cualquier embarcación; y es especialmente peligroso para los buques que, por construcción , no fueron pensados para navegar entre ellos.
No obstante, es posible para un buque normal navegar en regiones abiertas entre masas de hielo ("*open ice packs*"). Los largos períodos de luz diurna que hay en verano en las latitudes altas, facilitan en gran manera, tales operaciones y la habilidad para ver los obstáculos con antelación, ayudan en el manejo del barco en estas aguas.
Cuando un buque encuentra un campo de hielos en su derrota, la decisión sobre si atravesarlo o rodearlo debe ser cuidadosamente pensada, en el caso de grandes áreas afectadas y a menos que el mismo bloquee completamente los canales o el acceso al puerto de destino, será más económico, en tiempo y en dinero, tomar la derrota más larga alrededor de la zona de los ellos.
Cuando las condiciones hagan necesario penetrar el campo de hielos, el punto de entrada debe ser seleccionado con gran cuidado. Debiéndose hacer un reconocimiento general, usando el radar y aeronaves (si se dispone), colocar un Piloto experimentado en la cofa más alta para otear el horizonte y reconocer la

profundidad de esos campos.
A la hora de elegir el lugar de entrada, se tendrán en cuenta los siguientes principios:

- Considerar la penetrabilidad del hielo a lo largo del rumbo propuesto, con respecto tanto al espesor como al grado de consolidación.
- No penetrarlo nunca donde se vea presión del mismo, que se evidencia por lomadas o quebraduras, o por medio de embarcación auxiliar.
- Entrar contra el viento en la medida de lo posible, el borde de barlovento de un campo de hielos es más compacto que el borde de sotavento. Por otro lado, la violencia de los pedazos de hielo en movimiento se verá amortiguada en el lado de sotavento. Si es necesario penetrar las masas del mismo a favor del viento, hay que tener buen cuidado en evitar daños al casco debido a las posibles colisiones con las piezas de hielo suelto.
- Si el hielo es grueso y deriva rápidamente, se debe esperar a que la dirección del movimiento del mismo cambie, lo cual puede estar acompañado por un mejoramiento de las condiciones de éste. También hay que tener en cuenta la corriente de marea; el hielo generalmente se hace más compacto en la creciente, pero empieza a resquebrajarse con la vaciante.
- El borde del campo de hielo no es generalmente recto, sino que tiene frecuentemente salientes y entrantes Hay que entrar por las bahías que forma el campo congelado, por aquí el efecto sobre el buque será menor.
- El campo habrá que penetrarlo a la velocidad más baja posible para reducir la fuerza del impacto inicial sobre la popa, una vez que la proa haya entrado en él y este esté cortado o empujado hacia los lados, hay que incrementar la potencia de máquinas para evitar perder la dirección del avance y luego ajustar las revoluciones de acuerdo con el estado del mismo.
- Entrar siempre en un rumbo perpendicular a su borde, si no se observa esta precaución se puede producir un impacto sesgado que podría dañar el planchaje de la amura por el lado del hielo y la popa giraría hacia el mismo con peligro

para el timón y la hélice.

Navegando a través del hielo

Existen principios básicos para navegar en un campo de hielos:

- Mantenerse en movimiento.
- Trabajar a favor del hielo, no contra él.
- No apurar el trabajo.
- Respetarlo, no temerle.
- Permanecer en aguas o pasos abiertos.
- Siempre que se pueda rodear, no golpear nunca una pieza grande de hielo.
- Si no existe otra alternativa que golpearla, hacerlo de frente. El buque tiene mayor fortaleza, como así se aprovecha mejor la potencia de su máquina.

Un área marina cubierta de hielo en un cincuenta o sesenta por ciento de su superficie se puede atravesar por cualquier buque con máquina, ya que siempre se encontrará un camino alrededor de las masas o bloques individuales.

La navegación de una embarcación fuera de convoy con el hielo cubriendo más del sesenta por ciento ya es más difícil; la experiencia del Capitán en estas navegaciones y la existencia de caminos o áreas de aguas abiertas son circunstancias que influyen. Teniendo en cuenta el contorno de la costa, la posición de las posibles islas, así como a dirección del viento y corriente se puede tener una idea de la parte donde el hielo pueda ser más grueso o más resquebrajado.
La condición del mismo debe observarse desde la mayor altura posible, preferiblemente con prismáticos desde la cofa más alta.
No solamente un punto de observación más alto aumenta el alcance visible, sino que también posibilita ver posibles pasos y aguas libres entre ellos (*polynyas*) cerca de la línea del rumbo.
También se debe observar en el campo de hielo las zonas con formas alomadas (crestas de presión) para evitarlas, así como todos los movimientos de los mismos. Desde el punto de observación (cofa del vigía) se puede determinar el espesor y las condiciones del hielo que se ve hacia la proa, comparando su aspecto con el

que hemos dejado por la popa, cuyo espesor y condiciones ya conocemos.
Los balleneros consideran que el hielo que tenga un color azul verdoso es el más duro y debería ser evitado siempre que sea posible. Sin embargo el buque debe ser dirigido desde el puente de maniobra, ya que desde ese punto es en donde puede mejor averiguarse el carácter y espesor del más cercano.
Cuando están disponibles los servicios de una aeronave, hay que hacer que el avión explore hacia la proa del buque.
Por este medio se puede observar la naturaleza y extensión del hielo con bastantes millas de antelación; y el buque estará más capacitado para elegir la entrada con más posibilidades por la que se pueda llevar al buque en la dirección deseada.
En algunos casos, tales reconocimientos aéreos indicaran la conveniencia que la embarcación dé un amplio rodeo, orillando la masa de hielos y llegar a una zona con aguas abiertas, cuya presencia de otra forma hubiera sido desconocida.
Los helicópteros han demostrado ser particularmente útiles en la exploración de los hielos a proa del buque y procurarse información respecto a los pasos entre ellos, huecos y extensión del área de hielo compactado (*packice* o masa de hielos).
El hielo deberá ser cuidadosamente escudriñado con la aeronave a baja altura. Algunas veces, en el Ártico, se forman lagunas con diez o veinte centímetros de profundidad del agua sobre el hielo (*pools*), las cuales desde el aire, y aún a distancia desde el nivel del mar, hacen creer que son masas de hielo abiertas, pero una observación más cercana evidencia que es contiguo debajo de estas lagunas y puede, en efecto, ser innavegable.
Bajo estas circunstancias se puede producir un informe erróneo sobre la navegabilidad de estas zonas, lo que resultaría en una considerable pérdida de tiempo y eficiencia. Por ello, será de gran ayuda que los observadores aéreos estén familiarizados con la apariencia de ellos, ya sea a través de propia experiencia o por fotografías. Deberían emplearse observadores que se hayan familiarizado con los problemas de la navegación entre hielos a través de experiencia personal a bordo de buques que generalmente naveguen entre grandes masas heladas.

El mismo observador que se emplea en los vuelos preliminares de reconocimiento debería ser empleado en !os subsiguientes para que se pueda prestar una continuidad en la información de los cambios que se observen en los hielos, así como uniformidad en la terminología utilizada en los informes.
Aunque las aguas abiertas y los campos de hielo pueden ser vistos a gran distancia desde el aire, la naturaleza del mismo y su navegabilidad, con frecuencia tienen que ser determinados por el buque mismo.
Cuando se trabaja entre hielos, la maniobrabilidad del buque está reducida; a la baja velocidad que se requiere frecuentemente, el barco responde mal al timón y es lento en los giros.
Una embarcación de poca eslora gira con más presteza, por lo que es más fácil la maniobra.
Cuando está limitado el uso de la potencia máxima de máquinas, unas paladas a toda fuerza, después que el timón ha sido puesto a la banda correspondiente, pueden ser de gran utilidad.
Si la proa del buque está clavada en el hielo, el gobierno del mismo se hace especialmente dificultoso.
Por otro lado, aunque hay cierta protección para el timón y la hélice asentando al buque de popa, si se excede en el asiento se empeoran las condiciones de maniobrabilidad.
La proa, debido a su gran superficie vélica, tenderá a arribar con viento de cierta intensidad, lo que puede hacer que la popa sea llevada contra el hielo; si se para la máquina para proteger la hélice resultará en pérdida de empuje y la velocidad bajará; si se pierde completamente la arrancada, el viento empujará al buque hacia popa y si deriva hacia los hielos, se pondrá en peligro la pala del timón y la hélice.
En el impacto, el buque se moverá en la dirección de menor resistencia sin consideración de la posición del timón.
Con experiencia, un buen timonel puede tomar ventaja de este hecho.
Aunque los buques de hélice doble tienen bastante mayor maniobrabilidad que los de una sola hélice, también tienen un inconveniente en la navegación entre hielos, ya que las hélices al estar más hacia los costados corren mayor riesgo de golpear

contra él. Un procedimiento que ha sido adoptado con éxito para esa clase de buques, para minimizar el daño a las hélices, es el de establecer una vigilancia a las mismas.
Un hombre es colocado a cada lado de la popa directamente sobre la protección de cada hélice, con comunicación telefónica con el puente; a estos hombres se les da la instrucción de informar del hielo en contacto con el costado del buque, especialmente si el mismo se extiende de tal forma que podría ser tocado por la parte extrema de las palas de la hélice.
Cuando tales piezas de hielo se encuentran a diez metros a proa de su posición de vigilancia, el hombre de ese costado informa al puente: "Estribor (o babor) sucio", y la hélice del costado correspondiente se para hasta que se oiga de nuevo la voz de: "Estribor (o babor) claro".
Otros buques de dos hélices prefieren el sistema de tener un serviola en cada alerón del puente con autoridad de tomar acción cuando una hélice está en peligro.
En los buques rompehielos, debido a su corta eslora y ancha manga, se utiliza un sistema sencillo de señales visuales como el movimiento de la mano o una linterna. Las señales visuales también se emplean cuando el teléfono pueda introducir un elemento de retardo en las comunicaciones.
En los hielos, marcha atrás se da solamente con extremo cuidado; se pone el timón a la vía y se mantiene una estricta vigilancia sobre los mismos debajo de las aletas.
Como decíamos, los buques con dos hélices tienen una particular desventaja, también cuando navegan hacia atrás en hielos, ya que hay gran posibilidad que las piezas de aquél sean succionadas hacia la popa del buque en su marcha atrás y se queden atascadas entre las hélices y sus codastes.

Un sistema para navegar hacia popa entre piezas de hielos, y que ha dado resultado, es:

- Antes de empezar la marcha atrás, hay que eliminar los hielos a popa del buque.
- Dar toda atrás sólo en presencia de pedazos pequeños de hielo sueltos.

- Parar y dejar la arrancada para llevar al buque bien dentro de los escombros de hielo.
- Cuando todo el hielo ha vuelto a la superficie, dar unas paladas avante y parar.
- Dar todo atrás nuevamente, repitiendo el proceso hasta que el canal entre ellos sea suficientemente largo para unir todo atrás en la próxima embestida.

La línea de rotura en un campo de hielo es generalmente perpendicular a la dirección de su movimiento

Una nueva rotura se formará de acuerdo con las direcciones del viento y corriente y ensanchará la rotura anterior o la unirá, formando una nueva cresta (línea de presión). Un campo de hielo no necesariamente rompe en su parte más delgada, con frecuencia se encuentran roturas que atraviesan líneas de presión, dejando una fina capa de hielo semi derretida, aguantando ambas partes la rotura, sin embargo, en muchos casos, esta capa semi derretida se destruye con los cambios de la dirección del viento.
Cuando se produce una grieta en un campo de hielo, pero la rotura es parcial, algunas veces es posible que el buque embistiendo con su proa pueda completar la rotura y ensancharla hasta convertirla en un canal entre ellos.
Una embarcación también puede abrirse camino en un campo de hielo joven, o a través de un puente que conecte dos campos (si el hielo del puente no es muy grueso y pesado).
En estas operaciones hay que tener mucho cuidado, ya que piezas de hielo viejas y pesadas pueden aguantar el impacto de los más poderosos buques (aún los de construcción más vigorosas pueden sufrir daños).
Por otro lado, las embarcaciones que han sido especialmente construídas para navegar en esas zonas, son generalmente tan fuertes, que sus máquinas no pueden hacerles embestir contra el hielo con suficiente fuerza, como para dañar su estructura con el impacto de la proa.
Los buques así construidos pueden cargar contra el hielo una y otra vez, volviendo atrás entre cada carga; bajo tales condiciones, cuando es cuestión de segundos pasar de avante a atrás, es reco-

mendable no parar la máquina, sino revertir el empuje directamente de avante a atrás.
Sin embargo deberá tomarse especial cuidado para prevenir esfuerzos torsionales inadecuados en el eje, el cual, debido a las bajas temperaturas, perdería parte de su factor de seguridad.
Un buque puede intentar forzar el paso a través del hielo, pero solamente en ausencia de presión en el mismo, ya sea debida al viento o a la corriente.
Hay que evitar siempre las lomas o crestas de presión, de cualquier tipo.
Tales lomas o crestas forman una línea más o menos perpendicular a la dirección del movimiento del hielo.
Las particiones o roturas en un campo de hielo se pueden formar a lo largo de la línea de presión, igualmente perpendiculares al movimiento del mismo.
Tales roturas están generalmente cubiertas por una fina capa de treinta centímetros a un metro de espesor.
Al menor cambio en la dirección del viento, las pesadas masas de hielo se pueden juntar de nuevo, estrujando y moliendo el que se había formado entre las mismas al partirse el campo.
Por lo tanto, un buque en ninguna circunstancia debería proceder a lo largo de una loma o cresta de presión.
Con frecuencia ocurren otras roturas que se abren a través de éstas (crestas o lomas que pueden tener hasta diez metros de espesor), estas particiones se cubren también con hielo fino.
Estas últimas roturas tampoco deben ser penetradas, a menos que sea obvio que el buque tenga espacio para salir rápidamente de esa área afectada por presión. Para la toma de decisiones, se debe considerar la proximidad de hielos o aguas abiertas.
Por ejemplo; en un buque navegando entre masas de hielo, señales de áreas distantes de aguas abiertas, se pueden percibir por reflexión en las nubes, por lo tanto y si es posible, el rumbo debería ser dado en esa dirección.
El buen tiempo en zona de masas de hielo generalmente pronostica temperaturas más bajas, masas de hielo más cerradas y menores áreas de aguas libres.
Cuando hay tiempo con niebla húmeda en las masas de hielo,

significa generalmente la presencia de una considerable cantidad de aguas libres y mejores condiciones para maniobrar a pesar de la pobre visibilidad.
La existencia de mar de fondo o la presencia de gaviotas polares son signos de masas de hielo abiertas, con aguas libres no distantes.
Las ballenas, con sus típicos surtidores, generalmente viajan en dirección de las aguas libres.
En las masas de hielo, el tiempo y las condiciones del mar son variables.
Sol brillante, cielos sin nubes y ligeras brisas pueden alternar con periodos de tormentas, fuerte marejada y bancos con hielos muy partidos, con la visión oscurecida por el viento, con rocíos de nieve y hielo.
A los periodos de calma pueden seguir nieblas con una fina calima que forman un forro de helada escarcha sobre el aparejo del buque.
Las nubes pesadas y cielos cubiertos pueden producir una atmósfera lechosa en la cual no existen sombras y las distancias se hacen engañosas.
El hielo en el mar, si no está varado en la costa, esta en continuo movimiento bajo la influencia del viento o la corriente, lo que causa que varias piezas sueltas se reúnan y se muevan juntas.
Los fuertes vientos con oleaje hacia tierra rompen las masas de hielo, y si a esto siguen vientos terrales (de tierra), éste se abrirá haciendo las aguas navegables. Con tiempos suaves, las masas resquebrajadas si vuelven a estar juntas, no cementarán de nuevo y consecuentemente, se abrirán más fácilmente con vientos ligeros.
Se recomienda proceder a través de los caminos o sendas así formadas, aunque no sigan exactamente la misma dirección que el rumbo del buque, se puede seguir el rumbo establecido, cambiando de una senda a otra a través de capas de hielo débiles.
Para evitar llevar al barco lejos de su objetivo, los oficiales deben llevar continuamente un registro, de los puntos de la derrota que lleva el buque y habría que tener cuidado de seguir dentro de los límites razonables, el rumbo base.

Los vientos terrales (de tierra), generalmente forman un canal entre la costa y las masas de hielo, el cual es usado por los navegantes frecuentemente, quienes sin embargo, deben estar en guardia contra los vientos marítimos que mueven a éstos hacia la costa; en estos casos se debe buscar protección en una bahía, detrás de una isla o, aún, detrás de un campo de hielo fijo en la costa; la alternativa es proceder aguas afuera para encontrarlos y buscar un camino entre ellos para llegar a las aguas libres, antes que los hielos se apilen y juntos vayan contra la costa.

Sin embargo, esto último solamente se puede hacer, donde se esté razonablemente seguro de encontrar aguas libres bien lejos de tierra; no se debe hacer en costas como el litoral norte de Alaska, a menos que se haya recibido información directa de aguas libres, mar adentro.

Hacia el norte del Canadá Occidental, Alaska y Siberia, la cantidad de hielo que un buque encontraría, aumenta con la distancia desde tierra.

Navegando en zona de masas de hielo, hay que dar un buen resguardo a los icebergs (hielo terrestre formado en los glaciares), ya que generalmente estos son llevados por las corrientes, mientras que las masas de hielo son llevadas por el viento.

Debido a la profundidad debajo de la superficie, los icebergs viajan con la corriente y son ligeramente afectados por el viento.

En los campos de hielo, los iceberg se mueven a diferente velocidad que el hielo marino (que forman las masas de hielo).

En regiones de fuertes corrientes los icebergs pueden viajar contra el viento, varando o encallándose en las masas de hielo que encuentran en su camino, por lo que puede poner en peligro a un buque que intente darle resguardo por el lado incorrecto.

Bajo estas condiciones las aguas libres se encontrarán a sotavento de los icebergs y el apilamiento se formará a barlovento de los mismos.

Las mismas condiciones han sido observadas en regiones donde las corrientes son débiles y los vientos fuertes, en estos casos las masas de hielo alcanzan los icebergs y los amontonan a barlovento, mientras que a sotavento de los icebergs, se forman unas sendas de aguas libres.

Esta condición produce la ilusión óptica de hacernos parecer que los icebergs viajan en dirección opuesta a la de las masas de hielo.

Si se hace necesario permanecer en áreas libres entre hielos, no es conveniente elegir la cercanía de los icebergs, ya que estos no se mueven con las masas de hielo, por lo que el espacio abierto es susceptible de cerrarse, además, generalmente hay growlers (icebergs pequeños) en las cercanías de los icebergs, lo que empeora la situación.

También hay peligro, con mal tiempo, en amarrarse a los icebergs, ya que los mismos están frecuentemente en movimiento y pueden llevar al buque sobre las masas de hielo y vararlo, y también está el peligro que los icebergs se vuelquen.

En áreas de icebergs es necesaria una incesante observación de las corrientes y contracorrientes, en el caso que se esté amarrado a un banco de hielo, hay que mantener un ojo en los iceberg que puedan haber en las cercanías, ya que suelen aproximarse sin ruido y sin movimiento perceptible.

El movimiento de un iceberg a través de un cinturón de hielos compactados por el viento, crea un canal que puede permanecer abierto por un período indefinido, que depende del tamaño del iceberg y de la fuerza y dirección del viento.

Cuando se atraviesa una masa de hielo, se puede tomar ventaja del camino dejado por un iceberg siguiéndolo a través del cinturón de hielos.

En 1943 el cúter "North Star" que se encontraba bloqueado por una masa cerrada de hielos, maniobró para plantar su ancla para hielo sobre un gran iceberg que pasaba cerca. Debido al rápido movimiento del hielo marino comparado con el del iceberg que era impulsado por la corriente, el cúter fue remolcado a aguas abiertas.

En 1944 el "*Eastwind*" a fin de ahorrar tiempo y combustible recurrió a la misma táctica para pasar a través de un campo consolidado de hielo polar.

Hay que hacer notar que las operaciones mencionadas anteriormente ocurrieron en el nordeste de Groenlandia, donde la baja temperatura asegura la estabilidad de los icebergs.

Si se entra en un estrecho o bahía angosta hacia donde los vien-

tos soplen directamente, hay que estar atentos y vigilantes con los hielos a la deriva, ya que el mayor peligro con éstos existe en los espacios cerrados.
Si se opera en zonas de hielos en un área a barlovento de un saliente de la línea de costa, hay que tomar las debidas precauciones, ya que un incremento repentino en la fuerza del viento puede traer la masa de hielo hacia el buque, el cual, si se va hacia la costa (que está a sotavento), puede encontrarse rápidamente bloqueado y sometido a la presión de los mismos
Cuando se opere en las cercanías de lenguas de hielo que se proyectan desde la costa hacia el mar, sin relación con la forma de la costa, se deben tomar precauciones. Una pieza atascada a lo largo de una costa, que de otra forma estaría limpia, puede indicar la existencia de una lengua de la misma a sotavento de esa pieza. Icebergs varados, bancos, islas y extensiones de tierra hacia el mar, pueden producir atascos de hielos, por lo que los buques que se encuentren a barlovento de éstos, ante tales características, deben estar preparados para salir de esa zona en cuanto aparezcan las masas de ellos
Para progresar a través de áreas de masas de hielo en las que sólo hayan roturas y pasos estrechos entre sus campos (*floe*), hay dos formas efectivas.
En el primer método el buque carga a través de las aberturas entre campos de hielo y al momento del impacto, pone el timón todo a una banda.
Cuando el movimiento hacia proa va a cesar, el timón se cambia de banda y las máquinas se ponen a media potencia avante.
El efecto que se produce es ensanchar la abertura y permitir a la embarcación una entrada más fácil.
Esta operación se repite hasta que el hielo cede, dejando una senda suficientemente ancha para permitir que el buque continúe avante.
En masas cerradas y cuando el primer método no es completamente efectivo, se emplea el segundo método.
En esta operación el buque se emplea como palanca para forzar una senda a través del campo.
Una vez que la roda del buque embiste la entrada elegida la proa

se lleva contra la parte del campo que queda a sotavento para forzarlo en esa dirección.
Luego, a toda máquina y con el timón todo a la banda, se hace pivotear la proa contra el hielo.
El buque entonces actúa como un punto de apoyo superando la inercia del campo, haciendo que la parte elegida se mueva lentamente en la dirección del empuje.
Este tipo de entrada es con frecuencia útil en la operación de pequeños buques a través de sendas estrechas.
Las embarcaciones deben mantenerse siempre libres de las esquinas y salientes de las masas de hielo, ya que tales puntos se convierten en focos de presión.
Trabajando de esta forma, hay que usar habilidosamente la pala del timón para prevenir que la popa se quede bailando dentro de ellos.
Las masas de hielo polares que cubran un ochenta por ciento de la superficie del agua y con pequeños caminos o sendas en las mismas, deberían evitarse.
Para atravesar masas de hielo con cubrimiento del setenta por ciento o menos, se emplearía el segundo método (es el que se emplea para romper los campos de hielo en "*Melville Sound* " al norte de Canadá).
En todo momento hay que vigilar los trozos que se desprenden del campo al abrirse camino el buque, para que no pongan en peligro las hélices. Normalmente el hielo tenderá a alejarse

Velocidad de avance

Una navegación exitosa en estas aguas básicamente asunto de velocidad.
Una masa de hielo, a menos que esté muy abierta, hay que entrarle a la menor velocidad posible la que se incrementaría, solamente, después de observar el estado de aquella y extensión verificar si es posible pasar a través del mismo. Una velocidad de paso a través del hielo es determinada por dos factores principales; la cantidad de superficie cubierta y máxima potencia posible contra el hielo, sin dañar la embarcación; siempre que sea posible se mantendrá al buque entre dos y cinco nudos de velocidad, de

tal forma que tenga control sobre el timón.
El buque tiene que estar preparado en todo momento para cualquier emergencia en que haya que dar atrás toda.
Cuando se ponga el telégrafo en "para", la hélice debe detenerse al momento.
Cuando el hielo no cubre más del sesenta por ciento de la superficie del mar, la velocidad de paso para un buque, que no esté guiado por un rompehielos, dependerá de la distribución de sendas entre hielos y de aguas libres (*polynyas*).
Si la navegación permite se puede dar todo avante de vez en cuando.
Por otro lado, la velocidad debe ser reducida ocasionalmente para examinar el estado del hielo y adaptar el rumbo adecuado.
Cuando el hielo cubre del setenta al ochenta por ciento de la superficie, la velocidad de paso debe ser baja, de tal forma que el impacto contra él no dañe el casco.
Una vez dentro de una masa de hielo que cubre el ochenta por ciento o más de la superficie, las revoluciones pueden ser aumentadas, aún a toda máquina, con el objeto no de aumentar la velocidad, sino de forzar el paso a través de él, usando la potencia de ellas.
Cuando desciende la oscuridad o disminuye la visibilidad, un buque navegando a través de sendas o pasos en hielo cerrado, debería usar el ancla para hielo, de otra forma la embarcación podría entrar inconscientemente en hielo grueso, del que sería difícil retirarse cuando la visibilidad mejore.
Por otro lado, cuando se navega de noche o con poca visibilidad a través de hielo resquebrajado, no es recomendable parar sino proceder con prudencia a muy poca velocidad.
Bajo tales circunstancias hay que mantener reflectores listos para uso inmediato.
La principal crítica contra el uso de estas luces, es que están colocadas detrás del observador y el resplandor que producen lo ciega parcialmente.
Como alternativa, se pueden instalar dos lámparas portátiles (similares a las "antinieblas" que se usan en los coches), a proa del puente y operadas, cuando sea necesario, por los serviolas.

También ha sido probado con éxito un lámpara portátil de las que se usan para examinar los daños.

Peligros en el hielo

El peligro más serio es el causado por la presión del hielo sobre una embarcación, pudiendo estrujar el casco o arrugar el fondo del buque.
Este riesgo es mayor cuando se navega en zonas en las que las masas de hielo cubren más del setenta por ciento de la superficie.
Aparte de este peligro, un buque bloqueado por el hielo y por lo tanto, derivando con él, puede ser llevado a aguas peligrosas para la navegación.
En, otoño, también se corre el riesgo de pasar todo el invierno entre ellos.
Otro peligro es el encuentro con gruesas masas de hielos quebradas, especialmente aquellas que llevan signos de erosión marina en su parte superior.
Tales bloques suelen tener unos espolones debajo del agua, la parte sumergida de tales piezas son extraordinariamente fuertes y apenas derretidas, estos bloques pueden ser muy peligrosos si impactan en el casco o hélice de un buque que se mueva rápido.
También se puede encontrar en el mar hielo sucio, que se ha roto lejos de las regiones costeras, éste también puede ser muy fuerte.
Además hay que recordar que la fortaleza del hielo aumenta claramente, con la proximidad del punto de congelación y con la caída de la temperatura del aire.
Hay que cuidar siempre el riesgo que corre la parte delantera del buque y evitar que golpee con las salientes agudas del mismo.
Si es necesario colisionar con bloques, hay que tratar de recibir el impacto en la roda.
El hielo joven es peligroso para las embarcaciones de madera, pues puede producir un corte limpio en la tablazón del casco (como si fuera un cuchillo en posición horizontal) a la altura de la línea de agua, a no ser que el casco haya sido forrado con planchas de acero u otro tipo de protección adecuada.
Cuando se trabaja con el hielo, el buque debe utilizar los puntos débiles de su derrota, por lo tanto requerirá hacer frecuentes

giros a veces pronunciados.
Si está tratando de ganar tiempo, estos giros se hacen a toda la velocidad posible, por lo que la popa puede ser lanzada contra un borde agudo de aquel, por lo que puede resultar en un aspa rota o daños en el eje de la hélice.
Otras roturas se producen como consecuencia de la fatiga del metal, frecuentemente causada por el golpeteo de la hélice con el hielo, durante un largo período de tiempo, en tales casos la pérdida de un aspa o de la hélice completa puede ocurrir casi imperceptiblemente.
Cuando se navega entre hielo viejo bien sumergido, el oficial de navegación deberá tomar como conducta, el hacer giros lentos y, prevenir que la popa no golpee contra él.
Cuando se maniobra hacia atrás, hay que mantener una serviola en la popa, con comunicación directa con el puente e instruido con un sistema de aviso claro y sencillo. La mayoría de los daños a las hélices y a la pala del timón, ocurren a] finalizar la estación de navegación (en el otoño), cuando los buques operan de noche navegando en hielos pesados.
Cuando embistiendo con la proa se fuerza un paso a través del hielo, es necesario prestar especial atención a la pérdida de arrancada en el momento de entrar en el campo.
Si es evidente que como resultado de la resistencia la entrada no se va a producir y el buque se detendrá, es entonces necesario dar todo atrás aún antes que el buque se detenga.
En el momento en que se pierde la arrancada ya las máquinas tienen que estar dando todo atrás.
No es recomendable continuar forzando un paso entre el hielo si el canal que se crea no es considerablemente mayor que la manga del buque, de tal forma que el mismo pueda moverse libremente cuando vaya hacia atrás.
Seguir avante en un canal demasiado estrecho puede causar que la embarcación quede bloqueada y, eventualmente, estrujada por el campo.
Un buque puede a veces estar bloqueado y librarse de la presión del hielo, cuando el que bloquea a la embarcación tiene salientes sumergidas, debido a que se ha derretido la parte superior del

mismo (de medio a un metro).
Esto hace que cuando se unan las masas, los salientes sumergidos al cerrarse por contacto actúan como una cuna y la embarcación queda encima de estas salientes sumergidas sin soportar presión.

Liberación de un buque de los hielos

A veces sucede que al embestir el campo de hielo no resulta en la rotura del mismo, sino que la proa del buque se desliza lateralmente en el borde del hielo quedándose sujeto al mismo.
Esta tendencia a deslizarse en el hielo depende de las líneas de la parte delantera de la embarcación, así como de su carga y de su asiento.
Para liberar el buque se pueden emplear uno o más de los siguientes métodos:

- Dar toda máquina atrás.

Esto puede desembarazar a la embarcación, pero no es siempre exitoso.

- Si falla, parar las máquinas, poner el timón a una banda y dar todo avante.
- Poniendo el timón alternativamente a cada banda y dando avante toda, es posible inducir a la popa a moverse un poco a un lado, de tal forma que la proa se mueva ligeramente; luego dando todo atrás todo el buque se deslizaría fuera del hielo.
- Tratar de partir el hielo golpeándolo en los puntos de presión con palancas.

Uno de los métodos mas simples.

- Escorar el buque por medio de transferencia de agua entre los tanques de lastre.
- Rellenar y vaciar alternativamente los piques de proa y popa, empezar llenando el rasel de proa y vaciando el de popa y luego alternar.
- Si los métodos anteriores fallan, tratar con un ancla para hielo o espía bien firme al hielo de popa.
- Pasar el cable a través de]as guías de amarre en el castillo de proa y llevarlo al molinete, darle un tirón al cable al mismo tiempo que se da todo atrás con las máquinas.

- Colocar las anclas para hielo a cada lado del buque, que llamen de través hacia popa, y virar alternativamente una y otra manteniendo las máquinas todo atrás.
- Si todos estos métodos fallan, probar con una voladura. La posición usual para colocar las cargas explosivos es aproximadamente de diez a doce metros de la embarcación, a través del puente.
- Si el buque está sujeto sólo en la parte de proa, buen lugar para los explosivos es directamente a proa y a cada lado de la misma. La intención es romper una parte del campo de hielo sin flotación suficiente para retener al buque. Un barreno de 200 grs. de algodón pólvora en un agujero de 15 cm. de profundidad, producirá un hueco en el hielo suficientemente profundo para usar una carga explosiva de 8 o 9 kilos con efectividad, esta cantidad es generalmente la necesaria. Al momento de la detonación, las máquinas deberán estar trabajando a toda potencia atrás, también puede ayudar el tener tensa por la popa un ancla para hielo.
- Cuando todo falla, un buque puede ser liberado cerrando el hielo que lo detiene, siempre que la temperatura del aire del ambiente no esté por debajo del punto de congelación del agua del mar.

Nota de los autores: *el ejemplo clásico de esta proeza fue establecido por el "Bélgica" de la expedición antártica Gerlache. El doctor Frederick A. Cook, quien fue más tarde bien conocido en relación con el Polo Norte, era el médico de la expedición. El "Bélgica" estaba congelado dentro de una masa de hielo en las cercanías de la Isla Alexander I, en febrero de 1898. Después de varios meses a la deriva en el Mar de Bellingshausen, durante los cuales los miembros de la expedición tuvieron un decline físico y mental, Cook concibió la idea de hacer llegar el barco a una polynya (una laguna de aguas libres rodeada de hielos) que había a medio kilómetro de distancia. Todo el personal se dedicó a cortar con sierras para hielo, en unas pocas semanas la tripulación había cortado un canal hasta la polynya y el "Bélgica" estuvo de nuevo a flote; y al mismo tiempo el personal había recuperado su salud y vigor mental. En febrero de 1899, se abrió un paso a través del hielo y el buque pudo salir al mar libre.*

Precauciones para evitar quedar bloqueado

Si un buque está en peligro de quedar sujeto por los hielos, sobre todo si hay señales de presión, el Capitán se encontrará con la necesidad de intentar abrirse camino a través de ellos.
El mismo problema se presenta si la embarcación se encuentra con un *floe* (campo de hielo) que no puede ser rodeado, se intentará abrir camino a través de él, siempre que no se observe presión en el mismo excepto en estas circunstancias, un buque de construcción normal no debería intentar abrirse camino rompiéndolo.
Solamente será posible romper las masas de hielo, cuando estén tan debilitadas por el deshielo que el impacto no dañará al casco.
El impacto deberá ser realizado con la roda y perpendicular a la línea del borde del campo.
Un golpe en cualquier otro ángulo no producirá una penetración, a su vez, el buque rozará con su proa a lo largo del borde del hielo y el planchaje de los lados de la proa puede sufrir, a consecuencia del golpe.
Además, la popa de la embarcación es lanzada violentamente a un costado y entra en contacto con el hielo, por lo que se podrían dañar la pala del timón y la hélice.
Un golpe contra el hielo solamente se puede realizar cuando se tiene algo de arrancada.
La longitud de la arrancada deberá ser calculada de acuerdo con la dureza del hielo y la resistencia del casco del buque.
Con una arrancada, es posible abrir un *floe* a lo largo de las líneas de estrechas grietas y aberturas.
Sin embargo, es necesario vigilar cuidadosamente para evitar golpear cualquier protuberancia que podría pandear el planchaje.

Precauciones al quedar bloqueado por el hielo

Cuando un buque esta bloqueado por el hielo, varado o atascado entre dos bloques, las medidas mencionadas anteriormente deberían ser probadas en un intento de desembarazarse de ellos.
Si estas medidas fallan, hay que quitarlo de los lados de la embarcación, aunque no siempre la causa de detención es esta; con frecuencia la causa es una lengua de hielo bajo el agua, que no per-

mite que aquel se parta con el impacto.
En tales casos puede ser deseable trabajar en el lado opuesto de las masas de hielo, donde posiblemente se pueda cortar una cantidad suficiente como para disminuir la presión y permitir el paso del buque.
Se han usado voladuras de pólvora o dinamita para liberar embarcaciones que han quedado atrapadas, o para abrir un camino cuando una masa de hielo ha bloqueado el paso a aguas abiertas.
Los pasos que se han creado, ya sea cortándolo o por voladuras, a veces pueden mantenerse abiertos el tiempo suficiente para que el buque pueda atravesarlo, colocando algunos bloques de aquel sueltos como cuñas entre dos floes, a proa y a popa de la embarcación.
Los hombres que en esas ocasiones trabajan en el hielo, o aquellos que lo crucen a pié para examinar un posible paso, deberán llevar un bichero de los de los botes, o un pequeño bastón para el hielo, horizontalmente en sus manos, para prevenir cualquier caída en algún disimulado hueco o raja en él.
Un tablón fuerte será muy útil para cruzar lugares sospechosos o demasiado anchos para saltarlos.
Cuando se trabaja con masas de hielo, una caja con raciones de emergencia para cada hombre a bordo, deber ser estibada bajo cubierta, pero en la parte más alta y asequible, a fin de que los paquetes de alimentos puedan ser tirados por el costado, si el barco se encuentra atenazado por aquellas masas.
También habrá que tener listo en todo momento, equipo de exploración y rescate ya ensamblado y empaquetado.
Si la tripulación está alerta y preparada con antelación, (por ejemplo: los botes equipados con provisiones, ropa y combustible portátil), no deberían ocurrir daños personales, esta simple precaución da pocos problemas pero bien vale la pena.
El daño serio al buque no necesariamente sucede de repente, puede presentarse debido al aumento gradual de la presión del hielo a ambos lados del casco, hasta que el fondo de la embarcación se arruga, dejando a ambos costados, proa y popa descansando en los dos floes, como una caja sin fondo.
Cuando la presión cesa y los floes se apartan, el buque se hunde

entre los dos.
El pasar, sin intención, el invierno en las regiones polares ya no representa los peligros que enfrentaron los primitivos exploradores.
Los medios modernos detección y comunicación aseguran que un buque, sea rápidamente localizado y su personal evacuado.
Aquellos que deban permanecer en el buque por cuestiones de seguridad, pueden ser relevados y suministrados a los intervalos regulares.

CAPÍTULO XIX

Maniobras de emergencia

Generalidades

Dentro de las maniobras de emergencia que todo marino debe tener presente en todo momento podemos distinguir dos situaciones.

- **Recoger un hombre que ha caído al agua**
- **Varadura, encalladura y zabordo**

La primera consideración técnica a tener en cuenta es que la inercia al avance o retroceso, es normalmente superior a la inercia de giro.

Esto quiere decir, en otras palabras, que costará más detener estrepadas que evoluciones que se estén realizando, siempre que se aplique correctamente la máquina y el timón.

Y a igual velocidad avante que atrás, se necesitará más espacio y tiempo para detener un buque convencional, yendo avante, debido a la perdida de eficiencia de la hélice dando atrás.

Por otro lado, el absoluto respeto de las reglas estipuladas por el R.I.P.P.A. es la forma de navegación más segura para evitar abordajes.

Obsérvese que en algunos casos se evita una colisión incrementando la potencia de la máquina y no dando atrás

Maniobra de hombre al agua

Una de las situaciones de mayor riesgo a bordo durante la navegación es que un hombre caiga por la borda navegando en altamar.

El primer riesgo es la succión de la hélice. Una lógica situación de pánico hace que, normalmente, el náufrago apenas sale a la superficie, nade en dirección al buque, lo que hace que posiblemente se acerque peligrosamente a la corriente de aspiración de la hélice. Este riesgo es mucho mayor en los buques bi hélices.

Por lo tanto no se debe desperdiciar ocasión en los zafarranchos de instruir insistentemente al personal acerca del riesgo de tal

actitud. Así mismo debe ser instruido en la necesidad inmediata de arrojar salvavidas a fin de permitir al náufrago un medio que le permita ahorrar energía y brindarle confianza para evitar que entre en pánico.
Aún cuando el oficial de guardia de puente vea caer al hombre y en consecuencia detenga de inmediato la máquina colocando el timón hacia la banda de la caída, poco efecto tendrá si el mismo nada en dirección al buque.
El siguiente cálculo matemático muestra que: si de un buque tipo panamax de 220 m. de eslora navegando a 16 ns. (8m/s), un hombre cayó del castillo, aproximadamente a los 23 segundos se encontrará en la zona de alto riesgo. Tomando en consideración el tiempo de reacción para llegar al telégrafo y al timón, la inercia del propulsor, el tiempo que le insume al timón llegar a la banda y la inercia rectilínea propia del buque se llega a la conclusión de que las posibilidades de escapar de dicho peligro sólo están en manos del náufrago.
Demás está decir que los tiempos, además de ser muy cortos, se acortan aún más si el lugar de caída del hombre es más próximo a la popa.
De todas formas esas maniobras iniciales jamás deben ser pasadas por alto y siempre serán tomadas en cuenta por los tribunales en caso de un desenlace fatal.
El otro peligro, sobre todo en aguas frías es la hipotermia que actúa rápidamente aletargando en principio al náufrago. Dicho efecto muchas veces se ve acelerado por los movimientos desesperados que puede hacer el caído, lo que produce un movimiento perjudicial de agua entre sus ropas "robándole" preciosas calorías de su cuerpo
La rapidez y el acierto de la maniobra adecuada para su rescate dependerá de la eliminación de este factor de riesgo.
Por esta razón los oficiales de cubierta deben de tener en todo momento muy clara las maniobras adecuadas para cada circunstancia considerando las características propias del buque que están tripulando en ese momento.
La relectura periódica de publicaciones como el **M.E.R.S.A.R.,** de existencia obligatoria en todo buque mercante, y del

I.M.O.S.A.R., publicación de la **I.M.O**. no obligatoria a bordo, como así también otras publicaciones relacionadas a los primeros auxilios médicos, pueden ayudar a cumplir con total eficiencia los deberes profesionales para los que el marino debe está entrenado y así ayudar a salvar una vida.
No se debe descartar nunca cualquier posibilidad de transmitir al resto de la tripulación durante charlas informativas y/o zafarranchos, los conocimientos propios con el fin de que en caso tener que actuar en cualquier acontecimiento de ese tipo puedan hacerlo correctamente.
Todo puente debe contar con instrucciones claras y concisas y en lugar bien accesible, las distintas curvas evolutivas a aplicar ante distintas casos de hombre al agua, confeccionadas en total acuerdo con las características propias del buque (curva evolutiva, distancias de detención, etc.).
La principal diferencia que se encontrará en el siguiente estudio es si se ve o se recibe información inmediata que un hombre a caído al agua o llega tardíamente la mencionada información de la desaparición de algún tripulante.

En base a cada situación se decidirá que maniobra es conveniente realizar.

Se pueden clasificar en:
1. Maniobra de hombre al agua de situación inmediata
2. Maniobra de hombre al agua de situación diferida.

Maniobra de hombre al agua de situación inmediata

Acciones que debe tomar un oficial de puente que se encuentra solo en la guardia

- **Detener la máquina y poner todo el timón hacia la banda que cayó el hombre.**
- **Lanzar guindola luminosa/fumígena.**
- **Marcar posición *man over board* (Hombre al agua)en *GPS* o radar.**
- **Avisar al Capitán y tocar zafarrancho o aviso por intercomunicador general a todo el buque.**
- **Tomar nota del rumbo y la hora.**

- **En el momento que se tenga certeza de que el náufrago quedó a popa, volver a poner máquina toda fuerza. Para ese entonces posiblemente el Capitán ya haya concurrido al puente, lo mismo que los vigías y timonel de maniobras.**
- **Se le informará la situación (si la guindola y la posición MOB avante son confiables), cual era el rumbo que traía el buque en el momento del accidente, situación de la máquina, buques en las proximidades, como vestía el hombre, etc. El Capitán en base a esa información y el estado hidrometeorológico tomara la decisión sobre que acción tomar – Boutakov o 250°- . Al timonel de maniobra, le hará tomar el timón e indicará la maniobra que se está realizando. Al vigía se le proveerá de binoculares, equipo *handie talkie* y se lo ubicará en un lugar elevado, con la orden de no perderlo de vista bajo ninguna circunstancia, para ello no debe bajar los binoculares debiendo indicar a través del *handie* la dirección donde se encuentra.**
- **Una vez que el Capitán haya decidido la maniobra que realizará, y basándose en el rumbo inicial, determinará los rumbos a los que se continuará y dará las órdenes de timón a aplicar con el fin de mantener el nuevo rumbo**
- **Si el Capitán decide enviar aviso de seguridad, preparará el *Pan Pan* pertinente.**
- **Ordenará preparar el bote de rescate recomendando que se lleve botiquín de primeros auxilios, *handy talkie,* linterna, equipo de protección térmica y bebida caliente (estos dos últimos importantísimos en caso de aguas frías).**
- **Mientras el personal preparará el bote de rescate rápido o la lancha salvavidas para arriarlo apenas reciba la orden desde el puente.**

Consideraciones generales

La cabeza de un hombre flotando por sus propios medios dentro de un mar picado es sumamente difícil de localizar aún a corta distancia, razón esta por la que ni figura en la tabla que se muestra más adelante. Un salvavidas circular naranja se lo puede ver un poco mejor, pero de igual manera no resulta nada fácil.

Cuantos más elementos flotantes puedan ser arrojados al agua, más aumentaran las posibilidades de ser avistado nuevamente, sobre todo con mar picado, por lo que es conveniente que además de la guindola se arrojen más salvavidas circulares de los que se encuentran en las barandillas.
Una buena comunicación entre vigías, puente y lancha salvavidas es indispensable en todo momento, por lo que se deberán distribuir handie talkies sintonizados en un mismo canal, asignando uno de alternativa. No debe olvidarse que una vez que el bote esté en el agua seguramente deberá ser guiado desde el puente hacia el náufrago.

Nota de los autores: *En toda búsqueda de pequeños objetos en una superficie muy homogénea como es la superficie del mar, debe tenerse presente que el ojo humano, al fijar la vista en un punto lejano, los músculos del iris actúan sobre el cristalino, curvándolo y haciéndolo trabajar como un zoom fotográfico, disminuyendo el ángulo de apertura con la consiguiente pérdida de detalles de lo que ocurre en la zona exterior a dicho cono.*
Por lo tanto es importante, durante una búsqueda efectuar pequeños barridos para evitar que el objeto buscado se encuentre dentro de la zona de visión periférica, que tiene menor definición y por lo tanto puede pasar desapercibida. Además todo ojo humano tiene un punto ciego originado por la entrada del nervio óptico dentro del globo ocular, motivo por el cual un pequeño objeto puede caer dentro de dicho punto y no ser detectado.

La Fig.1 reproduce una tabla del I.M.O.S.A.R. que muestra los distintos avistajes según estemos en un avión a 150 m. o en un puente a 6 m. s.n.m.
En caso de encontrarse en aguas abiertas las maniobras recomendables diferirán de acuerdo a las dos circunstancias vistas anteriormente, situación de acción inmediata ó diferida.

Acción inmediata

Las dos curvas más conocidas son:
- **Retorno al punto inicial.**
- **Curva de Boutakov.**

Visibilidades de búsqueda con tiempo despejado (en millas)				
Objeto	Desde el aire (a 150 m (500 pies)		Desde el mar (a 6 m (20 pies) sobre el agua, utilizando prismáticos)	
	Día	Noche	Día	Noche
Balsa salvavidas amarilla	1-2	–	1-2	–
Colorante*	3	–	2	–
Espejo de señales	7	–	5	–
Material reflectante	2	1***	2	1***
Humo blanco**	12	–	12	–
Paracaídas	5	–	–	–
Linterna eléctrica (2 pilas)	–	2	–	10
Señal pirotécnica	2	17-30	2	20
Luz de chaleco salvavidas	–	1	–	0,5
Balas trazadoras (aeronaves militares)	2	6	2	6

* Visibilidad reducida por mar gruesa ** Visibilidad reducida por vientos fuertes.
*** Con iluminación o iluminada maniobras aconsejadas en cada caso.

Acción diferida

- **Reingreso con avance mínimo o retorno al punto inicial.**

Esta maniobra puede encontrarse también con otros nombres: caída a 250º, evolución simple o maniobra de 270º.
La caída siempre se efectuará hacia la banda que ocurrió el accidente con el fin de alejar la popa del accidentado.
Observando la curva evolutiva podrán obtenerse los grados de caída que son necesarios para que la proa apunte hacia el lugar donde la misma se inició y la distancia que existe entre dichas posiciones.
Ello ocurrirá cuando el buque haya caído aproximadamente Ri. ± 250º. En dicho momento se encuentra a unas tres esloras.

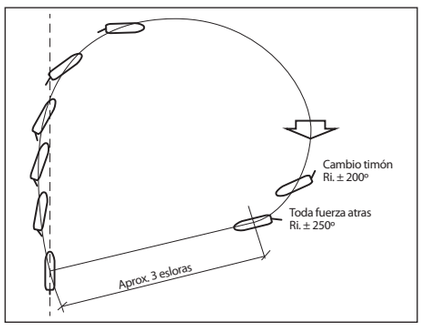


Fig. 1 Retorno al punto inicial

Si unos 20º antes de llegar a dicho rumbo (Ri. ± 230º) se invierte el timón y se aplica toda fuerza atrás el buque se detendrá en un lugar muy próximo al punto inicial donde comenzó la curva Fig. 1
La detención en tres esloras corresponde a un buque de unos 100 m. de eslora. Se debe tener en cuenta que si la curva se efectúa con buques de mayor eslora, también será necesario un mayor número de ellas para concretar su detención.
Esta maniobra es la que permite más rápidamente llegar al lugar del accidente pero sólo es recomendable efectuarla con mar apacible, buena visibilidad y certeza cierta de la posición del náufrago. Obsérvese que con esta maniobra lo que se hace es cruzar el rumbo inicial, o sea que si no se tenía a la vista al hombre se puede pasar de largo y llevará mucho más tiempo retornar.

Curva de Boutakov

Esta curva, con leves diferencias, se encuentra en el **M.E.R.S.A.R.** como curva ***Willamsom*.**

Como se puede apreciar en el gráfico de la Fig. 2 la misma permite retomar el rumbo inicial en sentido contrario, pero demanda un tiempo bastante mayor.

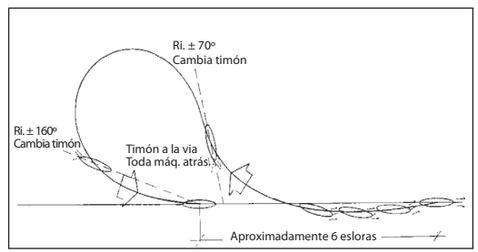


fig. 2 Curva Boutakow-William

El hecho de desandar el camino aumenta las posibilidades de encuentro del náufrago
La maniobra se efectúa de la siguiente forma:

1. **Se pone de inmediato todo el timón a la banda por donde ha caído el hombre.**
2. **Se debe caer hasta alcanzar los 90º por lo tanto al llegar a Ri. ± 70º se cambia el timón de banda.**

3. **Al llegar al Ri. ± 160º se invierte el timón**
4. **Al llegarse al Ri. ± 180º se pone timón a la vía e invierte la máquina.**

En dicho momento el buque se encontrará aproximadamente a 6 esloras desde donde inició la maniobra. Esta distancia es la necesaria para que un buque de unos 200 m de eslora pueda detener su marcha.
Otra ventaja de esta maniobra es que salvo condiciones muy desfavorables de mar, se podrá, tanto de día como de noche clara vislumbrar la estela del buque previo a iniciar la caída, lo que permitirá rectificar el rumbo final para lograr una total coincidencia.

Reingreso con avance mínimo:

Esta curva también es conocida como **Scharnow**, y así figura en el **M.E.R.S.A.R.**
Su ventaja es que recorre menor distancia y por ende se gana tiempo colocando además al buque sobre el rumbo opuesto al que traía, pero por detrás del punto donde se inició la maniobra.
La maniobra se realiza de la siguiente forma:
Se pone todo el timón a una banda, aquí no interesa cual es la elegida.
Una vez llegado al Ri. ± 240º se cambia el timón a la otra banda.
Cuando se llegue a Ri. ± 200º se coloca el timón a la vía. El buque continuará su caída hasta llegar aproximadamente al rumbo opuesto al inicial. Fig. 3

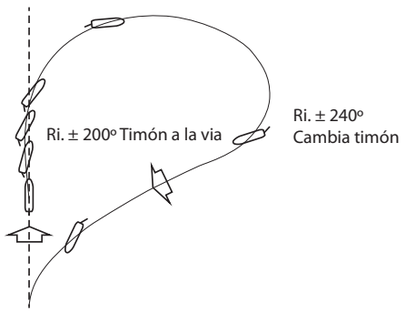


Fig. 3 Reingreso con avance mínimo Curva Scharnow

Es probable que en la última etapa ya se haya avistado la estela anterior a iniciar la caída por lo que se podrá realizar una aproximación "timoneando a la voz"
En todas las maniobras estudiadas, una vez ya próximo al náufrago, se gobernará "a la voz" en forma tal de ubicarlo a sotavento del buque.
En buques pequeños de bordas bajas se dejará derivar el buque lentamente hacia el hombre arrojándole cabos y colocando elementos que faciliten su subida a bordo.
En buques grandes, la lancha que se arriará será la de sotavento trabajando bien con boza y codera, o sea teniéndolas tesas y firmes en el momento en que el bote toque el agua, se la podrá arriar aún con una leve arrancada del buque avante, ganando segundos preciosos y facilitando la maniobra de desatraque.

Notas de los autores:
1.-*Para las tres maniobras* *tomadas en consideración se utilizará una "inercia de caída" de 20º, dicha cantidad de grados es a la que se considera que el buque continuará cayendo desde el momento en que se de la orden de cambiar el timón a la otra banda hasta que el buque detenga su giro y se estabilice en un rumbo.*
Cuando se realice la curva correspondiente en cada caso particular se deberá ajustar dicho valor a la realidad del buque en cuestión que puede diferir algo de este valor.
2.-*Si se navega en* *aguas restringidas o canales casi con total seguridad no se podrá realizar ninguna curva evolutiva que permita retornar al lugar del accidente.*
Se deberá, entonces una vez sobrepasado ampliamente el lugar donde está flotando el náufrago, utilizando la maniobra de detener la arrancada del buque apartándose lo mínimo posible de la derrota enviar un bote a recoger el hombre guiado desde a bordo por los vigías. No debe intentarse retroceder con el buque ya que debido a la mala maniobra en máquina atrás será una perdida innecesaria de tiempo precioso.

Conclusiones

- Obsérvese que la única que no coloca al buque sobre el rumbo opuesto al inicial es la de retorno al punto inicial, por lo tanto

crea una desventaja si se ha perdido de vista al náufrago. Se recomienda su uso solo en muy buenas condiciones de visibilidad y mar y siempre que el náufrago pueda permanecer siempre visible.

- Ninguna de estas maniobras garantizan poner el buque en las posiciones que indican los gráficos - viento, corriente, aguas someras, características evolutivas particulares, etc. - pueden producir sensibles variaciones.
- Es recomendable periódicamente realizar zafarranchos arrojando algún objeto flotante al mar, que permitan familiarizarse a todo el personal no solo con las tareas inherentes a cada uno en particular sino también con las dificultades que implica el avistaje de un náufrago en aguas relativamente agitadas; y al maniobrista y resto de oficiales de cubierta, con las características evolutivas del buque que tripulan.
- Además del vigía designado por zafarrancho es conveniente que el seguimiento o búsqueda la realicen la mayor cantidad posible de personas ubicados lo más alto que se pueda. Los prismáticos, si se emplean de modo constante, fatigan rápidamente los ojos, por lo tanto únicamente deben ser usados para verificar avistamiento a ojo desnudo. Si un vigía se siente cansado no debe dudar en solicitar relevo, recordando, si es de noche, que el ojo pierde rápidamente cuando se expone el ojo a una luz brillante.
- Otro punto referente a la visual que se debe tener bien en cuenta: Los objetos mal iluminados solo serán vistos de noche cuando no se encuentren en el centro del campo visual. Por lo tanto si se cree haber percibido algo, se deberá desviar levemente la vista para poder captarlo con mejor definición.
- Si se utilizan prismáticos rige la misma regla. Conviene durante una búsqueda muy prolongada, cerrar los ojos de vez en cuando, para permitirles un descanso. Eso mejora sensiblemente el rendimiento de los mismos.
- Un último punto a tener en cuenta de día, es la ubicación del sol con respecto al observador. Obviamente tenerlo de espaldas permite ver a mayor distancia y más fácilmente.
- La búsqueda del/de los náufrago/s deberá proseguir mientras

existan posibilidades de encontrarlo con vida y aún superar ese tiempo en forma más que razonable.

- Será esta la única forma de obtener una satisfacción moral tanto para los que lo buscan como para los familiares del accidentado. Pero es lógico suponer que en algún momento se debe tomar la decisión de abandonar la búsqueda. Esa decisión surgirá de la estimación bien holgada de las posibilidades de sobrevida de acuerdo con el estado del tiempo, la temperatura del agua, las condiciones físicas del náufrago, su vestimenta, etc.
- En ningún momento se debe dudar de solicitar inmediatamente la colaboración de buques que se encuentren en las proximidades.

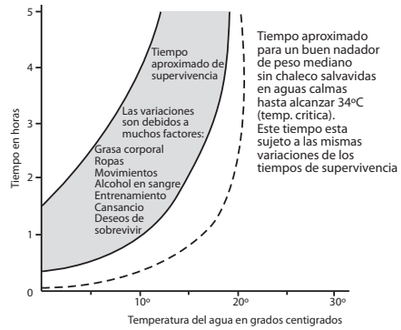


Fig. 4 Tabla de tiempos normales de supervivencia en aguas a distintas temperaturas

- La tabla de la Fig. 4, extraída del M.E.R.S.A.R. nos da una franja de los tiempos normales de supervivencia en agua a distintas temperaturas. La misma debe ser consultada antes de tomar cualquier decisión importante.

Como puede apreciarse en ella, hay una amplia variación de los tiempos en que los 34ºC puedan ser alcanzados dentro del interior del cuerpo del náufrago.

Algunos de los factores que contribuyen a esa variación son los siguientes:

Grasa corporal

Son dos los aspectos que intervienen:

- **Propiedades aislantes de la grasa.**
- **Menor área superficial expuesta que una persona delgada de peso similar.**

Vestimenta

Las ropas gruesas y cerradas disminuyen la pérdida de calorías de igual forma que lo que ocurre con el aire, ayudando también mucho tener totalmente cubierta la cabeza si es posible con una capucha. Téngase presente que las zonas donde el cuerpo humano pierde más rápidamente calorías son: ingle, estomago, axilas y cabeza.

Movimiento

Los movimientos bruscos hacen fluir el agua próxima a la piel entregándole a ésta preciosas calorías. Una posición fetal quieta ayuda a no desperdiciar temperatura corporal. Lógicamente para poder adoptarla es necesario tener alguna ayuda para flotar.

Entrenamiento

Haber participado de clases y entrenamientos ayuda considerablemente a no caer en pánico y cumplir las recomendaciones recibidas.

Agotamiento

Éste deviene rápidamente en los nadadores por debajo de los 10ºC. El pánico y los movimientos innecesarios también llevan rápidamente a él.

Alcohol

El alcohol es un vasodilatador que aumenta la pérdida de calor interior y reduce la producción del mismo al bajar el contenido de azúcar en sangre.

Reflejo

La sensación térmica producida por el agua fría y el viento en la cara tiene por consecuencia una reducción de los requerimientos de oxígeno del organismo y es probable que esto, en combinación con un metabolismo más lento producido por la hipotermia haya permitido resucitar víctimas luego de haber estado sumergidos en agua fría tiempos superiores a los estándares.

Estado mental

Las "ganas de vivir" aumentan enormemente las posibilidades de salvarse

Hipotermia

Se entiende por hipotermia a un estado habitual ó episódico de descenso de la temperatura del cuerpo por debajo de los límites normales.

La temperatura profunda normal del cuerpo humano es de 37ºC.

Una caída de 2ºC motiva que el cuerpo incremente al máximo sus esfuerzos para detener dicha pérdida.

Cualquier caída por debajo de dicha temperatura interior estará acompañada por una reducción de los esfuerzos del cuerpo para protegerse a sí mismo y un aumento acelerado de la disminución de la temperatura.

ºC	EFECTOS
37	Normal
36	Temblores e incomodidad, incremento de la respiración, sensación de extremo frío, los dedos de las manos y de los pies duelen y se entumecen, el metabolismo se acrecienta.
35	El cuerpo incrementa sus esfuerzos para evitar ulteriores pérdidas de calor, los temblores se tornan severos y el metabolismo comienza a decrecer.
34½	La respiración comienza a decrecer, el cuerpo reduce sus esfuerzos para protegerse a sí mismo y la caída de la temperatura interior se acelera.
34	El ritmo cardíaco decrece, cae la presión sanguínea.
33	Los temblores dan paso a la rigidez muscular, hay confusión mental y semi-inconsciencia.
32	Incremento de la somnolencia y resistencia al dolor.
30	Inconsciencia, respiración irregular, arritmias cardíacas y dilatación de pupilas.
28	Cesa la respiración, fibrilación ventricular.
25	Imposibilidad de resucitación

Fig. 5 Tabla de síntomas y efectos progresivos por caida de temperatura interior del cuerpo

La tabla de la Fig. 5 muestra los síntomas y efectos progresivos

producidos por dicha caída de la temperatura interior del cuerpo
Por encima de los 34º C la situación es fácilmente controlable y las posibilidades de supervivencia son muy altas.
Cuando ésta temperatura es alcanzada causa un rápido deterioro de las condiciones, tanto físicas como mentales, en el interior del cuerpo humano.
Las implicancias de todo esto en el rescate de náufragos en aguas frías son muy importantes.
Una víctima puede sobrevivir un período de inmersión en agua fría que inicialmente aparece como extremadamente largo.
Los signos vitales son difíciles de detectar cuando la temperatura corporal ha descendido. El frío, como se vío en la tabla precedente retarda todas las funciones vitales.
Por dicha razón los rescatistas deben persistir en los intentos de resurrección aunque parezcan vanos, por mucho más tiempo del que lo harían con un rescatado de aguas cálidas. El tiempo recomendado es hasta unas dos horas, debido a que la víctima con sería hipotermia tiene más posibilidades de sobrevida por un largo período antes de que el corazón sea exitosamente restablecido en sus funciones.
Tener muy presente que muchos signos vitales pueden existir y no son perceptibles por ser muy débiles
Aunque la hipotermia puede haber ayudado a mantener viva a la víctima, si el enfriamiento se extiende, puede ocasionar un paro cardíaco, por lo tanto el calentamiento debe comenzarse tan pronto como sea posible.
La respiración boca a boca no solo estimula los pulmones, sino también los calienta debido a la calidez del aliento del que la efectúa.

Varadura, encalladura y zabordo - Definiciones

Se verá primeramente el correcto significado de cada uno de estos términos

Varada

La varada ó varadura puede ser para resguardar una embarcación o en otra acepción, puede referirse al accidente de tocar y quedar agarrado un buque en el fondo.

Encallar

Varar clavándose el buque en el fondo o encajonándose entre piedras.

Zabordo

También zaborda. Varada voluntaria de una embarcación que queda en seco.
En el lenguaje coloquial del marino las distintas acepciones son

Varada Cuando el buque se ve impedido en continuar su navegación por haber tocado fondo su quilla en un fondo que no le causa daños al casco. (Fango, arena, pedregullo fino)

Encalladura Cuando lo anterior ocurre en un fondo de piedra o tosca.

Medidas inmediatas posteriores a una varadura:

- Si se ha varado sobre un fondo desconocido se debe evitar la natural tendencia a dar atrás de inmediato debido a:
- Si el fondo fuera de piedra se podrá agrandar el rumbo que se produjo en el casco y aumentara el peligro de hundimiento.
- Si el fondo fuera de fango o arena al dar máquina atrás se puede taponar el intercambiador produciendo recalentamientos que nos dejarán sin máquinas.
- Si la varadura se produjo en la proa y el buque es un mono hélice se puede producir un rabeo de la popa y varar todo el costado del casco.
- Si la varada es en un lugar conocido y que la experiencia demuestra que es fácil de desvarar se puede intentar zafar, siempre trabajando con las tomas de mar altas. En caso contrario se deberá abstenerse de dar máquina atrás hasta conocer que averías se han producido, el tipo de fondo que las produjo y tener estudiada la forma más segura de zafar.
- Si la avería lo amerita, se cerrarán las portas estancas de las zonas aledañas a la avería y se sondarán **todos** los tanques y doble fondos para determinar posibles entradas de agua.
- Se sondarán los alrededores del buque para establecer cuales son las partes del buque que están tocando fondo.

- Se tomará debida nota de la hora de la varadura y la altura de la marea correspondiente a dicho momento. En caso de que sea una zona donde no se poseen datos mareológicos se sondará un sitio en particular con el fin de poder seguir las evoluciones de las alturas del agua.
- Si fuera posible, se arriará una embarcación menor con el fin de que, mediante sondajes, se pueda tener una idea clara de donde se encuentra el camino de salida. Normalmente conviene sacar al buque por donde entró, pero pueden darse otros casos.
- Cuando se estime que el buque pueda comenzar a ser derivado por la corriente en caso de que la misma esté creciendo, convendrá estar atentos largando un escandallo con la guindaleza floja, ó hacer tocar fondo una de las anclas, para tener de esa forma un aviso temprano y poder actuar de inmediato ya que puede darse el caso de que el buque sea arrastrado a algún lugar indeseado de mayor riesgo.

Maniobras para desvarar

- En el caso de haber varado sobre fondo blando que no ha producido vías de agua y que se haya determinado que la creciente no aportará altura de agua suficiente para que el buque flote se puede intentar la siguiente maniobra para zafar de la varadura:
- Para dicho momento se habrá achicado todo el lastre posible.
- Se utilizarán las tomas de mar altas.
- Se dará máquina atrás moviendo el timón a una y otra banda observándose el girocompás para percatarnos de algún movimiento.
- Una vez que se ha conseguido hamacar el buque se dará máquina atrás toda fuerza continuando con las inversiones de banda de timón.
- Si dicha acción no surte efecto se podrá dar adelante con máquina despacio poniendo todo el timón a una y otra banda con el fin de mover el plan del buque sobre el fondo y eliminar el efecto ventosa. Ha esta maniobra se la suele denominar "hacer la cama". Se aguardará la hora de mayor altura de marea.

Si este procedimiento no da el resultado esperado entonces se puede recurrir a :

- Modificar el asiento o escorar el buque con el fin de soliviantar las partes más comprometidas. Esto se puede lograr trasvasando lastre, agua dulce, combustible o carga.
- Alijar cargamento a otro buque.
- Requerir la ayuda externa de otro buque o remolcador

Como últimos recursos:

- Echazón de carga
- Achicar agua dulce, dejando por supuesto el mínimo que se considere necesario.
- Tender anclas o anclotes que colaboren con la máquina y guíen el buque por el camino elegido para sacarlo de su situación.

En los dos primeros casos las medidas a tomar serán acordes a la configuración del fondo que se haya determinado con los sondajes perimetrales efectuados.

Deberá tenerse presente, en caso de realizar alguna de dichas operaciones, de asegurar que el buque, al ser reducido o modificado su calado no vaya a ser arrastrado por fuerzas exteriores hacia zonas de menor profundidad comprometiendo aún más su situación. Si las condiciones hidrometeorológicas pudieran provocar ese desplazamiento indeseado, no se debe realizar ninguna de dichas operaciones, salvo que se tenga el buque fijo al lugar mediante anclas, anclotes, cabos a puntos fijos o la asistencia de ayuda externa de otro buque o remolcador.

En el caso que se decida tender anclas o anclotes por medios propios (embarcación salvavidas) se debe prever que la misma es riesgosa y tediosa.

Si lo que se desea tender es un ancla del buque no se puede pensar en arrastrar con el bote también su cadena. Por lo tanto se deberá colocar el ancla sobre el castillo o cubierta mediante alguna pluma y allí desentalingarla. De esa forma se podrá trans-

portar el ancla entalingada a un cable de resistencia suficiente acorde a las fuerzas a realizar y el peso del ancla.
Transportar un ancla con una embarcación menor no es tarea sencilla y debe tomarse muy en consideración la estabilidad de la misma. Una de las formas recomendable es que el ancla cuelgue por debajo del bote con el fin de darle gran estabilidad como se muestra en Fig. 6

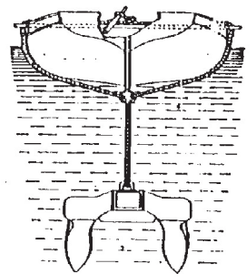


Fig.6 Transporte de un ancla en un bote

El peso que un bote salvavidas puede transportar con seguridad se detemina fácilmente multiplicando el número de personas autorizado a transportar por 75 Kg. que es el porte neto aceptado. No obstante deberá prestarse especial atención al esfuerzo transversal que producirá la eslinga de la que suspende el ancla reforzando con un puntal de banda a banda ambas regalas del bote en los puntos donde se produce la presión.

Se fondeará el ancla en el sitio elegido (preferentemente balizada) y luego virando del cable se la hará hacer presa hasta dejar el cable en tensión listo para ser usado en el momento que se considere oportuno.
Si dicho trabajo se efectúa con un remolcador el mismo podrá tender el ancla con la cadena entalingada, no solo facilitando la maniobra, sino también haciéndola menos riesgosa.
Puede darse también el caso de que el buque que está prestando asistencia no pueda, por su calado, acercarse al varado. En ese caso para pasar el cable de remolque se podrá recurrir a diferentes métodos que permitan pasar una guía liviana que luego se irá incrementando en grosor y resistencia hasta llegar a la necesaria

para efectuar el remolque.

Los mismos son:
1. **Pistola lanza-guías.**
2. **Tambor flotante. Este método puede ser utilizado si las corrientes o vientos son los adecuados.**
3. **Una embarcación auxiliar, hubo casos en donde se llegó a emplear un helicóptero para el tendido de la primera guía**

Si el fondo donde varó el buque es blando (fango - arena - limo) y la profundidad del lugar permite el ingreso del remolcador este puede utilizar la corriente de expulsión de su/s hélice/s para deshacer la cama que tiene sujeto al buque. Para ello el remolcador se mantendrá en el sitio elegido mediante amarras pasadas al buque y dirigiendo el chorro de expulsión contra la zona de varadura, "hamacándose" el tiempo necesario hasta que se observe que, por la otra banda, comienzan a aparecer los borbollones del agua que comienzan a pasar por debajo del casco. Se deberá, como ya se expresó anteriormente, tener fijado el buque mediante anclas a proa y popa que eviten que fuerzas externas lo arrastren a zonas indeseadas.
En el caso que se daba recurrir a un alijo pueden surgir dos casos:
- Que el casco haya permanecido intacto
- Que se hayan producido vías de agua.

En el primero de los casos el peso mínimo que deberemos alijar será el que se obtenga de la siguiente fórmula:

$$Peso\ a\ alijar = \Delta - \Delta' + margen\ de\ seguridad$$

Siendo
Δ : Desplazamiento anterior a la varadura
Δ' : Desplazamiento que corresponde al calado medio estando varado
El margen de seguridad se determinará en base a posibles errores como inmersión dentro del lecho del mar o río, pesos existentes no considerados, etc.
En el caso de averías en el casco por donde haya entrado agua deberá sumársele el peso del agua ingresada.

Si el compartimento inundado está en libre comunicación con el mar, se deberá descontar el volumen inundable del volumen de la carena, o sea sumarlo al peso del buque.
Cuando se efectúa un alijo a un buque que se encuentra varado o encallado es fundamental agregarle simultáneamente igual cantidad de toneladas de las están siendo extraídas con el fin de que ambos buques – alijador y alijado – no sean arrastrados por fuerzas externas cuando el que está en emergencia comience a soliviantarse sobre el fondo. El peso a agregar deberá ser agua embarcada en tanques o bodegas que luego puedan ser achicadas en el momento conveniente.
Por último cabe destacar que no se debe iniciar una maniobra de zafadura sin tener anclas, máquinas y tripulación lista, para evitar ser arrastrados sin control cuando se comience a flotar.

Zabordo Es la varadura voluntaria para poner en seco la embarcación sin que sufra ningún daño. Esto se solía hacer con frecuencia en las playas patagónicas en lugares carentes de facilidades portuarias.
Para hacerlo donde no existen muelles, se deberá conocer perfectamente la playa donde se hará, a saber:

- Planitud de la playa y gradiente del talud.
- Composición del fondo (arena, pedregullo,limo compacto)

Se debe determinar:

- Operaciones a realizar (reparación. carga, descarga o ambas con estimación de variación de calado)
- Con que condiciones de edad marea se varará (sisigia o cuadratura)
- Altura de marea a adoptar en función de las anteriores

Se fondearán 3 a 4 grilletes del ancla exterior (zabordo paralelo a la costa) y resulta conveniente entalingar al arganeo un cable proveniente de la popa, que pueda ser virado junto con el ancla.

Varaduras en el Río de la Plata

Se debe destacar dos situaciones distintas:

- Buque varado dentro del canal.
- Buque varado fuera del canal.

Procedimiento aconsejable para el primero de los casos:
Una buena medida es fondear un ancla dejándola a pique con el freno abierto para que en caso que el buque comience a moverse, el ancla pida más cadena y así avisarnos del desplazamiento del buque. Tener la máquina lista, virar de inmediato el ancla para proseguir viaje.
Se tendrá siempre especial cuidado de no dejar trabajar el ancla entre el casco y el fondo para evitar posibles averías producidas por sus uñas.
Segundo caso:
Si la varadura se produce entre Codillo y par 1 los prácticos aconsejan el fondeo del ancla del sur ya que casi seguramente sea la corriente de creciente la que desvare el buque. Si el buque se encuentra al sur del canal convendrá virar el ancla y comenzar la maniobra de intentar llevar el buque nuevamente al canal antes de que la corriente de marea creciente deje de tirar al norte, con el fin de contar con su ayuda, teniendo la precaución de poder contar con toda la potencia de máquinas suficiente para evitar ser arrastrados durante dicha maniobra hacia el norte del canal. Se deberá gobernar con mucha pala para poder así contrarrestar el tremendo poder de arrastre que produce una corriente sobre un buque sin arrancada.
Si se hubiera varado al norte del canal se deberá virar la cadena en el momento en que la corriente de creciente haya parado para aprovechar la incipiente bajante para poder retornar al canal. No es aconsejable iniciar la maniobra cuando la corriente aún tira de creciente.
Una maniobra que la teoría no recomienda y que la reglamentación prohíbe, pero que en la práctica se suele hacer frecuentemente, es la de utilizar el movimiento y consecuente elevación de agua que provoca el paso de un buque para mover al buque que se encuentra varado próximo a la derrota del que navega.
Es sabido – se ha visto en la unidad sobre resistencia - que todo buque al navegar produce desniveles y corrientes en sus proximidades y que estas son directamente proporcionales a la velocidad que desarrolla.
Es de uso frecuente en la práctica el solicitarle a un buque que

pasará próximo a un varado que lo haga a la máxima velocidad posible con el fin de que dichas fuerzas perturbadoras liberen al varado. Muchas veces se ha logrado éxito en dicha maniobra. Sin embargo entraña un riesgo latente que debe ser tenido muy en cuenta, sobre todo si el buque pasara muy cerca del varado. El movimiento del agua puede poner a flote al buque varado y chuparlo contra el que navega provocando una colisión.
Por lo tanto, si este tipo de maniobra es utilizada, se lo debe hacer con las debidas reservas del caso; ya que por ayudar se podría provocar un daño mayor.

Lucha contra la inundación a bordo

La vía de agua puede sobrevenir a consecuencia de un accidente en el mar, abordaje o varada
Al producirse, es indispensable actuar rápidamente, pues los elementos de achique, por poderosos que sean, son siempre insuficientes para contrarrestar las enormes cantidades de agua que entran a bordo. Si no existiese la subdivisión estanca, en la mayoría de los casos seria imposible combatir la entrada de agua a bordo e impedir la consiguiente pérdida del buque.
Por otra parte, aunque las normas del SEVIMAR sobre compartimentado establecen para los mamparos estancos condiciones de estanqueidad similares al propio forro del buque, la existencia de elementos (tuberías, etc.) que cruzan los mamparos son una causa frecuente de su debilitamiento. En consecuencia, a efectos de seguridad ante la inundación, debe asumirse que el mamparo estanco en contacto con una inundación no tiene la misma garantía del casco exterior del buque y por ello debe ser tratado y apuntalado (reforzado) convenientemente.

Aislamiento de la inundación.

La primera medida tras la vía de agua consiste en cerrar puertas estancas (puertas, escotillas y válvulas estancas) a objeto de aislar el compartimento en que se produjo la avería, evitando la inundación de los compartimentos inmediatos.
Simultáneamente, y sin perder tiempo, se pondrán en marcha las bombas de achique y se investigará, en lo que sea posible, el

lugar y dimensiones de la vía de agua, para conocer su importancia y decidir las medidas a tomar. Será indispensable medir el nivel del agua con frecuencia para apreciar si se consigue expulsar mayor cantidad que la que entra, o si sucede lo contrario.
Hay que conocer exactamente cuales son los compartimentos inundados, así como el riesgo de inundación que corren los compartimentos adyacentes a aquellos y sobre todo, decidir cual será la primera línea estanca defensiva para contener la inundación, a partir de la cual iniciar la lucha contra la misma.

Apuntalamiento de la zona inundada.

Al mismo tiempo, a fin de aguantar la presión del agua que inunda el compartimento, se apuntalarán los mamparos estancos inmediatos, colocando tablones que se apoyen en los baos y refuerzos de la cubierta; estos tablones se calzarán y acuñarán con cuñas de madera, para apretar bien todo el conjunto y darle más consistencia. Los puntales deben de cortarse sobre medidas según el lugar de su colocación y en el momento de hacer el apuntalado. En casos de urgencia y de necesidad, se utilizan para apuntalar las mesas de comer, trozos de tubería y barras de acero.
No pueden darse reglas para hacer los apuntalamientos, pues solo la práctica y el sentido común dictarán en cada caso la forma de hacer un buen apuntalado. Debe considerarse que los puntales, deben apoyarse siempre en puntos bien firmes como baos, brazolas y basadas firmes a cubierta Fig. 7

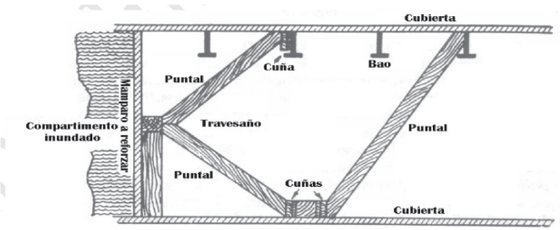


Fig. 7 Apuntalamiento de un mamparo en la zona inundada

Conviene distribuir el esfuerzo del apuntalado sobre varios puntos firmes distintos, pues si todo el esfuerzo se apoya sobre un único bao o un solo mamparo, la excesiva presión sobre este

puede hacerlo ceder. Cuando pueda distribuirse el esfuerzo sobre varios puntales, deben colocarse a intervalos pequeños, mejor que un solo puntal, pues si este trabaja demasiado, puede partir. Los puntales no deben apoyarse directamente en el mamparo, sino sobre soleras colocadas sobre este; una solera apretada por varios puntales contra el mamparo, reparte mejor la presión de los estos. La figura muestra un ejemplo de apuntalamiento de un mamparo, mientras que la Fig. 8 ilustra sobre la el apuntalamiento de una escotilla.

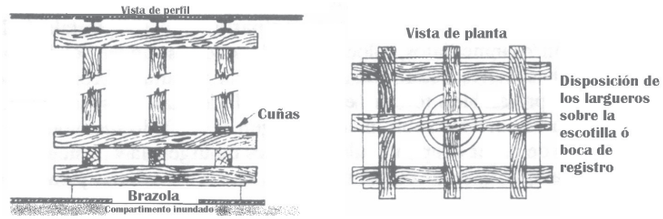


Fig. 8 Apuntalamiento de una escotilla en la zona inundada

Taponamiento de la vía de agua.

Controlada la inundación, si el mar lo permite, puede procederse al taponamiento total o parcial de la hendidura que provoca la vía de agua. Para ello, puede ser necesario escorar el buque mediante la inundación de tanques y traslado de pesos. No importa que el taponamiento sea solo parcial, ya que de esta manera, el trabajo de las bombas de achique se hace menos intenso. Por otra parte es difícil eliminar una vía de agua totalmente con los medios de a bordo.

El elemento tradicional para la obturación de una vía de agua

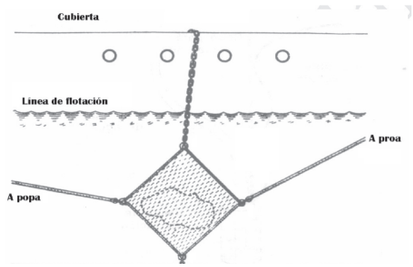


Fig. 9 Taponamiento de la vía de agua

era el llamado pallete de colisión, consistente en un cuadrado de doble o triple lona gruesa que se acoplaba por fuera del casco a la vía de agua sujeto con cuatro cabos, tal como indica la Fig. 9

Antiguamente, este pallete se llevaba siempre preparado a bordo para aplicarlo, ya que la falta de una compartimentación estanca hacia de todo punto necesaria esta precaución; los buques actuales no suelen llevar este elemento, si bien los principios sencillos de su funcionamiento pueden ser de utilidad en caso de vía de agua.

En la actualidad, se dispone a bordo de medios tales como tapones, cofferdam o tapas prefabricadas para taponamiento, cuñas, cemento rápido y en algunos casos, equipo para soldadura dentro del agua, y personal de buceadores con equipos autónomos que pueden taponar pequeñas vías de agua; cuando éstas sean algo mayores, podrán emplearse colchonetas o mantas de lana bien prensadas y retorcidas, para constituir tapones, que se dejarán caer por fuera del costado para colocarlas en las aberturas del casco.

Como medios de fortuna, se pueden usar tableros de madera de forma tal, que cubran el contorno de la vía de agua, los cuales irán bien calafateados y cubiertos con lona; antes de adaptarlos en su sitio se interpondrán lonas y colchonetas que hagan más perfecta la obturación; el tablero debe ir reforzado interiormente con llantas de hierro que le den consistencia para resistir la presión del agua y la acción violenta de la marejada, apretándose contra el casco con cables y cadenas, como en el pallete de colisión.

Achique.

En general, para el achique del agua inundada se utilizan bombas fijas o bombas portátiles, Fig. 10.

Las bombas fijas forman parte de

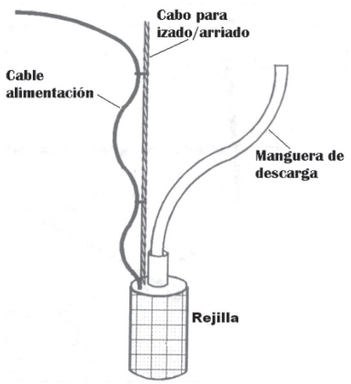


Fig. 10 Croquis de bomba de achique sumergible

las instalaciones de a bordo y suelen tener ramales de aspiración de agua en compartimentos específicos como cámaras de máquinas.
En cuanto a las bombas portátiles, existen a bordo bombas eléctricas sumergibles, que se arrían hasta el compartimento inundado junto con el cable eléctrico y la manguera de descarga. El cable eléctrico se amadrina al cabo que sostiene la bomba, cuidando siempre de que el peso de ésta no recaiga sobre el cable eléctrico que podrida faltar.
Las bombas portátiles contraincendios a nafta también pueden ser empleadas en el achique sin más que conectar la aspiración al compartimento inundado y la descarga al mar. No obstante lo anterior, estas bombas están diseñadas para aspirar agua desde una altura de solo unos pocos metros, por lo que en la mayoría de los casos esta configuración no es de utilidad. No podrán ser utilizadas en lugares abiertos en buques con carga inflamable.

Eyectores

No obstante, el agua a presión de contraincendios, tanto producida por este tipo de bombas como por el circuito principal del buque, puede ser utilizada para achicar el agua inundada de un compartimento mediante el empleo de un instrumento denominado eyector. Fig. 11

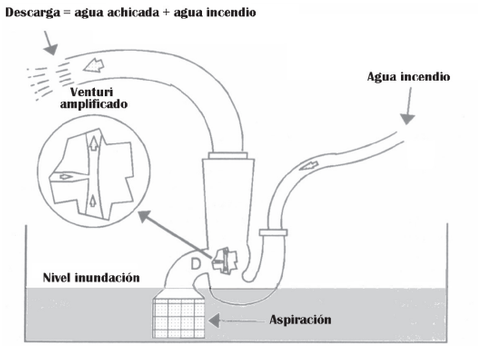


Fig. 11 Croquis de funcionamiento de un eyector

El eyector se basa en las leyes de la hidrodinámica, según las cuales en un liquido en movimiento, agua en este caso, se genera

una depresión, lo que se aprovecha para succionar el agua de la inundación. En el esquema de la figura, el agua a presión procedente del circuito de contraincendios entra por **A** y sale por **B** a su paso por **D** aumenta su velocidad debido al estrechamiento interno, con lo que crea una depresión que aspira el agua de la inundación en **C**. Ambos flujos de agua se unen y salen por la descarga en **B**.
Medidas también muy importantes a tomar, ya en momentos posteriores, son las que se refieren al movimiento de pesos y al adrizamiento con posible inundación voluntaria de otros compartimentos. El traslado de pesos es una eficaz medida que permite modificar la escora o el asiento del buque. Puede ser también necesario arrojar pesos al mar a fin de mejorar la estabilidad y flotabilidad del buque.
Entre los pesos que pueden fácilmente quitarse de a bordo, se encuentran las embarcaciones, las anclas y sus cadenas, agua de alimentación y potable, combustibles líquidos, la carga de cubertada, etc.
Todo ello deberá hacerse racionalmente, para no dejar al buque sin medios para la maniobra o para la subsistencia de su tripulación.

Reflotamiento de buques varados

Los buques varan bajo un gran número de circunstancias y condiciones.
Los grandes especialistas en salvamento dicen que nunca se encontrarán dos casos exactamente iguales y que requieran el mismo procedimiento.
Sin embargo un gran número de casos ocurren bajo condiciones muy similares y los trabajos responden a ciertos métodos generales.
Por ejemplo, muchos buques varan en fondos arenosos con sólo su proa enterrada. La experiencia ha probado que por lo común lo mejor es sacarlo por el mismo lugar por donde ha entrado.
El mover el buque hacia ambas bandas alternativamente y la remoción del fondo son dos ayudas sumamente prácticas en esos casos.

De la misma manera en que los numerosos métodos de salvamento pueden ser incluidos en unos pocos casos generales, los **peligros potenciales** de mayores averías para los buques varados también pueden ser agrupados en unos pocos tipos.
Estos son:

- Golpear contra el fondo.
- Ser llevado a aguas menos profundas.
- Quedar atravesado al mar.

Debe remarcarse que estas condiciones son desde el punto de vista del salvamentista y se basan en las posibilidades de reflotar con éxito al buque.
Así un fuerte "zapateo" del casco contra el fondo, sea este de arena o roca, termina siempre en una avería del plan, que puede variar entre unas pequeñas grietas hasta un serio rumbo, con la consiguiente inundación, lo que agrega muchas dificultades al reflotamiento del buque.
La cambiante relación entre la flotabilidad y la reacción del fondo en un buque varado provoca una situación que se la suele denominar "vivaz".
Es el resultado de la constante variación de la línea de agua a medida que sucesivas crestas y senos de olas pasan por el buque, provocando un alternado aumento y disminución de su flotabilidad.
El buque es "vivaz" cuando esta condición es tan grande como para levantarlo y dejarlo caer pesadamente en forma alternativa.
Cada onda, cada ola o cada rompiente que golpea contra el buque varado ejerce sobre el mismo una fuerza que tiende a llevarlo a aguas menos profundas.
Esta fuerza del mar (a la cual se le puede agregar la del viento) contra el buque, es aguantada únicamente por la fricción entre el casco y el fondo .
Un buque en condición "vivaz" está aguantado solamente por una especie de energía cinética y será siempre arrastrado hacia aguas más someras.
Aún se da el caso de que buques muy varados sean levantados por grandes olas y el ascenso de la marea y llevados a menores

profundidades lo que lógicamente hacen el reflotamiento más difícil.
Los buques varados de proa, con sus popas hacia el mar, ofrecen menos áreas expuestas a las fuerzas combinadas que tienden a llevarlo más adentro, por lo que se debe de tratar de evitar por cualquier medio posible de que el buque se atraviese a la rompiente.
Esto entraña doble peligro:

- El primero es que el buque será llevado con más facilidad a profundidades menores.
- El segundo es que se formarán corrientes secundarias alrededor de su proa y su popa que por su velocidad terminan barriendo y lavado los sedimentos blandos de dichos lugares y un amontonamiento en la parte de sotavento y sota corriente cercano a la sección maestra. Al quedar aguantado solo por dicho sitio es probable que se parta la quilla resultando la pérdida total.

Estos peligros varían en magnitud, dependiendo de las condiciones particulares de la varadura.
Durante un temporal o en una zona de grandes rompientes los esfuerzos preventivos que puedan hacer la tripulación se reducen notablemente.
En playas de pendiente suave las rompientes se forman a considerable distancia de la costa y por lo menos el 50% de las varaduras se produce dentro de dichas rompientes.
En tales casos, aún con tiempo calmo, los peligros antes mencionados deben de ser muy tenidos en cuenta.
Se estima que solo en cerca de la mitad de las varaduras en zona de la rompiente, la embarcación de salvamento podrá acercarse para pasar equipos al buque varado. Muchas veces los mismos deberán ser acarreados desde la playa mediante andariveles.
Muchos Capitanes de buques que han pasado por circunstancias iguales o parecidas han cometido el gravísimo error de aligerar su buque con el fin de reflotarlo y así zafar de la varadura.
Dicha acción es exactamente lo contrario a lo que se debe de hacer**.**
Todo Capitán debe de tener en especial consideración que lo más

importante ha hacer en tales circunstancias es:

- No debe intentar reflotar al buque por sus propios medios si las condiciones de viento y/o mar pueden hacer prever la posibilidad de que sea internado más adentro, lo golpee contra el fondo ó lo atraviese
- Aumentar los pesos en su buque inundando todos los tanques de lastre posibles para evitar que sea arrastrado por el fondo o se convierta en un casco "vivaz".
- Dentro de sus posibilidades intentar tender una o varias anclas por la popa para evitar que el buque se atraviese o se interne aún más en la playa.

La regla de oro es:
No se debe intentar *aligerar al buque hasta que no se hayan tomado las medidas necesarias para evitar que el mismo sea internado aún más en aguas menos profundas.*

El salvamento del buque varado

Los datos a tener en cuenta antes de iniciar cualquier tarea de salvamento son los siguientes:

- Equipo disponible en el buque varado.
- Cantidad, potencia y ubicación de sus guinches.
- Amplitud de la marea.
- Pesos o cargas que pueden ser removidos.
- Distribución de dichos pesos.
- Velocidad y rumbo que tenía el buque en el momento de su varadura.
- Zona de varadura
- Tipo de fondo.
- Daños que pudiera haber sufrido el casco.
- Compartimentos inundados, si los hubiera, y posibilidades de achicarlos.
- Posibilidad de poder utilizar las máquinas propias para ayudar a zafar.

La discusión posterior se centra generalmente en la necesidad de poder determinar la cantidad y tipo de buques de rescate, sus equipamientos y potencias, lo que dependerá de muchos factores, a saber:

- Viento / mar.
- Características del buque varado y su estado.
- Naturaleza del fondo del mar.
- Reacción del fondo.

Fuerza teórica para sacar un buque de su varadura

Consideremos a un buque moviéndose con una cierta velocidad en aguas de fondo de arena gruesa, cuya profundidad va disminuyendo gradualmente. En algún punto de su recorrida, la quilla de este buque tocará el fondo. Desde el instante en que se produjo el contacto, la energía cinética sufrirá dos transformaciones principales:

- La primera de ellas es la conversión en calor por fricción, que tiende a detener el avance.
- La segunda es la energía que eleva al buque. Esta elevación (o disminución de calado medio del buque) es el efecto producido por la reacción del fondo.

El efecto de la reacción del fondo puede definirse como la diferencia entre los desplazamientos del buque antes y después de la varadura..

Para poder iniciar el desplazamiento de un objeto sobre una superficie es necesario aplicar una fuerza igual al producto del peso del objeto por el coeficiente de fricción estático.

En el caso de un buque varado, la reacción del fondo es la diferencia de pesos mencionada arriba y el valor del coeficiente de fricción estático dependerá del tipo de piso sobre el cual está apoyado el buque.

Dicho coeficiente varía enormemente con la calidad del fondo.

Experimentalmente es imposible la estimación exacta del mismo, pero la práctica a determinado los siguientes valores:

Barro	**0,2 a 0,4**
Canto rodado grande, aproximadamente esférico, con posibilidades de rodar por el fondo y lo suficientemente numeroso para que no produzca deformaciones en el casco	**0,5**

Arena	**0,4 a 0,6**
Coral (Siempre que el casco no haya sufrido roturas o importantes deformaciones)	**0,6 a 0,8**
Roca (idem anterior)	**0,8 a 2,0**
Arena silícica dura, sin haber sufrido deformaciones por causa de la varadura	**1,0**
Arcilla pegajosa	**3,0**

Tabla. Coeficiente de fricción estático de un fondo de playa

Por razones de seguridad usar en cada caso el mayor de los coeficientes.
En algunos fondos puede aparecer una fuerza de succión que aumenta el esfuerzo necesario (por arriba del teórico calculado). La ventosa puede romperse de varias maneras. Los más fáciles de utilizar en el área son los chorros de agua producidos por la corriente de expulsión de hélices de remolcadores que se encuentran asistiendo al varado o aire a presión a través de tuberías livianas y portátiles.
La fuerza necesaria para sacar un buque de la varadura estará dada por la fórmula:

$$F = R \times u$$

Donde:

F : Fuerza requerida por el remolcador ó remolcadores.
R : Reacción de fondo (diferencia entre los desplazamientos correspondientes a los calados antes y después de la varadura).
u : Coeficiente de fricción estático.

Métodos para determinar la reacción del fondo

Para determinar la magnitud de la reacción del fondo es necesario seguir un cierto procedimiento.
Es decir, la expresión que da la ubicación depende a su vez de la que da la magnitud.
Por lo tanto debe de hacerse primero la determinación de la magnitud.
En todos los desarrollos que se hagan a continuación, se parte de las siguientes condiciones

- El valor del momento necesario para producir un asiento de 1" ó 1 cm. (**Mt_1**) es el de antes de la varadura.
- El valor de toneladas de aumento de desplazamiento para incrementar el calado medio en 1"ó 1 cm. (**Tp_1**) es el de antes de la varadura.
- El centro de flotación está exactamente en sección maestra.

Método del cambio de calado medio Cm para determinar R

- Antes de varar el buque tenía un determinado calado medio **Cm** y puede hallarse el desplazamiento correspondiente a dicho calado mediante las curvas de atributos de carena o la escala de portes.
- Después de varar el buque tendrá un nuevo calado medio **Cm'**, obtener el nuevo desplazamiento por los métodos indicados anteriormente.
- La diferencia entre ambos será la magnitud de la reacción del fondo **Rf.**

o sea: $Rf = \Delta\, antes - \Delta\, después$

Puede también llegarse a dicho valor multiplicando la diferencia por el valor de las **Tpc** o **Tpi (**ton por cm o ton por pulg.) de los calados medios

Método del cambio de asiento para determinar la reacción del fondo Rf

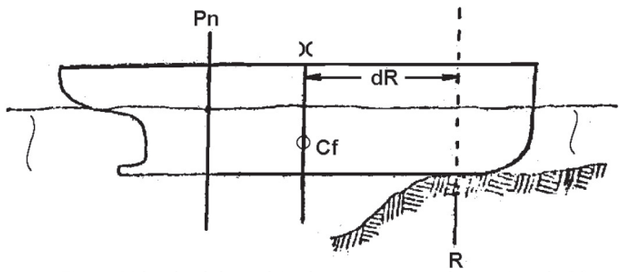


Fig.12 Método del cambio de asientopara determinar la Rf

Usando el cambio de asiento puede obtenerse el valor de la reacción del fondo **Rf**. Para utilizar este método es necesario conocer la ubicación del punto donde se produce la reacción del fondo. (En realidad este método es de mayor utilidad para determinar la

ubicación de dicho punto una vez conocido el valor de la reacción del fondo **Rf ,** como ya se explicará más adelante)
Supóngase un buque varado como se muestra en la Fig. 12
Considerando que se conoce el asiento del buque previo a la varadura. la lectura de los calados de proa y popa después de la varadura dará el cambio de asiento.

$$Ca = \frac{R \times dR}{Mt_1}$$

La reacción del fondo se considera como cualquier peso o fuerza actuando a una cierta distancia del centro de flotación **Cf** lo que da un momento longitudinal ***Ml*** que será:

$$Ml = R \times dR$$

Si el $\boldsymbol{Mt_1}$ (antes de varar) se divide por este momento longitudinal ***Ml*** el cambio de asiento ***Ca*** resultará:
y despejando:

$$R = \frac{Mt_1 \times Ca}{dR}$$

Método para hallar la reacción del fondo R usando solamente el calado en proa
Se han visto hasta ahora dos métodos para determinar la magnitud de la reacción del fondo **R**
Ambos requieren una lectura del calado en popa después de la varadura, pero ello a veces resulta muy difícil o imposible puesto que el buque puede estar rolando y el mar rompiendo contra su costado.

El siguiente método permite determinar la reacción del fondo **R** únicamente con la lectura del calado de proa.

- Primero se supondrá que la reacción del fondo **R** levanta al buque sin variar su asiento.
- Y luego que el buque cambia su asiento.

En realidad estos dos efectos son simultáneos
En el primer caso el cambio de calado en proa $\boldsymbol{dH_{pr}}$ es:

$$dH_{pr} = \frac{R}{Tp_1}$$

En el segundo el cambio de calado en proa es la mitad del cambio de asiento total, o sea:

$$dH_{pr} = \frac{1}{2} \times \frac{R \times dR}{Mt_1}$$

Por lo tanto el cambio total de calado en proa será:

$$dH_{pr} = \frac{R}{Tp_1} + \frac{1}{2} \times \frac{R \times dR}{Mt_1}$$

Y despejando:

$$R = \frac{2 \times Mt_1 \times Tp_1 \times dH_{pr}}{(2 \times Mt_1) + (dR \times Tp_1)}$$

Determinación del punto neutro de carga Pnc

Un buque puede varar de dos formas:

- A lo largo de toda su quilla
- Varar solo con una parte de ella

Puede decirse que en la mayoría de los casos un buque al varar modifica su asiento.
Esto significa que es posible que exista algún punto neutro de carga (**Pnc),** a lo largo del buque en el cual puedan agregarse o quitarse un peso sin cambiar la magnitud de la reacción del fondo **Rf.**
El centro de flotación **Cf** se encuentra siempre entre dicho punto neutro **Pnc** y el punto de apoyo **R.**
Por ejemplo, en el croquis 13, si es la proa la que apoya en el fondo, tiene que haber un punto neutro de carga **Pnc** a popa del centro de flotación **Cf** donde puedan quitarse o agregarse pesos sin modificar la reacción del fondo **Rf**
Quiere decir que todo peso que se agregue a proa del punto **R** ejercerá una reacción del fondo **Rf** superior a dicho peso, si se lo

aplica sobre el punto de apoyo **R** el incremento de la reacción del fondo **Rf** será igual al peso agregado.
A medida de que dicho peso se vaya corriendo hacia popa, alejándose de dicho punto **R,** su incidencia se irá haciendo menor hasta que, cuando coincida con el punto neutro **Pnc** se hará cero y si se lo continúa llevando más a popa de dicho punto neutro **Pnc,** se hará negativo, o sea aliviaremos la presión sobre la parte varada.
La variación de la reacción del fondo **dR,** según la colocación de un peso **p** a una distancia **dN** del punto neutro **Pnc** puede calcularse por momentos:

$$dR = \frac{p \times dp}{dR \times dN}$$

Ejemplo:

para dp = (dR + dN) ; DR = p
dp = 0; DR = 0
dp = - (dR + dN); DR = -p

En resúmen cuando el buque está varado apoyando su proa, si se traslada un peso que está a proa de **Pnc** llevándolo a popa de **Pnc** se provocará la mayor disminución de la reacción del fondo **Rf** ya que se sumarán los dos efectos mencionados.

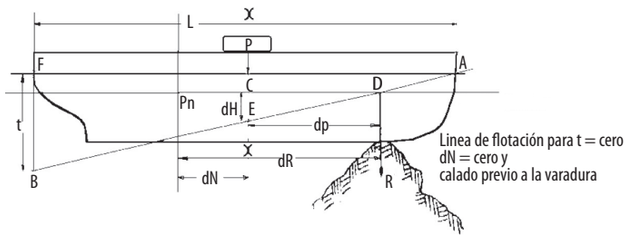


Fig.13 Determinación del punto neutro de carga Pnc

Por triángulos semejantes, podemos llegar a la expresión que nos permita ubicar **Pnc**
Si colocamos un peso **p** a la distancia **dN** del punto **Pnc** tiene que haber un hundimiento **dH** que produzca un aumento de empuje

para que **R** no varíe Fig. 13

$$dH = \frac{p}{Tp_1} \;\therefore p = dH \times Tp_1 \qquad t = \frac{p \times dN}{Mt_1} \;\therefore p = \frac{Mt_1 \times t}{dN}$$

Por lo tanto es lícito decir:

$$dH \times Tp_1 = \frac{Mt_1 \times t}{dN}$$

Desplazando términos:

$$dN = \frac{Mt_1}{Tp_1} \times \frac{t}{dH}$$

Como por lados paralelos los triángulos FAB y CDE son semejantes, se tiene que:

$$\frac{t}{dH} = \frac{L}{dR}$$

Y reemplazando en la expresión anterior:

$$dN = \frac{Mt_1}{Tp_1} \times \frac{L}{dR}$$

La expresión hallada para determinar **R** con la diferencia de calado en proa es:

$$R = \frac{2 \times Mt_1 \times Tp_1 \times dH_{pr}}{(2Mt_1) + (dR \times Tp_1)}$$

Igualando ambas expresiones resulta:

$$\frac{Mt \;\div\; Dt}{dR} = \frac{2 \times Mt_1 \times Tp_1 \times dH_{pr}}{(2 \times Mt_1) + (dR \times Tp_1)}$$

Simplificando Mt_1 y multiplicando en cruz tendremos:

$$2 \times Tp_1 \times dH_{pr} \times dR = 2 \times Mt_1 \times Dt + dR \times Tp_1 \times Dt$$

Despejando dR y sacando Tp_1 factor común:

$$dR = \frac{2 \times Mt_1 \times Dt}{Tp_1(2dH_{pr} - Dt)}$$

Resolución por método gráfico

La reacción del fondo en un buque varado también puede ser calculada aproximadamente con la ayuda del gráfico: Fig. 14

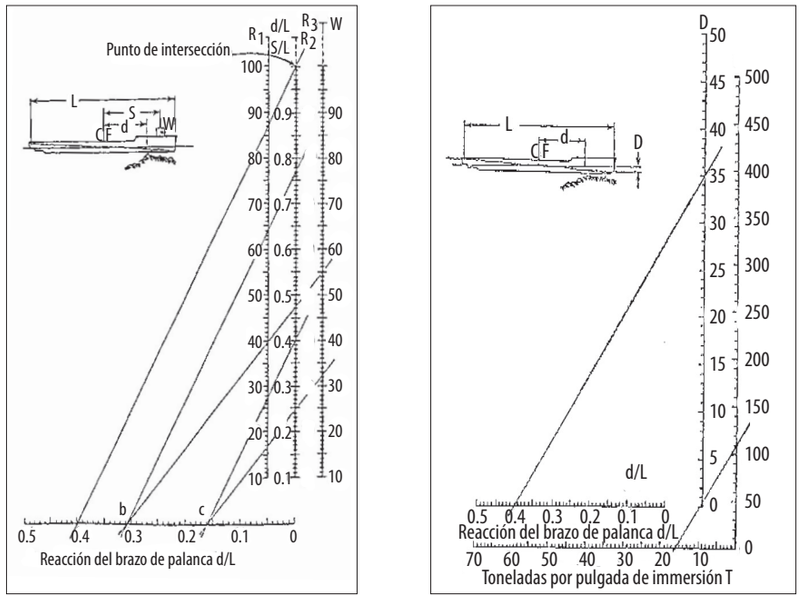


Fig.14 Método gráfico de determinación de Pnc

Las siguientes son las abreviaturas que se aplicarán en los gráficos siguientes:

d : Distancia del centro de reacción al centro de flotación.
D : Apopamiento expresado en pulgadas provocado por la vara dura.
L : Eslora entre perpendiculares expresada en pies
R : Magnitud de la reacción del fondo expresado en long tons
R_1 : Cambio de la reacción por agregado de pesos en long tons.
R_2 : Cambio de la reacción por corrimiento de pesos expresado en long tons.

R_3 : Cambio de la reacción por remoción de pesos expresado en long tons.
s : Distancia del centro del peso al centro de flotación expresada en pies.
T : Factor de inmersión en toneladas por pulgada.
W : Peso usado para cambiar la reacción del fondo en long tons.

Nota de los autores: *Recordar que la "long ton" equivale a 1016 Kg*

El dato obtenido de las figs. 14 es para buques de líneas finas.
Para su aplicación a otro tipo de buque el resultado deberá ser multiplicado por alguno de los siguientes factores de conversión:

Tipo de buque	Factor
Buques de líneas finas (destructores, cruceros, grandes buques de pasajeros)	**1,0**
Pequeños buques costeros o de pasajeros modificados	**1,1**
Medianos buques de ultramar de carga y pasajeros	**1,15**
Grandes buques tanque y de carga	**1,20**
Muy grandes barcazas mineraleras o de carga	**1,35**

Factores de conversión para otro tipo de buques en la determinación del Pnc

Ejemplo:

El uso de los gráficos de la Fig. 14 ha sido utilizado para un buque de líneas finas con las siguientes características de varadura:

d / L 0,4 s / L = 0,77 D= 35" T= 16 ton/"
W= 32 long ton

Por medio del **gráfico 1** que nos permite obtener la reacción del fondo **R** se debe trazar una línea recta desde el valor **d / L** = **0,4** hasta cruzar el valor **D = 0,35**, Luego trazar una línea paralela desde el valor **T = 16** hasta cortar la **escala R** donde se determinará el valor **R = 110 long tons.**

A continuación todo cambio de reacción del fondo resultará del cambio ó corrimiento de pesos a bordo del buque y es obtenido a través del segundo gráfico por un primer trazado de una línea recta que una el tope de la escala **d / L** y **S / L** al valor **d / L = 0,4** sobre la escala horizontal.

Seguidamente se debe trazar dos paralelas a dicha recta, una pasando por los valores **d / L = 0,4** y la otra por **S / L = 0,77** de la escala vertical. Veremos que ellas cortan la escala horizontal en los puntos **a = 0,16** y b **= 0,31** respectivamente.
Se deberá por último trazar una línea desde el punto a pasando por el valor **W = 32** de la escala vertical y luego una paralela a la misma partiendo del **punto b** hasta cortar las tres **escalas R** siendo los requeridos valores de cambio de reacción del fondo los siguientes:

$$R_1 = 40 \qquad R_2 = 47 \qquad R_3 = 55 \text{ ton}$$

Elección de la dirección de tendido de la línea de remolque

La inclinación del fondo del mar puede ser favorable o no al tiro que hará la línea de remolque para vencer la reacción del fondo.
Esto debe de ser tenido en cuenta para la elección del camino que seguirá dicha línea para que la fuerza necesaria para librar al buque sea aproximadamente el producto de la reacción del fondo por el coeficiente de fricción correspondiente a dicho fondo.
En los buques que vararon sobre fondos blandos (arena, limo, conchilla, canto rodado pequeño), la corriente de expulsión de remolcadores potentes dirigidas convenientemente sobre las zonas de mayor contacto pueden ser una excelente ayuda, pero

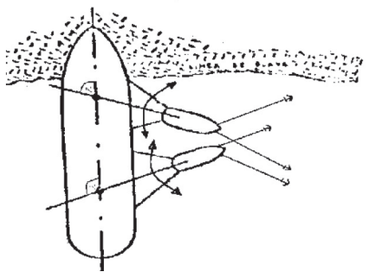


Fig.15 Dragado con remolcadores

deberá tenerse previamente afirmado al buque mediante campo de anclas para evitar que derive al disminuir la reacción del fondo y el esfuerzo resulte inútil.

Para esta tarea los remolcadores se deben amadrinar en diagonal ó en forma perpendicular al buque para poder así efectuar su tarea de remoción del fondo marino como lo muestran las Figs. 4, Fig. 15 y Fig. 16

Otro ejemplo del dragado que puede hacerse con un buque.

Para dragar un túnel debajo de un buque que llegue de banda a banda el mismo no podrá trabajar con eficiencia, utilizando su máxima potencia, a profundidades superiores a 6 pies de su calado estático; pero si únicamente se desea retirar sedimentos de debajo de su pantoque y no llegar hasta la quilla, el dragado será efectivo hasta calados de 26 pies.

Supóngase al varado sobre un fondo de arena liviana y con suave pendiente, pero que no puede moverse por sus propias máquinas, ni cobrárselo por medio de fanfarrines ni remolcarlo

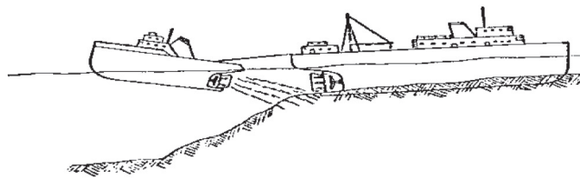


Fig.16 Dragado con remolcadores

Los mejores resultados se obtienen dirigiendo la corriente hacia abajo, lo que se puede lograr dándole un máximo apopamiento al remolcador.

Precauciones generales

Antes de iniciar las operaciones es preciso levantar una muy buena batimetría del fondo aledaño al buque y se deben efectuar periódicos controles de los avances del trabajo para evitar que se formen bancos en zonas inadecuadas.
La profundidad a la cual es efectivo el dragado depende de la potencia del buque que se use y de la naturaleza del trabajo que se desee realizar.

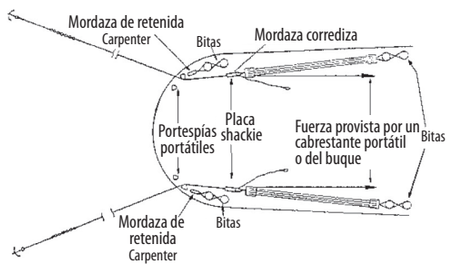


Fig.17 Aparejo de playa moderno

Se ha dado el caso de un remolcador de este tipo que logró construir un canal con la corriente de expulsión de sus hélices sobre un fondo de arena y rocas de mediano tamaño, parte de ellas fueron removidas y otras se enterraron por acción de la corriente, liberando de esa forma al buque.
Por último cabe destacar que este tipo de dragado no es efectivo en fondos de greda ó arcilla.

Aparejo de playa - Introducción

El aparejo de playa moderno es un arreglo de anclas fondeadas hacia el mar desde el buque varado y unidas a éste por medio de cables que están conectados a aparejos colocados y manejados desde a bordo, que le permiten ejercer considerables tensiones sobre las riendas Fig. 17
Un modelo muy utilizado por la armada de los EEUU es capaz de proveer 60 tons. en la línea de tiro, pero los hay de mayor capacidad.
El mencionado aparejo ha sido diseñado para ser manipulado y transportado entre buques bajo adversas condiciones.

Cada uno de dichos aparejos de playa consta de los siguientes elementos

- Dos cuadernales de 4 ojos con rulemanes auto lubricados (uno fijo y otro móvil).
- Dos bobinas de alambre de 100 br. diámetro 1"5/8, construcción 6x36 ó 6x25, preformado, acero alta resistencia, con gasas en sus chicotes. *100 br = 183mts 1"5/8 = 41,3 mm*

- Un trozo de iguales características y de unas 50 br. de longitud *50 br = 91,5 mts*
- Dos bobinas iguales características pero de 5/8" de diámetro. *5/8" = 16 mm*
- Seis grilletes de placa (*plate shackle*) para asegurar los cuadernales a la cubierta y a las riendas de 1"5/8. (ver item correspondiente) *1"5/8 = 41,3 mm*
- Cuatro porta espías portátiles para alambre de 5/8" (útil pero no indispensable). *5/8" = 16 mm*
- Cuatro porta espías portátiles para alambre de 1"5/8(útil pero no indispensable). *1"5/8 = 41,3 mm*
- Cuatro mordazas tipo Carpenter para alambre de 5/8". *5/8" = 16 mm*
- Cuatro mordazas tipo Carpenter para alambre de 1"5/8. *1"5/8 = 41,3 mm*
- Un grillete (15 brz.) de cadena de 2"1/4de barra para entalingar al ancla. *15 br=27,45mts - 2"1/4 = 57,15mm*
- Un ancla tipo Eell de 3,6 ton.(esta ancla, muy usada en salvamento, tiene largas uñas, cruz ancha y abierta, posee excelente agarre y puede ser izada por la mayoría de los equipos de a bordo).
- Un boyarín para ancla.
- Una catalina para 2". *50,8 mm*
- Una catalina para 5". *127mm*

Las mordazas son indispensables para asegurar una rápida y segura operación.

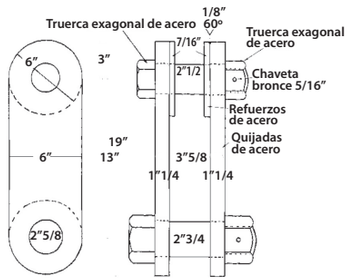


Fig.18 Grillete de placa Shackle

Los cables de 1"5/8 se utilizan para asegurar la rienda.
Los cables de 5/8"para afirmar la tira del aparejo en cada cambio de mano que deba efectuarse.
Grillete de placa (*plate shackle)* Fig . 18
Las medidas especificadas corresponden para el armado de un aparejo de playa de 60 ton. de capacidad.
Este tipo de grillete asegura una eficaz, segura y resistente unión entre gasas de cables ó gasa y eslabón de cadena y además se desliza facilmente a través de escobenes ordinarios y puede ser trabajado facilmente por buzos.

Precauciones con el campo de anclas

Toda ancla que se utilice debe tener conectado su boyarín para facilitar la visualización de su ubicación y facilitar su izado y recuperación.
También es de utilidad afirmar algún otro boyarín a la línea que conecta el buque con el ancla para ayudar a verificar el tendido del aparejo
Al armar un aparejo de playa lo deseable es que tenga una longitud total de unas 300 br. (*549 mts*) con lo que se reduce el ángulo al cual se afirma sobre el buque varado, aumentándose así la componente o resultante horizontal del esfuerzo total del cable.
El grillete de cadena mencionado permite mejorar la catenaria ampliando la cualidad elástica del equipo y por lo tanto la capacidad del cable para mantener una tensión constante sobre el buque.
Si el fondo sobre el que trabajaran las anclas es de mala adherencia lo mejor es engalgar otra ancla al equipo.

Trabajo con el aparejo de playa

Es imprescindible poseer más de un aparejo de playa en toda operación de reflotamiento y es primordial que en todo momento se mantenga igual tensión constante en cada uno de ellos actuando sobre el buque.
El método más primitivo y eficaz para comprobar esto es apoyando un pie sobre la tira de cada uno para comparar sus rigideces; se debe hacer un chequeado más frecuente cuando se pue-

dan tener dudas sobre el agarre o reacción de las anclas.
Un método más exacto y efectivo es intercalar un dinamómetro en cada línea.
Todo aparejo de playa debe ser periódica y concienzudamente revisado en sus arraigados, bitas y zonas de cambio de dirección con el fin de localizar posibles fisuras, dobleces o signos de fatiga.
Lo ideal es establecer una estación de mando donde se pueda estar en contacto radial y visual con todos los guinches usados en la operación pesada y deberá asegurarse siempre que el personal esté perfectamente entrenado en el manejo de los aparejos y que puedan escuchar perfectamente cada orden impartida
El cable debe ser de 5" (127 mm), de construcción 6x36 y hecho de acero galvanizado.
Se selecciona este tipo particular por requerimiento de resistencia y flexibilidad.
Por el hecho de que el aparejo no puede generalmente ser dispuesto en línea con el ancla, es necesario que el cable trabaje sobre los escobenes con ángulos más ó menos grandes a medida de que se lo va cobrando a bordo.
Por lo tanto, para permitir un adecuado trabajo del aparejo, los cables flexibles sufren un menor esfuerzo de flexión cuando deben trabajar sobre el escoben y luego cambiar de dirección en una catalina.
El cable de 5" (127 mm) necesario, es conveniente que esté formado por trozos de 50 (91.5 mt) y 100 brazas (183 mts) con gasas en cada uno de sus extremos para poder unirlos entre sí y con el grillete de cadena con el que completarán el aparejo.
Debe de tenerse en cuenta que cuando más largo sea la tira del aparejo se le dará una mayor incidencia a la componente horizontal. La cadena aporta la elasticidad necesaria al conjunto a través de su catenaria.
Si el buque se ha varado en una costa con una gran pendiente, seguramente la proa estará muy enterrada en la playa y la popa flotará en aguas profundas. En tal caso, ni tramos largos de cable y cadena solucionarán el problema de la disminución de la componente horizontal sobre la tracción que se ejerce sobre el buque.
En estos casos lo que se emplea es la llamada *"west coastal*

spring buoy".
El método común requiere el empleo de un ancla regular de 8000 lbs.*(3634 Kgs),* un trozo de cable para conectar el ancla, una boya con unas 10 ton. de flotabilidad y un trozo de cable adicional desde la boya hasta el aparejo instalado a bordo del buque varado.
Cuando se ejerce una tensión moderada entre el cable y la boya, está se sumergirá más ó menos debido a las componentes verticales de fuerzas actuantes.
En esas condiciones puede obtenerse en el cable una tracción regularmente uniforme y elástica en el plano horizontal, existiendo poco ó ningún peligro de rotura, aún estando varado el buque en una condición de semi flotabilidad.
Sin embargo debe tenerse en cuenta que bajo grandes tensiones la boya puede quedar sumergida debajo de la superficie del agua a una profundidad tal que no habrá aumento de la tensión horizontal y pudiera ocurrir que la presión del agua pueda aplastarla. También al hundirse la boya se va enderezando todo el sistema y disminuyendo la elasticidad del mismo.
Para afirmar el cable al cuadernal móvil del aparejo se usan mordazas tipo Carpenter. (*Ver amarre)*
Puede ser necesario usar pastecas ó catalinas para cambiar la dirección del cable antes de la mordaza, de manera de permitir la más ventajosa disposición de las tiras del aparejo en cubierta.
Estas mordazas, de una solo cuña, están diseñadas para poder afirmar el cable en forma fácil, segura y rápida.
Los cuadernales fijo y móvil del aparejo ó fanfarrín se diseñan para un esfuerzo total de más de 100 ton. y son de fácil manejo a bordo del buque varado. Son de cuatro cajeras y se los arma para obtener un aparejo cuádruple.
El cuadernal móvil se afirma a alguna parte resistente de la cubierta ó estructura del buque.
Al armar el aparejo es muy importante que se lo pueda estirar al máximo para disminuir así al mínimo la frecuencia de los tiramollados durante la operación.
Tiramollar: Tirar para afuera y dejar flojos los guarnes de un aparejo o un cabo ó alambre que laborea por uno o más motones, a

fin de que éste o la beta de aquel, corran o se escurran con facilidad en la faena o maniobra que se está ejecutando. Tiene relación o equivalencia con resacar o tocar.
Beta o tira: Nombre de todo cabo o cable empleado en los aparejos.
El aparejo se guarne con cable galvanizado de 5" (127 mm) de diámetro, construcción 6x36.
La tira se lleva a través de catalinas y deflectores necesarios hasta algún guinche del buque.
Para cada uno se debe de usar un cabirón separado.
Si la cantidad de guinches del buque es insuficiente para el número de aparejos tendidos se pueden instalar guinches portátiles.
En algunos casos se puede llevar un remolcador u otro buque al costado del varado y las tiras de los aparejos se pasan a sus cabrestantes.
Los guinches ideales para el trabajo con estos aparejos de playa son los que tienen una tensión de trabajo sobre el alambre de 7 a 8 ton. y una velocidad de virado de unos 2 metros por minuto.
Los guinches de altas velocidades de virado no son adecuados para este trabajo ya que no pueden ser utilizados a las bajas velocidades requeridas o fallan cuando se los somete a una gran carga.
A veces pueden ser muy valiosos guinches de poca capacidad aunque no puedan ejercer toda la fuerza ordinariamente requerida. Con tales guinches se puede utilizar un aparejo menor que cobre la tira del grande.
Las desventajas de tal arreglo son obvias; primero la frecuencia con que es necesario tiramollar el aparejo chico y, segundo,

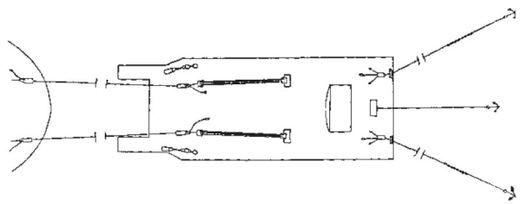


Fig.19a Uso de barcazas auxiliares con o sin guinches

la baja velocidad con que se cobra el cable a medida de que el buque comience a moverse.
En la mayoría de las varaduras el espacio de cubierta necesario para el aparejo de playa constituye un problema serio. Generalmente es conveniente hacer debajo de donde trabaja el aparejo una pista de madera para salvar así los obstáculos de la cubierta. Figs. 19-a y 19-b

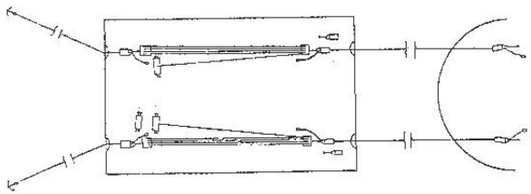


Fig.19b Creación de espacio para el aparejo de playa

Otras veces es necesario hacer agujeros en las superestructuras, cortar tubos de ventilación u otros elementos para dejar espacio para la adecuada disposición y tendido del aparejo.
En algunos casos será imposible encontrar bitas ó refuerzos de cubierta donde afirmar el cuadernal fijo. En estos casos puede ser necesario hacer un agujero de un pie^2 *(918 cm^2)* en la cubierta y afirmar el cuadernal fijo a un bao ó un perfil "U" que se suelde debajo de aquella y perpendicular a los baos. Este perfil puede necesitar apuntalamiento y refuerzos. Deben de colocarse cuñas de madera entre el perfil y la cubierta, en los espacios que queden entre bao y bao, de manera que todo el arreglo quede sólido y transmita con seguridad la carga a la estructura.
Antes de la mordaza que une el cable con el cuadernal móvil se usa otra que debe afirmarse a una bita u otra parte de la estructura del buque que pueda aguantar toda la carga.
Cuando los dos cuadernales del aparejo se "besan" ,se afirma esta mordaza exterior sobre el cable de manera que se pueda arriar la tira para que esta mordaza sea la que aguante toda la carga.
Entonces se podrá sacar la otra mordaza y tiramollar el aparejo para iniciar una nueva cobrada.

Tendido del aparejo de playa

El tendido del cable es una operación difícil y de gran importancia que debe planificarse cuidadosamente.
La mayoría de las veces requiere mucha premura para evitar que el buque sea arrastrado hacia aguas menos profundas ó atravesado a la rompiente.
A partir del plan general se debe determinar la dirección de cada aparejo en particular con relación al buque.
El personal encargado del tendido convendrá que utilice elementos dentro del buque ó entre el buque y la costa que le sirvan de orientación para poder seguir una enfilación que le asegure de que está siguiendo la dirección correcta.
El ancla, el trozo de cadena, el cable y los grilletes necesarios para el aparejo se cuelgan por la banda de barlovento del buque ó remolcador que efectuará el tendido.
El ancla deberá ser suspendida por medio de un estrobo de cable de 3"1/4 (*83 mm*) y este afirmado a un disparador ó un cabo resistente que pueda ser cortado de un hachazo.
Esto debe de ser perfectamente calculado para que permita, en la operación final de tendido, al remolcador traccionar sobre dicho sistema y rectificar curvas del cable y/o cadena sobre el fondo, llegando inclusive a tener que soportar que todo el conjunto se despegue del fondo y llegue a salir fuera de la superficie.
Dicho gancho disparador ó fuerte retenida no debe estar muy a popa ya que si así fuera le impediría al remolcador maniobrar para acomodarse al rumbo más conveniente. Lo ideal es que se encuentre lo más cerca posible de la vertical del centro de carena y lo más bajo posible para evitar grandes escoras cuando se tire en otra dirección a la que tracciona el cable.
A proa del ancla se deberá estibar el boyarín, el orinque y el cable de recobrado que puede ser otro de 3"1/4. (82,6 mm)
Luego se entalinga el ancla con un alambre de 50 br. x 5" (91,5 mt x 127mm) el que se coloca colgado de la borda en guirnalda y atada cada guirnalda con filásticas.
A continuación se engrilleta el trozo de cadena de 2"1/2 (63,5 mm) a la gasa libre del alambre.
Dicha cadena también se coloca en forma de guirnaldas sobre

la borda pero a cada guirnalda se la afirma por medio de seguras retenidas de cabo que se irán cortando en forma manual a medida que se realice el tendido.
Luego se engrilletan los dos tramos de cable de 100 br. x 5", (183mt x 127mm) colgando el primero sobre la borda y el segundo adujado sobre cubierta.
Es importante que cada aduje sea asegurado con una retenida de cordón de cabo manila de 3"1/2 (*89 mm*) a elementos resistentes de cubierta para que a medida que vaya saliendo el cabo tenga un freno que evite que lo haga en forma descontrolada. La experiencia ha mostrado que dicho cordón tiene la resistencia adecuado para que eso ocurra secuencialmente.
Cuando se ha conectado y arreglado todo el cable sobre el costado y la toldilla del remolcador ó buque que hará el tendido, el mismo se aproxima al buque varado y le pasará el chicote del cable por el escoben asignado.
Lo más común es que no pueda llegar hasta dicho sitio por lo que se debe de recurrir a una lancha o bote que transporte un virador adecuado de cabo para que luego, virando desde el varado, se lleve hasta él el chicote del cable.
Una vez que dicho chicote haya sido firmemente asegurado a bordo el remolcador comenzara a efectuar el tendido del cable y debe hacerlo evitando senos o embandos del mismo sobre el fondo para lograr un máximo aprovechamiento de su longitud y que cuando se comience a virar desde el varado no se cobre cable improductivo.
Deberá controlar constantemente la enfilación para que se efectúe dicho tendido de la forma más recta posible.
Es conveniente tener hombres listos con hachas para el caso en que las retenidas hayan sido calculadas en exceso y no rompan ante la tensión ejercida en el tendido en cuyo caso deberán ser cortadas manualmente.
Cuando se llegue al final del tendido quedará solo el ancla a bordo y la misma no debe de ser fondeada de inmediato.
Debe permitirse que el remolcador ejerza un gran esfuerzo que le permitirá corregir cualquier desviación que haya sufrido en el tendido por efecto de viento o corriente.

Una vez ubicado en la posición correcta se fondeará la cadena que arrastrará consigo al cable de recupero, orinque y boyarín.
Una vez tendido el campo de anclas es conveniente verificar que todas las anclas estén correctamente fondeadas y cuando traccionen hagan "buena cabeza".
Esto puede hacerse desde un bote con una luneta al remolcador o por medio de buzos si se dispone de los mismos.
En caso de observarse alguna anomalía convendrá virar el ancla que trabaja mal y volverla a fondear.

Operaciones de cobrado

No se debe intentar el cobrado hasta que no se hayan tendido suficientes aparejos de playa como para asegurar una perspectiva de éxito razonable. Hacerlo de otra manera conducen solo a pérdidas de tiempo y desgaste innecesario de personal y equipo.
Las operaciones de cobrado, generalmente, se intentan en el momento de la pleamar, que es cuando se tiene la mayor flotabilidad del buque y la mínima reacción del fondo, debiéndose empezar a tensar los cables momentos antes de la pleamar para que, cuando esta llegue, ya encuentre a los aparejos en plena tensión.
Antes de comenzar las operaciones de cobrado se debe

- Efectuar una reunión de todo el personal de supervisión y representantes de los remolcadores donde se deberá explicar en detalle cada paso de la operación y discutir cualquier posibilidad de éxito ó fracaso que se prevea.
- Aclarar y completar las instrucciones al o a los capitanes del o de los remolcadores intervinientes respecto a sus obligaciones cuando el buque esté a flote.
- Poner al tanto a la dotación del buque varado de las precauciones a tomar y que hacer cuando el buque se libre de su varadura.
- Antes de comenzar a cobrar se deberá sacar el en bando a cada uno de los cables y dejar los aparejos tendidos con su mayor longitud posible.
- Deben de hacerse los arreglos previos con el fin de obtener la máxima provisión de potencia durante las operaciones.

- Implementarse un sistema de comunicaciones rápido y seguro y determinar un sistema alternativo para el caso de que surjan inconvenientes con el principal.

Contra lo que se podría esperar los guinches no deben ejercer su máxima potencia, sino la necesaria para que los cables trabajen dentro de los márgenes de seguridad basándose en la catenaria que estos forman.
En otras palabras, no se debe confiar en los cálculos para determinar cuando se está ejerciendo una tensión "de seguridad" sobre los cables.
Sólo la experiencia puede indicar cual es la máxima tensión que se puede aplicar a un ancla para que no garree y cuando lo está haciendo.
Cuando se está ejerciendo la tensión necesaria para arrastrar al buque, el movimiento de éste se manifestará en unas súbitas catenarias de los cables que se encuentran tirando de él y es en ese momento, cuando el buque se mueve, en que debe de aplicarse la máxima potencia a todos los guinches.
Además es conveniente que los equipos sean virados en forma alternada, evitando cobrar a más de uno por vez, de manera que en todo momento pueda mantenerse la potencia al máximo.

Buque varado perpendicular a la línea de la playa

Como muchas veces una tracción recta no bastará para mover al buque en la dirección deseada

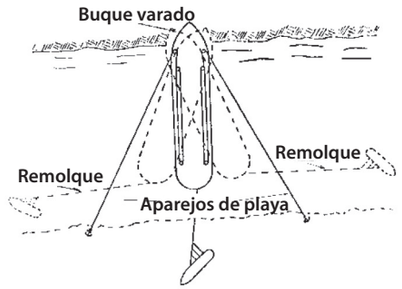


Fig.20 Trabajo en buques varados perpendiculares

Para el caso de que se disponga de más de un remolcador, con-

viene disponer los aparejos de playa tendidos desde la parte más cercana a la costa, ya que un remolcador podrá mantener el buque perpendicular a la playa evitando que se ponga paralelo a la misma. Fig. 20
En dicho caso conviene que la maniobra se efectúe de la siguiente forma:

- El remolcador tira hacia una de las bandas mientras que se vira el aparejo de la banda opuesta hasta observar que el buque realice un pequeño giro.
- Cuando éste se detenga se afirma el aparejo que se viró para evitar perder el terreno ganado y el remolcador cambia de banda y se vira entonces el aparejo de la otra banda.

De ésta forma se logra un poderoso efecto de cupla que obliga al buque a trabajar su "cama" facilitando las tareas de reflotamiento.
Si no se dispone de un remolcador potente que provoque el campaneo del buque, el hamacado se puede conseguir disponiendo aparejos en direcciones transversales más o menos perpendiculares a la dirección en que se desea hacer avanzar el buque para reemplazar el trabajo de costado del remolcador.
Mientras se mantiene la tensión constante en los aparejos principales los aparejos secundarios son alternadamente tesados y dejados en banda en un intento de hacer campanear el buque para que ayude a su zafada.
Otra variación de éste método es tender todos los aparejos en la dirección de la zafada pero en dos grupos, uno por banda, y considerablemente abiertos. De esta forma se viran los de una banda y se dejan flojos los de la otra en forma alternada.
De todas maneras, cuando se utilice este sistema de "balanceo" es siempre conveniente analizar haciendo un diagrama sobre un papel y mediante un sistema de vectores, considerando las máximas estimaciones posibles de cada aparejo, que las componentes a cada lado realmente se anulen, recordando que la fuerza máxima para cada uno de estos aparejos de playa es de 60 ton.
El tendido de los aparejos de playa desde la proa puede ser necesario también cuando la costa cae abruptamente a pique.

En dicho caso, como muestra la figura, si los aparejos son ubicados en la popa se obtendrá una gran componente vertical en detrimento de la componente horizontal que será muy pequeña Fig. 21

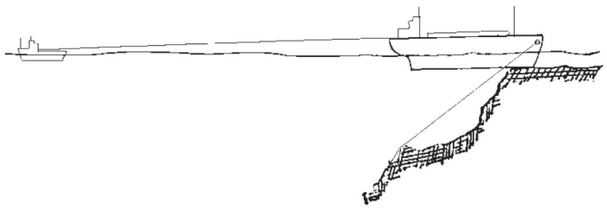


Fig.21 Pérdida de potencia por la verticalidad del aparejo

Uso especial de remolcadores

Para suplementar los aparejos de playa pueden usarse remolcadores, y si los mismos están provistos de poderosos cabrestantes y llevan anclas y cadenas adecuadas pueden incrementarse los resultados haciéndolos fondear con una buena relación de cadena y dando adelante con la máquina a la vez que se utiliza la tracción del cabrestante.
Los cables que unan al remolcador con el varado deben de ser de por lo menos 100 br. más que los cables usados en los aparejos y tendidos en proximidades de aquél. Esto es al solo efecto de que el remolcador no se enrede con los cables de los aparejos.
La tensión que deben de ejercer los remolcadores debe ser constante, evitando todo estrechonazo que pueda arrancar bitas o cortar cables, y deberán estar atentos a los bruscos cambios de tensión que se pueden producir en los momentos en que el buque comience a zafar. Este peligro se presenta en los buques varados de tal manera que, cuando la tracción supera la fricción el mismo queda libre de inmediato y flota.
Cuando esto sucede el buque varado, repentinamente libre de la playa, adquiere una considerable velocidad hacia popa a causa de la tremenda energía acumulada en los cables, todos ellos muy largos y por poco tiempo el buque se moverá hacia atrás mucho más rápido que el remolcador hacia delante quedando el remolcador retardado en su aceleración por el peso y tensión de los

cables y por la cavitación que se produce en sus hélices, la que había adquirido su máximo valor debido a que estaba el buque quieto traccionando un punto fijo.
Pero el buque liberado se frenará tan pronto como cese la tensión de los cables, entonces el cable de remolque, que habrá formado un seno, se tesará bruscamente debido a la pérdida de velocidad del buque y a la súbita arrancada que adquirirá el remolcador.
El resultado será un cable cortado ó un daño aún mayor.
Por otro lado, si el buque debe de ser arrastrado por la playa algún trecho, deberá instruirse a los remolcadores que sigan tirando pero con menor potencia, ya que su tracción puede ser de gran valor para seguir el movimiento del buque especialmente porque debe de esperarse que cuando éste se mueva alguna distancia, varios aparejos queden "a besar".
Para esto debe de recordarse que cuanto más cerca está el buque de aguas profundas menor será la fuerza requerida para seguir moviéndolo.
Puede ser posible, por lo tanto que sean solo los remolcadores los que ejerzan la fuerza final necesaria para librar al buque.

Rienda Liverpool

Si el remolcador no está al ancla y debe efectuar el tiro con viento y/o corriente atravesada es conveniente que arme una rienda "Liverpool" como se muestra en la Fig. 22
Esta consiste en trasladar el punto de tiro de la línea de remolque más a proa del punto pivote del remolcador y sobre la banda de barlovento ó barlo corriente, graduando el ángulo entre la línea de crujía y la dirección de trabajo de la línea de remolque por medio de una trapa especial.
Esto permite compensar las derivas producidas por el viento ó la corriente.
Los elementos necesarios para armar esta maniobra son los que siguen:

- Dos retenidas de cable de 5" (127 mm) de mena (1"1/4 de diámetro o 3,75 mm) de una longitud suficiente que permita llegar cómodamente desde las bitas de amarre de proa hasta unos 6 metros pasando a popa la "H " de remolque.

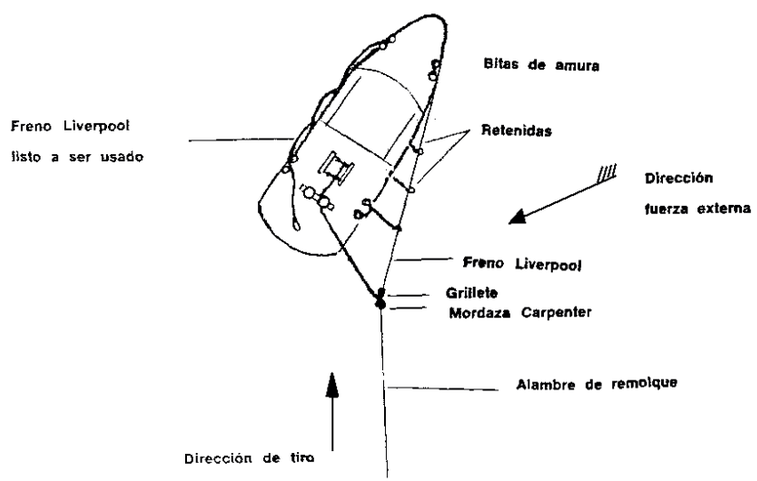


Fig.22 Rienda Liverpool

- Dos mordazas tipo "Carpenter" para poder hacer firme el cable de remolque.
- Como opcional: dos cabos de 7" ú 8 " (178 mm o 203 mm) de mena por 15 metros y otros dos de igual mena pero de 30 metros de longitud

Los cabos de 9" (228,4 mm) sirven de refuerzo si el efecto de viento ó corriente es muy fuerte.

La forma de efectuar esta maniobra es la siguiente

- **Las retenidas de 5" (127 mm) de mena se afirman a las bitas de amarre de las amuras y se tienden por los costados hasta la toldilla colocando en dichos extremos las mordazas "Carpenter".**
- **En caso de necesitar utilizar los cabos de fibra de refuerzo, se debe de tener en cuenta que la retenida deberá ser enhebrada por sus guardacabos, previo a afirmarla en las bitas de las amuras**
- **El remolcador se acerca todo lo posible al varado presentando su proa a la componente de viento y corriente y pasa remolque.**
- **Una vez afirmado éste ira filando cable hasta alcanzar la posición deseada.**

- **Se coloca entonces la mordaza "Carpenter" en el cable de remolque, ajustando su cuña para evitar deslizamiento.**
- **Se lasca lentamente del cable de remolque hasta alcanzar el ángulo deseado.**

Cuando el cambio de dirección de viento ó corriente obliguen a trabajar por la otra banda se virará el cable de remolque hasta que la mordaza esté sobre la toldilla en banda, entonces se la cambiará por la retenida afirmada en la otra banda.

Un método efectivo para suplementar el uso del aparejo de playa es la ayuda que pueda brindar el oleaje artificial creado por el rápido pasaje de algún buque en lo posible de gran porte por la cercanía del varado.

La onda creada por el buque produce un momentáneo aumento de la flotabilidad del varado aliviando la tracción del aparejo.

También puede ser muy efectivo un par de rolidos lo que en fondos de cieno ó arena pueden eliminar el efecto "ventosa".

Dentro de las posibilidades existentes lo ideal es programar el momento y el rumbo a seguir por el buque que originará el oleaje para poder aprovechar en lo posible la geografía del fondo incrementando de esa forma su efecto y teniendo los aparejos en su máxima tensión.

Buque varado paralelo a la costa

Este es un caso que requiere un esfuerzo y un equipamiento mucho mayor, ya que el buque recibe una reacción del fondo mucho mayor y el oleaje actúa sobre todo su costado empujándolo hacia la playa.

En este caso lo primero a hacer es disponer lineas de anclas desde el buque hacia el mar con el fin de detener el proceso de "puesta a seco" que ira haciendo el oleaje, o sea "congelar la situación" lo antes posible.

Posiblemente dichas líneas no alcancen para arrastrar el buque a aguas más profundas, por más que se trate de hacerlas trabajar alternadamente, y se necesite una tracción mayor.

Dicho trabajo podrá ser realizado instalando, entre el buque y la playa, un par de barcazas que si disponen de guinches, pueden

también aumentar el empuje ayudandose también con pequeños aparejos de playa.
Sobre dichas barcazas actuarán topadoras ó bulldozzer, que las empujarán en el sentido longitudinal, ayudando así al resto de los equipos. Fig. 23

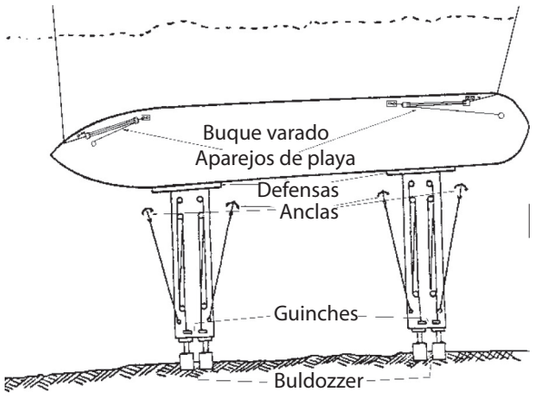


Fig.23 Aparadura para buques varados paralelos a la costa

Precauciones a tener en cuenta luego del reflotamiento

Algunas operaciones de salvamento han terminado en desastre después de que el buque haya sido reflotado debido a que no se prestó ninguna atención a los problemas que se presentarían cuando el buque quedara a flote.
Se deberá prestar mucha atención a los movimientos de lastre,combustible,carga y otros pesos que puedan afectar la estabilidad una vez a flote
Para evitar cualquier posibilidad de que ocurra algo así debe tenerse elegido un fondeadero temporario seguro a donde pueda llevarse el buque fácilmente tan pronto como flote y donde se lo pueda poner en condiciones de emprender el viaje a puerto seguro.
Este fondeadero debe determinarse al comienzo de la operación y si existen dudas acerca de la profundidad para llegar a él debe relevarse el fondo para tener perfectamente conocida las zonas de riesgo de sus inmediaciones.

Como una precaución más, haya sido ó no considerada en el plan, debe tenerse un ancla en el buque con suficiente cadena y lista a ser fondeada.
La secuencia del virado de los distintos cables del campo de anclas ha sido considerada probablemente en el plan general, pero el personal que los manipula debe tener bien en claro que no deberá lascar ninguno de ellos sin haber recibido la orden correspondiente del oficial a cargo, lo cual permitirá mantener al buque seguro, una vez a flote, hasta que puedan tomarlo el ó los remolcadores que lo conducirán al seguro fondeadero.

CAPÎTULO XX

Alijo y Completado
(*Lightering and Top-Off*)

Un poco de historia

Pasar elementos de un buque a otro, puede considerarse una tarea que en tiempos de guerra, de patrulla o de investigación, muy alejados de tierra, era casi excluyente de buques de las marinas de guerra, las que normalmente se hacían en aguas abiertas, con ambos buques navegando, buscando cuando era posible la relativa protección de un golfo, de un fiordo o el zocaire de alguna porción de costa.
Consistían casi exclusivamente en reaprovisionamiento de combustible, carbón y más tarde combustibles líquidos, lubricantes para las máquinas, pertrechos de guerra, agua y víveres. Estas maniobras representaban por cierto, riesgo muy alto, que necesariamente implicaban la espera de circunstancias meteorológicas favorables y un alto grado de entrenamiento.

Esta experiencia, llevó a la adaptación del sistema a buques mercantes que por claras razones económicas, fueron aumentado paulatinamente su tamaño al par que por las mismas razones pocos puertos han aumentado su capacidad para recibir esas grandes naves, atendiendo a que sus profundidades no admiten los grandes calados que ellas adquieren con sus enormes capacidades de carga.
Hoy en día, las tareas de Alijo o Completado son comunes para un alto número de puertos en el mundo.

Su realización en la actualidad
Lo habitual de la maniobra de atraque a otro buque, es que el BUQUE MADRE(el que da o recibe carga) se encuentre fondeado y el ALIJADOR o COMPLETADOR, vaya a el como si se tratara de un muelle.

Como en la totalidad de las maniobras a realizar con un buque,

existen múltiples posibilidades de encarar la de aproximación. Juegan en esa diversidad, las características propias del buque maniobrado, (tipo de propulsión, características de gobierno, estado del tiempo o mar y primoldialmente criterio del maniobrista, así como en menor medida las del buque madre (eslora, firmeza en su orientación etc.)

Para la descripción general de la maniobra de atraque, se considerará al buque madre como de igual o mayor eslora que el que se aproximará, que será un dextrógiro. Luego se darán algunas de las variantes posibles.

Se tendrá especialmente en cuenta que, si se trata de un completador, su manejo tendrá como factor importante, su DW, que aumentará su inercia, influyendo en las reacciones a las exigencias de la maniobra.

Pautas a observar en la preparación de la maniobra de aproximación y atraque

1. Características de inercia y gobierno del buque maniobrado
2. Estado del tiempo (viento, corriente y edad de la marea).
3. Eslora del buque madre.
4. Calidad de las comunicaciones puente a puente.
5. Coordinación con suficiente antelación con el buque madre.
6. Preparación de las defensas. (habitualmente Yokohamas) considerando la diferencia de bordas antes y las calculadas para después de las operaciones.
7. Durante un buen período de tiempo, previo a la hora de inicio de la maniobra, que se procurará efectuar en proximidades del horario local de media marea bajante o creciente, recabar del buque madre información de los diferentes rumbos que adquiere en su campaneo.
8. Preparar cabos de guía suficientes y clarificar la maniobra de cabos de amarre.
9. Dejar a la pendura el ancla de la banda opuesta a la de atraque.

Elección de la banda de atraque

Atendiendo a las reacciones normales de un buque monohélice dextrógiro, resulta favorable elegir como banda de atraque la de estribor del buque madre, pero como se verá mas adelante, esto puede variar en función de la dirección y/o fuerza del viento u otras circunstancias, entre las que se puede mencionar la disposición en cualquiera de los dos buques de los elementos o mecanismos para el traspaso de carga. Por ello de acuerdo a la banda elegida se solicitará al buque madre, tener fondeada el ancla de la banda opuesta a la de amarre, cambiándola si fuere necesario.

Aproximación y atraque

Se han dado ya en el item : " Elementos a observar. . . ." una serie de pautas básicas para esta maniobra.Se procederá a desarrollar en base a ellas una de las múltiples posibilidades de realización.
Luego de la preparación de los elementos de transferencia de carga (guinches,tolvas,cucharas,o mangueras, manguitos de acople etc.) se procederá a la colocación de las defensas, que como se dijera consisten, predominantemente en balones Yokohama flotantes, que servirán para evitar impacto directo entre cascos al atracar y de amortiguador entre cascos, por el oleaje, durante la operación de carga o descarga. Estas serán dos , tres o mas, de acuerdo a la eslora a cubrir,de tamaño adecuado a su DW en diámetro y largo,–(Se fabrican desde 0,3 mts de diámetro y 0,6 mts de largo hasta 3,5 mts de diámetro y 7 mts de largo)– Fig. 1

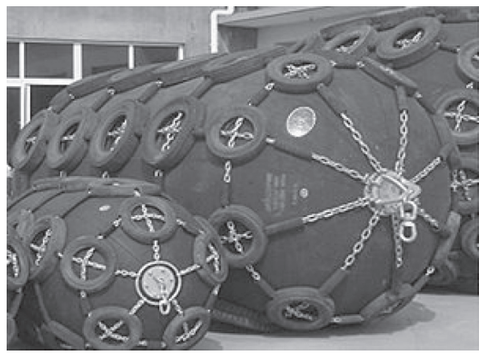


Fig. 1 Características de las defensas flotantes

Cubriendo equidistantes la parte prismática del casco mas una alta, de tamaño menor, suspendida a altura conveniente para proteger el casillaje de popa , en la maniobra de desatraque.

Se debe colocar cada una con amarras por largo a su proa y su popa y resulta recomendable además pasar a cada una de las flotantes un cable de respeto que no trabaje en ningún momento para el caso que accidentalmente se corten los cabos principales Fig. 2



Fig. 2 Croquis de instalación de defensas

Aproximadamente una hora antes de la fijada para la maniobra, (aproximadamente 3/4 de marea), se comenzará, –para tener un panorama claro de la situación del buque madre–, a recabar del mismo, en cortos períodos, en comunicación VHF puente a puente ,sus rumbos, hasta obtener variaciones muy pequeñas del mismo en una sucesión de campaneos Si las condiciones hidrometeorológicas resultan a criterio de los Capitanes aceptables, habrá llegado el momento de comenzar la maniobra de atraque.

Una forma recomendable de efectuarla, asumido que se irá con el buque dextrógiro a estribor del buque madre, es navegar para situarse aproximadamente a entre ¾ y 1 milla de distancia de la popa de aquel, según el tamaño del maniobrado, con un ángulo no mayor de 35º entre rumbos, tomando como referencia la proa del fondeado. Se navegará con la menor velocidad compatible con el gobierno durante la aproximación.
Esto representará aproximadamente 3 Ns, es decir entre 15 y 20 minutos de tiempo. Las órdenes de gobierno deberán estar referidas a mantener la proa enfilada a la proa del buque madre, independizándose de rumbos numéricos que solo serán indicadores en su variación, del abatimiento que afecte al buque navegando y por tanto tenidos en cuenta como tales para eventuales correcciones en caso de producirse un abatimiento indeseado hacia la

posición del buque fondeado.
El radar ARPA y la corredera Doppler si se cuenta con ellas en el puente, deben ser utilizados como excelentes auxiliares, pero sin dejar de mantener una observación visual permanentemente y determinante.
Cuando la distancia entre la proa del buque en aproximación y el espejo del fondeado se encuentre a aproximadamente dos esloras. (Recordar la distancia a la proa de la antena radar para corregir), se parará la máquina. Si se considera necesario, se dará máquina despacio o muy despacio atrás para quitar arrancada, se comenzará lentamente a caer a estribor buscando paralelismo entre los dos cascos. Esta maniobra resulta clave en su apreciación, pues de ella depende el éxito de la misma, demasiada caída dejará a los buques muy alejados entre si para pasar guías y los correpondientes cabos, poca caída producirá una indeseada y poco recomendable aproximación de los cascos, con el consiguiente problema al dar más máquina atrás para parar el buque. Por ello no debe anularse totalmente el ángulo convergente entre rumbos a efecto de poder controlar el efecto que producirá la máquina atrás,maniobrando el timón para compensar el efecto de la hélice, en caso necesario. Teniendo la proa propia al través de la sección maestra del buque madre, se podrá o no ,fondear el ancla de estribor (la distancia del escobén al fondo más ½ a 1 grillete según el tamaño del buque); esto queda a criterio del maniobrista, no resultando mandatorio, si no una medida de seguridad o correctiva si así fuera considerado. El personal de proa estará listo a arrojar los cabos de guía y tan pronto se vea la posibilidad, comenzará pasando un largo de proa y luego un spring (en ese órden), comunicará al puente cuando se encuentren encapillados en el otro buque y esperará órdenes para comenzar a operarlos, sea cobrando, haciendolos firmes o lascándolos.
La máquina atrás se habrá detenido al observar que el buque ha perdido casi totalmente su arrancada, esto, de haber dado las órdenes en los momentos oportunos, coincidirá con los buques muy cercanos a la posición de trabajo. Como medida precautoria se darán tres largos propios y uno del buque madre y dos springs a proa y la misma disposición se seguirá a popa, con la salvedad

de no tener en ningún momento en ella ningún cabo en el agua, en prevención de tener que mover la máquina. Una vez encapillados firmes todos los cabos, si se hubiera optado por fondear deberá virarse el ancla, dejándola nuevamente lista a fondear. Es importante comprender el porqué de la cantidad de cadena en caso de fondear , atendiendo a que: de no poder traer el ancla nuevamente abordo luego del atraque, se corre el riesgo de tomar vueltas en un borneo, con la del buque madre
Siendo la responsabilidad de la operación compartida por ambos comandos, no obstante ser llevada a cabo casi exclusivamente por el que efectúa la aproximación, resulta recomendable dejar asentados en el libro diario de navegación, todos los intercambios de información con buena precisión de sus horarios , asi como el de las maniobras ordenadas. Los puestos de maniobra de proa y popa deberán quedar "arranchados", para , en caso de urgencia poder maniobrar en ellos sin inconveniente. La máquina, sobre todo en los buques que muevan inflamables, deberán quedar a no más de 15 minutos de aviso.

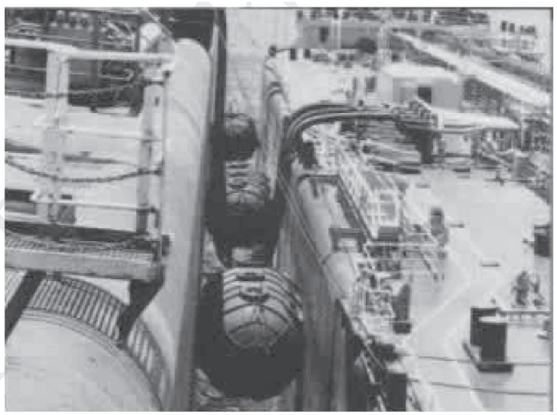


Fig. 3 Dos buques tanque en operación

La maniobra descripta es solo una de las posibles. Los buques con hélice proel (Bow Thruster) tienen obviamente una mayor facilidad en el atraque, aún teniendo presente que si se trata de un ALIJADOR, su condición de buque en lastre disminuirá la capacidad de prestación de ese elemento.

También como ya se dijera, existe la posibilidad con el mismo buque, de tener que atracar por la banda de babor del buque madre, ello implica una maniobra diferente en la aproximación atendiendo al efecto de la máquina atrás.

Una forma de realizarla.

Con el mismo buque situado a la misma distancia que en la maniobra anterior, pero ahora sobre la prolongación de la línea de crujía del buque madre, se navegará con un rumbo igual al promedio que se obtubiera de rumbos de campaneo,en la información previa al inicio y a +/- 3 nudos de velocidad, esto llevara al buque aproximándose, a navegar enfilado en promedio, con la popa del buque madre. A una distancia de tres esloras de la popa de éste, se caerá aproximadamente 5º a babor del mencionado rumbo promedio, deberá prestarse atención a la acción del viento, y parando la máquina. Esto llevará la proa propia al alcanzar el través de la popa del buque madre a una distancia lateral de alrededor de una manga y media a dos de la misma, habiendo perdido arrancada.
Obtenida esa posición, se dará máquina atrás hasta parar el buque, maniobrando con timón para aumentar o disminuir la caida según se aprecie. En esta maniobra es posible que sea necesario fondear el ancla de babor de la misma forma que fuera indicada en el atraque por estribor del buque madre.
Por cierto deberá tenerse en cuenta para aplicar las correciones pertinentes, el efecto del viento, pues el fondeado estará orientado a la resultante viento-corriente y no necesariamente el efecto de ese vector sobre el, será el mismo que el actuante sobre el que efectúa la aproximación para el atraque.

Nota de los autores: *En la foto de la Fig. 4 el buque madre optó por colocar las defensas YOKOHAMA, esto depende de la coordinación entre ambos buques. Lo habitual es que el buque que va al atraque las lleve colocadas. Es importante que cada defensa se coloque con sus amarras de proa y popa al buque.*



Fig. 4 Dos buques tanque en maniobra de atraque

Maniobra de zarpada

Esta maniobra precisará de una alta dosis de paciencia, pues muchas veces, una corriente débil por la proa, en conjunción con viento por la amura exterior del buque a zarpar, no permiten abrir suficientemente la misma.

Desconectados los elementos mecánicos que pudieran unir los buques o las mangueras, se iniciará el desatraque.

Se tendrá la máquina preparada, todos los elementos de maniobra verificados, se tomará la precaución de tomar una retenida al último esprin de popa que se determine largar, mediante un virador que se hará firme a la "holandesa" a la regala del lado interno a fin de impedir que aquel al ser largado quede en el agua con el consiguiente peligro de enredarlo en la hélice, hecho que podría

resultar fatal para la maniobra.

Se comenzará una vez todo dispuesto, largando los esprines de proa, alijerando los largos dejando un solo cabo. Se largarán todos los largos de popa y se mantendrá solamente el esprin que fuera preparado con la retenida, trabajando en fuerza.

En este punto se deberá observar si la cuña de agua entre los cascos, abre la proa, lascando el largo a medida que pida. Si esto ocurre deberá esperarse a tener la proa bien abierta, una vez obtenida esa posición se largará el esprin de popa como se previó, simultáneamente se largará el cabo de proa y con poco timón a babor (10º a 15º) se dará un golpe de máquina para abrir levemente la popa, manteniendo luego máquina despacio, sin perder de vista la posición de la aleta de babor respecto del casillaje o el casco del buque madre mientras el propio avanza, con la popa ya fuera de riesgo, se saca timón se aumentará la máquina y se mantendrá el rumbo alcanzado aguantando la caida. Se deberá en todo momento tener información a través del personal de proa de la dirección de la cadena del buque fondeado. Habiendo sobrepasado la popa una eslora de la proa del buque madre se considerará al propio en franquía.

Puede ocurrir como se dijo, que la proa no abra, de ocurrir esto luego de una prudencial cantidad de tiempo –que pondrá a prueba la paciencia del maniobrista– , podrá optarse por forzar la apertura de la proa, para ello se elegirá como primera posibilidad, volver a pasar por popa un cabo corto, como travesin, a la popa del buque madre y virarlo con el guinche del buque propio, procurando acercar las popas y por consiguiente abrir las proas, esta maniobra está sujeta a las formas de ambas popas por lo que si las mismas son demasiado prismáticas, no se tendrá espacio suficiente. Otra posibilidad es forzar la apertura con máquina atrás apoyándose en el esprin de popa y todo timón a babor, maniobra que entraña un adicional de riesgo por la cercanía de ambos cascos y casillajes, pero que manejado con finura puede dar buenos resultados, habida cuenta que una vez que la cuña de agua entre los dos buques actúe con mas fuerza el apartamiento de la proa aumentará pudiendo entonces continuar la maniobra como se explicara al comienzo. Una recomendación importante es tener

en cuenta que si la maniobra con el travesín diera resultado al tener la proa suficientemente abierta se deberá largarlo y virarlo rápidamente antes de dar máquina.

Conclusiones

Como se puede observar, **los elementos críticos**
que envuelven estas maniobras son:
En el atraque:
El sostenimiento de la velocidad compatible con el mantenimiento de los rumbos necesarios acordes con la capacidad de detención del buque habida cuenta de la necesidad de utilizar la máquina atrás.
La distancia a colocar el buque para poder pasar cabos.
El control del abatimiento hacia el buque madre
La presteza con que se realice esta operación.
En el desatraque:
La observación de la reacción del buque a la resultante de viento-marea.
La calma para no caer en apresuramientos que lleven a situaciones de riesgo.
La observación permanente de los movimientos de la popa, para evitar daños al propio o al otro buque.

Nota de los autores: *Como se recordara al comienzo de este libro, la navegación es un arte, sujeto a patrones técnicos, pero a su vez entregado a la capacidad y creatividad de cada navegante. Las maniobras aquí propuestas son solo una guía básica, que no se contrapone a cualquiera otra que se efectúe con éxito, precisión y primordialmente con seguridad.*
En aviación se suele decir que un buen aterrizaje es aquel en que se sale del avión caminando, parafraseando, una buena maniobra es aquella en que el buque entra o sale navegando y sin averías.

CAPÍTULO XXI

Remolque de mar

Generalidades.

El remolque oceánico en una actividad que dia a día está tomando mayor incremento en el tráfico mundial.
Las tareas costa afuera han sido las promotoras de que ello ocuriera vertiginósamente.
Enorme estructuras de escasaa o nulas formas hidrodinámicas con enormes volúmenes bajo y sobre el aquan y de costos multimillonarios, exigen cada día mayor potencia y sofisticación de los remolcadores y /o supplies encargados de tranportarlas y posicionarlas, llegando a convertirse cada trabajo en complejas operaciones en donde intrevienen numerosos buques que trabajan al unísono y sincronizamente con el fin de arrastrar su carga a veces a velosidades de un sólo nudo

Debido a la configuración de estas plataformas la autopropulsión resulta impracticable, por lo que todos sus movimientos deben ser efectuados con la ayuda de remolcadores. Para transportar las relativamente pequeñas plataformas tipo "*jack-up*" suelen utilizar, para largos trayectos, barcazas serni sumergibles denominadas vulgarmente "*sea camel*", algunas de las cuales pueden cargar simultáneamente hasta dos de ellas sobre una cubierta aprovechable de aproximadamente 130 metros por 30 metros y con capacidad de izado de hasta 20.000 toneladas.

Remolcadores oceánicos

Las características fundamentales que los distinguen son las siguientes

- Grandes potencies de hasta, actualmente 22.000 BHP, generalmente provistos de dos motores.
- Hélices de gran diámetro y relativo poco paso, siendo este controlable desde puente, y girando dentro de toberas tipo Kort.
- Líneas de casco bien desarrolladas, partiendo de un castillo

alto hacia una baja cubierta de trabajo en popa.

- Guinches de remolque, operables desde puente, con bobinador, de uno o dos carreteles siempre horizontales, para poder remolcar más de una embarcación simultáneamente.

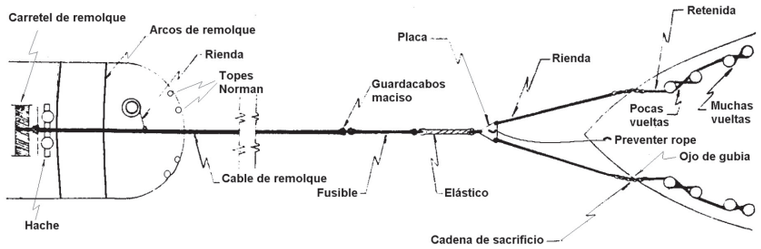


Fig.1 Esquema de remolque

El esquema de remolque a una sola embarcación es más o menos como se ilustra; pudiendo variar sensiblemente según las condiciones del remolcador, remolcado, zona donde se efectuará el mismo, su duración, requerimientos especiales del seguro, etc., etc. Fig. 1

Características de cada uno de elementos intervinientes:

Cable de remolque

El alambre utilizado a este fin suele tener una longitud que varia entre los 1.000 y 1.500 metros, su torsión es generalmente hacia la izquierda, alma de acero y su tipo de construcción suele ser 6 x 25 ó 6 x 37. En remolques normales se suele trabajar con coeficientes de seguridad que varían entre 2 y 2,5, por lo que para un *bollard-pull* de, por ejemplo 100 toneladas, el alambre estaría probado a no menos de 200 toneladas y sus medidas serian: 0 56 mm. con un peso por metro de unos 14 kg.

El chicote que se encuentra al tambor deberá estar libre, con sus cordones cortados escalonadamente, forrado y estará afirmado por medio de grampas especiales abulonadas a los laterales del tambor por la parte externa a donde sale el cable por un orificio especial al nivel del cilindro. El chicote que va hacia el remolcado suele terminar en una gasa con costura larga que abraza fuertemente. un guardacabos de gran resistencia, generalmente de

acero forjado, con orificio para perno de 1”,5 (38.1 mm)

Las precauciones a tener con dicho cable no difieren en mucho con las de cualquier otro alambre que se desee mantener en buen estado:

Debe de ser lavado con agua dulce a presión luego de su utilización, siendo el mejor momento aquel cuando se esta recogiendo el remolque.

Debe ser engrasado, pudiéndose utilizar cualquier grasa para alambres, resistente al agua de mar o bien una mezcla que se calentará fuertemente de mitad de alquitrán mitad cal viva apagada.

Los remolcadores modernos suelen tener los carretes en compartimentos cerrados, protegidos de los rociones y/o salpicaduras del agua de mar, pero si así no fuera se lo deberá cubrir con una lona impermeable que abarque la totalidad del tambor.

Deben evitarse muy especialmente torceduras, cocas, fricciones, estrechonzazos, y el uso de cualquier otro tipo de mordazas que no sea la tipo “*carpenter*”. Las fricciones se suelen evitar con la colocación en lugares adecuados de “espaguetis” de goma de gran resistencia al desgaste que se enhebran antes de confeccionar la gasa, existiendo un modelo compuesto por dos medias cañas que se las une abulonándolas.

El alambre debe ser inspeccionado periódicamente y un buen momento para ello es cuando se cobra o arría remolque, ocasión en la cual conviene apostar dos hombres de experiencia que observen el estado del alambre detenidamente de cada lado.

El alambre debe ser chicoteado después de un determinado período de uso, variando el mismo de acuerdo a los esfuerzos que hayan soportado, posibles roces por el fondo - que deben ser siempre evitados -. Dichos intervalos pueden variar entre 100 y 200 días de uso, debiéndoselo descartar sin dudar cuando presente zonas con desgastes, espinas o deformaciones importantes Por ello se deben evitar totalmente los trabajos sobre ángulos agudos, considerando que dicho alambre no admite empalmes.

La operación de chicoteo es sumamente delicada y engorrosa, no debiendo nunca encararse si no se cuenta con suficiente personal, tiempo y muelle espacioso que pueda ser utilizado para

hacer un aduje a la holandesa lo más largo posible. Para la confección de la nueva gasa se deberán adoptar una serie de precauciones previas que aseguren su total confiabilidad, considerando que los alambres de acero que conforman el cable son de gran dureza y de muy difícil laboreo. El principal problema que surge, siempre hablando de tener que efectuar una costura manual, es ceñir la gasa lo suficientemente apretada contra la acanaladura del guardacabo. Para lograr esto conviene encargar previamente a un taller la construcci6n de una prensa que permita apretar el alambre contra el guardacabo en tres puntos simultáneamente por medio de tornillos que tengan en sus extremos mediacañas del diámetro del alambre que puedan girar libremente. De esta forma se podrá tener ceñido el alambre sobre el guardacabo para poder efectuar la costura. Será necesario además contar con una fuerte mesa de trabajo con morsa, uno o dos pequeños aparejos diferenciales o "*tirforts*" que permitan el tensado de los cordones por medio de cortas bozas o de cadena una vez pasados.
En remolques de larga duración conviene una vez al día modificar la longitud del remolque un corto trecho, para cambiar zonas de posible desgaste.

Grilletes

Los grilletes que se usen en toda la línea de remolque deben reunir las siguientes condiciones

- Estar aprobados por autoridad competente, con su correspondiente certificado a bordo, con una resistencia igual o superior a la del resto de la línea, salvo que se lo quiera usar como fusible.
- Los mismos deben de ser del tipo corazón o compensado, con bulón, tuerca y chaveta. Es muy importante que los soportes del bulón se encuentren lo más cercanos posible para conferirle la mayor resistencia.
- El perno no debe tener juego axial ni lateral. En caso que la tuerca no apriete contra el grillete por no haber mas filetes de rosca, se lo deberá suplementar inexorablemente con arandelas hasta eliminar todo movimiento.
- La chaveta del seguro deberá ser siempre colocada, debiendo tener siempre el diámetro justo que impida su movimiento. Debe descartarse totalmente el uso de alambre de fardo o puntos de soldadura entre las caras de la tuerca y el grillete.
- Es muy conveniente la recorrida previa de los grilletes, limpiando y engrasando con grasa consistente los filetes de las roscas, ya que es de fundamental importancia la celeridad con la que el personal de cubierta pueda efectuar la conexión / desconexión de la línea. Una llave de boca del tamaño correspondiente a la tuerca y otra a la cabeza del perno siempre son muy convenientes para dichas tareas.

Fusible

Este elemento, junto con el elástico no siempre son usados en las operaciones de remolque. Consiste en un alambre con una resistencia generalmente equivalente al 75 u 80 % de la de la línea. Su longitud alcanza las 8 a 10 brazas (14,6 mts/18,3mts) y sus extremos se encuentran protegidos por robustos guardacabos, siendo su utilidad, como su nombre lo indica, evitar averías en el resto de la línea ante repentinas sobrecargas.
Muchas veces el cable fusible es reemplazado por un grillete de dicho porcentaje de resistencia para que cumpla dicha función de sacrificio.

Elástico

Este elemento está constituido por un cabo sintético de gran elasticidad. Su longitud es de aproximadamente 15 brazas(27,5 mts) y las gasas tienen resistentes guardacabos.
La función es la de absorber las tensiones repentinas principalmente cuando el remolque es corto debido a bajas profundidades o reducidos espejos de maniobra, por lo que la catenaria prácticamente no existe y por lo tanto es nulo su efecto amortiguador. Últimamente ha caído en desuso

Placa

A veces suele ser reemplazada por un grillete de dimensiones apropiadas, pero esto no es aconsejable debido a que puede desubicarse en un momento de falta de tensión v trabajar

incorrectamente.
En ella comienza él llamado pie de gallo o sea donde la línea de remolque se bifurca en las dos riendas. Consiste en un triángulo equilátero de acero forjado de 2" (50,8 mm) de espesor con tres

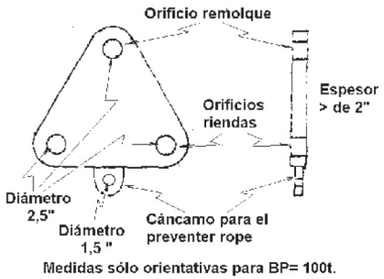


Fig.2 Placa para bifurcación de línea de remolque

orificios en proximidad de sus vértices de 2 5/16" (59 mm) de diámetro, en cada uno de ellos se instalará un grillete que enlazara los elementos antes mencionados. Lleva, además, un cáncamo o cuarto orificio (más pequeño) donde se instala el "*preventer rope*" que veremos mas adelante. Fig. 2

Cabe aclarar aquí que en embarcaciones que sólo navegan a remolque el sistema de pie de gallo varia sensiblemente

Riendas:

Aquí la línea de remolque dividida en dos, sale a buscar las amuradas del remolcado disminuyendo su resistencia al 75% del resto de la línea, razón esta que nos debe hacer evitar grandes esfuerzos a la línea cuando el remolcado no se encuentra siguiendo nuestro rumbo. Estos alambres, también con alma de acero tienen gasas con guardacabos y se los empalma al resto con grilletes.

Llegamos ahora a los puntos críticos de todo remolque a embarcación no tripulada.

Cadenas de sacrificio
Las mismas son sobredimensionadas con respecto al resto de la

línea con el fin de poder admitir sin debilitamiento desgastes por rozamientos. Tienen una longitud de 2 a 3 brazas (3,7 a 5,5 mts), todos sus eslabones poseen contrete, excepto los de los extremos que además son mas grandes para permitir la colocación de los grilletes. Deben de ser colocadas de forma tal que cuando las líneas se acomoden, luego de haberse tensado completamente los ojos de gubia queden en su parte media. Si el remolcado cuenta con tripulación se recomendará a su capitán la inspección, engrase periódico en las zonas de roce, sobre todo durante la navegación con mar de fondo o mal tiempo.

Retenidas
Son los extremos finales de la línea de remolque, su diámetro es igual al de las riendas, pero su alma es textil para conferir mayor elasticidad. Por medio de guardacabos y grillete va conectadas a las cadenas de sacrificio. Su longitud es variable, ya que depende de los puntos de anclaje.
Considerando un castillo normal, con cuatro o más bitas conviene tomar las siguientes precauciones:

- Se deben elegir bitas o puntos de anclaje que se encuentren lo más alineados posible.
- No conviene dar mas de 2 o 3 vueltas a la primera bita con el fin de que el alambre pueda patinar sobre la misma y de esta forma repartir la carga con la que le sigue, y siempre dichas vueltas deben pasar por debajo de las pestañas de seguridad. En caso de que la fijación termine en la segunda bita, o si no en la que termine, se le deberán dar el máximo de vueltas, colocando en las superiores una llave (2 a 4 mordazas) afirmando alambres que trabajen en distintas direcciones. Conviene engrasar periódicamente las vueltas bajas de la bita de proa.
- Cuando se efectúa el remolque de viejos buques conviene una inspección minuciosa del estado de las bitas, de los ojos de gubia, ya que sucesivas capas de pintura pueden haber disimulado importantes corrosiones en sus anclajes. Muchas veces, en tales casos conviene seguir con las retenidas hacia popa luego de haber dado pocas vueltas en cada bita, hasta abrazar una escotilla de carga, palo, base de guinche, etc.

Virador de la placa del pie de gallo: (*preventer rope*).
Uno de los problemas que surgen al tener que desentalingar la línea de remolque es la puesta de todo el sistema de pie de gallo sobre el castillo del remolcado. Por ser el peso y el volumen de todo el aparejo considerable no puede pensarse en virar una de las pernadas hasta hacer pasar la placa por el ojo de gubia ya que resultaría impracticable. Para dicha tarea se coloca entonces un cabo de resistencia adecuada que permita por sobre la borda el virado de la placa. Dicho cabo va al cuarto orificio de la misma y se debe medir cuidadosamente su longitud en forma tal que no sea muy corta para impedir el rabeo que pueda tener la placa y por lo tanto cortarse o tan larga que motive su enganche en anclas y saliente o tomar vueltas en una pernada. No debe olvidarse que la buena instalación de dicho elemento puede ahorrar muchos disgustos en un cambio de línea por rotura de algún elemento y además facilitará enormemente las tareas de largar remolque para entregar el mismo a los remolcadores portuarios que finalizaran el trabajo. Dicha tarea se efectúa generalmente en aguas abiertas y desprotegidas por lo que no se podrá poner la popa del remolcador bajo la proa del remolcado y subir entonces la placa sobre la cubierta de trabajo del remolcador que hubiera sido lo más sencillo.

Remolque de respeto
Como exigencia de todas las compañías aseguradoras y como norma de toda buena práctica marinera es indispensable la instalación de un remolque de respeto cuando la embarcación no está tripulada. La función de este elemento es la de poder dominar provi-

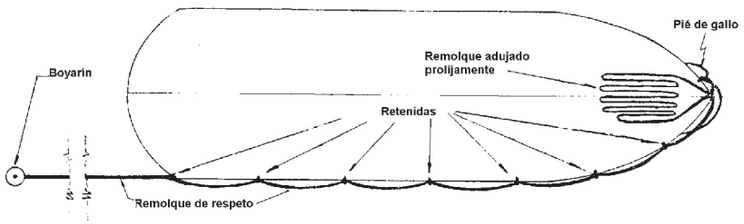


Fig.3 Remolque de respeto

soriamente a la embarcación luego de una rotura del remolque principal hasta tanto haya sido reparada o sustituída la línea. Fig. 3
Como puede observarse en la figura, el dispositivo está armado para poder ser tomado por el remolcador durante un mal tiempo en el que resulta imposible acoderarse al remolcado. Por ello es sumamente importante prestar suma atención al sistema de arraigue que afirme al boyarín y que este último sea de forma esférica o doble cono con giratorio para evitar que tome vueltas con el andar del buque (los que más se adaptan a esta función son los inflables tipo gota).
Una gran capacidad de flotación facilitará junto con un color bien visible a la luz de un reflector en un mar borrascoso la recuperación del virador. Las retenidas deberán tener una resistencia tal que solo se rompan ante una tensión excesiva, no debiendo cortarse sólo con los golpes de mar contra los costados y, por último, un buen aduje a la holandesa facilitará la limpia salida de la totalidad de la línea.

Corte del cable de remolque
Esta es la última cosa que debe pensar hacer el Capitán de un remolcador y solo si es que peligra la seguridad de su buque. En la caseta donde se encuentra el carretel con el cable de remolque siempre debe haber un equipo de corte oxiacetilénico listo para ser usado, que no deberá ser utilizado para ninguna otra función.
Es muy conveniente tener amarrado al soplete un bastón que permita sujetarlo desde una distancia prudencial en la fase final del corte.
Algunos modernos remolcadores poseen sobre las guías del bobinador un cortador hidráulico accionado desde el puente o la caseta de remolque.

Embarcaciones que navegan siempre a remolque

En estos casos, el sistema varia sensiblemente a partir de la placa y hacia el remolcado.
Las pernadas son totalmente de cadena y su unión al casco se realiza a través de un cáncamo reforzado sobre cubiertas (*tow pad)*.

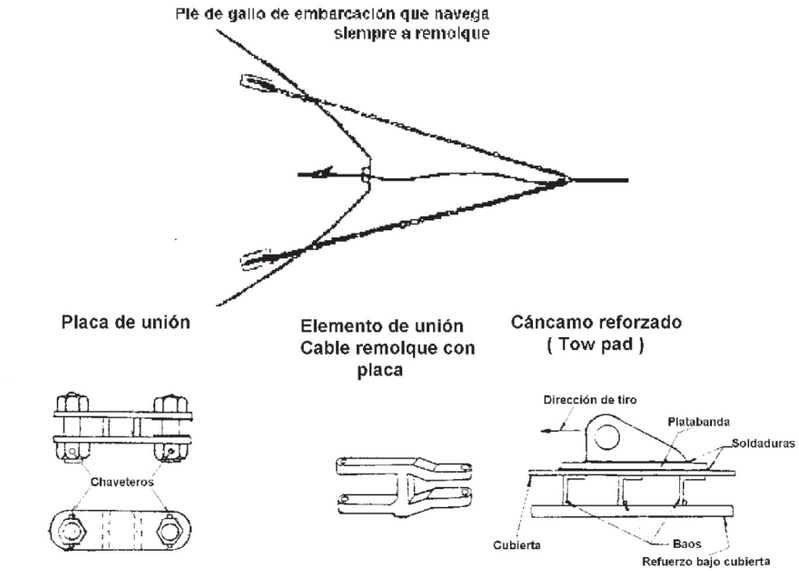


Fig.4 Aparejo para embarcaciones que navegan siempre a remolque

Los grilletes suelen ser reemplazados por placas de unión como muestra la figura siguiente.
Obsérvese que cada perno posee su chavetero de seguridad. Fig. 4

Elementos de maniobra en el remolcador

Bitas de remolque o bitas "H":
Son robustos elementos moldeados o forjados afirmados a gruesas chapas de cubierta y solidarios a la trama estructural del buque. Se encuentran ubicadas inmediatamente detrás del carretel de remolque con el fin de evitarle esfuerzos laterales al mismo cuando los rumbos del remolcador y del remolcado no coinciden. Generalmente ubicadas lo más cerca posible del centro de giro para evitar restarle mucha movilidad al remolcador excepto en los *tugs-supplys* en donde se encuentra muy a proa para dejar libre la cubierta de carga. Son utilizables también para fijar el cable de remolque en caso de averías o trabajos que deban efectuarse en el carretel durante el remolque.

Bollards
También llamados bitas de amura o aleta. Están ubicados directamente sobre las bordas y están concebidos principalmente para los remolques acoderados en aguas tranquilas.

Ganchos disparadores en castillo o toldilla
Muchas veces en complicadas operaciones es necesario un segundo remolcador que mantenga la proa del que está realizando el trabajo principal. Para esto se cuenta con estos disparadores que facilitan las tareas de tomar y largar los cabos utilizados.

Arcos de remolque
Estos arcos están afirmados a las amuradas de babor y estribor sobre la cubierta de trabajo de popa. Permiten al personal trabajar en la misma con seguridad evitando además enganches del cable de remolque.
Es conveniente revestirlos en su parte superior con tablas de madera dura para minimizar los desgastes del cable por fricción.
Muchos remolcadores tienen además un rolo en la amura del espejo para disminuir los desgastes producidos al largar o cobrar remolque.

Topes *Norman*
También llamadas telescópicos. Estos topes están constituidos por gruesas barras de hierro que corren por dentro de un caño fijado verticalmente a las amuradas de popa pudiéndose levantar hasta que sobresalgan de la regala e impedir de esta forma que el alambre de remolque corra de una banda a la otra al desubicarse el remolcador en operaciones de largar o recoger los primeros metros del remolque, o también para obligar que el alambre trabaje sobre el rolo antes mencionado.

Bitas hidráulicas
Muchos remolcadores y *supplys* modernos han reemplazado dichos topes por dos robustas bitas hidráulicas con sus superficies de fricción giratorias, que se guardan embutidas totalmente bajo cubierta elevándose en el momento de ser necesitadas mediante un mecanismo que se pone en marcha desde el sitio de control del guinche de remolque. Cumplen exactamente las mismas funciones que los topes Norman.

Pelícanos

Son robustas piezas embutibles también hidráulicamente bajo cubierta, que se encuentran un poco a proa de las bitas hidráulicas y alineados con cada una de ellas de forma tal que, posicionando el remolcador en forma tal que el cable de remolque se apoye sobre una de las bitas hidráulicas, la dirección del mismo hacia el carretel de remolque pasará justo por encima de uno de ellos. Si en esa posición se lo eleva abrazará al cable de forma que el mismo no podrá zafar, pero le permitirá deslizarse hasta que sobre ella haga tope el cono de una gasa maquinada, la cual quedará firmemente afirmada, permitiendo el rápido y seguro trabajo del personal en tareas de conexión y / o desconexión

Hemos visto hasta aquí el esquema convencional de aparejo de remolque de un solo buque, preparado en puerto o lugar seguro, con buen tiempo y sin mayores apuros. Desgraciadamente no siempre las condiciones expuestas son las que reinan cuando uno debe operar un remolcador oceánico, sobre todo en operaciones de asistencia y salvamento, por ello es primordial inculcar al personal la necesidad de tener los equipos ordenados, lubricados, revisados y listos para ser usados en la cubierta de trabajo, no permitiendo que a los mismos se le dé otro uso que el especifico. Es muy conveniente codificar los elementos mediante colores, con la clave del mismo a la vista, que permita la rápida individualización de la resistencia, largo o diámetro de cada uno de ellos

Teoría del remolque de alta mar

Los principios teóricos en que se basa el remolque en alta mar son sencillos.

Un buque, al que se denominará remolcador, arrastra por su popa, mediante un cabo o cable de remolque a otro buque, el remolcado; una vez alcanzada la velocidad de marcha, el buque remolcado ofrece una resistencia al movimiento de avance que debe ser contrarrestada por la potencia suministrada por el remolcador.

Factores que producen resistencia a la marcha del buque remolcado:

- Resistencia hidrodinámica del casco del remolcado por fricción, remolinos y olas transversales.
- Resistencia de la hélice del remolcado, cuyo efecto es mucho mayor si el portahélice va frenado.
- Golpes de mar sobre el casco, en especial las amuras.
- Efectos del viento sobre la obra muerta.

En circunstancias de viento y mar estables el conjunto remolcador / remolcado alcanzaran una posición de equilibrio que será mantenida mientras no varíe ninguno de los elementos intervinientes.

Por ejemplo, con viento del través posiblemente el convoy adopte una posición como la que muestra la Fig.5

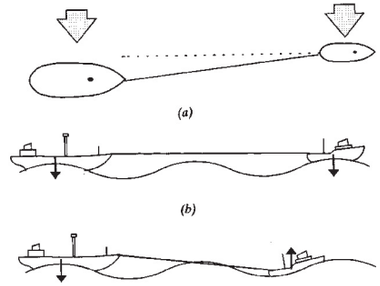


Fig.5 Resistencia a la marcha del remolcado

Con referencia al plano vertical para lograr posiciones estables es imprescindible que el conjunto adopte una longitud de remolque que sea múltiplo exacto de la longitud de la ola en el sentido de avance del convoy ya que de esa forma remolcador y remolcado se encuentran ocupando posiciones similares en iguales instantes, no sufriendo el cable de remolque peligrosos estrechonazos.

Cálculo de la velocidad y tensión del remolque

En ausencia de elementos exteriores, como viento y/o mar, la resistencia que ofrece el remolcado es la denominada resistencia total **(Rt)** Fig. 6, que depende sobre todo de la velocidad (**Vb)** y

del área de la superficie mojada (**S**) relacionadas mediante la fórmula

$$Rt = \frac{Ct \times d \times Vb^2 \times S}{2}$$

Siendo

Ct : Coeficiente de resistencia total
d : Densidad del agua
Vb : Velocidad del buque
S : Superficie de la carena mojada

El coeficiente de resistencia total **Ct** se obtiene de manera experimental en los ensayos de arrastre de modelos en los canales de experiencias hidrodinámicas para distintas velocidades, aumentando su valor con la velocidad desarrollada y alcanzando el máximo para velocidades próximas a la crítica (**L = 2e**).



Fig.6 Cálculo de la velocidad y tensión del remolque

El dato del área de la superficie mojada (**S**) se puede obtener de las curvas cruzadas.
La resistencia total (**Rt**) será la fuerza que soporta el cabo o cable de remolque, por lo cual es imprescindible conocerla antes de iniciar la operación para determinar si la velocidad prevista no superará la carga de rotura del cable.
Se debe tener presente que el valor de **Rt** obtenido corresponde a hélice ó hélices desmontadas.
Si, como es habitual, el propulsor está instalado dicha resistencia no aumentará en exceso si se la deja girar libremente. Sin embargo cuando la hélice ó hélices están trincadas la resistencia a la marcha llega a duplicarse en buques de una sola hélice ó a multiplicarse por 2,5 cuando es un bihélice.

Una fórmula práctica de calcular esfuerzos y potencias en los remolques es por medio de la formula de potencias efectivas (**Pef**) ó potencia necesaria para vencer la resistencia total (**Rt**) la que para los efectos prácticos puede tomarse como la mitad de la potencia al freno (**BHP**).

$$Pef\,(Cv) = \frac{1}{146} \times Rt(kg) \times V\,(Ns)$$

Ejemplo:
Se debe realizar un remolque entre dos buques de similar tonelaje y potencia. Fig. 7

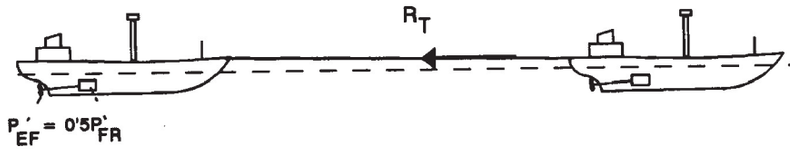


Fig.7 Croquis para ejemplo de cálculo

Las potencias al freno para 5 y 10 nudos en estos buques son de 2.000 y 8.000 Cv respectivamente.
Si se aplica un factor de conversión de 0,5 las potencias efectivas serán de 1.000 y 4.000 Cv respectivamente.

El siguiente paso será obtener la resistencia que ofrece el remolcado a la tracción para las dos velocidades.
Despejando el valor **Rt** para cada conjunto **Pef** y **V** se obtienen estos resultados:

Para 5 nudos $Rt = 1000 \times {}^{146}\!/_{5} = 29.200kg$

Para 10 nudos $Rt = 4000 \times {}^{146}\!/_{10} = 58.400kg.$

Esto servirá para determinar si el cable utilizado es el realmente adecuado, debiendo tener en cuenta que estos valores son absolutamente teóricos.
En cuanto al remolcador, la potencia efectiva (***Pef***), mitad de la

potencia nominal ***Pn*** desarrollada por su máquina, debe atender a alcanzar la velocidad propia y el arrastre del remolcado.
En concreto, las potencias necesarias son:
Para 5 nudos:

$$Pef = 1000 + 1000 = 2000\ Cv$$

$$Pfr = 2000 \times 2 = 4000\ Cv$$

$$Rt(kg) = \frac{1000 \times 146}{5} = 29.200\ kg$$

Y para 10 nudos

$$Pef = 4000 + 4000 = 8000Cv$$

$$Rt\ (Kg) = \frac{4000 \times 146}{10} = 58.400k$$

$$Pfr = 8000 \times 2 = 16000Cv$$

Es decir, al duplicar la velocidad del remolque, la potencia que debe desarrollar el remolcador se multiplica por cuatro.
En el caso de que la hélice del remolcado esté afirmada, siendo solo una hélice, la resistencia a la tracción se duplica; aun a velocidad de 10 Ns., el valor de $Rt = 58.400kg \times 2 = 116.800kg.$ puede producir una tensión excesiva del cable.
La potencia efectiva (Pef) a su vez se duplica, con lo que es posible que el remolcador no sea capaz de alcanzar esta velocidad
En la práctica se deberá sumar los efectos producidos por el viento y el mar imperantes más los golpes de mar y rachas de viento ocasionales que actúen sobre el remolcado que pueden provocar estrechonazos que el cable de remolque debe estar en condiciones de absorber.
De ahí se desprende la segunda lección consistente en que el elemento de remolque debe de estar en condiciones de absorber intensas y variables tensiones longitudinales.
Existen **tres sistemas básicos de remolque** que se diferencian en

la manera de solucionar el problema de la absorción de los estrechonazos.
Estos métodos son:

- **Cable de acero.**
- **Cabo sintético.**
- **Guinche de tensión variable.**

Una característica común a los tres métodos es que, cuanto mayor sea la longitud del remolque, mejor será la absorción de los estrechonazos ya que aunque la elasticidad del cable o cabo sean mínimas, si es muy largo se reparten en forma pareja en toda su extensión, a lo que se agrega la catenaria por el peso del cable
La mayoría de los buques cuentan con instalaciones y elementos de remolque, entre ellos se destaca un grueso cable que, estibado en un carretel a proa, se dedica solo para tal fin.

Remolque con cable de acero:

Tradicionalmente, debido a la superior resistencia respecto a los cabos, es el cable de acero el que se utiliza como elemento de tracción en las operaciones de remolque de mar.
Sus principales desventajas, sin embargo son:

- Las dificultades que presenta su manejo.
- Su falta de elasticidad.

Este último es el más grave de los problemas que puede llevar fácilmente a la rotura del mismo y la forma de minimizar dicho riesgo es provocándole una gran catenaria capaz de absorber los cambios bruscos de tensión.
Dicha catenaria se puede lograr por el propio peso **P** del tramo de cable colgado entre ambos buques ó mediante uno o dos grilletes de cadena añadidos al mismo a partir de la proa del remolcado, en cuyo chicote se empalma el alambre de remolque.
Fig. 8. Como es de suponer, cuando la tensión sobre el cable disminuye, la flecha de la catenaria aumenta (curva punteada 2).
Esta particularidad debe ser muy tenida en cuenta cuando se navega en aguas someras, ya que entonces el seno puede ir rozando el fondo deteriorándose o incluso enrocarse cortándose.
Si por el contrario la tracción aumenta la catenaria se hará menos

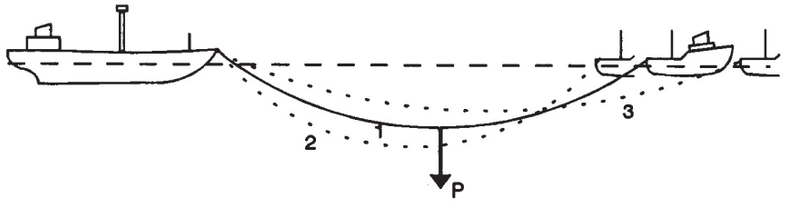


Fig.8 Remolque con cable de acero

pronunciada perdiendo poder de absorción de estrechonazos. (línea punteada 3)
Como regla general se debe de evitar que la misma quede casi horizontal (fuera del agua)
Por todo ello se deberá tener presente que para cada régimen de velocidad es preciso regular la longitud del cable y/o ramal de cadena (en caso de estar utilizando ésta).
Como es de suponer una mayor velocidad exige una mayor potencia y por lo tanto aumentará la tensión sobre el cable de remolque por lo que será necesario darle mayor longitud con el fin de que la catenaria no se rectifique.

Remolque con cabo sintético:

Con la aparición de las fibras sintéticas de poco peso, gran mena y de bastante fácil manejo se las ha comenzado a utilizar en algunos remolques de mar. Su elevado coeficiente de elasticidad que alcanza a valores de hasta un 50% en los nylon y poliamidas sin deformación permanente, no es necesario la provocación de la catenaria, ya que el propio cabo se elonga y encoge absorbiendo las diferentes tensiones
De hecho, en este caso, es conveniente llevar el cabo por encima de la superficie del agua ya que con ello se reduce el rozamiento del mismo con el líquido Fig. 9



Fig.9 Remolque con cabo sintético

Hay un método práctico de conocer el grado de estiramiento de

la estacha con el fin de evitar sobrecargas que pueden provocar su rotura. Consiste en amarrar un cabo de mucha menor mena tal

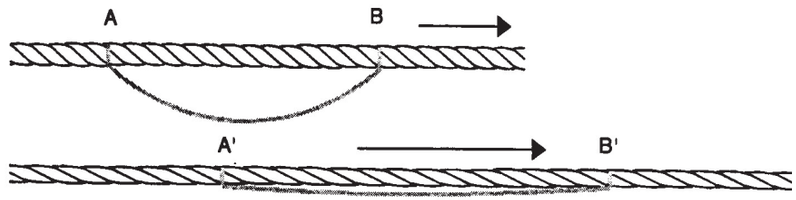


Fig.10 Método práctico para determinar el grado de estiramiento de una cabo para evitar sobrecargas

como lo muestra la Fig.10. La longitud del mismo estará acorde con el coeficiente de estiramiento de la estacha de remolque. Por ejemplo, si dicho coeficiente es de 50% se sujetaran las extremos del cabo testigo a un metro de distancia con una longitud de 1,4 metros con el fin de que cuando se vea teso indique estar próximo (un 10% por debajo) a alcanzar el valor máximo.

***Bollard Pull* (o capacidad de tiro a punto fijo)**

Es la cantidad de toneladas que "tira" (tracciona) un remolcador cuya línea de remolque está hecha firme a una bita del puerto o lugar de la prueba, y que es medida por un dinamómetro.
Las Sociedades de Clasificación tienen normas, muy parecidas entre sí, sobre cómo conducir estas.

Pruebas de Tiro.

El *bollard pull* de un remolcador es uno de los indicios de su capacidad de tracción o tiro, y que permite una correcta asignación de remolcadores a cada tamaño de buque a ser remolcado. Fig. 11

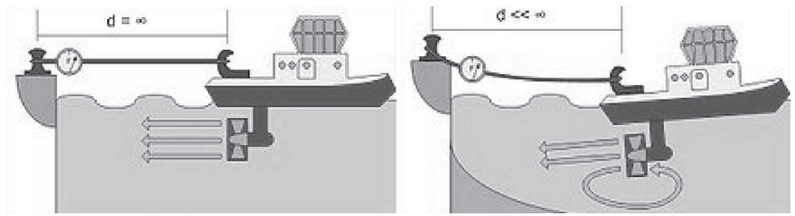


Fig.11 Pruebas de tiro Bollard pull

Condiciones de área de la prueba

- La profundidad del lugar no podrá ser menos de 20mts, en un radio de 100mts del buque.
- Si no fuera posible conseguir una profundidad de 20mts, el lugar que se seleccionará deberá tener una profundidad de al menos 2 veces el calado del buque. En todo caso, el Armador o representante de la embarcación deberá ser advertido que esta profundidad reducida podría producir resultados adversos.
- El área seleccionada deberá estar libre de peligros para la navegación y obstrucciones submarinas en un radio de 300mts del buque.
- La corriente de marea no podrá exceder de 0,5mt/seg. en cualquier dirección.
- Las condiciones de mar deben ser en calma, no se aceptará ninguna otra condición de mar.
- Las condiciones de calados y asiento del buque deberán ser lo más cercano a sus condiciones normales de operación.
- Las condiciones de propulsión y combustibles utilizados en las pruebas deberán ser lo más cercano a sus condiciones normales de operación.

La prueba

- La distancia entre la popa de la embarcación y el muelle donde se efectuará la prueba no podrá ser menor de 300mts.
- Si no es posible mantener la distancia de 300mts entre la popa de la embarcación y el muelle, una distancia mínima aceptable será de 2 veces la eslora de flotación de la embarcación. En todo caso el armador o representante del barco deberá ser advertido que esta distancia reducida podría afectar los resultados de la prueba.
- Se establecerá un sistema de comunicaciones entre el buque y la persona o personas que supervisen el dispositivo para medir la fuerza y el instrumento de registro en tierra, mediante una conexión de ondas métricas o telefónicas que funcione durante la prueba.
- La cifra que se certifique como tracción estática continúa del

buque, será la fuerza de remolque que se haya registrado sin ninguna tendencia a disminuir, durante un período no inferior a 10 minutos desde que el barco se encuentre en posición de tiro.
- El instrumento para medir el bollard-pull (dinamómetro), deberá tener un certificado de calibración cuya fecha de emisión no exceda de 6 meses a la fecha en que se efectuará la prueba. La precisión del dinamómetro (con una capacidad de tensión entre 25 y 200 toneladas métricas), podrá fluctuar en un rango máximo de un +/- 2%, con una oscilación del promedio de la temperatura observada durante la prueba, entre -10ºC y + 40 ºC.
- Al dispositivo para medir la fuerza se le conectará un instrumento que proporcione una lectura continua y otro que registre gráficamente la tracción estática en función del tiempo.
- Si no fuera posible contar con un instrumento inscripto, se deberá registrar el máximo *bollard-pull* continuo cada medio minuto, durante al menos 10 minutos. El *bollard-pull* continuo, se obtendrá del valor promedio de las lecturas parciales registradas

El dinamómetro debe ser colocado entre el noray (bolardo del muelle) y el cable de remolque en tierra. Cuando esto no fuera posible, el dinamómetro podrá ser colocado entre el cable del remolque y el gancho del remolque a bordo de la embarcación. Pero preferentemente en tierra cerca del noray o bolardo.

APÉNDICE

Balsas salvavidas auto inflables

Las balsas salvavidas autoinflables presentan una serie de misterios para la mayoría de los navegantes
Se tratará de explicar algunos aspectos de las mismas con el fin de familiarizarse con ese elemento que se lleva a bordo sin saber siempre los rudimentos de su funcionamiento.
El hombre ha considerado desde siempre la actividad marítima, y con justa razón, como riesgosa.
No obstante ello el desarrollo de la industria naval, así como el de una legislación eficaz, han hecho que los márgenes de seguridad aumenten año tras año.
Sin duda el mayor riesgo es el del naufragio lejos de la costa, y para enfrentarlo el buque cuenta con diversos medios salvavidas.
Los botes salvavidas son considerados en cualquier buque mercante como el medio primario de salvamento, pero cuando la cantidad de personas aumenta, como en un buque de pasaje o en el espacio reducido, como en remolcadores, supplys, pesqueros y embarcaciones de placer, es necesario recurrir a las balsas salvavidas autoinflables.
Estas están estibadas en valijas o contenedores de fibra de vidrio y son equipos de gran confiabilidad, ocupan un espacio reducido y son sencillos de poner a flote.
Frente al ya antiguo bote salvavidas abierto, ofrece al náufrago no solo un medio de mantenerse a flote sino también de protección adicional contra el sol, el frío y el mal tiempo, dentro de un tamaño fácilmente operable hasta por un hombre.
Su diseño, construcción y equipamiento se halla establecido por la ¨Convención Internacional sobre la seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS – *Safety of life at sea*)¨, órgano de la Organización Marítima Internacional (O.M.I.) dependiente de las Naciones Unidas.
Las balsas salvavidas se hallan equipadas con un paquete de emergencia cuyo contenido depende del tipo de navegación que

efectúa el buque que las porta y de las exigencias de cada país.
En líneas generales en ellas se encontrarán raciones de agua y comida, bengalas, elementos de primeros auxilios, linterna, cuchillo, un kit de reparaciones, etc.

Diseño y fabricación:

De acuerdo al SOLAS las balsas deberán satisfacer una importante cantidad de requisitos.
Los más importantes son:

- Resistir como mínimo 30 días a la intemperie y a flote.
- Poder ser lanzadas desde una altura de hasta 18 m.
- Poder ser remolcadas con seguridad.
- Poseer una capota que proteja a sus ocupantes de las inclemencias del tiempo.
- Poseer un dispositivo que permita recolectar agua de lluvia.
- Tener al menos dos tubos de flotación independientes entre sí, y que cada uno de ellos sea capaz de mantener la balsa a flote con la totalidad de su dotación.

De todas maneras la mayoría de las balsas salvavidas se hallan divididas en más compartimentos inflables estancos, como por ejemplo:

- Tubo de flotación superior.
- Tubo de flotación inferior.
- Tubos de arcos de capota.
- Piso inflable.
- Rampa de abordaje.

A pesar de que todos los modelos cumplen con los requisitos estipulados por el SOLAS, existen grandes diferencia entre los productos de distintos fabricantes, por lo tanto, en el caso de intervenir en la elección de un equipo los aspectos fundamentales a evaluar son los siguientes:

Entradas:
Las mismas deben de ser lo suficientemente amplias como para permitirle al tripulante que pueda saltar sobre el piso de la balsa,

si la altura así lo permite, ahorrando de esa manera tiempo y mojaduras que pueden ser muy importantes en zonas extremadamente frías.
Deberán también permitir la evacuación de camillas con personas inconscientes o accidentadas desde helicópteros.
No obstante todo ello, el cierre de las aberturas debe garantizar la estanqueidad del interior durante un mal tiempo.
Es conveniente procurar balsas con aberturas importantes y un buen diseño del cierre de la misma

Materiales:

La estanqueidad al aire de las telas con que se construyen las balsas es proporcionada por los recubrimientos, ya que las mallas en sí no retienen el aire.
Hay telas vinílicas y de poliuretano recubiertas solo en su lado exterior, por lo que al rasparse pueden presentar una fuga de aire.
Por lo tanto es importante que la tela esté recubierta tanto en forma exterior como interior
Cobertura de goma en la zona de acople de la manguera de inflado:
Al producirse la inyección del anhídrido carbónico que inflará la balsa, se produce un importante descenso de la temperatura en el área cercana a los puntos de inyección, pudiendo llegar a –70ºC.
La goma natural es el elemento apropiado para construir dichos puntos de inyección ya que resiste tan bajas temperaturas sin deteriorarse

Cerciorarse de que sea dicho elemento el constitutivo de los puntos de inflado

Aislación térmica:

Las balsas salvavidas de uso en los buques mercantes en su gran mayoría se hallan equipadas con un piso inflable que aísla a los ocupantes de las bajas temperaturas del agua de mar.
Esto es especialmente importante cuando el buque que las porta debe navegar por zonas frías.

Cerciorarse que la balsa esté equipada con estos elementos.

Instalación a bordo:

Las balsas están adujadas en contenedor de fibra.
Una vez instalada sobre su calzo deberá conectarse el chicote de la boza a un punto fijo y resistente del buque.
La balsa debe estar trincada a su calzo mediante lo que se conoce como un ¨enlace débil¨
Este enlace debe de ser lo suficientemente resistente como para evitar que la balsa se zafe con un temporal pero que se libere en caso de hundimiento del buque sin que la misma haya sido liberada.
El dispositivo utilizado es una traba hidrostática que libera la balsa, (que por sí sola tiene flotación positiva aún adujada dentro de su contenedor), cuando el buque, hundiéndose, alcanza determinada profundidad, (unos 4 m.) permitiendo que la balsa se libere por sí sola y ascienda a la superficie tensando la boza y disparando de esa forma el tubo de anhídrido carbónico comprimido que la inflará.

En caso de balsas grandes que sean difíciles de manipular por un par de hombres, lo conveniente es colocarlas en sitios que permitan que sean arrojadas al agua por gravedad o con un mínimo esfuerzo.
Si deberá ser el responsable de su ubicación durante una construcción o modificación, tratará de ubicarse mentalmente en una situación de naufragio en las peores condiciones posibles y verificará que aún así un par de tripulantes podrá arrojarla sin mayores inconvenientes.

Verificará siempre que a bordo todas las balsas estén correctamente colocadas constatando periódicamente que tanto las fajas que la trincan a su cama estén hechas firme al cáncamo de la válvula hidrostática mientras que el chicote de la boza lo esté a un punto resistente del buque.

Arrojando la balsa al agua:

Un viejo proverbio marinero debe ser tenido siempre presente:
NUNCA ABANDONAR EL BARCO... A MENOS QUE EL BARCO LO ABANDONE A UNO.
Como en cualquier otra situación límite siempre lo más importante es estar previamente familiarizado con los elementos de emergencia para poder utilizarlos en forma automatizada y a ciegas si fuera necesario.

- Arroje el contenedor al agua y tire de la boza hasta sacarla completamente.
- Una vez realizado este paso efectúe un enérgico tirón de la misma a efectos de accionar el disparador que abrirá el tubo de $CO_{2.}$. La balsa se inflará entonces automáticamente. Se deberá tener suma precaución de que la balsa no quede boyando sin gobierno al costado del buque durante un temporal. Rebabas, salientes, incrustaciones o cualquier otro elemento punzante o cortante puede dañarla total o parcialmente llegando a inutilizarla. Se ha dado el caso que descargas de refrigeración las han inundado por quedar su entrada enfrentada a las mismas. Apenas arrojada al agua, en las condiciones antes mencionadas, uno o más tripulantes la deberán abordar para mantenerla bajo control y alejada de cualquier peligro hasta que todos los náufragos puedan ocuparla.
- Una vez que toda la tripulación haya embarcado corte la boza con el cuchillo de emergencia que se encuentra próximo a la entrada.
- Aléjese del buque que se hunde utilizando los remos. Recuerde que el motivo de esto es alejarse para evitar ser golpeado por los elementos flotantes que puedan desprenderse del buque que se hunde.
- Apenas se haya alejado de la zona del hundimiento arroje el ancla de capa. Le dará mayor estabilidad a la balsa, facilitará que la alcancen náufragos que puedan estar en el agua y evitará derivar grandes distancias del sitio del naufragio, dificultando la búsqueda.
- Busque náufragos que puedan estar flotando en el agua. Res-

cátelos utilizando el aro de goma con cabo que contiene su equipo de emergencia
- En caso de que haya más de una balsa en el agua amárrelas entre sí para evitar que se dispersen. Además facilitará compartir elementos de supervivencia y repartir proporcionalmente las tripulaciones.
- Atienda los heridos utilizando el botiquín de primeros auxilios ubicado dentro del paquete de emergencia.
- Seguramente notará que las válvulas de seguridad dejan escapar algo de gas. No debe preocuparse por ello, están liberando el exceso de gas inyectado durante el llenado.
- Achique el agua que pueda haber embarcado mediante la achicadera y el balde y luego seque el piso lo más posible mediante la esponja.
- Infle luego el piso o coloque sobre él mantas para aumentar la aislación térmica.
- En caso de que haya fuga de gas utilice para estancar las pérdidas el kit de emergencia que le permitirá aplicar pequeños parches.
- Utilice las píldoras antimareo sin esperar que se presenten los primeros síntomas. Recuerde que el vómito es contagioso y es una de las principales causas de deshidratación.
- Organice tareas para todos los ocupantes con el fin de mantenerlos ocupados y activos. Una tarea sumamente importante es la de vigía. Asegúrese de que haya un hombre permanentemente asignando a ella en turnos cortos, para evitar la fatiga.
- Haga un inventario de los elementos de supervivencia y asigne cuotas diarias de agua y provisiones. Recuerde que no es conveniente ingerir agua durante las primeras 24 horas ya que la eliminará como orina
- Se deberá tener presente que el peor enemigo será el frío y la hipotermia.

Nota de los autores: *Aquí vale la pena analizar los estudios realizados a raíz del hundimiento del crucero ¨Gral. Belgrano¨ durante la guerra de Malvinas. Como se recordará el naufragio ocurrió en aguas australes en la latitud de la Isla de los Estados y durante un mal tiempo.*

El rescate de los náufragos se inició luego de pasadas las 24 horas del naufragio y culminó a las 36 horas.
Las balsas que menos náufragos tenían fueron las que más víctimas por hipotermia acusaron. Hubo algunas que estaban solamente tripuladas por tres personas.
En dicho caso todas murieron por efecto del frío. Solamente no sufrieron dicho efecto las balsas que tenía su tripulación completa o casi completa.

Recuerde las siguientes acciones que podrán salvar su vida en caso de naufragio:
- En zonas frías lleve la mayor cantidad de abrigo posible (inclusive mantas) Es preferible llevar ropa mojada a no llevar ninguna.
- Sobre todo en zonas tropicales lleve la mayor cantidad posible de agua potable. Recuerde que una persona puede sobrevivir unos 30 días sin alimentos pero difícilmente sobrevivirá 10 días sin agua.
- Embarque consigo todos los elementos de pirotecnia que haya a bordo.
- No olvide llevar el equipo de radio de emergencia.
- Lleve consigo la baliza EPIRB

Inspección de las balsas:

Las normas internacionales exigen que las balsas sean inspeccionadas anualmente por un taller autorizado por el fabricante.
Durante la inspección la balsa debe de ser sometida a diversos ensayos a la vez que se le deberá renovar el contenido de los paquetes de emergencia.
En función a la antigüedad del equipo las balsas deberán ser sometidas a pruebas de sobrepresión para verificar resistencia de costuras y eventuales pérdidas. Se deberá controlar además el estado del botellón de CO_2, su peso, su cabeza de disparo y de ser necesario se lo deberá someter a una prueba hidráulica.
Es importante tener en cuenta que si la balsa se ha humedecido por haber ingresado agua al interior del contenedor, y no es abierta y secado a tiempo, la formación de hongos estropeará la tela.

Sobre el contenedor deberá estar impresa la fecha de inspección y cada balsa además deberá de estar acompañada por su respectivo certificado que deberá permanecer a bordo preparadas para ser estibadas sobre cubierta en camas especiales que suelen ser provistas como parte del equipo.
Es aconsejable ubicarlas en un sector despejado que permita su fácil manipuleo y sencillo arrojado al mar, aún en condiciones de escora contraria pronunciada.

Maniobra del buque en caso de incendio

El incendio a bordo es una de las situaciones de riesgo que posiblemente requieran más sangre fría en el personal de conducción de un buque.
Generalmente de las acertadas decisiones que se adopten se puede o no salvar el buque.
Vale la pena, para fijar el concepto de sangre fría, relatar un incidente que ocurrió hace muchos años en un buque petrolero que se encontraba cargando en el Golfo de San Jorge.
No se darán nombres ni fechas para no involucrar a nadie ya que solo lo que interesa es el hecho en sí para sacar valiosas conclusiones sin juzgar a profesional alguno.
Se había cometido el error de dejar un tubo de sonda de un tanque que se encontraba en carga sin el correspondiente arresta llamas.
Por causas que se desconocen, se inflamaron los gases de hidrocarburos que soplaban por el mismo produciendo un efecto similar a un soplete con una llama de varios metros de altura.
La misma presión que existía dentro del tanque impedía que la llama ingresara dentro del mismo.
Pasaron interminables segundos y quizás minutos, no está bien establecido, en que se vivieron distintas actitudes: unos comenzaron a arriar los botes para abandonar el buque, otros traían extintores o armaban líneas de manguera.
Afortunadamente a nadie se le ocurrió parar la carga, ya que ello hubiera permitido el ingreso de la combustión dentro del tanque, con la consiguiente explosión.
De pronto un tripulante, acercándose con mucha precaución le colocó la tapa al tubo de sonda... y el incendio se extinguió instantáneamente.
Alguno o algunos pensaron y actuaron con sangre fría salvando el buque.
Véase a continuación aspectos que a pesar de no tener que ver con la maniobra hacen en su conjunto a la seguridad del buque
El medio que el marino dispone con mayor abundancia para la extinción de una combustión es el agua.
El agua puede salvar un buque pero también hundirlo. Se debe

tener siempre presente al utilizar agua en el interior de un buque que simultáneamente se deberá sacar la misma de alguna forma para evitar un incremento de peso a bordo que pueda comprometer la flotabilidad o la estabilidad.
Otro punto a tener muy en cuenta son los tres medios que permiten al fuego propagarse, conducción, radiación y convección. No se profundizará en cada uno de ellos debido a que son motivo de estudio en otra materia, pero es necesario tenerlos muy presentes en el momento de combatir el foco principal para evitar que se originen focos secundarios que hagan el incendio incontrolable.
Un detalle que costó también el hundimiento de varios buques fue la pérdida de estanqueidad que sufrieron sus cascos al estallar los vidrios de los ojos de buey de los compartimentos incendiados de cubiertas inferiores que con el incremento de calado producido por escora o aumento de calado debido al ingreso excesivo de agua para combatir el incendio, los ubicaron muy próximos o debajo del nivel del mar.
En muchas ocasiones se puede sofocar un incendio privándolo de oxígeno. Para ello, si la ocasión así lo permite, lo mejor es cerrar los accesos al compartimento siniestrado –procurando también bloquear los ojos de buey si los hubiere y previa certeza de que todo el personal ha abandonado el lugar - teniendo la precaución de inspeccionar y refrigerar los compartimentos aledaños en todo el entorno.

Referente a la maniobra se deberán considerar los siguientes puntos:
Ubicar al buque en forma tal que el viento relativo no ayude a la propagación del fuego, o sea poner la zona del incendio a sotavento con el fin de que las llamas se dirijan hacia fuera del buque.
Evitar dentro de lo posible los movimientos como rolidos y cabeceos bruscos que incrementaran el riesgo del personal dedicado a la extinción.
Si se está cerca de costa dirigirse hacia ella para el caso de tener que hacer abandono y flotar en zonas de menor profundidad para el caso que sea conveniente varar el buque. Para esta maniobra se hace necesario un delicado estudio de la zona a efecto de evitar comprometer aún más la situación del buque.

Maniobra con helicópteros

Tanto para rescate de enfermos u otras tareas, se está difundiendo cada vez más el uso del helicóptero como apoyo a los buques mercantes.
Las generalidades de estas maniobras se explican para la evacuación de una camilla con un enfermo desde un buque en navegación por parte de un helicóptero, de la cual puede deducirse el resto de operativos por analogía.
Los detalles más importantes de este operativo descripto proceden del MERSAR (Manual de Búsqueda y Rescate para Buques Mercantes, PNA, PFP Nº. 61) y otras publicaciones. Quienes pretendan ahondar en el tema específico deben recurrir al mismo.
Lo explicado en este tema no implica en absoluto se deje de lado el "Reglamento Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar".
Sólo se pretende aquí difundir el rudimento de la maniobra combinada, tan desconocida para el marino en cuanto al aspecto aéreo y sus posibilidades técnicas.
Un rescate organizado previamente con un "Centro de Coordinación de Rescate", (*ROC, Rescue Coordination Center*) será organizado por el mismo y el barco mercante se pondría en tal caso a órdenes del "Mando en el Trato de Operaciones" (*OSC, On Scene Commander*) dispuesto por aquél para lograr el éxito de la "Búsqueda y Rescate" (*SAR, Search and Rescue*), a fin de colaborar con acierto y no interferir en la tarea de conjunto organizada por especialistas en el tema.
Como un helicóptero en general tiene poca autonomía (unas 150 a 300 millas que se reducen con mal tiempo) los servicios internacionales de seguridad se organizan con avión y helicóptero en forma combinada para un operativo rescate.
Normalmente un avión concurre a la zona y luego lo hace el helicóptero.
Si el avión no puede establecer contacto por radio con el buque, le indica a éste que lo desea guiar a una zona de siniestro de la siguiente manera:

- Sobrevuela al barco rodeándolo en círculo por lo menos una vez.

- Le cruza la derrota por la proa a baja altura abriendo y cerrando el acelerador o variando el paso de la hélice o balancea sus alas.
- Continúa vuelo en dirección y sentido del siniestro, indicándole al buque el rumbo necesario.

Es posible que el buque no vea aún al helicóptero que bien podría llegar después.
Si la maniobra de rescate ha terminado, el avión sobrevuela como en a) y b) cortando la estela por la popa del buque.
Las comunicaciones del barco con avión/helicóptero se establece en 2182 KHz. y 156,8 MHz canal 16 VHF en radiotelefonía en banda lateral única "Single Side Band" o también en la doble banda lateral. (Algunos pueden tener radiotelefonía en 121,5 MHz 243 MHz). Excepcionalmente tienen 500 KHz radiotelegrafía.
Cuando se da por entendida una indicación, se puede contestar mediante el izado del gallardete característico del Código Internacional de Señales de día y la transmisión de la letra "T" (una raya) de noche.
A veces alcanza con el dedo pulgar hacia arriba para indicar que se dio por enterado.
Resulta muy útil para indicar la posición atrayendo la atención del helicóptero (o avión o barco), arrojar al agua en zona o usar desde el buque o bote:

- Balizas salvavidas, separadas o pares de ellas amarradas por cabos flotantes.
- Radiobalizas transceptores flotantes.
- Colorantes de agua o flotadores fumígenos o de llama.
- Bengalas con paracaídas para iluminación.
- Lámpara Aldis o heliógrafo (espejo.).
- Cualquiera o varias de las señales de peligro del Código Internacional de Señales Regla 31) a cargo del siniestrado buque o hidroavión) cuando necesita auxilio a saber:
  1. Disparo o señal detonante repetida a intervalos aproximadamente de un minuto.
  2. Un sonido continuo con cualquier aparato de niebla.
  3. Cohetes o granadas que despidan estrellas rojas, lanzadas a

cortos intervalos.

4. La consistente en el grupo (•••———•••) del Código Morse hecha por radiografía o por cualquier otro medio de señales.
5. La señal consistente en la palabra "MAYDAY" (MEDE) emitido por radiotelefonía.
6. La señal de peligro "NC" del C.I.S.
7. Una señal consistente en una bandera cuadra que tenga encima o debajo de ella una bola o un objeto análogo.
8. Llamaradas en el buque.
9. Un cohete con paracaídas provisto de iluminante, o luz de mano, que despida luz roja

Sonar

Un poco de historia

Un 19 de diciembre de 1946 murió Paul Langevin, el físico francés que inventó el SONAR, el sistema de localización por medio del eco.

Hoy son pocas las embarcaciones que carecen de alguna variedad de SONAR, pero su invención no nació de la paz sino de la guerra.

En setiembre de 1914 el submarino alemán "U-9", hundió tres acorazados británicos en poco menos de media hora y acabó con la vida de 1.200 hombres.

Desde ese momento la necesidad de detectar una amenaza submarina se volvió una obsesión para los aliados.

Ya en 1912, después del hundimiento del "Titanic", un científico había propuesto el uso de ondas ultrasónicas para la detección, mediante el eco, de objetos sumergidos. Pero su idea cayó en el olvido hasta que, ante la tragedia de la guerra, la resucitó el físico Paul Langevin.

Retomando investigaciones realizadas por Pierre Curie, que había demostrado cómo producir ondas ultrasónicas, realizó las primeras experiencias en 1916 en París.

En principio consiguió en el agua ondas ultrasónicas que se podían detectar en un radio de tres kilómetros y pronto sus instrumentos pudieron detectar un eco producido por una gran plancha de hierro a 160 km. de distancia.

Langevin se trasladó a Inglaterra y allí continuó sus trabajos para la armada. Fue el primero que utilizó una lámpara de cuarzo como receptor, acoplado a un amplificador de válvulas.

El proyecto llevaba el nombre clave de ASDIC (*Allied Submarine Detection Investigating Committee*) y fue uno de los secretos mejoro guardados de la guerra, pero recién pudo ponerse en práctica cuando el conflicto terminó.

Finalmente se hizo famoso según la denominación de SONAR (*Sound Navigation And Ranging)*.

A partir de la década del 50 el SONAR se aplicó también al estudio del fondo submarino y revolucionó la oceanografía.

Sistema de identificación automática AIS

Al igual que las aeronaves que desde hace más de treinta años son capaces de identificarse en la pantalla de los radares de control de aerovías y aproximación incorporando datos de velocidad y altitud o nivel de vuelo mediante un transponder instalado a bordo, la navegación marítima lo hace también en la actualidad vía VHF en el plano de la superficie, permitiendo además que una embarcación reciba la misma información de otras que se encuentran en el área.
El formato AIS puede también incorporar información de nivel de aguas, corrientes y gálibo (espacio libre vertical) referido a un puente antes de pasar por debajo del mismo e inclusive condiciones meteorológicas.
Una vez que el conjunto de datos es recibido por el barco el sistema de navegación lo utiliza para proveer la información operacional pertinente indicándola sobre la carta.
Los valores del viento y la corriente del momento a lo largo de la ruta de aproximación a puerto incluidos en el AIS, más allá de los que normalmente son provistos por la estación meteorológica local, por ser en tiempo real, ayudan a efectuar con exactitud y seguridad maniobras tales como la asistencia de remolcadores, amarre y de tránsito por canales o dentro del puerto.
El valor del nivel de las aguas, también incorporado al AIS, permite que el sistema de navegación, si dispone conjuntamente de batimetría de alta resolución, elabore en forma instantánea una carta llamada tide aware (sobre aviso o alerta de marea) que muestra detalladamente la profundidad real o sea la disponible en tiempo presente.

Esta información es una variable vital en la ecuación que configura la toma de decisiones de un navegante, pero subsiste el problema de que la posición de un buque en la columna de agua es relativa, ya que no es estática, y cambia con la velocidad y también con la densidad del agua (salinidad), factor este bien conocido p.ej. por los Prácticos del Río de la Plata.
Los avances que se están produciendo en el sistema de posicionamiento global (GPS), incluyendo nuevos satélites que operarán

en frecuencias adicionales, ofrecerán en el futuro inmediato solución a este último problema.
La próxima tecnología GPS promete obtener alturas medidas en relación a un modelo elipsoide, modelo matemático sumamente aproximado a la figura de la tierra, referido al cual las mediciones del GPS darán valores con una exactitud superior a los 10 centímetros.
Al combinar con esta tecnología la altura exacta de la antena del GPS del barco referida a su quilla con cartas electrónicas que posean la capacidad de exhibir la profundidad relativa a esa elipsoide, los buques podrán determinar con exactitud su posición respecto al fondo. Fig. 1

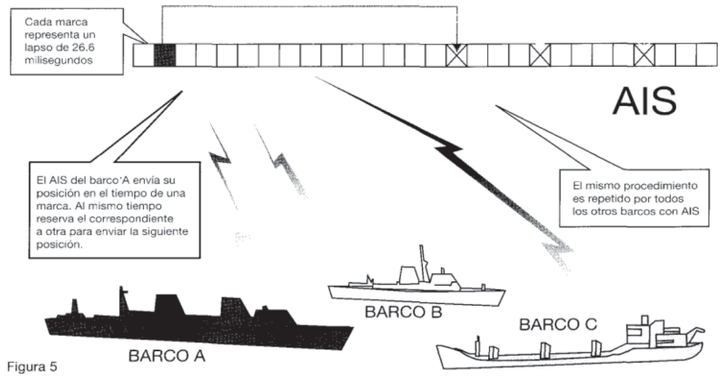


Figura 5

Fig.1

Escala de *Beaufort* de Fuerza del Viento

es una medida empírica para clasificar la intensidad del viento, basada principalmente en el estado del mar, de sus olas y la fuerza del viento.

Número de Beaufort	Velocidad del viento (km/h)	Nudos (millas náuticas/h)	Denominación	Aspecto del mar	Efectos en tierra
0	0 a 1	< 1	Calma	Despejado	Calma, el humo asciende verticalmente
1	2 a 5	1 a 3	Ventolina	Pequeñas olas, pero sin espuma	El humo indica la dirección del viento
2	6 a 11	4 a 6	Flojito (Brisa muy débil)	Crestas de apariencia vítrea, sin romper	Se mueven las hojas de los árboles, empiezan a moverse los molinos
3	12 a 19	7 a 10	Flojo (Brisa débil)	Pequeñas olas, crestas rompientes.	Se agitan las hojas, ondulan las banderas
4	20 a 28	11 a 16	Bonancible (Brisa moderada)	Borreguillos numerosos, olas cada vez más largas	Se levanta polvo y papeles, se agitan las copas de los árboles
5	29 a 38	17 a 21	Fresquito (Brisa fresca)	Olas medianas y alargadas, borreguillos muy abundantes	Pequeños movimientos de los árboles, superficie de los lagos ondulada
6	39 a 49	22 a 27	Fresco (Brisa fuerte)	Comienzan a formarse olas grandes, crestas rompientes, espuma	Se mueven las ramas de los árboles, dificultad para mantener abierto el paraguas.
7	50 a 61	28 a 33	Frescachón (Viento fuerte)	Mar gruesa, con espuma arrastrada en dirección del viento	Se mueven los árboles grandes, dificultad para andar contra el viento
8	62 a 74	34 a 40	Temporal (Viento duro)	Grandes olas rompientes, franjas de espuma	Se quiebran las copas de los árboles, circulación de personas dificultosa
9	75 a 88	41 a 47	Temporal fuerte (Muy duro)	Olas muy grandes, rompientes. Visibilidad mermada	Daños en árboles, imposible andar contra el viento
10	89 a 102	48 a 55	Temporal duro (Temporal)	Olas muy gruesas con crestas empenachadas. Superficie del mar blanca.	Árboles arrancados, daños en la estructura de las construcciones

Número de Beaufort	Velocidad del viento (km/h)	Nudos (millas náuticas/h)	Denominación	Aspecto del mar	Efectos en tierra
11	103 a 117	56 a 63	Temporal muy duro (Borrasca)	Olas excepcionalmente grandes, mar completamente blanca, visibilidad muy reducida	Estragos abundantes en construcciones, tejados y árboles

Ejercicios prácticos

¿Cuál es la energía cinética acumulada por un buque de 65.000 tons que se desplaza a una velocidad de 4 nudos?

Desarrollo:

$$Velocidad\,.en\,{}^{m}\!/_{seg} = \frac{1.852m \times 4}{3.600seg.1} = 2{,}0577\,{}^{m}\!/_{seg}$$

Recordemos que la masa es igual al peso dividido por la gravedad y ésta última es 9,86 m/seg^2

$$Ec = \frac{m}{2} \times V^2 = \frac{p}{2 \times g} \times V^2 = \frac{65.000t}{19{,}7\,{}^{m}\!/_{seg^2}} \times (2{,}06\,{}^{m}\!/_{seg})^2 \Rightarrow$$

$$\frac{3{,}299t \times seg^2}{m} \times 4{,}24\,{}^{m^2}\!/_{seg^2} = 13.988t/m$$

Respuesta: La energía cinética acumulada es de 13.988 tonelámetros

---

¿Cuál es la energía cinética que acumula dicho buque estando a plena carga (65.000 t.) y cuando navega a 16 ns.?

Desarrollo:

$$Velocidad\ \ {}^{m}\!/_{seg} = \frac{1.852m \times 16}{3.600\,seg} = 8{,}231\ {}^{m}\!/_{seg}$$

$$Ec = \frac{3.299t \times seg^2}{m} \times 67{,}75\,{}^{m^2}\!/_{seg^2} = 223.507{,}25t/m$$

Respuesta: La energía cinética ahora acumulada será de 223.507 tonelámetros.

AMARRAS

¿Cuál es la energía constante que puede absorber una amarra de polipropileno de 8" de mena que tiene una resistencia a la rotura de 46,600 Kg., una longitud de 22 m. y puede elongar un 30%?

Desarrollo:

$$Energía(c\,arg.lenta) = \frac{resistencia(t) \times elongación(m)}{3} = \frac{46{,}6t \times 28{,}6m}{3} = 444\ {}^{t}\!/_{m}$$

Respuesta: La energía que podrá acumular será de 444 toneládmetros

---

Cuál es la energía ante una carga brusca, que puede absorber una amarra de polipropileno de 8" de mena que tiene una resistencia a la rotura de 46,600 Kg., una longitud de 22 m. y puede elongar un 30%?

Desarrollo:

$$Energía(estrechonazo) = \frac{resistencia\ \times elongación}{2} = \frac{46{,}6t \times 28{,}6m}{2}\ 666\ {}^{t}\!/_{m}$$

Respuesta: La energía que podrá acumular será de 666 toneládmetros.

TIMÓN

Calcular la distancia a la que estará del borde de proa de la pala de un timón ordinario de 2,60 m. de eslora, el punto de aplicación de las fuerzas que sobre el actúen cuando sea colocado con 15º de metida.

Desarrollo:

$$d(m) = (0{,}2 + 0{,}3 \times \operatorname{sen}\alpha) \times l(m) = (0{,}2 + 0{,}3 \times 0{,}259) \times 2{,}60m = 0{,}72m$$

Respuesta: Se encontrará a 72 cm. del borde de proa.

La superficie del timón es 8 m². Calcular, por la fórmula de Joëssel el valor de la presión normal y la presión por cm² sobre el timón al navegar el buque a 12 ns. con la pala metida un ángulo α=10º.

Calcular además la fuerza retardatriz Pr y la fuerza transversal Pt

Desarrollo:

Aplicando la fórmula de *Joëssel:*

$$Pn(kg.) = \frac{5{,}3 \times A(m^2) \times V(Ns) \times \operatorname{sen}.\alpha}{0{,}2 + 0{,}3 \times \operatorname{sen}.\alpha}$$

$$= \frac{5{,}3 \times 8m^2 \times 144Ns. \times 0{,}174}{0{,}2 + 0{,}3 \times 0{,}174} = \frac{1.062{,}37}{0{,}2522} = 4.212{,}41Kg.$$

$$p\ {}^{Kg}\!/_{cm^2} = \frac{Pn(kg)}{A(m^2) \times 10.000} = \frac{4.212{,}41kg}{8m^2 \times 10.000} = 0{,}526$$

Cálculo de la fuerza retardatriz:

$$\Pr(kg) = Pn \times \operatorname{sen}.\alpha = 4.212{,}41kg \times 0{,}174 = 732{,}96kg$$

Cálculo de la fuerza transversal:

$$Pt(kg) = Pn \times \cos.\alpha = 4.212.41kg \times 0{,}985 = 4.149{,}22kg$$

Respuesta: La presión Pn será de 4212 kg., la presión por cm² de 0,53 kg., la fuerza Pr tendrá un valor de 733 kg. y la fuerza Pt de 4.149 kg.

Cálculo de la Pn considerando la pérdida de velocidad por la caída

Calcular el valor de la presión normal sobre la pala de un timón de superficie A=10 m², al navegar el buque a 17 ns. Con el timón metido un ángulo α = 30º, habiéndose reducido la velocidad a 15 ns. en la virada.

$$Pn(kg) = \frac{5{,}3 \times A(m^2) \times V^2{}_1(Ns) \times \operatorname{sen}.(\alpha - \delta)}{0{,}2 + 0{,}3 \times \operatorname{sen}(\alpha - \delta)}$$

$$= \frac{5{,}3 \times 10m^2 \times 15^2\,Ns \times \operatorname{sen}({}^{2}\!/_{3} \times 30^\circ)}{0{,}2 + 0{,}3 \times \operatorname{sen}({}^{2}\!/_{3} \times 30^\circ)} = \frac{5{,}3 \times 10 \times 225 \times 0{,}342}{0{,}2 + 0{,}3 \times 0{,}342} = \frac{4.078{,}35}{0{,}3026} = 13.477{,}69\ \ kg.$$

Recordar lo enunciado por *Jöessel* que calculó los siguientes datos:

Ángulo α	0º	10º	20º	30º	40º	50º
Ángulo $\alpha - \delta$	0º	6º 75	13º 5	19º 5	28º 25	22º25º

Respuesta: La presión normal Pn será de 13,48 Ton.

Un buque tiene 90 m de eslora, su calado máximo es de 26'10". El timón es de forma rectangular y su longitud de pala es 2 m. Calcular los datos que se indican seguidamente, luego de meter la pala 12º, suponiendo n = 60, y que el buque navega a 9 ns.

1. **Superficie de la pala A**
2. **Valor de la presión normal Pn**
3. **Punto de aplicación de la Pn**
4. **Valor de las fuerzas Pt y Pr**

Desarrollo:

Superficie de la pala $26'10'' \equiv 8{,}17m$

$$A(m^2) = \frac{e(m) \times Cm(m)}{n} \qquad A(m^2) = \frac{90m \times 8{,}17m}{56} = 13{,}13m^2$$

El divisor resulta de aplicar el promedio del coeficiente n para buque pequeño y lento

Cálculo del valor de la presión normal Pn:

Utilizando la fórmula de *Joëssel*

$$Pn(kg) = \frac{5{,}3 \times 13{,}13m^2 \times 9^2\, Ns. \times 0{,}208}{0{,}2 + 0{,}3 \times 0{,}208} = \frac{1.172{,}44}{0{,}2624} = 4.468{,}14kg$$

$$d(m) = (0{,}2 + 0{,}3 \times \operatorname{sen}\alpha) \times l = (0{,}2 + 0{,}0624) \times 2m = 0{,}5248m$$

Valor de la fuerza retardatriz Pr y la fuerza de deriva Pt:

$$Pt = Pn \times \cos.\alpha = 4.468kg \times 0{,}978 = 4369kg.$$

$$\Pr(kg) = Pn(kg) \times \operatorname{sen}.\alpha = 4.468kg \times 0{,}208 = 929{,}34kg$$

Respuesta: La superficie de la pala es de 13 m², la fuerza Pn es de 4.468 kg., el punto de aplicación está a 0,52 m de la arista de proa, la fuerza Pt es de 4.369 kg. y la fuerza Pt es de 4.369 kg.

Calcular el momento de adrizamiento de un timón ordinario, de 8 m² de superficie a y 2 m de longitud (l) , al principio y al final de la virada para las velocidades de 15 y 20 ns y ángulos de metida de 8º y 21º

Desarrollo

Al iniciarse la metida será:

$$Ma(t/m) = 5{,}3 \times A(m^2) \times V^2(Ns) \times l(m) \times \operatorname{sen}.\alpha = 5{,}3 \times 8 \times 225 \times 2 \times 0{,}140 = 2{,}671\, t/m$$

Al final de la metida:

$$Ma'(t/m) = 5{,}3 \times A(m^2) \times V^2(Ns) \times l(m) \times \operatorname{sen}.(\alpha - \delta) = 5{,}3 \times 8 \times 144 \times \operatorname{sen}.(2/3\, 21°)$$

$$= 5{,}3 \times 8 \times 144 \times 0{,}242 = 2.955{,}11\, kg/m \equiv 2{,}96\, t/m$$

Respuesta: Al principio de la metida el momento de adrizamiento será de 2,7 t/m y al final de 3 t/m.

La eslora (e) de un buque es de 138 m, su calado medio (Cm) de 7,90 m la longitud de la pala del timón de 4 m(l) y el coeficiente n = 1/60, navega a una velocidad de 16,5 ns. y el ángulo de metida es de 30º y la distancia OG es de 64 m.

Calcular:

1. **Superficie de la pala A**
2. **Valor de la presión normal Pn**
3. **El momento de evolución Me**

Desarrollo:

Superficie de la pala $A(m^2) = \frac{138m \times 7{,}90m}{60} = 18{,}17m^2$

Valor de la presión normal Pn

$$Pn(kg) = \frac{5{,}3 \times A(m^2) \times V^2(Ns) \times \operatorname{sen}.\alpha}{0{,}2 + 0{,}3 \times \operatorname{sen}.\alpha} = \frac{5{,}3 \times 18{,}17m^2 \times 272{,}25 \times 0{,}5}{0{,}2 + 0{,}3 \times 0{,}5} = \frac{13.108{,}97}{0{,}35} = 37.454{,}21kg$$

Cálculo del momento de evolución:

$$Me\, t/m = Pn(t) \times OG(m) = 37{,}45t \times 64m = 2396{,}8\, t/m$$

Respuesta: El área del timón es de 18,17 m² , la presión normal de 37,45 t y el momento evolutivo de 2.397 ton.

PROPULSIÓN

Un buque está equipado con dos motores diesel rápidos de 6.000 IHP c/u, con caja reductora de engranajes.

Los rendimientos de la instalación son los siguientes:

Rendimiento mecánico del motor diesel	**86%**
Pérdida en la caja de engranajes	**5%**
Pérdida en el eje de transmisión	**1%**
Rendimiento de la hélice	**70%**
Pérdida en la carena	**1%**

Hallar las siguientes potencias:

1. **Potencia al freno** **BHP**
2. **Potencia en el eje** **SHP**
3. **Potencia en el propulsor** **PHP**
4. **Potencia de empuje** **THP**
5. Potencia efectiva EH

Desarrollo:

$$IHP(totales) = 6000 \times 2 = 12.000 IHP$$

Pérdida por rozamientos de motor 12.000 IHP - 14% = BHP

$$BHP = 12.000 - \frac{14 \times 12.000}{100} = 10.320 BHP$$

Pérdida por rozamientos en caja reductora 10.320 BHP - 5% = SHP

$$SHP = 10.320 - \frac{5 \times 10.320}{100} = 9.804 SHP$$

Pérdida por rozamientos en línea de eje 9.804 SHP - 1% = PHP

$$PHP = 9.804 - \frac{1 \times 9.804}{100} = 9.706 PHP$$

Pérdida en chumacera: 9.706 PHP - 30% = THP

$$THP = 9.706 - \frac{30 \times 9.706}{100} = 6.794 THP$$

Pérdida por carena: 6.794 THP - 1% = EHP

$$EHP = 6.794 - \frac{1 \times 6.794}{100} = 6.726 EHP$$

Respuesta: BHP = 10.320; SHP = 9.804; PHP = 9.706; THP = 6.794; EHP = 6.726

La potencia al freno de un motor diesel es de BHP = 5.700. ¿Cuál será la potencia entregada a la hélice y la potencia de empuje de la hélice conociendo:

6. Pérdida por transmisión	**5%**
7. Rendimiento de la hélice	**62%**

Pérdida por transmisión:

$$PHP = 5.700 - \frac{5 \times 5.700}{100} = 5.415 PHP$$

Pérdida por rendimiento hélice

$$THP = 5.415 - \frac{38 \times 5.415}{100} = 3.357.3 THP$$

Respuesta: PHP = 5.415; THP = 3.357

Un trasatlántico está dotado de dos turbinas cuyas potencias al eje es SHP = 90.000.

Hallar la potencia indicada IHP y la potencia en el propulsor PHP.

Siendo:

Rendimiento de la turbina	**0,94 %**
Pérdida del eje hasta el torsiómetro	**5 %**
Pérdida del eje torsiómetro - hélice	**2 %**

Desarrollo

Potencia de la hélice

$$PHP = 90.000 - \frac{2 \times 90.000}{100} = 88.200 PHP$$

Potencia indicada de la turbina

$$BHP = IHP \times 94\%$$

$$SHP = BHP - \frac{5 \times BHP}{100} = 90.000 = \frac{95 BHP}{100} = 0{,}95 BHP$$

Luego:

$$SHP = 0{,}95 \times BHP \therefore 0{,}95 \times (IHP \times 0{,}94)$$

Despejando

$$IHP = \frac{SHP}{0{,}95 \times 0{,}94} = \frac{90.000}{0{,}893} = 100.781 IHP$$

Respuesta: El rendimiento de las turbinas es de 100.781 IHP mientras que la potencia entregada por la hélice es de 88,200 PHP.

¿Cuál es el resbalamiento aparente de un buque que navega a 12 Ns., siendo el diámetro del propulsor de 1,50 m, la relación de paso/diámetro (H/d) de 0,8 y las revoluciones (N) = 324 RPM

Desarrollo:

$$0{,}8 = {}^{H}\!/_{d} = {}^{H}\!/_{1{,}5}{}^{m}$$

Despejando:

$$H = 1{,}5m \times 0{,}8 = 1{,}2m$$

$$RPS = \frac{RPM}{60} = \frac{324}{60} = 5{,}4RPS$$

$$Sa = \frac{Vt - Vb}{Vt} \quad Vt({}^{m}\!/_{s}) = H(m) \times n(RPS) = 1{,}2m \times 5{,}4RPS = 6{,}48\,{}^{m}\!/_{s}$$

Donde
Vb = velocidad del buque en m/s
H = paso en m
n = revoluciones por segundo = RPS
Vt = velocidad teórica del buque

$$Vb({}^{m}\!/_{s}) = \frac{1.852 \times Vb(Ns)}{3.600} = 0{,}514 \times Vb(Ns) = 0{,}514 \times 12Ns = 6{,}168\,{}^{m}\!/_{s}$$

Luego:

$$Sa = \frac{6{,}48\,{}^{m}\!/_{s} - 6{,}168\,{}^{m}\!/_{s}}{6{,}48\,{}^{m}\!/_{s}} = 0{,}04815$$

Respuesta: El resbalamiento aparente es de 0,048

¿Cuál es la velocidad de un buque para un resbalamiento aparente (Sa) del 10% siendo el paso (H) 7 m. y las rotaciones (N) = 50 RPM

Desarrollo:

$$Vt({}^{m}\!/_{s}) = H(m) \times \frac{N(RPM)}{60} = 7m \times \frac{50RPM}{60} = 5{,}8333\,{}^{m}\!/_{s}$$

$$Sa = \frac{(H \times n) - Vb}{H \times n} = 1 - \frac{Vb}{H \times n}$$

Despejando:

$$Sa = 0{,}1 = 1 - \frac{Vb}{Vt} = 1 - \frac{Vb}{5{,}83}$$

En donde:

$$Vb\,{}^{m}\!/_{s} = 5{,}83\,{}^{m}\!/_{s} \times (1 - 0{,}1) = 5{,}83\,{}^{m}\!/_{s} \times 0{,}9 = 5{,}247\,{}^{m}\!/_{s}$$

Expresado en Ns.:

$$Vb(Ns) = 5{,}247\,{}^{m}\!/_{s}\,\frac{3600s}{1852m} = 10{,}199Ns$$

Respuesta: La velocidad del buque será de 10,2 ns.

Un buque navega a 18 ns. y su propulsor gira a 96 R.P.M., siendo su resbalamiento positivo Ra de 4,6 % . Calcular el paso H

$$0{,}046 = 1 - \frac{Vb(Ns)}{Vt} \quad \therefore Vt(Ns) = 18Ns \times (1 - 0{,}046) = 17{,}172Ns$$

$$Vt(Ns) = \frac{H \times N \times 60}{1852} \qquad 17{,}2Ns = \frac{H \times 96 \times 60}{1852} \therefore H = \frac{17{,}2 \times 1852}{96 \times 60} = 5{,}5303$$

Respuesta: El paso es de 5,53 m.

RESISTENCIA

Un panamax de 231 m de eslora navega a una velocidad de 17 ns. ¿Cómo calificaría su velocidad?

Desarrollo:

$$Velocidad(Ns) = 1{,}8 \times \sqrt{e(m)} \therefore \quad = 1{,}8 = \frac{V(Ns)}{\sqrt{e(m)}} = \frac{17Ns}{\sqrt{231m}} = \frac{17Ns}{15{,}5m} = 1{,}12$$

Respuesta: La velocidad es moderada ya que es menor de 1,3

Un porta contenedores de 237 m. navega a una velocidad de 25 ns. ¿Cómo calificaría su velocidad?
Desarrollo:

$$Velocidad\,(Ns) = 1{,}8 \times \sqrt{e(m)} \therefore \quad = 1{,}8\frac{25}{\sqrt{237}} = \frac{25}{15{,}39} = 1{,}62$$

Respuesta: La velocidad es alta ya que es mayor de 1,3 y menor de 1,8

¿Cuál es la manga aparente de un buque de 237 m. de eslora y 41 m. de manga que navega con un abatimiento de 6º?
Desarrollo:

$$Ma. = M(m) \times \cos\alpha + e(m) \times sen\,\alpha = 41m \times 0{,}995 + 237(m) \times 0{,}105$$

$$= 40{,}795m + 24{,}885m = 65{,}68m$$

Respuesta: La manga aparente es de 65,68 m.

Determinar la manga por escora que tendrá un buque de 41 m. de manga que se encuentra escorado 12º y el puntal de su alerón es de 27 m.
Desarrollo:

$$Mae = p(m) \times sen.\vartheta + M(m) \times \cos.\vartheta = 27m. \times 0{,}208 + 41m. \times 0{,}978$$

$$= 5{,}62m + 40{,}1m = 45{,}72m$$

Respuesta: La manga aparente es de 45,72 m.

Determinar el calado que tendrá un buque de 41 m. de manga y 10,20 m. de calado que se encuentra escorado 7º
Desarrollo:

$$Ace = \tfrac{1}{2}\,manga(m) \times \text{sen.}\,\vartheta = 20{,}5m. \times 0{,}122 = 2{,}5m$$

El calado será de 12,70 m.
Veamos ahora la resolución por una fórmula más exacta:

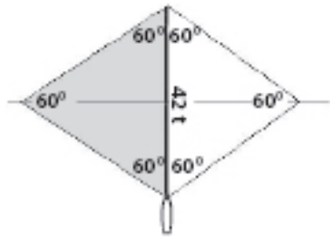
$$Ace = cal. \times \cos.\vartheta + \frac{M(m) \times \text{sen.}\,\vartheta}{2} - calado$$

$$= 10{,}2m. \times 0{,}993 + \frac{41m \times 0{,}122}{2} - 10{,}2m. = 10{,}13m + \frac{5\,m}{2} - 10{,}2m = 2{,}43m.$$

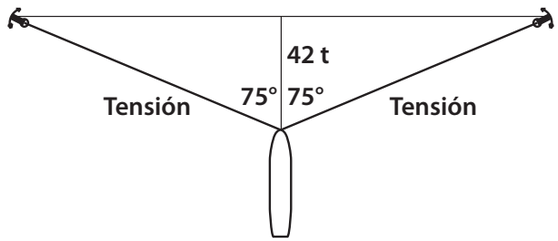
Respuesta: El calado será de 12,63 m.

FONDEO

¿Cuál es la tensión que soporta cada una de las cadenas de un buque que está fondeado a "barbas de gato" con una apertura entre ambas anclas de 150*, si las fuerzas externas que actúan sobre el casco en la dirección de su crujía suman 42 t.?
Desarrollo:



Si las anclas tuvieran una apertura de 120° formarían dos triángulos equiláteros, o sea que sus catetos sería iguales; por lo tanto cada cadena soportaría las 42 t. que actúan sobre el buque.
Pero si la apertura entre sus anclas es de 150*, cada ancla formará un ángulo con el plano de crujía de 75°.
En este triángulo rectángulo formado la tensión que soporta cada cadena estará relacionada con la ½ fuerza externa (21 t.) por el coseno de 75°



Aplicando la fórmula del coseno en el triángulo rectángulo que se forma, tendremos que:

$$Cos.\alpha = \frac{Cat.ady.}{hip.} = \frac{Fuerza\ externa}{tensión\ cadena} \therefore$$

$$Tensión\ cadena = \frac{Fuerza\ externa}{Cos.\alpha} = \frac{42t.}{0{,}259} = 162{,}16t.$$

Respuesta: Cada cadena soportará cerca de 82 t.. Obsérvese como se incrementa la tensión rápidamente cuando se exceden los 60* de apertura con respecto a la crujía.

FONDEO A BARBAS DE GATO

Se fondeará a barbas de gato en un río con 90º de apertura de ambas cadenas, tres grilletes en cada ancla. El ancla de la costa se desea que quede fondearla a 70 m. de la orilla. ¿A que distancia de la orilla se deberá fondear la otra ancla?

Desarrollo:

Consideraremos grilletes de 25 m.

$$Seno\alpha = \frac{Cat.op.}{Hip.} \therefore \frac{1/2\ distancia}{long.cadena}$$

despejando tenemos:

$$1/2\ distancia = \text{sen}.45^\circ \times long.cadena \therefore 0{,}707 \times 75m = 53{,}02m$$

$$dist.total = 53{,}02 \times 2 = 106{,}04m$$

Respuesta: La distancia a la que habrá que fondear desde la orilla será 106 m.+70m.=176 m.

SQUAT

Nota de los autores: *Pruebas realizadas en modelas en escala y buques reales demostraron que si un buque tiene un asiento estático positivo, cuando navegue él tendrá que aplicar el squat máximo calculado en la popa, cualquiera que sea su Cb.*

En otras palabras; ni el Cb y ni la proa bulbo ALTERAN el sentido de cambio de asiento. Lo mandatario es el asiento estático que tenia el buque. El buque tomará un asiento dinámico en aguas someras

(squat) en el mismo sentido que el estático. Si dicho asiento es "0" entonces tendrá incidencia el coeficiente de bloc.

Pero... ¿Que pasa con asientos muy pequeños, digamos de unos 15 cm., en un handymax de una eslora de 200 m . Como su Cb es > 0,7, si estuviera con calados parejos se aproaría, pero con ese pequeño asiento: ¿qué hará? En ese caso habrá que obtener un coeficiente, denominado "K", que resulta de dividir la EPP/asiento (en igualdad de unidades). Si dicho coeficiente resulta superior a 1000, el asiento dinámico podrá ser indistinto a proa o popa, se comportará de una forma imposible de definir. En cambio si es menor, su asiento dinámico será en el mismo sentido del estático, independientemente de cual sea su Cb.

Un buque con coeficiente de bloc 0,7 y asiento estático "0" que navegue en un canal cerrado ¿Como variará sus calados de proa y popa?

Respuesta: El buque tendrá un asentamiento parejo a proa y a popa.

Determine la velocidad de saturación de un buque de 178 m. de EPP, cuyo coeficiente de bloc es 0,8, que cala 10 m a proa y 10,20 m a popa y navega en un canal cerrado de 12 m de profundidad.

Desarrollo:

$$Sq = \frac{Cb \times V^2}{50} \therefore V = \sqrt{\frac{Sq \times 50}{Cb}} \therefore \sqrt{\frac{1{,}80m. \times 50}{0{,}8}} = 10{,}6Ns$$

Respuesta: El buque no deberá navegar a más de 10 Ns.

Determine la velocidad de saturación de un buque cuyo coeficiente de bloc es 0,68 que cala 10 m a proa y 10 m a popa y navega en un canal abierto de 12 m de profundidad.

Desarrollo:

$$Sq = \frac{Cb \times V^2}{100} \therefore V = \sqrt{\frac{Sq \times 100}{Cb}} \therefore \sqrt{\frac{2 \times 100}{0{,}68}} = 17{,}14Ns$$

Respuesta: El buque tocará fondo cuando navegue a 17 ns.

Un buque en agua dulce con un desplazamiento de 41.472 ton, calando 8,90 m a proa y 9,10 m a popa, con una eslora de 180 m y una manga de 32 m debe de salir del canal de 12 m de profundidad en el que navega a 15 ns. para navegar fuera de él, donde la profundidad es de sólo 10 m. Se desea tener en esas condiciones 0,30 m de margen de seguridad. ¿A que velocidad se deberá navegar?

Desarrollo:

Determinación del Cb.

$$desplazamiento(t) = Ef(m) \times M(m) \times Cm(m) \times Cb \times \delta agua(^{m^3}/_{t})$$

$$Cb = \frac{desplazamiento(t)}{Ef(m) \times M(m) \times Cm(m) \times \delta agua(^{m^3}/_{t})} \therefore \frac{41.472t}{180m \times 32m \times 9m \times 1^{m^3}/_{t}}$$

$$= \frac{41.472}{51.840} = 0{,}8$$

Determinación del coeficiente "K"

$$K = \frac{180m.}{0{,}20\,m.} = 900$$

El coeficiente de bloc es aproximadamente 0,8 y el coeficiente K 900, por lo tanto responderá al Cb.

Ahora determinaremos la velocidad máxima a desarrollar, como el Cb es 0,8 el buque se aproará por lo que se tomará en consideración el calado de proa al que le sumaremos el margen de seguridad.

$$Sq.admisible = 10m - (8{,}90m + 0{,}30m) = 0{,}80m$$

$$V(ns) = \sqrt{\frac{Sq.(m) \times 100}{Cb}} = \sqrt{\frac{0{,}80m \times 100}{0{,}80}} = 10\,ns$$

Respuesta: La velocidad máxima a desarrollar será de 10 ns.

Un buque de 198 m de eslora entre perpendiculares y 27 m de manga esta navegando por un canal abierto de agua dulce de 12 m de profundidad a una velocidad de 15 ns.; tiene un desplazamiento de 32.919 t y cala a pr : 8,95 m y a pp : 9,25 m. debe de salir del canal para continuar su navegación por fuera donde hay una profundidad de 10 m. desea mantener un margen de seguridad de 0,30 m. ¿se desea conocer la velocidad a la cuál deberá navegar para cumplir con dicho requisito ?

Desarrollo:

Cálculo del Cb

$$Desplazamiento(t) = Ef(m) \times m(m) \times Cm(m) \times \delta agua(^{m^3}/_{t}) \times Cb.$$

$$Cb. = \frac{Desplazamiento}{Ef. \times M \times Cm \times \delta} = \frac{32919t}{198m \times 27m \times 9{,}10m \times 1^{m^3}/_{t}} = \frac{32.919}{48.648{,}6} = 0{,}676$$

Cálculo del coeficiente "K"

$$K = \frac{198\,m.}{0.30\,m.} 660$$

Cálculo del *squat* admisible

$$Squat\ admisible = 10m - (9{,}25m + 0{,}30m) = 0{,}45m$$

Cálculo de la velocidad

$$V = \sqrt{\frac{Sq. \times 100}{Cb}} = \sqrt{\frac{0{,}45 \times 100}{0{,}676}} = \sqrt{66{,}57} = 8{,}15\,ns$$

Respuesta: El buque deberá reducir su velocidad a 8 ns.

Un buque navega en un canal de agua dulce de 12 m de profundidad a 18 ns., tiene un desplazamiento de 14.490 t. y sus calados son 9,10 m a proa y 9,00 m a popa, su eslora es de 136,85 m y su manga de 19 m. Debe de salir del canal para permitir el paso de otro buque. Fuera del canal la profundidad es de 10 m y desea mantener un margen de seguridad de 0,25 m.

¿En cuanto debe de reducir su velocidad?
Desarrollo
En primer término calcularemos su Cb

$$Cb = \frac{desplazamiento(t)}{Ef(m) \times M(m) \times Cm(m) \times \delta agua(^{m^3}/_{t})}$$

$$\frac{14.490t}{136,85m \times 19m \times 9,05m \times 1^{m^3}/_{t}} = \frac{14.490}{23.531,36} = 0,615$$

Calculo del coeficiente K

$$K = \frac{136,85\,m.}{0,10\,m.} = 1368$$

Su Cb es 0,615, y su coeficiente K > 1000, por lo que es impredecible su comportamiento, por lo que convendrá considerar su calado máximo, el de proa
Cálculo del *squat* máximo admisible:

$$Sq.admisible = 10m - (9,10 + 0,25m) = 0,65m$$

Ahora calcularemos la velocidad a desarrollar:

$$V = \sqrt{\frac{Sq(m) \times 100}{Cb}} = \sqrt{\frac{0,65m \times 100}{0,65}} = 10Ns$$

Respuesta: El buque deberá reducir su velocidad en 8 ns.

Un buque con coeficiente de bloc 0,85 está navegando en un canal de 10 m de profundidad a 16 ns. con un calado de 6 m parejo, debe de salir del canal para permitir el paso de otro buque de más calado. ¿En cuanto debe de reducir su velocidad si fuera del canal hay 8 m de profundidad y desea que se mantenga un margen de seguridad de 0,40 m
Respuesta:
Primeramente calcularemos el *squat* máximo admisible:

$$Sq.admisible = 8m - (6m + 0,40) = 1,60m$$

Calculemos ahora la velocidad a desarrollar:

$$V(Ns) = \sqrt{\frac{Sq(m) \times 100}{Cb}} = \sqrt{\frac{1,60m \times 100}{0,85}} = 13,72Ns$$

Respuesta: Se deberá reducir la velocidad en unos 2,5 ns.

Determine la velocidad de saturación de un buque de 210 m. de EPP, cuyo coeficiente de bloc es 0,68 que cala 9 m a proa y 9,50 m a popa y navega en un canal cerrado de 10,5 m de profundidad.
Desarrollo:
Cálculo del coeficiente K

$$K = \frac{210\,m.}{0,50\,m} = 420$$

Cálculo del *squat* máximo admisible

$$Squat\ admisible = 10,50\,m - 9,50\,m = 1,00\,m$$

$$V(Ns) = \sqrt{\frac{Sq.(m) \times 50}{Cb}} = \sqrt{\frac{1,00\,m \times 50}{0,68}} = 8,57Ns$$

Respuesta: La velocidad de saturación estará próxima a los 8 ns.

NAVEGACIÓN CON MAL TIEMPO

Determinar cual es la velocidad de avance de un tren de olas cuyo periodo es de 8 segundos
Desarrollo:

$$v(nudos) = 3T(segundos) = 3 \times 8s. = 24Ns.$$

Respuesta: La velocidad de avance es de 24 ns.

Determinar la velocidad de avance de un tren de olas cuya longitud es de 120 m.
Desarrollo:

$$V(nudos) = 2,4\sqrt{L(m)} = 2,4 \times 10,95m = 26,29Ns.$$

Respuesta: La velocidad de avance es de 26 ns.

Navega con mar de proa a una velocidad de 12 ns. cada 7 segundos su proa trepa la cresta de una ola. Se desea saber cual es la longitud aproximada de la ola.

Desarrollo:

$$V(^{m}/_{seg.}) = \frac{1.852m \times 12}{3600seg.} = 6{,}17\,^{m}/_{s}$$

el buque en 7 seg. avanzará:

$$6{,}17m \times 7seg. = 43{,}19m$$

El período aparente de la ola es 7 seg., su longitud para dicho período será:

$$L(m) = 1{,}56 \times T^2\,(seg.) \therefore 1{,}56s \times 7^2 = 76{,}44m$$

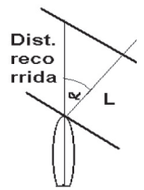
Sumamos el avance del buque en los 7 seg. más la longitud aparente de la ola y tendremos:

$$L\ verdadera(m) = 43{,}19m + 76{,}44m = 119{,}63m$$

Respuesta: La longitud de la ola será de 120 metros

Se navega a 13 nudos recibiendo el mar por la amura de estribor con un ángulo de 30º. La proa remonta la cresta de un mar de fondo tendido cada 32 segundos. Se deberá caer a babor 60º y se teme entrar en sincronismo con el oleaje. El período de rolido del buque es de 11 segundos. Determinar si realmente se entrará en una situación de riesgo.

Desarrollo:



$$Vb(^{m}/_{s}) = \frac{1852m \times 13}{3.600} = 6{,}69\,^{m}/_{s}$$

Distancia recorrida en 32 s.:

$$6{,}69\,^{m}/_{s} \times 32s. = 214m$$

$$Cos\alpha = \frac{cat.ady.}{hip.} \therefore cat.ady = \cos\alpha \times hip$$

Reemplazando:

$$L(m) = \cos 30^{\circ} \times dist.recorrida = 0{,}866 \times 214m = 185{,}32m$$

$$L(m) = 1.56 \times T^2 \ \therefore T = \sqrt{\frac{L(m)}{1{,}56}} = \sqrt{\frac{185{,}32m}{1{,}56}} = 10{,}9seg.$$

Respuesta: El buque entrará en sincronismo transversal al poner un rumbo paralelo al oleaje

RESBALAMIENTO

Cálculo del resbalamiento aparente.

Navegando durante 12 hs. en una zona sin corriente. La distancia navegada es de 144 millas. En ese mismo intervalo una corredera doppler en modo velocidad sobre agua indicó 180 millas. El paso del propulsor es de 4,87 m y las R.P.M. de la hélice se mantuvieron en 95.

¿Cuál ha sido el resbalamiento que tuvo la hélice?

Desarrollo:

$$V\ teórica(^{m}/_{seg}) = \frac{Paso\,(m) \times RPM \times 60}{1.852} = \frac{4{,}87 \times 95 \times 60}{1852} = 14{,}988\,ns.$$

$$V\ real = \frac{144}{12} = 12\,ns.$$

$$\text{Re}sbalamiento = \frac{12}{14{,}988} = 0{,}8$$

Respuesta: El resbalamiento aparente fue de 0,8

BIBLIOGRAFÍA

1. Ship squat and interaction – 2009 –Dr. C.B.Barrass
2. ¿Cuál es el calado del Río de la Plata? – 1993 – C.U. J. Dubroswsky.
3. Navegación en canales y aguas Restringidas – 1994 – C.U. C. E. Bach.
4. Ship Handling for the Mariner – 1995 – D.H. MacElrevey.
5. The Shiphandlers's Guide – 1996 – C.U.R.W. Rowe, FNI.
6. The Nautical Institute on Pilotage and Shiphandling – 1998 – Diversos autores.
7. Shiphandling for the mariner – 1995 – D. H. MacElrevey
8. Rebocadores Portuários – 2002 – O.A.Fragoso; M.Cajaty
9. Formas y Fluídos – 1960 – A.H. Shapiro.
10. Física conceptual – 1998 - Paul G. Hewitt.
11. Tratado de Maniobra – 1995 – Alm. E. Barbudo.
12. Vessel Performance in Confined and Restricted Chanels of the St. Lawrence River, Otawa – 1970 - A.D. Watt.
13. Arte de la maniobra del Buque – 1985 - C.U. V.R. Gómez.
14. Aplication of Ship Behaviour Research in Port Approach Design – 1974 J.Siebols and J.H.C. Wright.
15. Ship handling with tugs - 1986 – G.H. Reid.
16. Ship Squat Manual – 1977 – C.B. Barrass.
17. El Lecho del Río de la Plata – 1968 – C.C. M.J. Garrido
18. Reduction of Ship Speed and Propeller R.P.M. when vessels are in Shallow Waters –1984 - C.B. Barrass.
19. Manejo del buque en aguas restringidas – 2006 – Cap. E . Gilardoni.
20. Maniobra de un monohélice de paso controlable en aguas restringidas 1999 – Cap. E. Gilardoni.
21. Squat workshop 2004 Prof. Dr. Alexander Härting / Prof. Dr. Ing. Jörg Reinking - Elsfleth / Oldenburg – Germany.
22. Squat workshop University of Applied Sciences, Elsfleth – 2009 - Dr. C.B. Barrass
23. A new method for efficient full-escale ship squat determina-

tion - Prof. Dr. Alexander Härting / Prof. Dr. Ing. Jörg Reinking.
24. Squat experiment on Rio de la Plata with container vessel "Cap Finisterre" on 26.Oct.2004 - Prof. Dr. Alexander Härting / Prof. Dr. Ing. Jörg Reinking.
25. Radio de giro controlado - 2008 - C.U. Eduardo Rattner
26. Pubicaciones varias "Prácticos de Puerto" del Colegio Oficial Nacional de Prácticos de Puerto, España
27. Manual práctico para remolcadores – 2010 – Cap. C.G.Diaz
28. Shibata defensas Yokohama
29. Enciclopedia General del Mar.