



# TRABAJO DE FIN DE GRADO

CURSO 2014-2015

Maniobras con remolcadores

**Tutor:** Antonio J. Poleo Mora

**Alumno:** Jonathan Fariña Orihuela

**Grado:** Náutica y Transporte Marítimo

**Fecha:** JUNIO 2015



# Abstract

The tugs have been from the beginning, very important for maneuvering entry and departure to port other larger ships. Also they serve to tow objects at sea, and ships that need help or are in an emergency situation.

These boats have evolved and specialized for each job they have to perform. We find tugs used to extinguish fire, combat pollution, towage, coastal towing, etc.

Another aspect that tugs have evolved is in the propulsion system and their engines. Early tugboats had steam engines, but nowadays have diesel engines. Also they have been installed on board different systems, such as azimuthal propulsion, the Voith-Schneider propulsion, etc.

The work is oriented to introduce you to read it to the azimuth systems, which for many people are unfamiliar or have a very poor idea of how they operate. So in this paper aspect as the advantages and disadvantages will be developed versus conventional systems.

In this paper we talk about what it takes to make a move offshore towing and safety measures to follow. It also explains how to deliver services with an Azimuth Stern Drive tug of the bow-to-bow and stern-to-bow manner.

# Introducción

Con el presente trabajo de fin de grado se pretende hacer un estudio sobre el campo del remolque, en especial, sobre un tipo de remolcador de propulsión especial.

Para ello, el proyecto se ha centrado en el estudio y explicación de un sistema de propulsión en concreto, tomando como ejemplo el sistema azimuthal desarrollado por la empresa Rolls-Royce plc, y concretamente en uno de sus productos, el Aquamaster Rauma Ltd.

En el presente trabajo se presentarán las características de dicho sistema, así como las maniobras que permite dicho sistema en operaciones de remolque, para lo cual se ha tomado como ejemplo, su instalación en un remolcador con propulsores azimuthales a popa.

El motivo por el que me he decantado por centrar mi trabajo final de grado en este tema, es por el interés que despertó en mí este sistema a la hora de realizar mis

prácticas profesionales en un remolcador de altura de la empresa Boluda Corporación Marítima y las muchas ventajas e innovaciones que presentaba con respecto a los sistemas convencionales de propulsión facilitando enormemente las maniobras de gobierno del buque.

El trabajo está orientado para introducir a aquel que lo lea a los sistemas azimutales, los cuales para muchas personas son desconocidos o tienen una vaga idea de cómo operan, por lo que en el presente trabajo se desarrollarán aspectos como las ventajas e inconvenientes frente a los sistemas convencionales.

Las limitaciones que presenta este trabajo principalmente son que en algunos aspectos o apartados no he podido entrar muy a fondo porque al ser un sistema novedoso no se dispone de mucha información

# Índice

1.	INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS AZIMUTALES	
	Introducción histórica	9
	1.1 Objetivo principal	9
	1.2 Aplicaciones	9
	1.3 Tipos de sistemas azimutales según la transmisión del movimiento	10
	1.4 Ventajas e inconvenientes	12
	1.5 Ejemplos de maniobras de gobierno	13
2.	LOS REMOLCADORES	
	2.1 Introducción	14
	2.2 Remolcadores por su tipo de maniobra	15
	2.2.1 Remolcadores de altura	16
	2.2.2 Remolcadores costeros y de puerto	17
	2.2.3 Remolcadores de lucha contraincendios	18
	2.2.4 Remolcadores de lucha contra la contaminación	20
	2.2.5 Remolcadores de salvamento y rescate	21
	2.3 Remolcadores por su tipo de propulsión	22
	2.3.1 Remolcadores de propulsión convencional	22
	2.3.2 Remolcadores combinados	23
	2.3.3 Remolcadores de propulsión cicloidal o tractores	23
	2.3.4 Remolcadores tractores de propulsión azimutal	24
	2.3.5 Remolcadores de propulsión azimutal por popa o ASD	25
	2.4 Elementos de remolque	26
	2.5 Catenaria del remolque	30
	2.6 Longitud del remolque	31
	2.7 Maniobra de dar el remolque	31
	2.7.1 Equilibrio del buque a la deriva con respecto al viento. Maniobra de acercamiento	31
	2.7.2 Afirmado del remolque	34
	2.7.3 Remolque de un buque sin timón	35
	2.7.4 Remolque por popa	36
	2.7.5 Comunicación entre remolcador y remolcado	36
	2.7.6 Navegar con remolque	36
	2.7.7 Remolque con mal tiempo	38
3.	OPERACIONES DE REMOLCADORES AZIMUT STERN DRIVE (ASD)	
	3.1 Introducción	39
	3.2 Proa-proa contra popa-proa: riesgos, efectividad y aspectos operacionales	42
	3.3 Proa-proa contra popa-proa al hacer firme	43
	3.4 Proa-proa contra popa-proa al hacer firme	47
	3.4.1 Aproximación a la proa de un buque con arrancada	47

3.4.2	La fase de conectar proa-proa contra popa-proa y los riesgos relacionados	52
3.4.3	Largando el cabo de remolque	54
3.5	Efectividad de ambos métodos	56
3.6	Aspectos operacionales	58
3.7	Conclusiones	62
4.	Referencias Bibliográficas	63



Foto 1: Remolcador (Fuente: <http://www.baixamar.com/buque.php?id=1003>)



Foto 2: Remolcador (Fuente: <http://www.naviearmatori.net/ita/foto-174211-4.html>)

# 1.Introducción a los sistemas azimutales

## 1.1 Introducción histórica

La propulsión acimutal apareció como tal en 1955 con el objetivo de proporcionar una mejor maniobrabilidad para determinados tipos de buques.

La primera idea de propulsión acimutal fue ideada por F.W. Pleuger y Busmann Friedrich en 1955, sin embargo, esta idea estaba demasiado adelantada a su tiempo y no se pudo llevar a cabo hasta 1960 cuando se llevaron a la realidad las primeras aplicaciones bajo el nombre de la empresa alemana Schottel.

La propulsión azimutal se engloba a nivel mundial en seis fabricantes reconocidos a escala global, como son: ABB, Rolls-Royce, Siemens, Spay, Schottel y Volvo Penta.

Pero, ¿qué es un sistema azimutal? Un sistema acimutal hace referencia a un sistema de propulsión marina cuya configuración se basa en que las hélices están situadas en pods o góndolas pudiendo rotar 360° sobre sí mismas horizontalmente sobre un eje vertical, de ahí viene el término acimutal, haciendo innecesario el uso de timón. [1]

## 1.2 Objetivo principal

El hecho de la no existencia de timón en los buques que usan este tipo de propulsión, les otorga una mejor maniobrabilidad que los sistemas convencionales de hélice más timón, que es el principal objetivo que tiene este tipo de propulsión.

## 1.3 Aplicaciones

Este tipo de propulsión marina se aplica cada vez en mayor medida, tanto en embarcaciones deportivas como en grandes buques, siendo aún así su principal uso en remolcadores, buques offshore. Aunque también nos podemos encontrar con su aplicación a buques mayores como cruceros o ferries.

Como ya se ha comentado anteriormente, este tipo de propulsión se aplica principalmente a buques remolcadores y a buques offshore.

Dentro de los remolcadores, los del tipo ASD (Azimut Stern Drive), el propulsor acimutal está acoplado a un motor diesel mediante una línea de ejes de tipo cardan.

En los remolcadores de tipo tractor, el motor está al mismo nivel que el propulsor, el acople se realiza mediante un eje directamente sin el uso de cardan.

## 1.4 Tipos de sistemas azimutales según la transmisión del movimiento.

Dentro de los sistemas azimutales, podemos distinguir entre dos grandes grupos, atendiendo al sistema de transmisión que se emplee:

1) Transmisión mecánica: la transmisión se realiza desde el motor al propulsor mediante una serie de engranajes que transforman el movimiento del eje del motor.

Dentro de la transmisión mecánica tenemos dos tipos a su vez:

a. Configuración L-drive: con un eje de accionamiento vertical y eje de salida horizontal.

b. Configuración Z-drive: con un eje horizontal de entrada, un eje vertical en la columna giratoria y un eje de salida horizontal.[1]

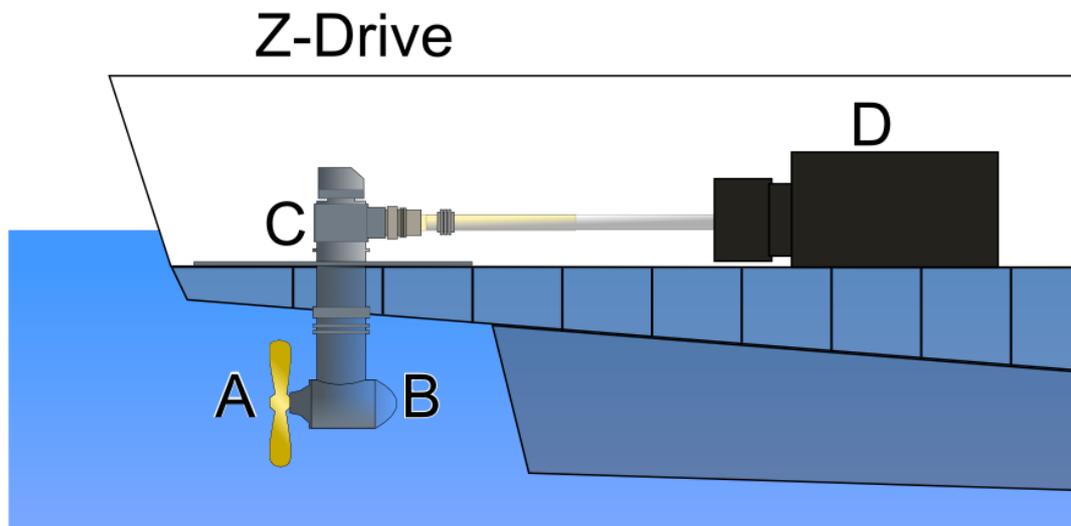


Figura 1: Transmisión mecánica tipo Z-drive (Fuente: <http://www.google.es>)

2) Transmisión eléctrica: en este tipo de transmisión, dentro del propio pod o góndola, encontramos un motor eléctrico, que está conectado directamente a la hélice sin el uso de engranajes. La electricidad es producida por un motor diesel. Este tipo de transmisión se da en los buques con el sistema de propulsión denominado Azipod. Hoy día son diferentes los fabricantes de éste sistema y otros muy parecidos: Azipod (ABB-MASA); Mermaid (ALSTOM-KAMEWA); Dolphin (JOHN CRANE LIPS-STN ATLAS); Ssp (SIEMENS-SCHOTTEL)

Los tres primeros son básicamente similares, pero el Ssp consiste en dos hélices unidas al eje del motor eléctrico, girando en la misma dirección, la de proa tirando y la de popa empujando. Hacia la mitad de la barquilla, se colocan unas aletas laterales, que junto a la parte vertical de la sustentación desvía el flujo de las corrientes de agua de la hélice de popa, lo que permite reutilizar la energía de los flujos de la hélice de proa.



Foto 3: Sistema Ssp (Siemens-Schottel) (Fuente: <http://www.google.es>)

La consolidación definitiva del Azipod, vino en 1998, con la instalación en un buque de crucero, concretamente, el Elation, de la compañía Carnival. Como resultados operativos, produjo un aumento de la velocidad y una disminución del consumo, permitiendo ahorrar hasta 40 toneladas de combustible semanales.



Foto 4: Primer buque de pasaje en montar propulsión Azipod  
(Fuente: <http://www.crucerospremium.com/barco.php?id=146>)



Foto 5: Azipods del buque Carnival Elation

(Fuente: <http://top-gid.ru/photografy/574-gigantskie-vinty-bolshix-korablej.html>)

## 1.5 Ventajas e inconvenientes

Como todo sistema de propulsión, el sistema de propulsión azimutal tiene sus ventajas e inconvenientes. Entre las ventajas podemos destacar los siguientes aspectos:

- El barco puede posicionarse o mantenerse dinámicamente en aguas abiertas, posicionamiento dinámico (DP), es decir, mediante este sistema de posicionamiento dinámico, el buque mantiene una posición y rumbo mediante el uso de los propios propulsores del barco.
- Excelente maniobrabilidad, con radios de giro muy cortos
- Posibilidad de girar 360° sobre su propia longitud.
- Incremento de la eficacia respecto a los sistemas tradicionales.
- Con este sistema se eliminan largas líneas de ejes, timones, reductoras y hélices de paso variable, entre otros elementos complicados y costosos.
- Al basarse en sistemas diesel eléctricos o turbo eléctricos, facilita múltiples disposiciones de la Sala de Máquinas, con una reducción considerable de ruidos y un aumento de la seguridad, al ser los sistemas redundantes.
- Todo esto da como resultado menor consumo y menores costos de mantenimiento, ya que los motores diesel funcionan a régimen constante sin variaciones de carga.
- La unidad en sí, es muy adaptable, puesto que puede construirse como impulsora o tractora.
- Puede trabajar a muy bajas revoluciones, gracias al convertidor de frecuencia, manteniendo el par máximo a cualquier velocidad.
- El costo inicial del equipo se ve recompensado por la disminución de los costes de construcción y horas de mano de obra de instalación.

Los principales inconvenientes que presenta este sistema vienen reflejados por las góndolas, y éstos son los siguientes:

- La eficiencia del diseño es generalmente peor que para los sistemas convencionales.
- La masa de los elementos sumergidos es mucho mayor que con los sistemas convencionales.
- El coste también es mucho mayor que para un sistema convencional.
- El diámetro máximo de la hélice disponible es menor que para los accionamientos convencionales.[2]

## 1.6 Ejemplos de maniobras de gobierno

Antes de mostrar los ejemplos básicos de maniobra que puede realizar nuestro buque en estudio gracias al sistema Aquamaster dispuesto en la popa, en la siguiente imagen se indican dos tipos de dirección, las cuales son:

- Dirección de marcha.
- Dirección de empuje.

Previamente antes de ver los ejemplos, se debe explicar la diferencia entre estos dos tipos de dirección anteriormente citados:

Por un lado tenemos la dirección de marcha, que es el rumbo que toma el buque, es decir, la dirección a la que se dirige; por otro lado tenemos la dirección de empuje, que es la dirección a la que se orienta el chorro propulsor que generan las hélices instaladas.

Al disponer de dos unidades de propulsión, éstas se pueden mover simétricamente, es decir, las dos en la misma dirección, ó para determinadas maniobras, cada una de las unidades puede adoptar una posición distinta.[3]

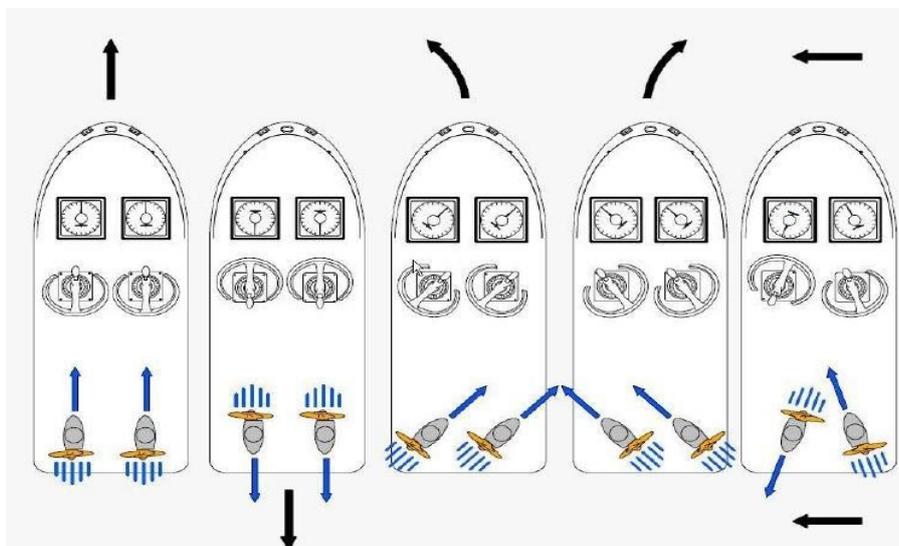


Figura 2: Ejemplos de maniobra que puede realizar el buque (Fuente: <http://ukmpa.org>)

## 2. Los remolcadores

### 2.1 Introducción.

Una vez hecha la introducción sobre el sistema de propulsión azimutal, haremos una breve descripción de los buques que más utilizan este tipo de propulsión para aprovechar la gran maniobrabilidad ofrecida por este sistema: los remolcadores.

La operación de remolque de un buque se hace normalmente por medio de otro buque construido específicamente para este servicio, que recibe el nombre de remolcador.



Foto 6: Maniobra de remolque (Fuente: <http://www.google.es>)

El uso de remolcadores, tanto en la mar como en puerto, se extiende día a día por las indudables ventajas que su empleo tiene en relación al traslado de un buque averiado desde un puerto a otro, así como por la mayor seguridad y rapidez que facilitan para las maniobras en puerto.

En alta mar, en caso de colisión o avería, un remolcador puede ser requerido para prestar auxilio a otro buque en dificultades y conducirlo hasta un lugar seguro.

En aguas interiores, el gran tamaño que han alcanzado los buques así como la dificultad de reducirles la arrancada cuando se mueven en espacio reducido; la maniobra de conducirlos a dique; el movimiento en el interior de las dársenas, que siempre resultan pequeñas; el atravesar una esclusa; todo ello, en fin, aconseja el empleo de remolcadores como ayuda indispensable y práctica que reduce el riesgo de accidentes y averías.

Hoy en día, existen compañías comerciales dedicadas exclusivamente a las operaciones de remolque y salvamento que cuentan con remolcadores de gran potencia de arrastre que llevan instalados sistemas contra incendios. Los remolcadores de salvamento se encuentran situados en los puntos estratégicos de las rutas comerciales y su misión es única y exclusivamente la de salir en ayuda de los buques en apuros que soliciten el servicio, o para rescatar buques que sean abandonados por sus tripulantes.

Para operaciones de esta naturaleza se emplean unos contratos tipo que conocen todos los armadores y de esta forma se gana tiempo en la contratación al no ser necesaria la discusión de las condiciones en que se contrata. Es corriente emplear en este tipo de operaciones la fórmula “No Cure, No Pay”. Esto quiere decir que si no se lleva a término la operación y el buque se pierde, el que intenta el salvamento no percibe ninguna cantidad [4].

A continuación y para abreviar un poco se procederá a clasificar los remolcadores de dos formas bien diferenciadas pero que están claramente interrelacionadas. Esta clasificación atenderá a la clase de maniobra que realizan y a su tipo de propulsión.

## 2.2 Remolcadores por su tipo de maniobra.

Aunque la principal misión de un remolcador es en principio producir fuerza, denominada según el caso tracción o empuje, estos buques pueden desempeñar otros muchos servicios. A continuación se detallarán algunos de ellos, sin olvidarnos del propio trabajo de remolque, tanto en altura como en puerto.

## 2.2.1 Remolcadores de altura.



Foto 7: Remolcador de altura (Fuente: <http://rohaut.blogspot.com.es/2012/10/seagoing-tug.html>)

Los remolcadores de altura son embarcaciones proyectadas para efectuar maniobras de remolque de buques o artefactos flotantes en aguas abiertas. También puede estar involucrado en entradas y salidas de puerto de buques, pero este será un segundo trabajo para este tipo de buque.

Los principios en los que se basa el remolque en alta mar son sencillos. El remolcador arrastra por su popa mediante un cabo o cable al buque 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.

En los buques se instalan tanto en proa como en popa unas bitas de remolque para que, dado el caso de que el buque pueda ser remolcado (bitas de proa) o dar un remolque (bitas de popa) se pueda hacer firme el cabo de remolque. Las bitas de remolque se calculan en función de la carga de rotura del cabo de remolque que debe llevar todo buque que tenga un numeral de equipo inferior a 5800.

En principio, es preferible hacer la operación de remolque con el cabo del buque remolcado y no del remolcador. De esta forma se sabe que los medios donde se hace

firme el cabo aguantarán correctamente la tensión del cabo y se romperá antes de que se arranquen las bitas de remolque.

Los remolcadores de altura deben cumplir con una serie de requisitos que garanticen su plena operatividad en cualquier condición de remolque y de la mar:

- Necesidad de una elevada autonomía. Tanto la cámara de máquinas como la habitación han de diseñarse para largos trayectos.
- Maquinaria de cubierta adecuada a las labores de remolque para las que va destinado.
- Manga elevada y amplia cubierta de popa con un francobordo reducido, a fin de que la maniobra de remolque no afecte negativamente a la estabilidad del buque.
- Zonas de popa con formas y/o asiento, a fin de albergar hélices del mayor tamaño posible, y disposición de un quillote cuya finalidad será aumentar el área lateral de la carena a fin de mejorar la estabilidad de ruta.
- Presencia de defensas de goma y cinturón en toda la traca de cinta, así como de escudo de empuje a proa para facilitar las operaciones de carnero.
- Suelen proyectarse con un alto castillo de proa.
- Puente con la mayor visibilidad posible, y si fuese posible todo horizonte.

Los buques de apoyo a plataformas petrolíferas offshore o supplys tienen en principio una concepción similar a la de un remolcador de altura, pero están dotados de unos servicios muy distintos a los de cualquier otro buque, debido a los requerimientos específicos de dichas plataformas. Por ejemplo, deben disponer de tanques de cemento, campanas de buceo y sistemas de posicionamiento dinámico, y suelen contar con una cubierta de vuelo para helicópteros.[6], [7]

### **2.2.2 Remolcadores costeros y de puerto**

El uso de remolcadores para ayudar a la maniobra de los buques en puerto es obligado en muchos casos y está ampliamente extendido. El manejo en espacios reducidos de grandes buques con su considerable cantidad de movimiento e inercia hace ineludible el auxilio de remolcadores de puerto. A ello se añade que tanto buques como muelles tienen zonas vulnerables a las que un pequeño choque puede ocasionar daños de consideración. Por ello, el uso de remolcadores cuando la situación lo requiera, añade seguridad y rapidez a la maniobra.

Los remolcadores son elementos adicionales de la maniobra, y como tales deben usarse en combinación con el propulsor, timón, amarras, ancla y, en caso de existir, la hélice de maniobra de proa del buque remolcado.



Foto 8: Remolcador de puerto (Fuente: <http://www.baixamar.com/buque.php?id=970>)

### **2.2.3 Remolcadores de lucha contraincendios.**

Una de las más importantes misiones del remolcador de hoy en día es la de asistir a buques incendiados, para lo cual se debe dotar al buque de monitores situados en la parte más alta del mismo con objeto de que su chorro logre el mayor alcance y altura posible.



Foto 9: Remolcadores en labores de extinción de incendio (Fuente: <http://www.google.es>)

Esta capacidad influye en el buque en los siguientes aspectos:

- Necesidad de contar con un equipo contraincendios adecuado, incluyendo los medios de autoprotección para aproximarse al buque siniestrado.
- Necesidad de contar con bombas contraincendios de elevada potencia acopladas a los motores principales, aprovechando así la potencia de los motores al navegar a baja velocidad. Podrían también accionarse por los motores diesel auxiliares o por un motor especialmente dedicado, pero no es lo más corriente.



Foto 10: monitores de agua instalados en un remolcador

(Fuente:<http://orangemarmaladebooks.com/2011/10/27/non-fiction-nuggets-ships-are-cool/l-a-fireboat-from-nichols-boats-dot-com/>)

Para ello se emplean monitores de agua y espumógeno con tuberías diseñadas para estabilizar y dirigir correctamente el chorro de agua, convirtiendo el flujo turbulento en laminar, y capaces asimismo de introducir aire en la mezcla agua-espumógeno. Esto último se consigue mediante agujeros en la periferia del monitor, que actúan como inyectores de aire.

A fin de proteger al propio buque para que se pueda acercarse al buque socorrido, puede disponer de un sistema de pulverización o nebulización de agua alrededor de todas las superficies exteriores. [7]

## 2.2.4 Remolcadores de lucha contra la contaminación



Foto 11: Remolcador de lucha contra la contaminación  
(Fuente: <https://vadebarcos.wordpress.com/2014/01/27/buques-salvamento-maritimo-clase-don-inda-claro-campoamor/>)

Dentro de este tipo de remolcadores existen dos grupos, según posean o no tanques de almacenamiento y concentración de vertidos. Los que están dotados de estos tanques, pueden también concentrar los residuos mediante barreras flotantes y exportar el efluente producido por el skimmer (el cual se trata de un elemento de recolección de hidrocarburos que según su diseño se pueden clasificar en varios grupos, que en nuestro caso no vamos a mencionar ya que no se trata de un elemento de estudio en este trabajo).

Los remolcadores que por el contrario no llevan tanques de almacenamiento, están dotados de medios para el largado de barreras y rociadores de líquidos dispersantes o detergentes, y son capaces de moverse continuamente a baja velocidad en una amplia zona.

## 2.2.5 Remolcadores de salvamento y rescate.



Foto 12: Remolcador de salvamento (Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Guardia\\_costera](http://es.wikipedia.org/wiki/Guardia_costera))

Este tipo de remolcadores son capaces de, en el menor tiempo posible, presentarse en el lugar de un accidente y realizar el salvamento de las vidas que estuvieran en peligro.

Para ello poseen gran velocidad en navegación libre y gran maniobrabilidad. Están dotados también de defensas para poder abarloadse a cualquier buque.

Deben de llevar medios mecánicos de izado y una zona de acogida con un pequeño hospital y una zona de despegue de helicópteros.[5]

## 2.3 Remolcadores por su tipo de propulsión.

### 2.3.1 Remolcadores de propulsión convencional.

Es un remolcador con una o más hélices convencionales accionadas por un eje rígido, y situadas a popa. Este tipo de remolcador, que constituyó el estándar hasta los años 50 del siglo pasado, ha evolucionado hacia la hélice en tobera para aumentar la efectividad de la misma (sobre todo cuando trabaja muy cargada).



Foto 13: Hélice con tobera. (Fuente: <http://www.google.es>)

La mayoría de los remolcadores de este tipo emplean dos hélices, con el fin de aumentar la maniobrabilidad y la seguridad. Una variante en esta propulsión es el timón tobera, en la que esta puede girar sobre un eje vertical, aumentando considerablemente la capacidad de gobierno.

La tobera Kort, consiste en una tobera dispuesta alrededor de la hélice para aumentar la velocidad del agua que se acerca al propulsor aumentando, de este modo, su rendimiento a la vez que se evita la formación de remolinos. Se denominan toberas

Kort en honor al investigador alemán que en 1933 realizó una serie de estudios y experiencias encaminadas a demostrar sus ventajas en la propulsión naval. El chigre o gancho de remolque, del cual hablaremos más adelante, se sitúa en estos remolcadores a la mitad de la eslora.

Este tipo de propulsión suele ser el más indicado para los remolcadores de altura, salvamento y buques de apoyo a plataformas offshore. [8]

### **2.3.2 Remolcadores combinados.**

Los remolcadores de propulsión combinada son buques de propulsión convencional a los que se ha incorporado, comúnmente a posteriori, una hélice azimutal en proa a fin de mejorar su capacidad de evolución. Esta hélice puede aumentar también el tiro a punto fijo entre 2 y 6 toneladas al orientarse hacia popa.

### **2.3.3 Remolcadores de propulsión cicloidal o tractores.**



Foto 14: Remolcador con sistema Voith- Schneider (Fuente: <http://capitanpinya.com/2012/06/03/nuevo-sistema-de-propulsion-para-remolcadores/>)

La introducción de la propulsión cicloidal por parte de la compañía Voith-Schneider supuso la introducción de un nuevo concepto en la propulsión de remolcadores, aunque también ha sido aplicada en otro tipo de buques, como cazaminas o ferries.

La propulsión epicicloidal Voith-Schneider consta de palas verticales que giran sobre un eje también vertical y que permiten el desplazamiento del buque en todas las direcciones con gran facilidad. Este tipo de remolcador puede girar sobre sí mismo con gran facilidad. Las órbitas en las que giran las palas suelen ser de 3 metros, lo que implica que, en este tipo de remolcador la manga es mayor de lo habitual.

También permite regular el ángulo de ataque de las palas durante el funcionamiento, por lo que este propulsor se comporta como uno de paso controlable. Además, puede variar la dirección de empuje y se comporta así como un elemento de gobierno, sustituyendo al timón.

Dichos propulsores se montan habitualmente a proa y por ello estos remolcadores reciben el nombre de tractores, aunque también existen remolcadores con este tipo de propulsores instalados a popa en la zona de habitual colocación de hélices y timones.

Los remolcadores en los que es más habitual la instalación de este tipo de propulsores es en los destinados a operar en puertos y canales, donde la mejora de maniobrabilidad que se obtiene compensa el menor rendimiento de esta tecnología frente a las hélices convencionales o en tobera.

Las carenas varían notablemente respecto a las de los remolcadores convencionales, siendo prácticamente simétricas respecto a la maestra, y debido a las grandes posibilidades de maniobra, el buque puede navegar tanto avante como atrás con igual efectividad.

Un inconveniente de este tipo de propulsores es su vulnerabilidad, así como su elevado coste.

### **2.3.4 Remolcadores tractores de propulsión azimutal**

Este tipo de remolcador va dotado de dos hélices en tobera situadas a proa de la cuaderna maestra. Éstas pueden girar 360° sobre sí mismas. Aunque existen muchos fabricantes de propulsores azimutales, como bien quedó explicado en el capítulo anterior, todos tienen un funcionamiento similar, pero cada uno tiene su propio diseño



Foto 15: Remolcador con hélices a proa  
(Fuente: <http://www.modelismonaval.com/foro/viewtopic.php?f=21&t=12524>)

### 2.3.5 Remolcadores de propulsión azimutal por popa o ASD

Son el tipo de remolcadores más próximos a los remolcadores con hélice convencional, pero ésta se sustituye por una hélice montada en tobera, similar a las utilizadas en los tractores de propulsión azimutal ya comentados anteriormente, pero de mayor diámetro.



Foto 16: Remolcador ASD (Fuente: <http://nuestromar.org>)

Todos tienen dos hélices, y dado que cada una puede ser orientada con independencia, la maniobrabilidad aumenta notablemente pudiendo girar sobre sí mismo en una sola eslora.

La única diferencia con los remolcadores convencionales son las modificaciones en las formas de popa y estructura para albergar los propulsores y soportar los esfuerzos del timón tobera y que son distintos a los ejercidos por un timón y un propulsor convencional.

La mayor capacidad de maniobra frente a la misma capacidad de tiro y un muy escaso aumento de calado a popa hace que estos buques sean una buena alternativa a los remolcadores convencionales y es muy empleada en remolcadores de puerto con gran potencia.

Ventajas de este tipo de remolcadores son su buen comportamiento navegando hacia atrás y la posibilidad de trabajar con tiro indirecto.

## **2.4 Elementos de remolque**

Está formado fundamentalmente por la horquilla, el gancho de remolque y/o chigre, además de cables o cabos que según el tipo de remolque se puede emplear los siguientes tipos:

- Remolque de alambre o de acero, que es el que se usa en la mar llana.
- Cabos de manila que poseen una elasticidad y flotabilidad idóneas y son por tanto recomendables para remolques medianos.
- Cabos de fibra sintética, como los de propileno que son más usados que los de manila, y que son muy resistentes.
- Combinación de cadena-manila, ideales para remolques de tipo media.
- Combinación de cadena-cable, para barcos grandes ya que el peso de la cadena amortigua los estrechazos.
- Combinación de cable- calabrotillo, usados para remolques en el puerto principalmente.
- Para los barcos pequeños (embarcaciones de recreo) el cabo de manila o de fibra sintética son los más recomendables.

En los remolcadores convencionales el cable de remolque suele moverse libremente sobre la cubierta orientándose de acuerdo con la posición relativa entre el remolque y el remolcador. Para ello se disponen en la cubierta de popa defensas tubulares en ambas bandas, sobre las que se desliza el cabo de remolque. Cuando el remolque es en alta mar, el cable pasa a través de las gateras, mientras que si es en puerto se deja libre.

En los remolcadores tractores el cable o cabo de remolque, hace algunos años, pasaba a través de una horquilla en forma de “A”, que actualmente se ha sustituido por unos rodillos.

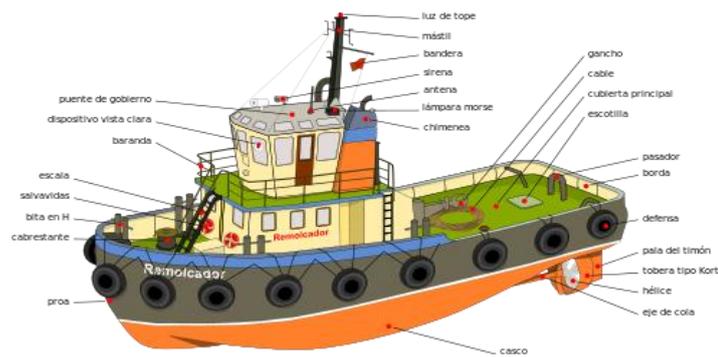


Figura 4: Partes de un remolcador, donde se aprecia la horquilla denominada pasador

(Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Remolcador>)

En los tractores, cuanto más a popa se instalen los rodillos, mayor es la fuerza de tracción disponible para el tiro indirecto, maniobra que consiste en colocar al remolcador perpendicular a la línea de remolque, generándose una fuerza de frenado por la pantalla que presenta el casco ante el agua, incrementada por tener en popa un gran quillote y en proa los propulsores.

Cuanto mayor sea la longitud del remolque tanto más segura será la navegación, pues el peso del remolque hará una catenaria que amortiguará los estrechonzos entre el remolcador y remolcado. Se procurará que la longitud sea tal que los dos buques queden entre dos senos de las olas o encima de dos crestas simultáneamente. Se arriará un ramal de cadena en el remolcado y este peso será favorable al actuar como amortiguador.

Otras veces el remolcador proporcionará unos pies de gallo al buque remolcado que consisten en dos ramales de cadena con concreto o cable, de igual longitud, que se pasan por las gateras de las amuras o por los escobenes y se hacen firmes en el castillo en varios puntos. Ambos ramales se engrilletan a un triángulo de hierro al que se engrilletterá la estacha intermedia. Deberán emplearse pies de gallo de cadena en los remolques de altura precisamente porque debido a su gran peso forman una catenaria que hace de muelle o amortiguador en los estrechonzos entre remolcador y remolcado debido al oleaje.

Engrilletado al triángulo del pie de gallo va la estacha intermedia o comba y luego, a continuación, el cable de remolque, que puede afirmarse a bordo del remolcador en el tambor del chigre de remolque de tensión constante, o bien al gancho de remolque de desenganche automático.

El conjunto de cable de remolque, pie de gallo, grilletes y gancho debe ser de la suficiente resistencia para poder soportar la enorme tensión que se crea en los remolques oceánicos con mal tiempo.

Otro elemento importante es el cable de seguridad, que tiene la misma forma que el pie de gallo y sirve para no perder el remolque en caso de rotura del pie de gallo principal. Va adujado a un costado del remolcado y bien trincado. El chicote lleva un boyarín.

La estacha intermedia, cable intermedio o comba, consiste en un ramal de cadena, alambre o cabo de fibra sintética que se intercala entre el pie de gallo y el cable de remolque. La finalidad es dar elasticidad al conjunto del remolque y así evitar estrechonzos que puedan llegar a partir el remolque. En los remolques costeros esta estacha intermedia generalmente es de fibra sintética para evitar un excesivo peso del remolque y, por consiguiente, la formación de una gran catenaria que puede ser peligrosa navegando cerca de la costa en aguas poco profundas. Si navegando en estas condiciones, el remolque tocara en el fondo o que el remolque quedara completamente vertical, frenando el avance del remolcador, mientras que el remolcado, que sigue a velocidad constante, se le echaría encima con peligro de abordaje y hundirlo. Cuando se sospeche una excesiva catenaria se deberá cobrar cable de remolque enseguida o bien aumentar la velocidad. Cuando el cable toca en el fondo o cuando el cable queda completamente a pique por la popa del remolcador, quedando éste prácticamente fondeado, se dice que el remolcador está “en hierros”.

El gancho de remolque de los remolcadores convencionales tiene movimiento vertical y gira de banda a banda sobre una guía semicircular. En los tractores va situado a proa de los rodillos.

En ambos casos se dispone de un sistema de disparo, normalmente neumático, con accionamiento local a ambas bandas y remoto desde el puente. Adicionalmente se instala un sistema de disparo automático en caso de emergencia, cuando se alcanza bruscamente un determinado ángulo de escora o cuando se produce una escora lenta pero progresiva del remolcador [5], [6], [8].



Foto 17: Gancho de remolque (Fuente: <http://mampaey.com/towing/quick-release-towing-hooks/>)

El chigre de remolque situado en la línea central en las proximidades del gancho, maneja el cable de remolque. Suele ser de accionamiento hidráulico y se maniobra localmente desde el puente. En este caso, en el puente se instala un pupitre de control de la velocidad y de la tensión en la línea de remolque y de control del sistema de frenado, de embragues, así como indicadores de longitud de cable extendido, etc.

La maquinilla o chigre de remolque se dispone con estibador automático, que es una guía móvil que, desplazándose a lo largo del eje de la maquinilla, ordena el cable en el tambor en sucesivas capas bien dispuestas, evitando que cada capa del cable se entremezcle con las anteriores y posteriores.



Foto 18: chigre de popa de un remolcador (Fuente: <http://www.google.es>)

## 2.5 Catenaria del remolque

Ya se ha dicho anteriormente que es necesario que el remolque tenga un cierto peso para que forme una catenaria que sirva para amortiguar los estrechazos por las sobrecargas producidas por el movimiento entre las olas. Sin embargo, tampoco debe ser excesivo el peso porque va a absorber potencia del remolcador y porque podría aumentar la catenaria del remolque hasta que éste tocara en el fondo, dejándolo “enrocado” o “en hierro”, o sea, fondeado con el peligro inminente de que el remolcado se le eche encima si no tiene tiempo de largar el remolque.

El remolcado puede acercarse, e incluso abordar, al remolcador por diversas razones:

- a) Fuerte marejada o corriente que disminuya drásticamente la velocidad del remolcador y el remolcado, debido a su gran masa, conserva la inercia y se aproxima al remolcador. En este caso también el peso del remolque influirá en la aproximación de ambos. En un caso así es conveniente llevar un remolque largo y a poca velocidad.
- b) Fallo de máquina del remolcador que le deje sin medios de propulsión, creándose una situación de aproximación con inminente peligro de abordaje si no se toman las medidas de urgencia necesarias.

En este último caso vamos a considerar tres circunstancias: remolque corto, mediano y largo.

Con un remolque corto, el peligro es inminente y se deberá largar inmediatamente el remolque y poner timón todo a la banda para separarse de la derrota del remolcado.

Con un remolque de mediana longitud, de unos 100 a 200m. en el momento de pararse la máquina se debe poner el timón todo a la banda y tener todo listo para largar el remolque solamente en caso de peligro.

Con un remolque de más de 200m. , en el momento de quedarse el remolcador sin máquina, se pondrá todo el timón a la banda y se estará listo para largar el remolque solamente en caso de inminente peligro. Se colocan las clavijas Norman lo más cerca posible de la popa dejando el cable de remolque entre ellas para que en ningún momento el cable de remolque tire de través, pues hay que pensar que el remolcador está prácticamente parado y el remolcado sigue con arrancada avante. Si no fuera posible colocar el cable en la popa, se abozará éste con una mordaza “Carpenters” por medio de un cable firme en popa en la línea de crujía, y una vez entra en fuerza se lasca del cable de remolque hasta que éste llame por la popa, momento en que se larga la mordaza.

En un remolque largo y en aguas poco profundas, si el remolcador se queda sin máquina, se puede ir largando cable de remolque hasta que quede bien enganchado en el fondo, lo que frenará el avance del remolcador y del remolcado, quedando separados uno del otro. [5]

## **2.6 Longitud del remolque**

La longitud del remolque depende de varios factores, tales como: período de la ola, estado de la mar, desplazamiento del remolcado, composición del cable de remolque, profundidad y velocidad de remolque.

Se procurará que remolcador y remolcado coincidan en la cresta o en el seno de la ola simultáneamente para asegurar una tensión de remolque constante. De lo contrario, si el remolcador entra en el seno de una ola y el remolcado sube una cresta se producirá un estrechazo muy violento que puede romper el remolque.

La longitud del remolque también dependerá del estado de la mar, pues con mar gruesa se deberá filar todo el remolque que se pueda, siempre teniendo en cuenta la profundidad para no enrocar. Se producirá una catenaria que absorberá las cargas dinámicas a que están sometidos remolcador y remolcado.

Diremos que cuando mayor sea la velocidad de remolque, mayor deberá ser la longitud del cable de remolque. También dependerá del espacio de maniobra disponible, pues para navegaciones por estrechos, ríos o zonas de mucho tráfico, la longitud del remolque será la mínima.

Por último podemos decir que la flecha de la catenaria del remolque no debe ser inferior a unos 8 m. con buen tiempo y no menos de 12 m. con mar gruesa. Es preferible un remolque corto y pesado que uno largo y liviano. [5]

## **2.7 Maniobra de dar el remolque**

La maniobra para dar el remolque dependerá de varios factores muy importantes a tener en cuenta, como son: forma de la superestructura del remolcado, asiento aproante o apopante y si está en lastre o cargado. Todas estas circunstancias vamos a estudiarlas a continuación.

### **2.7.4 Equilibrio del buque a la deriva con respecto al viento. Maniobra de acercamiento.**

1. *Debido a la superestructura.*

1.1 *Buque de puente a popa.* El buque adoptará una posición de equilibrio que recibirá el viento hacia proa del través.

Para dar el remolque a un buque que esté en esta condición, el buque remolcador (supondremos en todos los casos un buque no dedicado al remolque) se pondrá popa al viento y se dirigirá hacia la proa del remolcado pasando cerca de él y a la velocidad mínima que le permita gobernar y al estar ambas proas próximas, se pasa la guía que se tendrá preparada y fija a un cabo intermedio de remolque y que se cobra rápidamente desde el remolcado. Se tendrá mucho cuidado en que el cabo de remolque no vaya a la hélice cuando se dé atrás para parar la arrancada del remolcador. Una vez parado éste, el abatimiento será aproximadamente igual al remolcado si son del mismo tamaño, por lo que ambos buques se mantendrán a una distancia prudencial, pero no excesiva para poder pasar el cable de remolque con seguridad y sin gran esfuerzo. Esta maniobra de aproximación se empezará cuando remolcador y remolcado estén bien informados de la maniobra a realizar y esté todo preparado para realizarla.

Si fallara la maniobra de pasar la guía, el remolcador dará la vuelta por sotavento del remolcado y repetirá la misma maniobra.

Si el remolcado estuviese proa al viento, la mejor manera para pasar el remolque será hacer el remolcador un rumbo perpendicular al viento acercándose a una distancia prudencial de la proa del remolcado de forma que una vez parada la arrancada, el viento le vaya abatiendo en dirección del remolcado y poder pasar la guía. Se darán unas paladas avante para hacer rebasar la proa del remolcado y quedar libre de él, pues el remolcador, al estar atravesado al viento, abatirá más que el remolcado.

En esta condición podría pensarse que sería más fácil aproximarse por popa y hacer un rumbo paralelo al remolcado, pero podría ocurrir que al dar atrás para parar la arrancada, el remolcador arribe y se atraviese al viento aproximándose peligrosamente al remolcado. Si por las condiciones de mar gruesa y el estado de carga del remolcador (por ejemplo, con una gran cubertada, etc.) fuese peligroso atravesarse a la mar, hará la aproximación por popa del remolcado y recibiendo la mar por la amura.

En realidad, salvo un equilibrio del remolcado entre el viento, oleaje y corriente, no es probable que quede proa a las olas.

1.2 *Buque de puente a proa.* En este caso el buque quedará en una posición de equilibrio recibiendo el viento por popa del través o por la popa. Para pasar el remolque a un buque en esta posición, el remolcador se aproximará por popa por barlovento con viento de popa o de aleta y pasará a unos 30 m. del remolcado, dándole la guía y dando atrás para parar la arrancada y asegurándose de que tenga en todo momento la popa libre de la proa del remolcado. Como éste recibirá el viento más de costado, abatirá más rápidamente que el remolcador, que lo recibe de popa.

Si el remolcado estuviese popa al viento, el remolcador hará su aproximación por cualquier costado, y al estar a la altura de él, le pasa la guía y a continuación el cable de remolque.

1.3 *Buque de puente al centro.* En este caso el buque quedará en una posición de equilibrio atravesado al viento. Para pasar el remolque, el remolcador hará su aproximación por la popa con rumbo más cerrado para pasar a unos 30 m. de la proa del remolcado y calculando en todo momento el abatimiento del remolcador para que al llegar a la posición no quede demasiado cerca de la proa del remolcado. En este momento se pasa la guía y se da atrás una vez rebasada la proa para parar la arrancada y se tiende enseguida el remolque.

Cuando dadas las condiciones de mar y carga del remolcador, éste no pueda atravesarse a la mar, para dar la guía hará un rumbo popa al viento y mar pasando a unos 30 m. de la proa del remolcador y al estar en la posición dará la guía, y una vez la popa esté libre de la proa del remolcado, dará atrás para parar la arrancada y dar el cable de remolque.

En las situaciones en el que el remolcado esté atravesando al viento y oleaje se deberán tener en cuenta las siguientes circunstancias para efectuar la aproximación:

a) *Los buques abaten con igual velocidad:* Si observamos el tamaño similar de ambos buques y en las mismas condiciones de carga, se puede suponer que el abatimiento sería a igual velocidad. Otra variante podría ser la disposición de la superestructura que podría hacer adoptar posiciones iguales o diferentes al quedar a la deriva. Pero suponiendo que ambos factores sean semejantes, el remolcador se acercará al remolcado por barlovento con rumbo convergente hacia su proa, quedando parado a unos 30 m. de ella.

b) *Los buques abaten con diferente velocidad:* En este caso diremos que si el remolcador es más ligero que el remolcado, deberá pasar por barlovento para pasar la guía, y si es más pesado y abate menos, se aproximará por sotavento para que así el remolcado se le aproxime y sea más fácil pasar el cable de remolque.

En ambos casos se puede ver claramente que si el tamaño de los barcos es muy diferente, el mayor proporciona mucho socaire al menor, facilitando así la operación de dar el remolque. En esos casos el buque de barlovento puede echar aceite para calmar las olas en caso de mar gruesa.

Si no se tiene o no se consigue pasar la guía con el lanzacabos, se puede pasar el remolque amarrando un flotador o un bidón a un cabo fino y se echa por la popa del remolcador, éste describe una circunferencia alrededor del remolcado por barlovento y el viento le llevará el flotador. Otro procedimiento consiste en echar un flotador con un cabo guía por sotavento del remolcado, llegando con el viento y el oleaje al remolcador.

2. *Debido a su asiento.*

2.1. *Buque con asiento apopante:* Su posición de equilibrio le dejará de aleta o popa al viento ya que al tener el centro de resistencia lateral desplazado hacia popa, ésta ofrecerá más resistencia al agua, haciendo arribar la popa.

2.2. *Buque con asiento aproante:* No es normal que un buque tenga un pronunciado asiento aproante, pero podría darse el caso de un buque con una vía de agua a proa y quedara en esta posición. Al contrario del caso anterior, el centro de resistencia lateral se habrá trasladado hacia proa, por lo que, al ofrecer mayor resistencia quedará de amura o de proa al viento. [5]

## **2.7.2 Afirmado del remolque**

Vamos a considerar dos casos:

1. *Remolque efectuado por un remolcador:* Una vez hecha la aproximación al remolcado y la maniobra esté preparada en la popa, se pasa la guía o sisga, que tanto puede ser lanzada por el remolcador como por el remolcado y, una vez pasada, se amarra al chicote de un cabo llamado “mensajero”, de suficiente resistencia para pasar un cable.

El mensajero se jala desde a bordo del remolcado y en su chicote lleva un cable de unos 45 a 60 m. y de unos 5 cm. de diámetro. Una vez el cabo a bordo, se desentalinga el ancla y la cadena se engrilleta al cable, pasándolo previamente por la gatera “panamá”. El otro extremo del cable va engrilletado a una estacha de nylon de 100 a 150 m. de longitud y de suficiente mena, incluso se puede poner en doble para dar mayor elasticidad al remolque.

Para evitar que la estacha intermedia pueda filarse completamente debido al peso del cable antes largado, se puede abozar con un cabo fino. El chicote de la estacha intermedia se engrilleta al cable de remolque.

Una vez largado parte del remolque y esté completamente clara la maniobra en ambos barcos, el remolcador dará avance muy despacio y a medida que el cable entre en fuerza se va lascando cable de remolque y, en el remolcado, al entrar algo en fuerza la cadena, se va desvirando poco a poco hasta dejar unos 2 ó 3 grilletes para formar la suficiente catenaria para amortiguar los grandes estrechazos con fuerte oleaje. Se tendrá muy en cuenta la profundidad por donde se va a navegar para evitar que ambos buques entren en “hierros”.

Si esta maniobra hay que hacerla con mal tiempo y con gran rapidez por encontrarse el remolcado en peligro, después de recuperar el “mensajero” se hace firme el cable directamente en las bitas del castillo, repartiendo la tensión en diversos puntos fijos.

La cadena del remolcado quedará frenada en el molinete y el barbotín engranado. Se colocará el estopor y la boza. El lector puede recurrir a la referencia [3] para ampliar esta parte

2. *Buque que remolca a otro buque:* El buque remolcador preparará dos ramales de cable de 40 a 60 m. de longitud cada uno y se engrilletan al mayor de los grilletes disponibles a bordo, para formar un pie de gallo. Se afirman los chicotes a bordo en diferentes puntos para repartir la carga, incluso llevándolos hacia proa a otras bitas o alrededor de superestructuras. Se afirma al grillete del pie de gallo una estacha de nylon de unos 100 m. para dar elasticidad al remolque.

En el buque a ser remolcado, se saca el cable de remolque, que generalmente va estibado en el pañol de proa y se aduja en el castillo. Se bloquea un ancla y se desentalinga la cadena (esta operación puede ser muy laboriosa y algunas veces hasta imposible debido a las condiciones de la mar o la urgencia del caso. Se engrilleta el cable de remolque a la cadena y el otro chicote del cable se amarra a un “mensajero” y éste a su vez a la sisga.

Una vez preparada la maniobra, el remolcador se aproxima al remolcado pasando la sisga éste o el primero, se jala de ella y al llegar al mensajero lo pasa al cabirón del cabrestante o maquinilla de popa y va virando a medida que el remolcado va filando cable de remolque, y al tenerlo todo a bordo del remolcador lo engrilleta a la estacha intermedia. Una vez unido el remolque, el remolcador da avante muy despacio y se va tensando el remolque, obligando a la cadena del remolcado a salir por la gatera “panamá” mientras se va desvirando con el molinete engranado.

Cuando hayan salido de 2 a 3 grilletes de cadena, se frena el barbotín y se coloca el estopor y la boza de la cadena.

La comunicación entre remolcador y remolcado será permanente para indicar en todo momento la maniobra a realizar. [5]

### **2.7.3 Remolque de un buque sin timón**

Para remolcar a un buque que ha perdido el timón, se tendrá en cuenta su velocidad normal de crucero, pues si ésta es mayor que la del remolcador, el remolque se dará por la popa del buque sin gobierno y cambiando el rumbo el remolcador para mantener el rumbo que debe llevar el remolcado.

Si la velocidad del remolcador es mayor que la del remolcado, o se debe navegar por zonas de mucho tráfico, el remolcador pasará el cable de remolque al buque siniestrado tirando de él a una determinada velocidad, pero como el remolcado dará máquina avante, la resistencia del remolque será pequeña y el efecto del remolcador será solamente servir de timón al remolcado.

## **2.7.4 Remolque por popa.**

Puede suceder que un buque siniestrado quede a la deriva con la popa fuera del agua o que se hubiese partido en dos partes y solamente quedará la parte de popa.

Para efectuar el remolque se puede emplear uno o dos remolcadores. Será mejor con dos si se debe navegar por zonas estrechas y de mucho tráfico para evitar que el remolcado pueda dar grandes guiñadas al no tener sistema de gobierno. Se preparan dos pies de gallo, uno a popa que se afirmará al triángulo y cable de remolque de delante y el otro se afirma al triángulo y cable del remolcador de atrás.

El remolcador de popa desarrollará menos velocidad que el de proa para hacer de ancla flotante al buque siniestrado y mantener la estabilidad de rumbo, disminuyendo así la guiñada.

## **2.7.5 Comunicación entre remolcador y remolcado**

Desde el primer contacto que se establezca entre remolcador y remolcado mucho antes de dar el remolque, ambos tendrán un sistema de comunicaciones por radio en VHF o receptor/transmisor portátil. Los capitanes se trazarán un plan de actuación que comprenderá la aproximación del remolcador y los preparativos que debe realizar cada buque, saber si el buque siniestrado está en condiciones operativas como para poder dar su cable de remolque, o por lo menos preparar un ramal de cadena para afirmarlo al cable que le dé el buque que le va a remolcar, que puede ser que no sea un buque remolcador, y por tanto, no dispondrá de todo el material deseable para dar un remolque con seguridad.

Durante la navegación, si el remolcado va tripulado, se pueden hacer señales Morse con el “aldis” para llamar la atención o conectar la radio en el canal acordado.

En las maniobras de puerto, el Práctico se comunica con el remolcador por VHF o por medio de pitadas o grupos de pitadas que indica cada una la maniobra a realizar.

## **2.7.6 Navegar con remolque**

La velocidad del remolcador al principio debe ser la mínima hasta ir tensando el remolque. El remolcador siempre tirará en la línea proa-popa del remolcado y los cambios de rumbo los irá haciendo con metidas de timón de 10°. Cuando el remolcador tenga que hacer un cambio grande lo avisará al remolcado y entonces éste pondrá el timón a la banda contraria hasta tener la proa enfilada con la línea proa-popa del remolcador.

Como vemos en la siguiente figura, cuando el remolcador hace un cambio de rumbo se forma un ángulo entre la línea proa-popa y el cable de remolque, apareciendo un par de fuerzas  $F$  y  $-F$ . Si el remolcado pusiese también el timón a babor, al caer la proa actuaría en contra del par evolutivo del remolcador, con peligro de hacerle zozobrar. Para evitarlo se pondrá el timón del remolcado unos grados a la banda contraria a fin de disminuir el ángulo  $a$ , y cuando la proa del remolcado esté en línea con proa-popa del remolcador, empezará a poner el timón a babor.

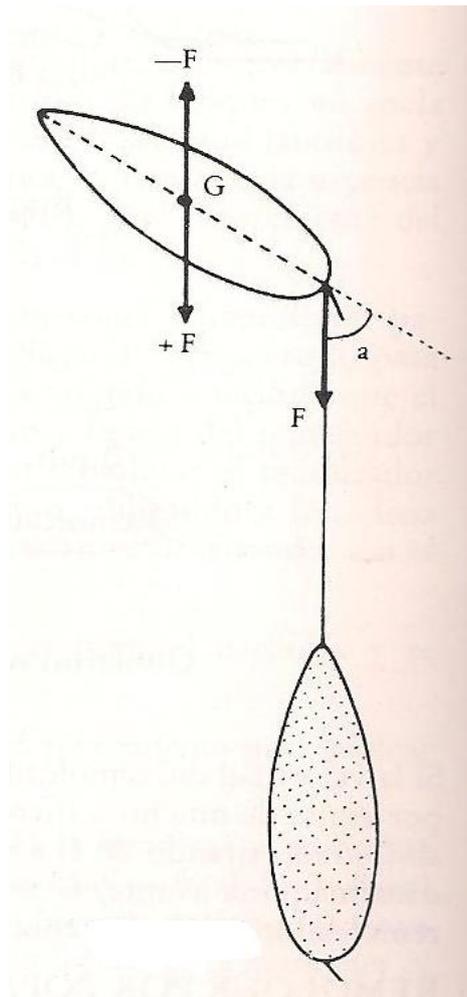


Figura 5 (Fuente: Tratado de maniobra y tecnología naval)

Si el remolque no fuese tripulado, cuando el remolcador deba hacer un cambio grande de rumbo, hará firme la retenida de remolque o colocará la clavija Norman a una de las aletas para evitar que el cable de remolque llame de través.

Uno de los grandes peligros a que está expuesto el remolcador es que el cable de remolque le llame de través, pues al formarse un par de fuerzas, cuyo brazo será la

distancia vertical que separa el punto de afirmado del remolque y el gancho o chigre de remolque del remolcador, al vencer el momento del par de estabilidad transversal del remolcador, se producirá el vuelvo o zozobra rápidamente.

Cuando el cable quede de través, inmediatamente se pondrá el timón a la banda para obligar a la popa del remolcador ponerse en dirección del cable de remolque y estar preparados para largar el remolque en caso de inminente peligro [5], [6].

### **2.7.7 Remolque con mal tiempo**

Las condiciones meteorológicas jugarán un papel muy decisivo en la realización con éxito de un remolque. Se deberán tomar todas las precauciones posibles para evitar daños personales a la tripulación y averías al remolcador y remolcado. Se tendrán muy en cuenta la longitud de remolque más conveniente según el período de la ola de forma que el remolcador y remolcado queden sobre dos crestas o entre dos senos.

También se mantendrá una velocidad mínima en el caso de producirse grandes estrechazos, pero que permita tener en todo momento el control del remolque. Se evitará acercarse demasiado a la costa para evitar verse empeñado en ella y no tener la suficiente cancha libre para salir de la misma.

En las siguientes imágenes se pueden observar de manera resumida las formas más usuales de dar remolque según las necesidades de cada caso.

## 3 Operaciones de remolcadores Azimut Stern Drive (ASD)

### 3.1 Introducción

Dado que el proyecto que se está desarrollando se trata del estudio sobre un remolcador ASD, como es el Vb. Tenerife de la compañía Boluda Corporación Marítima, se procederá a describir más en detalle este tipo de embarcaciones y su forma de operar.

Como bien se ha comentado en el punto 2.3.4, la mayor parte de los remolcadores con hélices azimutales a popa o ASD, construidos o en proceso de fabricación actualmente, presentan dos hélices montadas dentro de toberas bajo la popa. En la mayor parte de los casos estas hélices son de paso fijo, pero en algunos casos se instalan hélices de paso variable. Ambas hélices pueden girar 360° sobre su eje vertical con independencia uno del otro.

Los propulsores pueden ser controlados mediante un único joystick o por mandos separados, dependiendo del fabricante del sistema propulsor. En el caso del control mediante un único joystick, los propulsores se orientan de forma pre-programada de acuerdo con la dirección e inclinación del mando. El cambio a un sistema de control independiente de los propulsores es generalmente posible y recomendable, pues un barco con este último tipo de control presenta a su patrón mayor número de combinaciones en las orientaciones de las hélices que un control por joystick. Con controles separados, el empuje y la dirección en la que se ejerce puede ser regulada independientemente para cada propulsor.



Foto 19: Puente de mando de un remolcador (Fuente: <http://www.google.es>)

En la foto superior puede observarse un ejemplo de estos mandos. Se componen de dos partes móviles bien diferenciadas: la inferior, más voluminosa, gira 360° indicando el sentido de empuje de cada hélice, mientras que la superior, más pequeña, desliza sobre la primera describiendo un arco desde la posición vertical o de parada a la horizontal o de máximo empuje. Pese a que el sistema es muy intuitivo, suelen disponerse un par de pantallas, en las que se indica tanto la dirección como el empuje, como porcentaje sobre el máximo posible.

En la construcción de cada remolcador individual se tienen en cuenta las características operativas para las que irá destinado, por lo que pueden existir gran variedad de configuraciones dentro de un mismo tipo de buques. Una gran parte de los remolcadores con propulsión acimutal a popa- casi todos los destinados a EE.UU. y a otros puertos del pacífico-, se construyen para trabajar junto al costado del buque a remolcar, en maniobras a carnero, y están especialmente diseñados para operar sobre su proa. Estos buques denominados Reverse tractors o empujadores, rara vez tienen una maquinilla de popa y a menudo la superestructura se alarga hacia esta zona. En la mayor parte de los casos las posibilidades de tirar de un cabo por popa se limitan al gancho de remolque, y suele estar a una distancia tan próxima a proa de los propulsores que el remolque por la popa durante las maniobras en puerto resulta cuanto menos poco efectivo.

El resto de remolcadores con propulsión azimutal a popa se diseñan de forma que puedan operar con efectividad como remolcadores convencionales usando la maquinilla de popa y como tractores utilizando la de proa. A veces el chigre de popa es opcional para estos buques y puede instalarse con posterioridad. Estos son los más comunes en Europa, y son el tipo conocido aquí comúnmente como remolcador ASD.

El diseño de remolcadores ASD difiere y cambia continuamente, particularmente en lo referente al tamaño, potencia, equipamiento de cubierta y diseño del casco; tanto debido a la experiencia como a los nuevos desarrollos y tecnologías, a los estudios y a los requerimientos específicos.

Aún cuando los buques sean ideados específicamente para trabajar sobre la proa o indistintamente sobre proa o popa, puede haber significativas diferencias en el diseño del casco y especialmente de la zona de la popa destinada a albergar los propulsores. Este es un factor a tener en cuenta en todos los remolcadores ASD, pues todos operan por proa, y es particularmente importante al realizar maniobras de remolque “proa-a-proa”

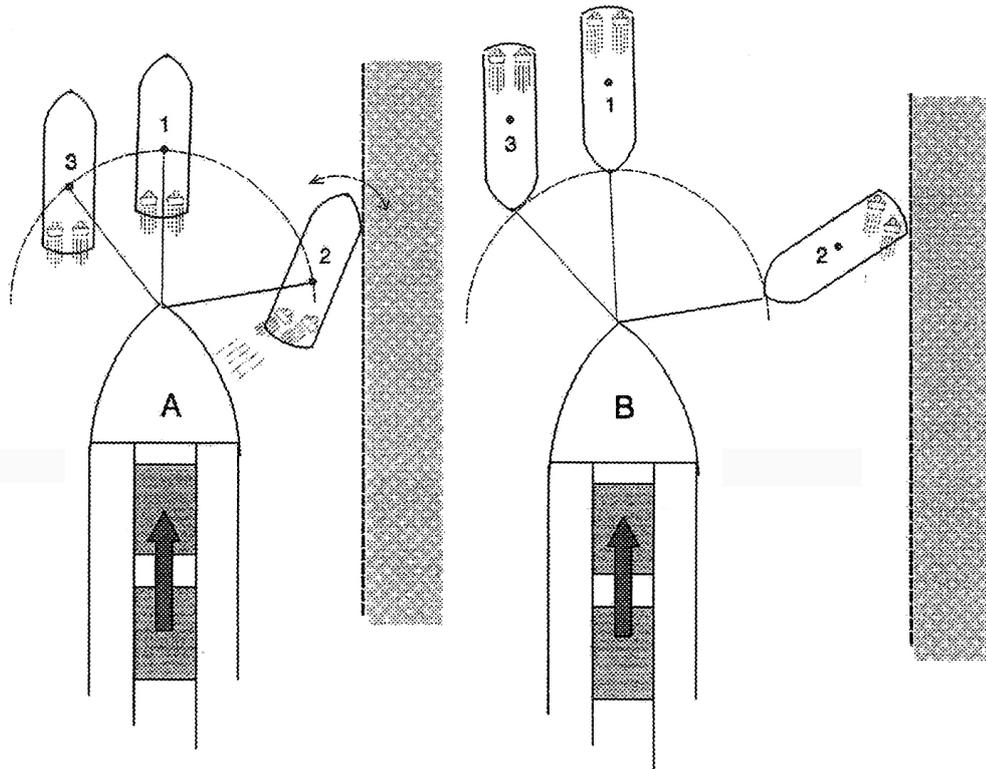


Figura 6: Popa-proa y proa-proa (Fuente: Libro Tugs use in port)

En la figura anterior se muestra las diferencias entre unos remolcadores ASD operando “popa-a-proa”, situación A, y “proa-a-proa”, situación B. De forma análoga, en la figura siguiente se intenta mostrar la similitud entre las formas de trabajar de un tractor, cuyos propulsores van situados bajo la parte de proa del casco, y la de un ASD cuando opera “proa-a-proa”. Tanto en uno como en otro el remolque se realiza por la parte más próxima al buque remolcado, mientras que los propulsores ejercen el empuje en el otro extremo, alejados del buque asistido. La diferencia es que el remolcador ASD se sitúa en la dirección contraria comparado con un remolcador tractor, es decir, con la proa en la dirección al barco asistido. Esto es por lo que a un remolcador ASD operando de esta manera se le suele denominar “reverse tractor tug”, o que opera como un remolcador tractor inverso. Esto es, sin embargo, importante para comprender que la prestación, y particularmente la efectividad remolcando, de un remolcador ASD cuando opera proa-a-proa como un remolcador tractor inverso es básicamente la misma que para un remolcador tractor. Sin embargo, los tractores tienen una mayor maniobrabilidad que los ASD operando como reverse tractors, y además, cuando por ejemplo la propulsión se dirige a un costado, el tractor se desplazará normalmente hacia el costado contrario, mientras que el ASD tendería a girar. Este aspecto juega un papel clave en el objeto de la discusión, y servirá para la mejor comprensión de los siguientes párrafos.

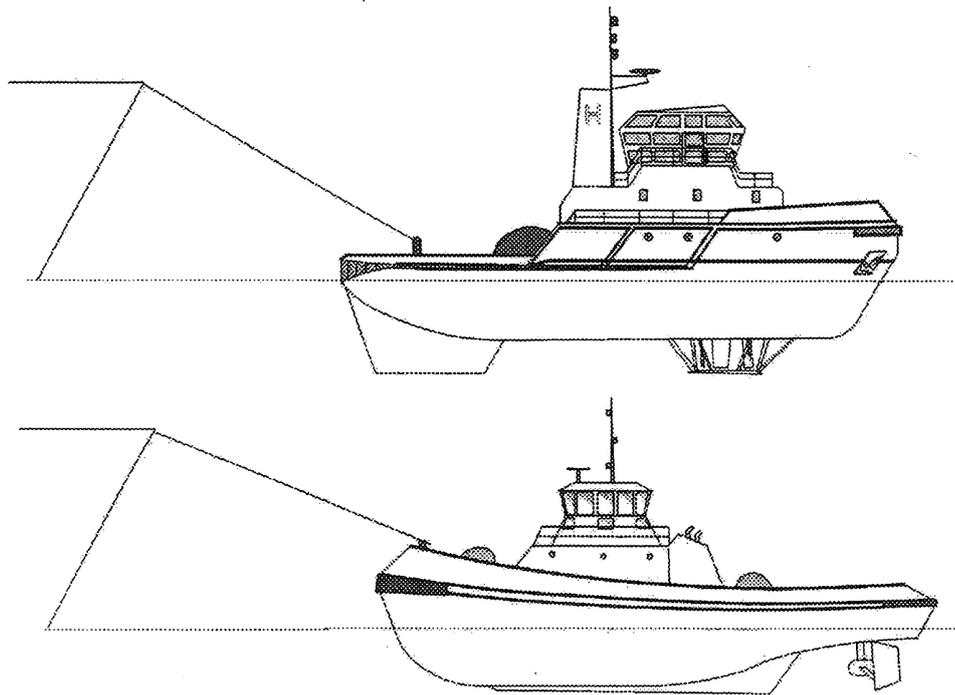


Figura 7: similitud de tiro entre un remolcador tractor y remolcador ASD (actuando como reverse tractor)

(Fuente: Libro Tug use in port)

### 3.2 Proa-proa contra popa-proa: riesgos, efectividad y aspectos operacionales

A continuación se destacarán varios aspectos de ambas formas de trabajar a fin de hallar la forma más adecuada de operar estos remolcadores. Sin embargo, uno de los factores más importantes para operar correctamente un remolcador ASD es la propia experiencia del capitán. Algunos capitanes de remolcadores de este tipo pueden adquirir experiencia trabajando en una de las dos maniobras, pues en varios puertos sólo se utiliza uno de los dos métodos. En el caso de que un patrón de un ASD haya adquirido su experiencia trabajando siempre “popa-a-proa”, puede suceder que desconozca las capacidades de su buque trabajando “proa-a-proa”. Esto puede terminar en una baja valoración de las cualidades del remolcador, particularmente con respecto a la máxima velocidad de seguridad o a una sobreestimación de las capacidades de la embarcación para navegar hacia popa, lo cual puede resultar peligroso. Esto significa que no únicamente la experiencia con un determinado remolcador es importante, sino también la experiencia con un determinado método de asistencia, en este caso proa-proa, popa-proa o ambos. Esta experiencia deberá, por lo tanto ser vista como un factor importante cuando decidamos qué método de remolque es el más apropiado.

### **3.3 Proa-proa contra popa-proa al hacer firme**

Para ambos métodos la velocidad es el factor más crucial. Con respecto a la velocidad del buque, consideraremos primero la operación proa-proa.

La diferencia en el diseño de la obra viva de un remolcador ASD, y en particular con respecto a la configuración del quillón, puede resultar en capacidades totalmente diferentes cuando el remolcador esté navegando de popa firme a la proa.

Mientras el remolcador esté navegando hacia popa en línea con el buque asistido (ver fig.6, situación B, posición 1) no podrá haber problemas mientras la velocidad del buque asistido esté por debajo de la máxima velocidad atrás del remolcador, teniendo en cuenta el estado de la mar. Los problemas pueden surgir cuando el remolcador tiene que desviarse de ese rumbo para conseguir alteraciones de rumbo del buque (posición 2). Entonces se necesitará más empuje para tirar del casco del remolcador a través del agua contra el flujo de agua en contra y por lo tanto la velocidad del remolcador en la dirección del movimiento del buque disminuirá. A un cierto ángulo de remolque y velocidad del buque, la fuerza hidrodinámica del flujo del agua en contra puede llegar a ser tan grande que no pueda ser superado por las fuerzas propulsoras y el buque adelantará al remolcador que girará y puede terminar aconchándose al buque, produciéndose lo que se conoce como tripping ( De esta manera se denomina a la situación en la cual el remolcador es adelantado por su remolque ocasionándole una pérdida de gobierno que le llevará al costado del asistido o a dar la vuelta). Esto puede ocasionar daños al remolcador y al buque, particularmente a velocidades altas. También debe tenerse en cuenta que la efectividad del tiro del remolcador disminuye dramáticamente con el incremento en velocidad. Cuanto más alta sea la velocidad del buque más potencia necesitaremos para tirar del casco del remolcador a través del agua, menos fuerza de gobierno podrá ser aplicada al barco.

Cuanto mejor sea el diseño de la obra viva y quillón para operar atrás, mejor podrá un remolcador gobernar y será posible una velocidad de seguridad atrás alta. Esto se explica en la siguiente figura. Cuando el diseño de la obra viva y quillón es de tal forma que el centro de presión de las fuerzas hidrodinámicas laterales está localizado lo más posible a proa, se necesita una pequeña fuerza de empuje para compensar la fuerza hidrodinámica lateral y se pueden aplicar fuerzas de gobierno mayores. En otras palabras, el remolcador puede desviarse con más seguridad de un rumbo por la proa a altas velocidades, y volver a la proa del barco, aplicando fuerzas de gobierno de igual manera; un remolcador más seguro y eficiente. Desde luego, también influye una baja resistencia del casco y una potencia disponible alta.

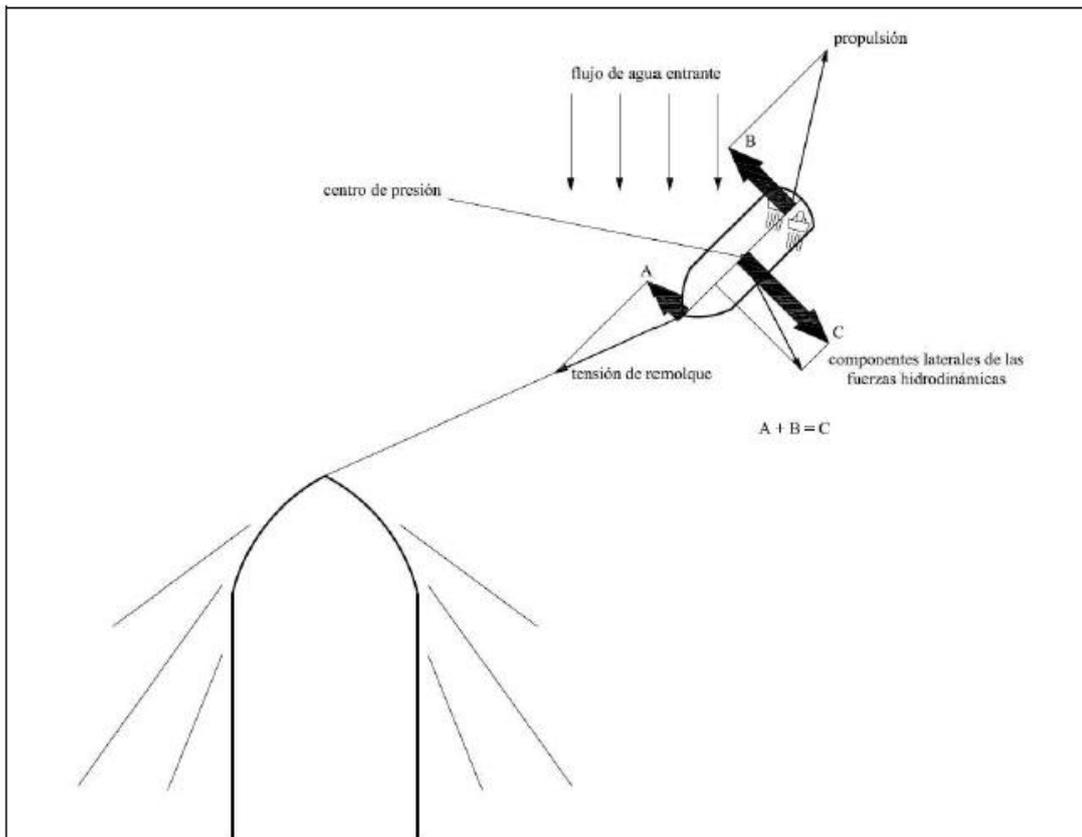


Figura 8: Efecto del cambio del centro de presión en las capacidades del remolcador (Fuente: <http://www.google.es>)

Hay otro importante aspecto del diseño a tener en cuenta. El quillón puede ser diseñado de tal manera que se extienda mucho hacia popa. En la situación de por ejemplo la figura 8 una parte del agujaje impulsor golpeará el quillón y creará una fuerza en la parte trasera del remolcador. Esta fuerza puede tener un efecto negativo sobre las fuerzas impulsoras aplicadas para mantener al remolcador en posición o para volver a colocar al remolcador a proa del buque. Disminuye la habilidad para asistir a un buque proa-proa con arrancada.



Foto 19: Popa de un remolcador ASD donde se puede apreciar el quillón extendiéndose muy hacia popa (Fuente: <http://www.google.es>)

Un aspecto a tener en cuenta también es la manera en que se controlan los impulsores. Cuando en el caso de un sistema de control programado el remolcador debe desviarse de su rumbo, los impulsores podrían estar programados u operados de tal forma que se colocarán en un ángulo determinado cada uno, no de la forma más efectiva. Esto tendrá su efecto en la velocidad del remolcador avante o atrás. En el caso de controles separados los impulsores pueden mantenerse más o menos paralelos, lo cual es más efectivo, incluso si se tiene que realizar un giro.

En relación a los aspectos mencionados en este párrafo, se puede concluir que las prestaciones de los remolcadores ASD cuando operan proa-proa varían en gran medida según el diseño del casco, tanto la obra viva como la configuración del quillón, mientras que también juegan un papel importante la potencia de máquinas y la manera en que controlamos los impulsores.

Por la experiencia se sabe que la máxima velocidad de seguridad para una operación segura proa-proa para un cierto remolcador es por debajo de 4 nudos. Para ciertos remolcadores y en aguas tranquilas esta velocidad se podría incrementar hasta los 7 nudos. Tal velocidad se ha venido considerando un máximo para remolcadores ASD bien diseñados, una velocidad equivalente al avante muy poca de muchos buques.

Estará claro ahora que debemos conocer muy bien las capacidades de los remolcadores para operar proa-proa y navegar hacia popa. Este aspecto se deberá tener en cuenta cuando decidamos usar remolcadores ASD para operaciones proa-proa con buques con arrancada.

En el caso de que usemos un remolcador ASD popa-proa (ver fig. 6, situación A), la velocidad del buque no supondrá ningún problema, mientras que la velocidad se

halle por debajo de la máxima velocidad del remolcador. Sin embargo, cuando intentemos gobernar (ver fig.6, situación A, posición 2) el patrón del remolcador deberá estar muy familiarizado con los límites del remolcador. A una cierta velocidad el remolcador puede caer demasiado y podría no ser capaz de volver a la proa del buque asistido. Si se da esta situación el buque asistido puede adelantar al remolcador y llegar el cabo de remolque a trabajar con mucha tensión con un ángulo recto respecto al remolcador y entonces éste puede volcar (girting), a menos que el sistema de disparo rápido se use a tiempo. Se recomienda generalmente una velocidad máxima de aproximadamente 7 nudos cuando un ASD esté operando popa-proa, aunque se puede trabajar a velocidades superiores con un buen remolcador, un patrón de remolcador experimentado y una buena cooperación entre el práctico y el patrón del remolcador. [10]

Hasta el momento hemos alcanzado las siguientes conclusiones:

- Las capacidades de los distintos remolcadores stern drive azimutales difieren considerablemente cuando operan proa-proa hacia popa con un barco con arrancada, debido a las diferencias en diseño.
- Un patrón de remolcador tendrá la experiencia correcta con respecto al manejo de su remolcador stern drive azimutal específico y al método de asistencia que usará con su remolcador, en este caso popa-proa y/o proa-proa.
- Se deberá conocer perfectamente la máxima velocidad de seguridad de un remolcador stern drive azimutal cuando opere proa-proa, teniendo en cuenta también las condiciones de mar.

Para ciertos remolcadores stern drive azimutales una velocidad tan baja como 4 nudos puede ser la máxima para operaciones proa-proa, incluso con mar en calma, mientras que para remolcadores stern drive azimutales de diseño apropiado, la velocidad máxima de seguridad puede estar en torno a 7 nudos con mar en calma.

- En el caso de que la velocidad del buque no pueda ser mantenida a un nivel de seguridad para un remolcador stern drive azimutal operando proa-proa, el remolcador deberá, en el caso de ser un ASD-tug, operar con la popa usando el chigre o maquinilla de popa, como lo haría un remolcador tractor, o asistir de otra manera en la amura.
- Una velocidad de 7 nudos puede también considerarse como la velocidad máxima recomendada para operaciones popa-proa, a pasar de poder trabajar con seguridad a velocidades superiores con un buen remolcador, un patrón de remolcador experimentado y una buena cooperación entre el práctico y el patrón del remolcador.

## **3.4 Proa-proa contra popa-proa al hacer firme**

### **3.4.1 Aproximación a la proa de un buque con arrancada**

Alrededor de la proa de un buque con arrancada hay un campo de presión y por lo tanto un campo de flujo, el cual tiene su efecto sobre un remolcador próximo. Cuando el remolcador cambie de posición relativa a la proa, el efecto sobre el mismo cambiará constantemente. Además, las cambiantes fuerzas de interacción entre el remolcador y el buque causadas por el paso del agua entre los dos cascos ocasionan un continuo cambio en las fuerzas de succión y momentos de giro sobre el remolcador.

Todas las cambiantes fuerzas y momentos de giro actuando sobre un remolcador próximo a la proa afectan a la aproximación del remolcador a la proa y al posicionamiento cerca de la proa para coger la sísiga y pasar el mensajero más la línea de remolque.

Los campos de presión y patrones de flujo alrededor de la proa de un barco varían de acuerdo a la forma del casco del buque, calado y velocidad del mismo. Hay un número de factores que incrementan aún más esos efectos. Ellos podrán llegar a ser mayores en lugares como, por ejemplo, aguas confinadas y cuando el espacio bajo la quilla disminuye. Con respecto a las fuerzas de interacción entre el remolcador y el barco, lo más importante es la distancia entre los dos cascos y la velocidad del buque asistido. Cuanto más pequeña sea la distancia y más alta sea la velocidad del buque asistido, mayores serán las fuerzas de interacción. Se debe advertir que las fuerzas de interacción se incrementan por el cuadrado de la velocidad del buque. Ésta es la razón por la cual la velocidad del buque no deberá ser mayor de 7 nudos cuando se dé el remolque a proa [10].

Se puede concluir que las fuerzas y momentos de giro en las proximidades de un buque actuando sobre un remolcador pueden ser fuertes y variar constantemente, aunque la situación difiere según el tipo de buque y situación de carga, como es el caso por ejemplo entre un portacontenedores y un granelero o petrolero cargado.

Un patrón de remolcadores bien experimentado estará siempre atento a esos efectos. Lo que nos muestra de nuevo la importancia de la experiencia. La situación en la proa del buque asistido puede incluso hacerse más peligrosa con mal tiempo o con una tripulación inexperta en el asistido.

A continuación se entrará en detalle sobre la mejor forma de aproximarse a la proa, haciendo hincapié en las operaciones proa-proa.

Para aproximarse a la proa de un buque con un remolcador stern drive azimutal son relevantes los siguientes aspectos:

- Tipo de barco y calado
- Velocidad del barco
- Capacidades del remolcador y comportamiento
- Dirección del viento
- Estado de la mar

Los campos de presión y los patrones de flujo difieren en gran medida de acuerdo con la forma del casco del buque y el calado, como ya hemos comentado anteriormente. Petroleros y graneleros cargados tienen una pronunciada onda de presión alrededor de la proa, que se incrementa con la velocidad y con poco espacio libre bajo la quilla. La velocidad del flujo de agua en la onda de presión de proa es considerablemente más baja. La situación cerca de la proa en buques más esbeltos, tales como por ejemplo, portacontenedores, cocheros y también buques en lastre, es diferente. La onda de presión a proa como se muestra en la siguiente figura es más o menos inexistente, o localizada más atrás. Se puede encontrar más cerca de la proa flujo de agua sin distorsionar.

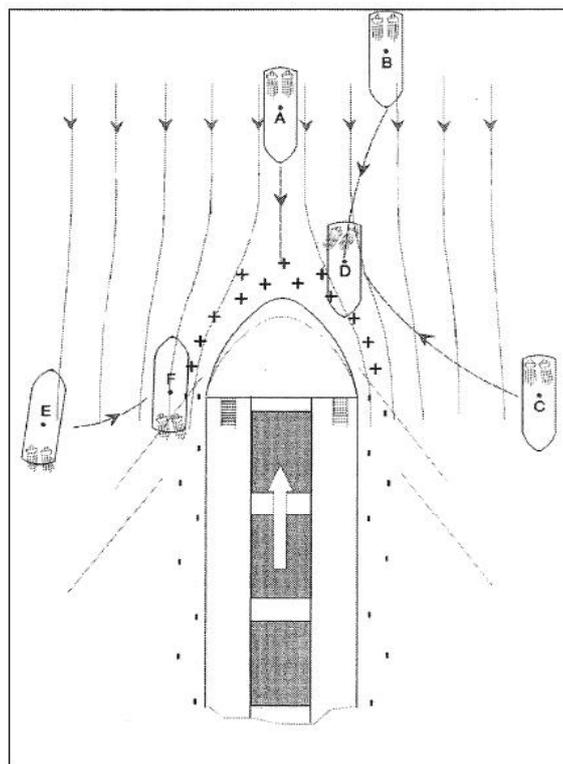


Figura 9: Remolcador aproximándose a proa (Fuente: Libro Tug use in port)

Como ya se describió anteriormente, las capacidades de diferentes remolcadores stern drive azimutales para navegar y operar hacia popa pueden ser completamente diferentes. Esas capacidades y limitaciones deben ser bien conocidas por el patrón del remolcador. Si tiene que hacer firme a un barco proa-proa y la velocidad del barco es demasiado alta comparada con las capacidades del remolcador, no deberá

aproximarse a la proa. Si la velocidad del barco no puede ser reducida a un nivel aceptable, el remolcador deberá de asistir de alguna otra forma, o ser reemplazado por un remolcador más capacitado para la maniobra requerida.

La mayoría de los remolcadores stern drive azimutales tienen potentes motores y a una relativamente baja velocidad el empuje para gobernar ocasiona un remolcador con una popa más bien agitada. Este aspecto es de una particular relevancia en las diversas situaciones alrededor de la proa de un buque como se comentó anteriormente, donde las fuerzas y momentos de giro actuando sobre el remolcador fluctúan constantemente.

La dirección del viento también juega un papel decisivo en la aproximación de un remolcador al buque asistido. Para coger la sisga, el patrón del remolcador lo colocará a sotavento de la proa.

Las olas son un factor limitativo con respecto a la capacidad de un remolcador stern drive azimutal para navegar hacia popa como ya se ha mencionado anteriormente.

Todos estos aspectos determinan un papel decisivo en como aproximarnos a la proa de un barco de la manera más segura posible.

Para operar proa-proa se considera más segura una aproximación desde una situación adelantada a la proa. Algunos patrones experimentados pueden aproximarse a la proa a través de la misma (ver fig.9, posición C). Este método presenta algunos riesgos. El remolcador tiene que llegar muy cerca de la proa del buque para recoger la sisga. Cuando aproximamos la proa del remolcador, éste entra bajo la influencia del patrón de flujo alrededor de la proa del buque asistido, el cual cambia continuamente cuando el remolcador se va aproximando cada vez más al buque asistido, en este punto las fuerzas de interacción comienzan a ser cada vez más determinantes. Esto, en combinación con el comportamiento agitado del remolcador, ocasiona una situación bastante inestable cerca de la proa. Un pequeño error de gobierno puede acabar en un contacto con el costado del buque asistido o incluso acabar con remolcador bajo la proa del buque. Además, cuando el remolcador tiene que gobernar, por ejemplo si tiene que alejarse de la proa del buque, éste pierde velocidad, lo cual puede llegar a ser un problema cuando la velocidad del buque es relativamente alta. Más aún, en las proximidades del buque cualquier intento de alejarnos del casco del buque usando los propulsores hacia la banda contraria, aproximará más la proa del remolcador al casco del buque y consecuentemente las fuerzas de succión sobre el remolcador se incrementarán.

La aproximación a la proa desde la posición C incluye también el riesgo de que la superestructura del remolcador pueda entrar en contacto con la prominente proa de los portacontenedores particularmente, lo cual es otra razón para no aproximarse a la proa desde la posición C.

Como ya se mencionó anteriormente, una aproximación de frente se considera la manera más segura de hacer firme la maniobra proa-proa. Teniendo en cuenta en cada momento la diferencia entre las formas de los diferentes tipos de buques, por ejemplo portacontenedores y graneleros o petroleros cargados.

En el caso de portacontenedores y buques de formas similares, como por ejemplo petroleros y graneleros en lastre, la mejor aproximación es aquella que se hace justo por la proa (ver fig.9, posición A). Al comienzo el remolcador puede lentamente proceder hacia atrás en una posición como la indicada en la fig. 9, posición B. Cuando el buque se aproxime el remolcador puede colocarse en la posición A, manteniendo la velocidad por debajo de la del buque que se aproxima y manteniendo su proa en dirección a la de este. Cuando el buque se aproxime más, la velocidad hacia atrás del remolcador puede incrementarse hasta igualarse a la velocidad del buque, para luego situarse justo por la línea de crujía, justo por la proa, del buque asistido para recoger la sisga y dar el cabo de remolque.

Usando este método, la velocidad del remolcador puede mantenerse bajo control y cuidadosamente igualada (controlando siempre una distancia fija entre buque y remolcador) con la velocidad del buque que se aproxima. El campo de flujo en la proa del buque está en equilibrio y no tiene o tiene poco efecto en la posición del remolcador.

En el caso de vientos laterales el remolcador puede maniobrar desde una posición próxima a la proa del buque tal y como se muestra en la siguiente figura, en lugar de permanecer en la línea central de la proa del buque para coger la sisga.

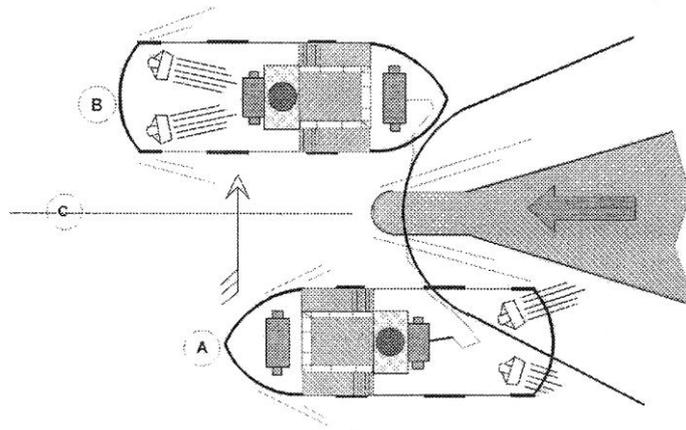


Figura 10: Posiciones de un remolcador en la proa de un buque para recoger la sisga en situación de viento (Fuente: Libro Tug use in port)

La situación cerca de la proa de un petrolero o granelero cargado es diferente, debido a que la onda de presión de la proa del buque es elevada. El remolcador entonces se aproximará a la proa del buque de una forma un poco diferente desde el comienzo de la maniobra, desde aproximadamente la posición B de la figura 9 hacia la posición D.

En la posición B la velocidad hacia atrás del remolcador estará por debajo de la velocidad del buque que se aproxima. En esta fase el remolcador irá regulando la velocidad y el rumbo mientras el buque se aproxima hasta el momento en que el remolcador puede mantenerse en una posición estable y segura, localizada en la posición D.

El control de la velocidad cuando el buque se aproxima es más complicado. En un momento determinado durante la aproximación del buque, el efecto de la ola de proa puede ser tal que la parte delantera del remolcador experimente una velocidad distinta que la popa. En la posición más o menos estacionaria D, el remolcador experimenta a menudo un momento de giro hacia la proa. Eso depende, desde luego, de a qué lado de la proa el remolcador tenga que hacer firme y de la dirección del viento existente en ese momento, si la posición D está a estribor o a babor de la proa del buque asistido.

Con remolcadores apropiados, la velocidad segura del buque para conectar proa-proa será aproximadamente 5-6 nudos. Como la velocidad muy poca avante de un buque portacontenedores puede ser alta, algunos capitanes de remolcadores piden al práctico reducir la velocidad a un máximo de 6 nudos antes de aproximarse a la proa para conectar proa-proa. Después de que el cabo de remolque se haya hecho firme, la velocidad del buque puede, si es necesario, incrementarse hasta aproximadamente 7 nudos, dependiendo de las condiciones de la mar.

Los casos descritos hasta aquí están considerados como de relativa seguridad, ya que el remolcador en estos casos puede mantenerse bajo control con bastante facilidad y si ocurriera alguna equivocación, los impulsores podrían colocarse inmediatamente con toda potencia atrás para alejarse de la trayectoria del buque. Además el riesgo de que el remolcador pueda tocar la proa o el bulbo del buque es bajo, mientras que la superestructura del remolcador permanece siempre alejada de los finos del buque.

Como nota aclaratoria podríamos decir que cuando un patrón de un remolcador ASD se aproxima a la proa desde delante para hacer firme proa-proa, los impulsores deberán estar colocados de tal manera que la velocidad del remolcador esté en la dirección de la trayectoria del buque, como se ha comentado. Así el remolcador tendrá algo de velocidad atrás, mientras el buque se va aproximando al remolcador. Cuando el patrón hace la misma aproximación con su remolcador con velocidad avante, tendrá que invertir el empuje y dirección de la velocidad en un momento determinado cuando el buque se aproxime. Esto llevará un tiempo mientras los impulsores se orientan y el remolcador quedará por un momento fuera de control. El remolcador podrá, sin embargo, estar ya bajo la influencia de diversas fuerzas y momentos de giro cerca de la proa. Se crea entonces una situación peligrosa, no siendo esta una maniobra de aproximación segura.

En caso de que un remolcador stern drive azimutal tuviera que hacer firme con la maquinilla de popa, el remolcador se puede aproximar a la proa del buque de una forma más o menos similar a como se haría con un buque convencional (ver figura 9, posiciones E y F). La velocidad del buque no deberá ser mayor de 7 nudos.

Los métodos de aproximación descritos se tendrán en cuenta como instrucciones generales. Las situaciones específicas en puerto, con un remolcador o con un buque que va a ser asistido, pueden requerir o llevar a realizar una aproximación diferente. Así mismo la velocidad del buque determinará lo anterior descrito, en esos casos los riesgos son mucho menores. [10]

### **3.4.2 La fase de conectar proa-proa contra popa-proa y los riesgos relacionados**

Se asume que utilizamos el cabo del remolcador. Si usamos los cabos del asistido como remolques, la maniobra del remolcador no difiere, y por tanto los contenidos de este epígrafe se aplican a esos casos también. La fase más crítica durante el procedimiento de hacer firme el cabo de remolque es coger la sisga. El remolcador se encuentra entonces en la posición más cercana a la proa. Cuando conectamos la sisga y se empieza a pasar el mensajero, el remolcador se puede apartar un poco del buque.

Coger la sisga y pasar el mensajero y el cabo de remolque no se desarrolla siempre de una manera tan buena como lo planeamos. El patrón del remolcador tiene que mantener su remolcador en una buena posición. Vientos, olas y baja visibilidad son factores adicionales que hacen de estas operaciones cerca de la proa de un buque con arrancada una operación un tanto complicada y arriesgada.

Como nota se puede decir que el patrón del remolcador intentará siempre colocar su remolcador de tal manera que la sisga pueda recogerse y hacerse firme al mensajero tan rápidamente como sea posible. Los retrasos y problemas con las sisgas son un peligro. El cabo puede no estar preparado, ser demasiado corto, tener cocas y nudos, y un cabo sin un extremo bien pesado puede verse afectado por el viento. Las deficiencias llevan su tiempo rectificarlas y todo ese tiempo el patrón tiene que mantener su remolcador en una posición muy cercana al buque. En tales situaciones un patrón de remolcador puede verse obligado a aproximarse aún más al barco asistido. Cuando determine que existe un exceso de riesgo, deberá abortar la maniobra.

Con respecto a la operación del remolcador cerca de la proa para conectar el cabo de remolque, haciendo firme popa-proa (ver figura 10, posición A) tiene algunas desventajas comparadas con hacer firme proa-proa (ver figura 10, posición B), aunque la velocidad es un factor menos limitativo cuando hacemos firme popa-proa.

Cuando preparamos para conectar popa-proa (ver figura 9, situaciones E, F y figura 10 situación A), si por alguna razón el patrón del remolcador tuviera que actuar debido a que el remolcador se aproxime demasiado a la proa, por ejemplo por razones como las indicadas en la nota anterior, a menudo intentará instintivamente gobernar para alejarse del buque. El resultado entonces es que los propulsores se colocarán de tal manera que la popa del remolcador se ve lanzada hacia el casco del buque. Las fuerzas de succión cerca de la popa se incrementarán entonces significativamente y por lo tanto la popa del remolcador puede no librarse del casco del buque y el remolcador puede terminar abarloado. La acción impulsiva es dar más potencia al remolcador con la consecuencia final de que el remolcador se deslice a lo largo de la amura terminando enfrente de la proa o sobre el bulbo y pueda ser volcado por el barco.

En esta situación lo mejor es colocar los impulsores hacia atrás y alejarse del casco del buque, lo cual no tendrá consecuencias como daños serios en el remolcador o en el barco asistido.

Como ya se mencionó en el epígrafe anterior, la mayoría de los remolcadores stern drive azimutales tienen motores potentes y a velocidades relativamente bajas las acciones de gobierno pueden dar como resultado una popa más bien agitada. Esto aumenta aún más el riesgo de tocar el casco del buque con la popa cuando el remolcador está cerca del buque. Además, los remolcadores no equipados con embragues automáticos están, a bajas velocidades, a menudo afectados por la gran cantidad de aguaje de la hélice entre el remolcador y el casco del buque, lo cual hace que el posicionamiento exacto del remolcador durante la operación de conectar la sista sea más complicado.

Cuando nos aproximamos a la proa de un buque para conectar proa-proa, como ya tratáramos en el epígrafe anterior, y preparamos para conectar como se indica en la figura 9 en las posiciones B y C, los aspectos arriba mencionados no afectan, o lo hacen en menor grado, y consecuentemente no hay mucho riesgo de golpear la proa o el bulbo con el casco del remolcador o el bulbo con los propulsores del remolcador.

En el caso de que un remolcador haciendo firme popa-proa (ver figura 10), y el cabo de remolque que está siendo virado a bordo del asistido cae al agua, puede fácilmente ser cogido por el/los propulsor/es y hacer al remolcador parcial o completamente inmanejable con posibles consecuencias serias. Este riesgo no existe cuando hacemos firme en operaciones proa-proa (figura 10, situaciones B y C).

En este epígrafe y en los anteriores se han mencionado las fuerzas de interacción y momentos que actúan sobre el remolcador operando en las proximidades de la proa de un barco con arrancada. Como se ha explicado estas fuerzas y momentos de giro representan riesgos para el remolcador cuando se está en el proceso de pasar una línea de remolque. En la actualidad los simuladores de entrenamiento no se

reproducen esas fuerzas y momentos, siendo la experiencia en el día a día crucial para solventar con pericia dichas dificultades por el patrón del remolcador.



Foto 20: Aproximación popa-a-proa lanzando sisga con oleaje (Fuente: <http://www.google.es>)



Foto 21: Remolque proa-proa (Fuente: <http://www.google.es>)

### 3.4.3 Largando el cabo de remolque

Los mismos efectos alrededor de la proa de un buque con arrancada, como se mencionó anteriormente, intervienen con respecto al remolcador y su comportamiento cuando largamos el cabo de remolque. El remolcador de nuevo está muy cerca de la proa con el cabo en banda para permitir a la tripulación del asistido

desencapillar de las bitas y arriarlo a la cubierta del remolcador. Por lo tanto, cuando largamos la velocidad del buque no deberá ser superior a la velocidad segura para hacer firme. Esto, sin embargo, puede llegar a ser problemático para determinados buques debido a que cuando abandonan el atraque, terminal o dársena portuaria los buques pueden incrementar su velocidad rápidamente. Largar los remolcadores deberá estar bien planeado con antelación, y en particular cuando el remolcador de proa ha sido hecho firme proa-proa.

Una vez llegado a este punto podemos deducir de los tres epígrafes anteriores los siguientes aspectos:

- Los remolcadores han de ser apropiados para las operaciones solicitadas como remolcador de proa, proa-a-proa, o popa-a-proa. Cuando se solicite hacer firme proa-a-proa, la capacidad del remolcador para operar atrás con respecto a la velocidad del buque serán bien conocidas, teniendo en cuenta las condiciones de la mar.
- Para operaciones proa-a-proa la aproximación desde una posición adelantada se considera la más segura ya que, consecuentemente, no hay riesgo de golpear los finos lanzados de especialmente buques portacontenedores con la superestructura del remolcador.
- Con el remolcador apropiado, la velocidad segura del asistido para conectar proa-a-proa es aproximadamente de 5 a 6 nudos. Para estos remolcadores se puede elevar la velocidad un poco tan pronto como el cabo de remolque se haga firme, dependiendo siempre de las condiciones en las que se encuentre el estado de la mar. Para remolcadores stern drive azimutales menos apropiados para operar atrás, estas velocidades pueden ser considerablemente más bajas.
- Cuando larguemos el cabo de remolque la velocidad no será mayor que la velocidad de seguridad al hacer firme. Por lo tanto, el largado de los remolcadores deberá estar bien planteado con antelación, en particular cuando el remolcador de proa este hecho firme proa con proa.
- Los riesgos para los remolcadores son más pequeños durante el proceso de hacer firme proa- a-proa comparando con hacer firme popa - a – proa. Difícilmente existe riesgo de golpear el casco del buque asistido con el remolcador, golpear el bulbo con los propulsores, o coger una estacha en el agua con las hélices.
- Cuando se hace firme proa - a – proa el patrón del remolcador tiene una vista óptima sobre la maquinilla y las operaciones con el cabo de remolque.

### 3.5 Efectividad de ambos métodos

Un remolcador stern drive azimutal operando proa- a- proa como un remolcador tractor inverso tiene las mismas desventajas con respecto a la efectividad remolcando con arrancada que un remolcador tractor. La siguiente figura muestra el porqué. Se necesita potencia del remolcador para tirar del casco del remolcador contra el flujo contrario de agua, produciéndose una disminución en la efectividad de la fuerza de remolque cuando la velocidad del buque se incrementa.

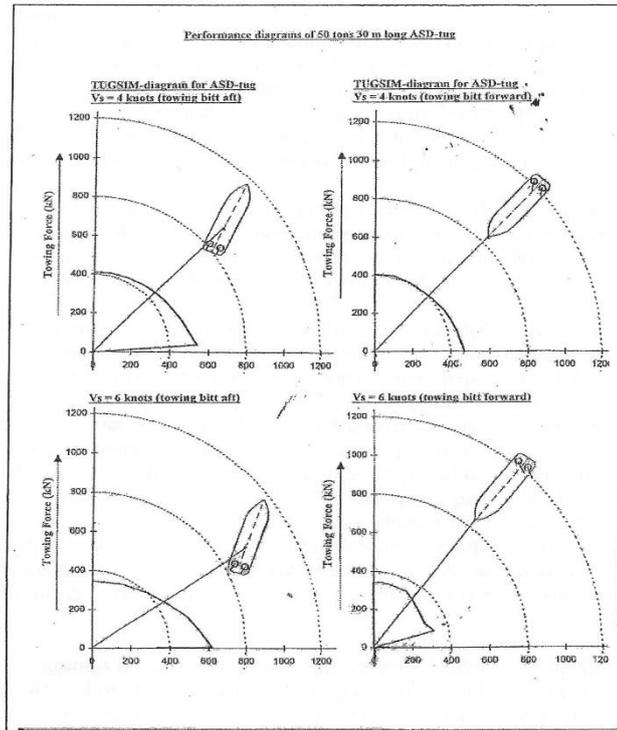


Figura 12: Diagramas de fuerzas (Fuente: Libro Tug use in port)

Usando la maquinilla de popa y trabajando como un remolcador convencional (véase la figura 6, situación A, posición 2), un remolcador stern drive azimutal puede hacer un uso efectivo de las fuerzas hidrodinámicas trabajando sobre el casco.

Por lo tanto, con respecto a la efectividad de ambos métodos operacionales proa- a- proa o popa- a -proa es importante tener en cuenta los siguientes aspectos:

- a) La velocidad del buque afecta a la efectividad de la fuerza de tiro. Es importante en la asistencia de un buque con arrancada la fuerza de gobierno lateral (alteración del rumbo) que puede ser aplicada por el remolcador al buque. Con respecto a remolcadores stern drive azimutales, hasta aproximadamente 4 nudos en general, el comportamiento entre cuando remolca a proa-a-proa o lo hace a popa-a-proa no presenta mucha diferencia. Sin embargo, con posteriores incrementos de velocidad, el comportamiento para producir fuerzas de gobierno se incrementa cuando remolca popa-a-proa,

asumiendo una buena estabilidad y francobordo del remolcador, pero disminuye cuando remolca proa-a-proa.

Lo último es de aplicación a todos los remolcadores stern drive azimutales cuando operan proa- a- proa.

- b) Cuando tiramos hacia atrás, como en el caso de operar proa-a-proa, la máxima fuerza de tiro de un remolcador stern drive azimutal es un 5-10% menor que cuando tiramos hacia adelante, debido a la forma de la obra viva del remolcador. El aguaje de las hélices está golpeando el casco del remolcador delante de las hélices, creando un efecto de remolque negativo.

Los factores a) y b) implican que la efectividad del tiro de un remolcador ASD cuando opera proa-a-proa es menor que cuando el mismo remolcador tira popa-a-proa, particularmente a velocidades mayores de aproximadamente 4 nudos.

Los diagramas de la figura 12 dan una indicación de la diferencia en fuerzas de tiro que pueden ser aplicadas por un remolcador stern drive azimutal cuando opera proa-a-proa o popa-a-proa para velocidades del asistido de 4 a 6 nudos. Como ya se mencionó es importante la máxima fuerza lateral, fuerzas de gobierno, que pueden ser aplicadas al buque con arrancada. Como se puede ver en la figura anterior, a 4 nudos la diferencia no es muy grande, especialmente teniendo en cuenta la reducción de un 5-10% del tiro a punto fijo atrás cuando remolcamos proa-a-proa. Sin embargo, a 6 nudos las máximas fuerzas laterales que se pueden aplicar son el doble de altas cuando el remolcador ASD está remolcando por la popa, como un convencional, comparándolo a cuando trabaja de proa-a-proa.

Los diagramas de la anterior figura son para un remolcador stern drive azimutal de 50 toneladas. Los dos diagramas para “punto de remolque a proa” dan una indicación de la disminución de prestaciones de todos los remolcadores stern drive azimutales cuando remolcan proa-a-proa y la velocidad del asistido se incrementa.

Deberemos hacer, sin embargo, algunos comentarios con respecto al efecto que las diferencias anteriores en fuerza de tiro pueden tener sobre un barco.

- Las mayores fuerzas del remolcador se necesitan principalmente cuando la velocidad del buque es baja o cero, es decir durante las maniobras en dársenas y al atracar. En estos casos entonces, la diferencia en la fuerza de tiro entre los dos métodos es mínima.
- El efecto de un remolcador de proa sobre un barco con arrancada, y particularmente en barcos cargados, es bajo y disminuye con el aumento de la velocidad, hasta cierto extremo comparable con la disminución de

efecto de una hélice de proa cuando aumenta la velocidad. (lo opuesto es lo que ocurre con el remolcador de popa en un barco con arrancada [10])

- Un remolcador trabajando proa-a-proa tiene el total de su fuerza de tiro disponible, por ejemplo en maniobras de atraque.
- En espacios confinados donde los remolcadores están trabajando con un cabo de remolque corto, los propulsores de un remolcador operando popa-a-proa están cerca del casco del buque asistido, lo que puede ocasionar una reducción en la fuerza de tiro efectiva, debido al aguaje de los propulsores del remolcador golpeando el casco del buque.

Esto significa que aunque la máxima fuerza de tiro en el casco de un remolcador de proa operando proa-a-proa es menos que cuando opera popa-a-proa, la diferencia en efecto sobre el buque en el día a día puede ser mucho menor, dependiendo de la situación local. [10]

### **3.6 Aspectos operacionales**

- **Proa-a-proa y empuja-tira**

Una gran ventaja de hacer firme proa-a-proa es que en buques entrantes el remolcador puede fácilmente cambiar, cuando nos aproximamos al atraque, de remolcar a empujar-tirar al costado del buque sin necesidad de largar el remolque. Esto, sin embargo, no es de mucha ventaja en el caso de portacontenedores y car-carriers debido a sus pronunciados finos.

- **Control de los impulsores**

La operación de los impulsores por controles separados es más lógica cuando los remolcadores stern drive azimutales están trabajando proa-a-proa, o en otras palabras: operan “popa primero”. El remolcador irá siempre en la dirección en que coloquemos los impulsores. Este es el mejor y más fácil modo de operación y gobierno.

Cuando el remolcador está operando popa-a-proa, o lo que es lo mismo “proa primero”, el gobierno y manejo del remolcador por dos controles separados de los impulsores es más complicado. Este es un aspecto a considerar cuando el patrón del remolcador esté trabajando en situaciones críticas o cerca de los límites del remolcador, cuando no se puede cometer ni el más mínimo error.

- **Ancho del canal requerido**

Este es un factor que puede llegar a ser relevante cuando el espacio de maniobra para el remolcador es limitado pero aún se precisa de una elevada fuerza, por ejemplo en esclusas, astilleros o puentes.

Suponiendo el mismo tamaño de remolcador y longitud del cabo de remolque, de la figura 6 se puede deducir que cuando un remolcador está trabajando popa-a-proa necesitamos menos espacio, aproximadamente la mitad de una eslora del remolcador, cuando el asistido necesitará recibir la mayor fuerza lateral.

También la longitud total del buque y remolcador de proa es un poco menor cuando remolcamos popa-a-proa, lo cual puede ser una ventaja cuando el espacio es limitado, por ejemplo en curvas y cerca de muelles. Se deberá, sin embargo tener en cuenta que en esos casos el remolcador tira con un cabo de remolque corto, la fuerza efectiva de remolque puede verse considerablemente reducida por el efecto negativo del aguaje de la hélice del remolcador golpeando sobre el casco del buque (ver, por ejemplo, figura 6, posición 2).

Muchas veces los patrones de remolcadores y prácticos infravaloran este importante aspecto del efecto negativo del aguaje de la hélice del remolcador, que está en relación a la longitud del cabo de remolque. [10]

- **Olas**

En el caso de las olas cuando operamos proa-a-proa, el remolcador romperá la mar de popa. Esto puede llegar a ser problemático dependiendo del diseño de la popa del remolcador y, desde luego, de las condiciones de la mar. Si se diera el caso, se debería considerar para un remolcador ASD cambiar a trabajar por la popa, popa-a-proa, o de otra forma deberíamos reducir, si es posible, la velocidad del buque asistido.

- **Baja visibilidad**

En el caso de mala visibilidad, operar proa-a-proa con un buque con arrancada puede llegar a ser una operación arriesgada. Es necesario que el patrón del remolcador mantenga una gran atención, tendrá que vigilar su derrota, el remolcador, la proa del buque asistido y el cabo de remolque cuidadosamente, observando la pantalla del radar regularmente. Pero la pantalla del radar puede estar localizada de tal manera que no pueda ser observada apropiadamente cuando navegamos atrás. Más aun, la línea de proa está 180° “equivocada”. Todo esto hace la operación proa-a-proa en condiciones de niebla un trabajo arriesgado.

- **La experiencia del Capitán de remolcador**

Como ya se ha mencionado en varias ocasiones a lo largo de este capítulo, el patrón de remolcadores deberá estar experimentado en el manejo de su remolcador en concreto y en los métodos de asistencia que usará.

La experiencia del patrón del remolcador puede, por lo tanto, ser un factor a tener en cuenta para elegir cuál sería el método más apropiado.

- **Cooperación práctico-capitán del remolcador**

Una cooperación óptima, comunicación y buen entendimiento entre el práctico y el capitán del remolcador es esencial para una maniobra segura y eficiente y para la seguridad de los remolcadores implicados, y sobre todo para el remolcador de proa en particular cuando está trabajando proa-a-proa. Cuando el remolcador de proa está haciendo firme por ejemplo proa-a-proa (ver fig. 30) o está operando con un cabo corto está muy cerca de la proa del barco con arrancada y a menudo en la dirección del avance del barco. En la mayoría de los casos el remolcador no está a la vista del práctico. Un buen contacto entre el práctico y el patrón del remolcador es absolutamente necesario entonces, particularmente en lo relativo a la velocidad de seguridad.

Cuando se considere que la velocidad del buque es un poco elevada para el remolcador, mientras el buque navegue derecho y no precise la asistencia del remolcador, los capitanes de remolcadores convencionales prefieren en algunos casos tener el remolcador, con el cabo en banda, en una posición algo más segura próxima a la derrota del buque como se muestra en la figura 6 A, posición 3.

Si la velocidad del buque tuviera que ser demasiado alta para el remolcador (o cuando pudiera ocurrir con el remolcador), el buque no colisionaría con el remolcador. Tiene, además, la ventaja de que el práctico puede fácilmente ver el remolcador.

Los patrones de remolcadores stern drive azimutales podrían seguir el mismo procedimiento cuando operan popa-a-proa.

Cuando se opera proa-a-proa este procedimiento no funciona debido a la comprometida situación cerca de la proa e inestable comportamiento del remolcador (ver fig. 6 B, posición 3).

Cuando se navega paralelo como se describe arriba existe la ventaja adicional de que el capitán del remolcador puede observar en el costado del buque el movimiento del mismo. Él puede ver si el buque mantiene el rumbo derecho, o comienza a caer y en qué dirección, etc. El patrón del remolcador puede entonces anticipar el momento de la maniobra.

En el caso de remolcar proa-a-proa el capitán del remolcador está justo en la proa del remolcador y no tiene indicación de si el barco comienza a caer o no, en ese momento buque y remolcador están en diferentes derrotas, lo cual es peligroso con velocidad, como ya se ha explicado en los epígrafes anteriores. Esta es una de las

desventajas de operar proa-a- proa y también una razón para una óptima cooperación entre el capitán del remolcador y el práctico.

- **Alternativa para operaciones proa-proa o popa-a-proa**

Si por alguna razón, por ejemplo una velocidad del buque demasiado alta en poca avante, el remolcador de proa no puede trabajar ni proa-a-proa ni popa-a-proa, a menudo una buena alternativa de trabajo es hacer firme el remolcador de proa tal y como se muestra en la siguiente figura. Cuando la velocidad del buque disminuya el remolcador puede cambiar, si es necesario, a trabajar proa-a-proa y podrá aplicar el método empuja-tira cuando llegue al muelle.

Este es un método que se usa a menudo ya que los buques asistidos suelen tener una velocidad en arrancada más alta que la mayor velocidad de seguridad del remolcador.

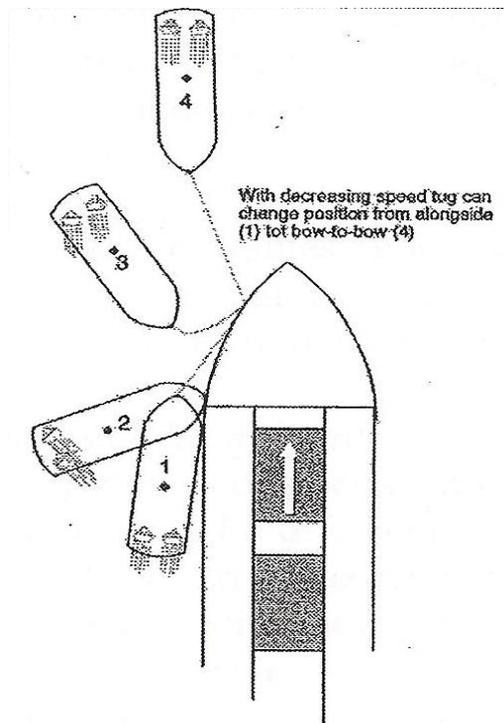


Figura 13: Alternativa para operaciones proa-a-proa o popa-a-proa (Fuente: Libro Tug use in port)

### 3.7 Conclusiones

Las conclusiones más relevantes con respecto al uso de remolcadores y en especial al uso de stern drive azimutales como remolcador de proa para operaciones proa-a-proa están resumidas a continuación:

- A la vista de este trabajo creemos que el sistema de propulsión azimutal ha sido de gran importancia en los remolcadores, ya que este sistema facilita enormemente las maniobras.
- El uso de remolcadores, se extiende día a día por las indudables ventajas que su empleo tiene para el traslado de barcos u objetos flotantes de un lugar a otro, así como por la mayor seguridad y rapidez que facilitan para las maniobras en puerto.
- Los remolcadores se pueden clasificar según la clase de maniobra que realicen, como por ejemplo los remolcadores de salvamento y rescate, remolcadores de lucha contraincendios, remolcadores de puerto, etc. También podemos usar una clasificación atendiendo a su sistema de propulsión, como por ejemplo los remolcadores de propulsión convencional, propulsión azimutal a popa, etc.
- Como hemos visto el buen estado de los elementos de remolque y una buena preparación de éstos, juegan un papel importante, ya que de ello depende que se puede realizar la maniobra de remolque de una forma segura y sin ningún tipo de riesgo.
- A la hora de iniciar la maniobra de remolque debemos tener en cuenta factores como el estado de la mar, el tamaño del barco a remolcar, etc. De esta forma podremos elegir la maniobra más segura a la hora de dar remolque para así evitar riesgos de daños tanto para el remolcador como para el barco asistido

## Referencias bibliografía

- [1] [http://es.wikipedia.org/wiki/propulsor\\_azimutal](http://es.wikipedia.org/wiki/propulsor_azimutal)
- [2] <http://www.akeringenieria.com/productos/propulsores-azimutales>
- [3] <http://www.ukmpa.org>
- [4] <http://www.encyclopedia-juridica.biz14.com/d/remolque/remolque.htm>
- [5] JUAN B. COSTA, *Tratado de maniobra y tecnología naval*, 2ª ed. Madrid
- [6] IGNACIO BARBUDO ESCOBAR, *Tratado de maniobra*, vol.1, 2ª ed. 2004
- [7] JEFF SLESINGER. *Shiphandling with tugs*, Cornell Maritime Press.2008
- [8] RICARD MARI SAGARRA, *Maniobra de los buques*, 1ª ed. 1994
- [9] MAIB SAFETY BULLETIN 2/2005. Colisiones y contactos entre remolcadores y buques a remolque o escoltados en puertos del Reino Unido.
- [10] HENK HENSEN FNI. *Tug use in port. A practical guide*, 2ª ed. Londres 2003
- [11] <http://www.practicosdepuerto.es/colegio-federacion/publicaciones/tipos-de-remolcadores-voith-water-tractor-y-sus-aplicaciones>

