





<b>5.1. FUNCIONES DE LOS REMOLCADORES .....</b>	<b>149</b>
<b>5.2. TIPOS DE REMOLCADORES .....</b>	<b>149</b>
<b>5.3. SISTEMA DE PROPULSION Y GOBIERNO DE LOS REMOLCADORES .....</b>	<b>150</b>
5.3.1. SISTEMA DE PROPULSION .....	150
5.3.2. SISTEMAS DE GOBIERNO .....	156
<b>5.4. CARACTERISTICAS FUNDAMENTALES DE LOS REMOLCADORES .....</b>	<b>158</b>
5.4.1. MANIOBRABILIDAD .....	158
5.4.2. ESTABILIDAD .....	158
5.4.3. POTENCIA .....	158
5.4.4. TRACCION A PUNTO FIJO (BOLLARD PULL) .....	159
<b>5.5. FORMAS DE ACTUACION DE LOS REMOLCADORES .....</b>	<b>159</b>
<b>5.6. ACCION DE LOS REMOLCADORES .....</b>	<b>161</b>
<b>5.7. DETERMINACION DE LAS NECESIDADES DE REMOLCADORES .....</b>	<b>162</b>
<b>5.8. ELEMENTOS DE REMOLQUE .....</b>	<b>164</b>



<b>5.01.</b>	Sistema «Schottel» .....	151
<b>5.02.</b>	Sistema «Voith-Schneider» .....	151
<b>5.03.</b>	Operación del sistema Voith-Schneider .....	152
<b>5.04.</b>	Diagramas de empujes para diversos sistemas de propulsión .....	153
<b>5.05.</b>	Fuerzas de empuje a proa en función de la velocidad (para un remolcador de 2.000 CV) .....	154
<b>5.06.</b>	Esquema tipo de remolcador de una hélice con tobera .....	155
<b>5.07.</b>	Remolcador tipo tractor con propulsor Schottel .....	155
<b>5.08.</b>	Remolcador tipo tractor con propulsor Voith-Schneider .....	156
<b>5.09.</b>	Formas habituales de actuación de los remolcadores .....	160
<b>5.10.</b>	Acción de los remolcadores .....	161



5.1. Características comparadas de remolcadores de doble hélice..... 157





### 5.1. FUNCIONES DE LOS REMOLCADORES

Los remolcadores son embarcaciones auxiliares para la navegación y maniobras de los buques y otros elementos flotantes, que se utilizan para las funciones siguientes:

- Asistir al buque en las maniobras de atraque, desatraque y, en algunos casos, permanencia.
- Ayudar al buque en el revido en un área reducida.
- Dar el apoyo necesario para contrarrestar la acción del viento, del oleaje o de las corrientes en las situaciones en las que el buque navega a baja velocidad, en las que la eficacia del motor propulsor y del timón es baja.
- Ayudar a parar al buque.
- Remolcar, empujar o auxiliar a un buque que se ha quedado sin medios de propulsión o gobierno.
- Transportar gabarras o artefactos flotantes de un lugar a otro.
- Dar escolta, en previsión de pérdida de gobierno, a buques con cargas peligrosas en zonas de alto riesgo.

### 5.2. TIPOS DE REMOLCADORES

Atendiendo al tipo de operación y a la misión a realizar por el remolcador, se pueden dividir en: remolcadores de puerto, remolcadores de puerto y altura y remolcadores de altura y salvamento, aunque también pueden existir remolcadores que realicen los tres tipos de operaciones.

*Remolcador de puerto.* Es el que se emplea en el tráfico interior de puerto, su potencia puede oscilar entre 400 y 3.000 CV o más, con una tracción a punto fijo (bollard pull) de 6 a 30 toneladas, una eslora comprendida entre 20 y 30 m, un calado comprendido entre 3,0 y 4,5 m y una velocidad que varía entre 5 y 13 nudos. Aunque esta función en el tráfico interior del puerto es la habitual, existen remolcadores con base en determinados puertos estratégicos donde operan en solitario y deben poder realizar operaciones de puerto y de altura así como operaciones de salvamento.

*Remolcador de puerto y altura.* Sus operaciones pueden dividirse entre servicios de puerto para auxiliar a grandes buques, amarre de supertanques a monoboyas, remolques costeros de altura etc. Su eslora está comprendida entre 25 y 40 m y su potencia puede variar entre 1.500 y 5.000 CV con una tracción a punto fijo de 20 a 55 toneladas.

*Remolcador de altura y salvamento.* Es el remolcador que por su tamaño y potencia le permite efectuar remolques oceánicos y prestar asistencia a los buques en peligro en alta mar. Las características principales de este tipo de remolcador son: eslora de 40 a 80 m, potencia de 4.000 a 20.000 CV, tracción de tiro a punto fijo de 55 a 180 toneladas y velocidad de 15 a 16 nudos.

La mayoría de los remolcadores de puerto cuenta hoy en día con equipos de lucha contra la contaminación y conincendios. Los remolcadores de altura y salvamento, además de su equipo propio de remolque, cuentan con instalaciones conincendios de agua y agua-espuma con monitores montados sobre plataformas elevadas a 15/20 m. sobre la línea de flotación que, comandados a distancia, pueden apagar incendios de grandes proporciones; disponen también de sistemas de achique para ser empleados en buques si-

niestrados y algunos remolcadores pueden hacer funcionar, por medio de sus elementos auxiliares, los motores principales de un buque siniestrado facilitándole aire para el arranque y energía eléctrica.

### 5.3. SISTEMA DE PROPULSIÓN Y GOBIERNO DE LOS REMOLCADORES

#### 5.3.1. SISTEMA DE PROPULSION

5.3.1.1. El sistema generalizado de propulsión de los remolcadores es por motores diesel que accionan hélices convencionales o especiales. Las hélices convencionales pueden clasificarse en cuatro tipos:

- Hélices de paso fijo.
- Hélices de paso variable.
- Hélices de paso fijo con tobera.
- Hélices de paso variable con tobera.

Las hélices especiales más frecuentemente utilizadas son de dos tipos:

- Sistema Schottel (hélice timón).
- Sistema Voith-Schneider (propulsor cicloidal).

#### *HÉLICES CONVENCIONALES*

Las hélices de paso fijo, como ya se indicó en el Capítulo 3, mantienen su configuración invariable, mientras que en las hélices de paso variable se puede hacer girar cada una de las palas sobre su propio eje, dando el paso requerido en un sentido o en otro e incluso dejándole anulado girando las palas como un disco, lo que permite que el motor gire siempre en el mismo sentido permaneciendo continuamente en marcha.

Las hélices de paso variable son más eficaces que las de paso fijo porque al ajuste de las palas permite desarrollar la máxima potencia o cualquier velocidad, lo que no sucede con las hélices de paso fijo que están diseñadas para las condiciones específicas de operación ordinaria. Sin embargo las hélices de paso variable proporcionan un menor empuje para navegación de atrás, lo que puede ser una limitación importante para los remolcadores en los que se busque un compromiso para el funcionamiento eficaz del remolcador trabajando en uno y otro sentido.

La incorporación de una tobera a estos sistemas, dentro de la cual gira la hélice, mejora significativamente la eficacia del propulsor, equivaliendo a un incremento del diámetro efectivo de la hélice. El efecto que produce la tobera es que al canalizar el paso del agua se consigue un aumento de la velocidad en la sección mínima donde está la hélice, velocidad que disminuye al sobrepasar esta sección, aumentando así la presión y el empuje. El rendimiento de una hélice con tobera puede ser del 25% al 40% superior al sistema propulsor convencional para navegación avante.

#### *HELICES ESPECIALES*

Las hélices especiales son sistemas en los que la hélice hace las funciones de propulsión y gobierno, sustituyendo por tanto al timón. Los sistemas más desarrollados son el tipo Schottel y el Voith-Schneider.

*Sistema Schottel.* Este sistema consiste en una hélice suspendida de un eje vertical en Z o ángulo recto. Fijo al eje hay una tobera dentro de la cual gira la hélice y todo el conjunto puede girar 360° sobre dicho eje vertical. Con este giro se consigue dirigir el chorro de la corriente de expulsión en la dirección deseada, dando una gran maniobrabilidad al remolcador que puede desplazarse en todos los sentidos. Fig. 5.01.

*Sistema Voith-Schneider.* Consiste en un rotor que gira sobre un eje vertical fijo al casco aproximadamente en su punto giratorio (fig. 5.02), provisto de cuatro foils o palas que pivotan sobre ejes verticales accionadas por un mecanismo llamado control de gobierno, que fija el ángulo de ataque de las palas en las diferentes posiciones de maniobra, determinando la posición del centro de gobierno. Cuando el centro de gobierno se separa

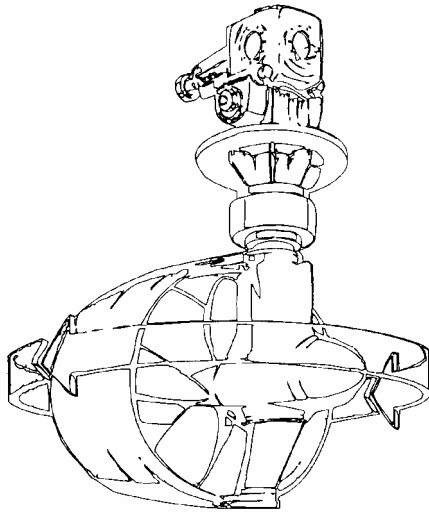


FIGURA 5.01. Sistemas <<Schottel>>

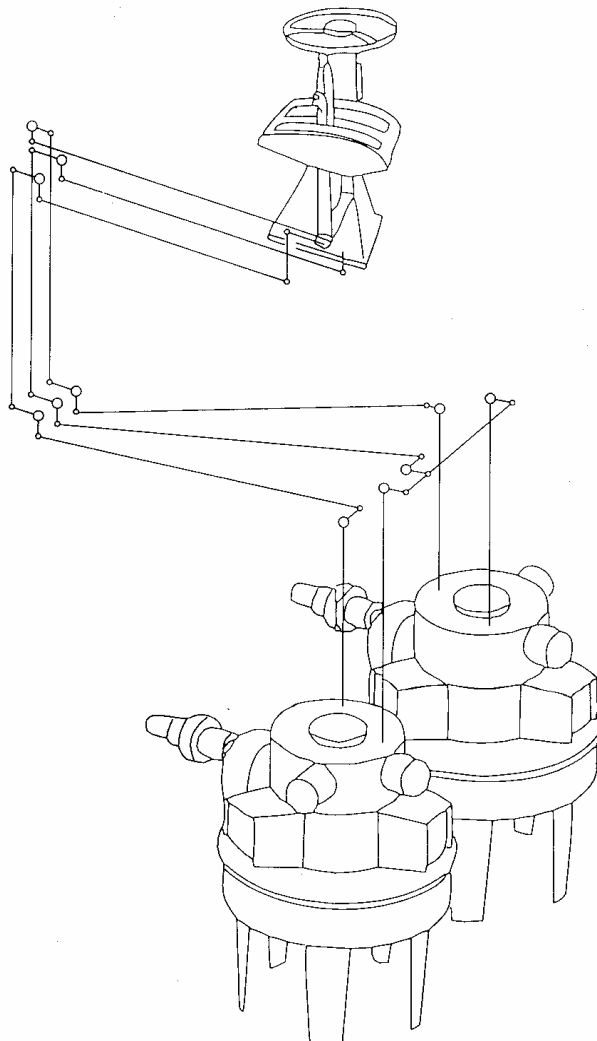


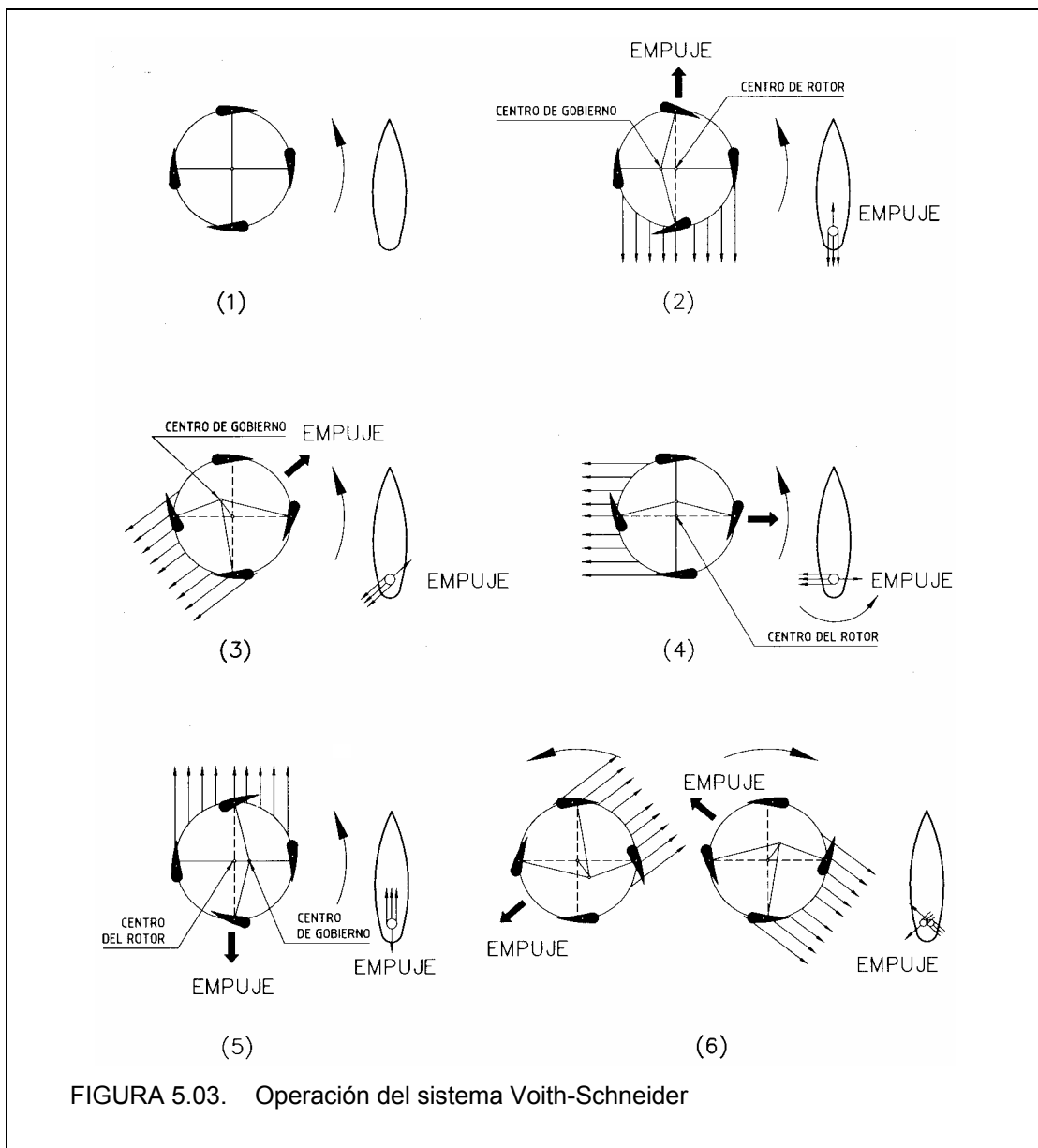
FIGURA 5.02. Sistemas <<Voith-Schneider>>

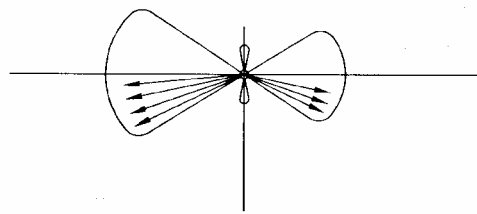
del centro geométrico del rotor, las palas ejercen un movimiento alrededor de su eje produciendo un chorro de agua que crea una reacción en contrario.

El mecanismo está diseñado de un modo sincronizado de manera que las perpendiculares a la cuerda del perfil de cada pala coinciden en el centro de gobierno, con lo cual se consigue que el chorro de agua y el empuje resultantes sean perpendiculares a la línea que une el centro de gobierno con el centro geométrico del rotor; de esta forma puede conseguirse con un solo rotor un empuje en cualquier dirección, lo que da una gran capacidad de maniobra a este sistema (Ver fig. 5.03 posiciones 2, 3, 4 y 5). Si en un remolcador se instalan dos rotores de este tipo tal como se esquematiza en el croquis n° 6 de la misma figura, puede conseguirse que los componentes longitudinales de ambos empujes se compensen entre sí, sumándose las fuerzas transversales, que, de estar aplicadas en el centro de deriva, darían lugar a un desplazamiento lateral del remolcador.

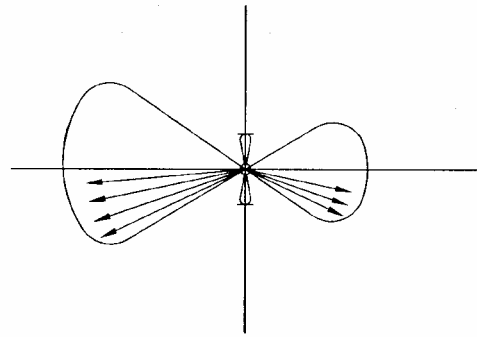
El sistema Voith-Schneider produce un menor empuje para navegación avante que una hélice de paso fijo para la misma potencia instalada, sin embargo esta pérdida de eficacia está compensada por la alta maniobrabilidad obtenida, que es muy necesaria para operaciones en aguas restringidas.

A título comparativo de los sistemas de propulsión descritos se incluye la figura 5.04, en donde se representa el diagrama vectorial de empujes a velocidad cero, en el que puede

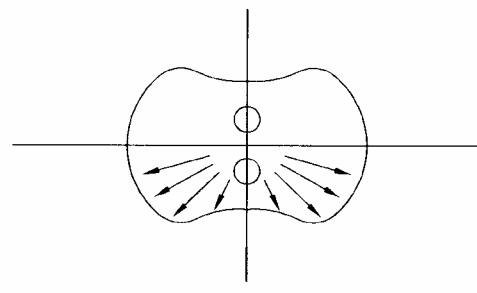




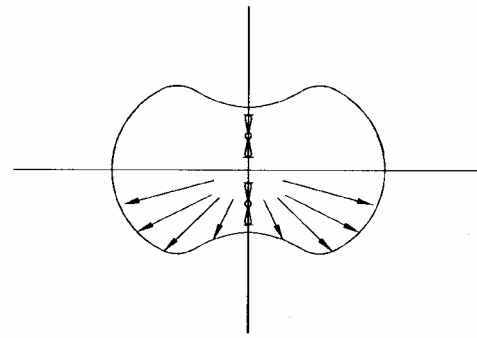
HELICE DE PASO FIJO



HELICE DE PASO FIJO  
CON TOBERA

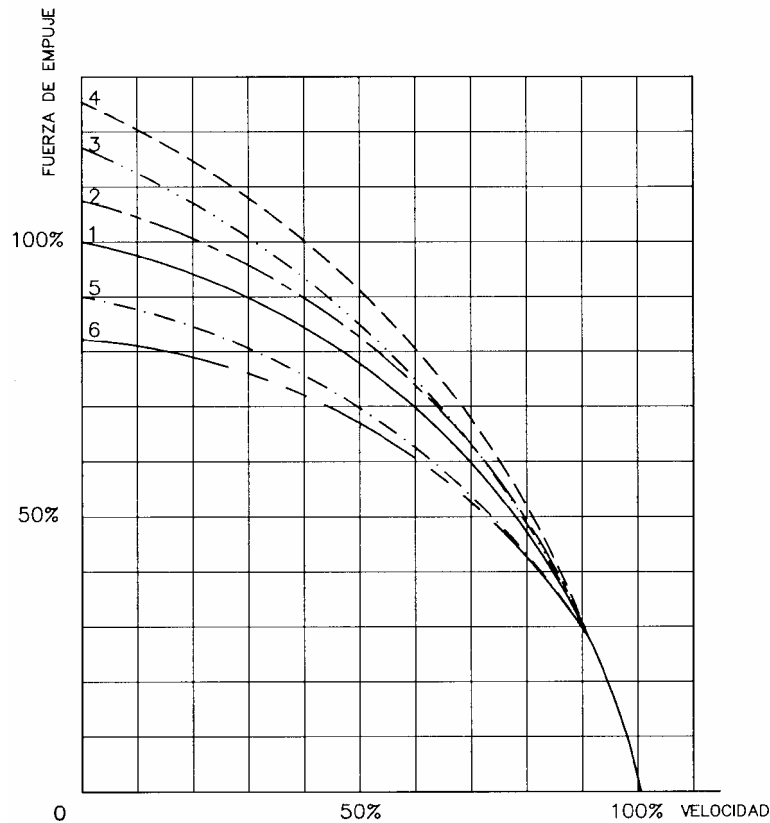


SISTEMA  
VOITH-SCHNEIDER (2)



SISTEMA SCHOTTEL (2)

Figura 5.04. Diagramas de empujes para diversos sistemas de propulsión



1. HELICES DE PASO FIJO.
2. HELICES DE PASO VARIABLE.
3. HELICES DE PASO FIJO CON TOBERA.
4. HELICES DE PASO VARIABLE CON TOBERA.
5. SISTEMA SCHOTTEL.
6. SISTEMA VOITH-SCHNEIDER.

FIGURA 5.05. Fuerzas de empuje a proa en función de la velocidad (para un remolcador de 2.000 CV)

apreciarse la eficacia de las hélices especiales trabajando en todas las direcciones. Asimismo se incluye la figura 5.05 en la que se recoge la fuerza de empuje a proa producida por los diferentes sistemas de propulsión, en función de la velocidad del remolcador, en la que puede apreciarse la pérdida de eficacia de los remolcadores que se produce al aumentar la velocidad.

**5.3.1.2.** Atendiendo al número y posición de las hélices los remolcadores pueden clasificarse en:

*Remolcador de una hélice.* El remolcador de una hélice es el clásico remolcador convencional que tiene una sola hélice a popa, pudiendo llevarla dentro de una tobera para aumentar la fuerza de tracción; las palas pueden ser fijas o de paso controlable (ver figura 5.06). Posee las siguientes características:

- Es adecuado como remolcador de proa, maniobrable a todas las velocidades.
- Es inadecuado como remolcador de popa porque no tiene maniobrabilidad.
- No tiene maniobrabilidad en marcha atrás.

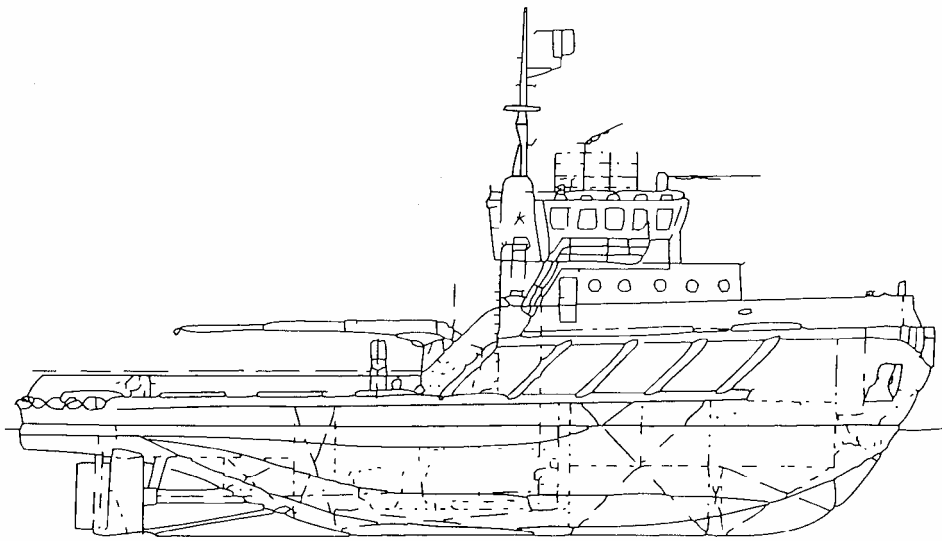


FIGURA 5.06. Esquema tipo de remolcador de una hélice con tobera

*Remolcador de dos hélices.* Es el remolcador de hélices gemelas instaladas a popa accionadas por ejes horizontales, cuyas palas pueden ser de paso fijo o controlable, instaladas dentro de toberas o sin ellas. Para aumentar la maniobrabilidad se pueden instalar dos timones-tobera que proporcionan al remolcador una gran maniobrabilidad.

*Remolcador tipo tractor.* Es el remolcador que lleva el elemento propulsor en la parte de proa, del tipo Schottel o Voith-Schneider (Ver figuras 5.07 y 5.08). Debido a su especial maniobrabilidad, lleva el gancho de remolque a popa, lo cual evita que el remolcador pueda zozobrar al tirar de través. Sus características son:

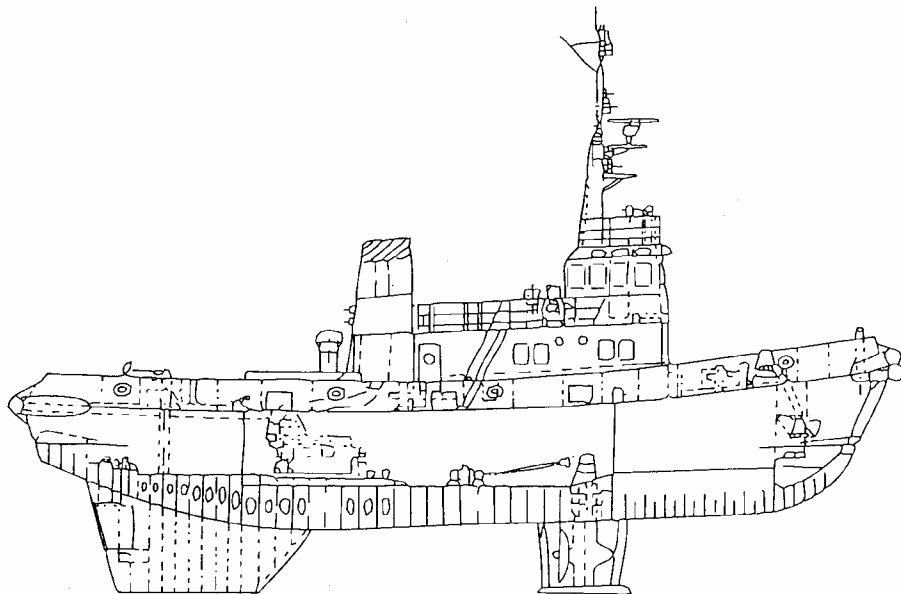
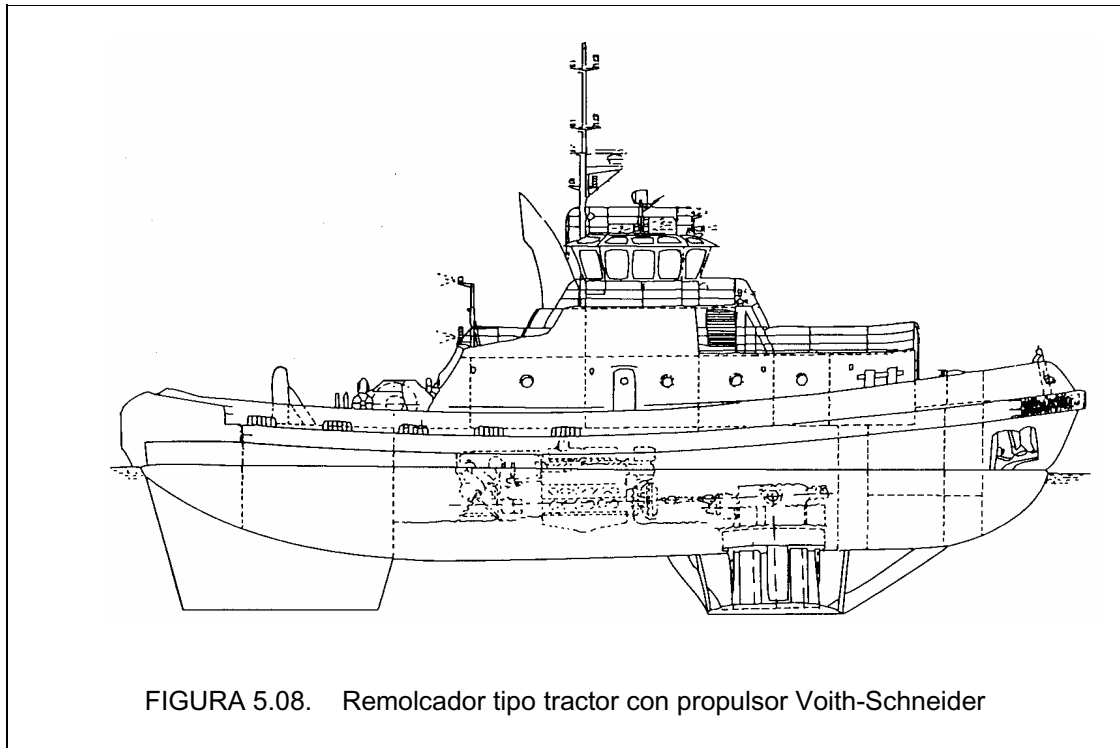


FIGURA 5.07. Remolcador tipo tractor con propulsor Schottel



- Es adecuado como remolcador de proa y de popa.
- Es adecuado para operaciones de empuje y tiro.
- Tiene gran maniobrabilidad, incluso en desplazamiento lateral.
- Tiene gran fuerza de tracción en todas las direcciones.

*Remolcador tipo «Z-peller».* Es un remolcador de propulsión a popa con hélices gemelas tipo Schottel con 360° de giro, que debido a su gran maniobrabilidad y tiro puede actuar como remolcador tipo tractor o para empuje y tiro.

La instalación de dos chigres de remolque, uno a proa y otro a popa, cerca de la bita de remolque principal, le aumenta su capacidad de acción en cualquier dirección. Sus características son:

- Es adecuado para remolcador de proa utilizando el chigre en la bita principal como remolcador convencional.
- Es adecuado como remolcador de popa engancho el remolque por el chigre delantero, operando como remolcador tipo tractor.
- Tiene elevada velocidad en marcha libre avante y atrás.
- Tiene gran maniobrabilidad tanto con remolque como sin él.
- Es adecuado para operaciones de tiro y empuje.

### 5.3.2. SISTEMAS DE GOBIERNO

Por lo que se refiere a los sistemas de gobierno (con independencia de los ya descritos al analizar los sistemas de propulsión: Sistemas Schottel y Voith-Schneider, etc.) la mayoría de los remolcadores están dotados de timones compensados y semicompensados, es decir con el borde de ataque prolongado hacia proa de la mecha del timón, con objeto de utilizar el flujo de forma más eficaz y hacer que el servomotor funcione con menos carga. La mayoría de los timones de los remolcadores están sobredimensionados en relación con los buques convencionales para favorecer la maniobrabilidad, lo que en general obliga a desarrollar codastes con talón para soportar el timón y, en su caso, la hélice.



Entre los sistemas de timones especiales desarrollados para los remolcadores pueden citarse los siguientes:

**Towmaster.** Este sistema de gobierno sitúa varios timones detrás de cada tobera, que pueden llegar a girar hasta 60° en cada banda, en lugar de los 35 ó 40° habituales. Esta cualidad permite una excelente maniobrabilidad en marcha adelante; precisando como contrapartida un mayor calado a popa.

**Timón Kort.** Este sistema consiste en una tobera en cuyo interior se encuentra la hélice propulsora. La tobera está acoplada a la mecha del timón y gira accionada por el servomotor. Las ventajas de este sistema respecto a los convencionales son una mejora del rendimiento en marcha adelante y una mayor maniobrabilidad marcha atrás. Como desventaja hay que señalar que la respuesta de este timón es más lenta que la de los timones convencionales.

**Timones laterales.** Estos timones auxiliares se instalan a proa y a cada banda de la hélice propulsora, proporcionando una mayor gobernabilidad en las maniobras marcha atrás. Estos timones se operan por controles separados y se mantienen a la vía en marcha adelante. Normalmente se montan conjuntamente con toberas Kort.

**Dos hélices y un solo timón.** Este sistema de gobierno no es muy eficaz en maniobras dado que el flujo de las hélices no incide directamente sobre el timón al estar centrado entre ellas; sin embargo el sistema es eficaz en las operaciones de remolque con gancho.

**Doble timón y una hélice.** Este tipo de instalación se utiliza en remolcadores con hélice de paso variable, con objeto de mejorar las desfavorables características de gobierno que presentan estos remolcadores cuando se dispone un solo timón detrás de ella y la hélice está en paso cero.

<b>TABLA 5.1. CARACTERÍSTICAS COMPARADAS DE REMOLCADORES DE DOBLE HÉLICE</b>				
Tipo de propulsión	Hélice de paso variable y doble timón colgado	Hélice de paso variable y timón Kort	Propulsión Voith-Schneider	Propulsión Schottel
Configuración general				
Tamaño relativo del remolcado referido a la Eslora	Grande	Grande	Medio	Medio
Revoluciones (Rpm) aproximadas de la máquina	400	400	500-600	750
Tiempo requerido para una parada de emergencia, en segundos	39	20	18	10
Tiempo requerido para pasar de todo adelante a todo atrás, en segundos	10	10	7	7.5
Arco sobre el que puede ejercerse la fuerza de gobierno, en segundos	70	70	360	360
Tiempo requerido para recorrer todo el arco de gobierno definido anteriormente, en segundos	15-30	15-30	15	15
Tiempo requerido para un giro de 360°, en segundos	65-70	45-50	35-45	20-25
Radio de giro en relación con la eslora (L) del Remolcador	3-5 L	1.5-2.0L	1.0-1.3L	1.0-1.3L

*Propulsor-gobierno.* En este caso la hélice hace las funciones de propulsión y gobierno, con lo que por tanto sustituye al timón. Corresponde por tanto a los sistemas hélice-timón (Schottel) y cicloidales (Voith-Schneider) ya descritos al analizar los propulsores.

**5.3.3.** La combinación de los diferentes sistemas compatibles de propulsión y gobierno descritos en los apartados anteriores, a los que se puede añadir la presencia de hélices transversales, produce una tipología muy variada de remolcadores. Con objeto de disponer de una información comparativa de las características de maniobrabilidad de los mismos se incluye la Tabla 5.1 en la que se recogen los datos de algunos de los tipos de remolcadores más habituales.

## **5.4. CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES DE LOS REMOLCADORES**

Las principales características que debe tener un remolcador son las siguientes: maniobrabilidad, estabilidad y potencia.

### **5.4.1. MANIOBRABILIDAD**

La capacidad y facilidad de maniobra de un remolcador son fundamentales para el desarrollo de sus funciones más características, ya que en maniobras con grandes buques en espacios reducidos será necesario poder moverse en todas las direcciones. La maniobrabilidad de un remolcador depende de la forma del casco, para lo cual suele estar especialmente construido de forma hidrocónica a popa, o bien, de fondo plano a fin de que las corrientes de aspiración lleguen a las hélices sin turbulencias.

Los sistemas de propulsión y gobierno son elementos determinantes de la maniobrabilidad del remolcador, especialmente los sistemas combinados de propulsión -gobierno tipo Schottel o Voith-Schneider, que como ya se ha visto proporcionan una movilidad al remolcador en todas las direcciones. Otro factor que influye en la maniobrabilidad es la posición del gancho o chigre de remolque, que deberá estar muy cerca del centro de resistencia lateral o algo hacia popa de él.

Otro elemento que influirá en la maniobrabilidad es la capacidad que tenga el remolcador para pasar de una situación de avante toda a completamente parado. El tiempo de parada no deberá sobrepasar los 25 segundos.

### **5.4.2. ESTABILIDAD**

La curva de estabilidad estática para un remolcador debe ser positiva hasta los 60-70° con un brazo de estabilidad (distancia entre el metacentro y el centro de gravedad) de unos 60 cm, por lo que será necesario que las puertas de los alojamientos y entrada de la sala de máquinas sean estancas ante la posibilidad de alcanzar grandes escoras al tirar el cable de remolque en dirección del través. Los métodos por los que se puede mejorar la estabilidad estática de los remolcadores se basan en el incremento de la manga (los remolcadores actuales tienen relaciones eslora/manga inferiores a 3.0), en la reducción de la resistencia transversal del casco, en la reducción de la altura del gancho o punto de tiro y de la altura del punto de empuje y en la utilización de líneas de amarre o cabos de remolque con buenas características de absorción de cargas de impacto.

### **5.4.3. POTENCIA**

La potencia del remolcador deberá ser aquella que le permita acometer de una forma segura la función que tenga encomendada. Para las operaciones de transporte (arrastré o empuje de barcos, pontonas, plataformas, etc.) la potencia del remolcador deberá ser como mínimo la necesaria para remolcar o empujar un remolque de un determinado desplazamiento a una cierta velocidad mínima que le permita gobernar en las peores condiciones meteorológicas esperables durante el transporte. Esta potencia necesaria para lograr una determinada velocidad dependerá del rendimiento del motor propulsor, del rendimiento de la línea de ejes, del rendimiento de la hélice y del rendimiento del casco del remolcador y del remolcado.

La potencia requerida para el remolcador será la suma de la potencia necesaria para mover el remolque y el propio remolcador; de una manera aproximada se puede suponer que la potencia que necesita el remolcador para alcanzar una determinada velocidad es del 9 al 10% de la potencia total necesaria para efectuar el remolque; luego conociendo la potencia necesaria para mover el remolque se puede calcular aproximadamente la potencia que necesitará el remolcador para efectuar un determinado remolque.

Dentro del concepto de potencia del remolcador se debe resaltar el de tracción a punto fijo, valor que está más ligado con la determinación de la potencia necesaria de los remolcadores en el caso de las restantes funciones desarrolladas por ellos y especialmente con las maniobras a realizar con los buques en puertos y áreas restringidas.

#### 5.4.4. TRACCION A PUNTO FIJO (BOLLARD PULL)

Es la cantidad de fuerza horizontal que puede aplicar el remolcador trabajando avante en el supuesto de velocidad nula de desplazamiento, coincidiría por tanto con la tracción que el remolcador produciría en una amarra que le fijase a un bolardo fijo de un muelle.

La tracción a punto fijo depende del área de giro de la hélice, su paso, la potencia al freno y la potencia en el eje, además del desplazamiento, forma del casco y tipo de propulsor.

De una forma simplificada puede determinarse la tracción a punto fijo suministrada por un remolcador mediante la fórmula siguiente:

$$T_{PF} = K_{PF} \cdot \frac{W_R}{1000}$$

Siendo:

$T_{PF}$  = Tracción a punto fijo (toneladas)

$W_R$  = Potencia al freno del remolcador en CV

$K_{PF}$  = Coeficiente, dependiente de las características del remolcador. Para remolcadores en los rangos de 500-2000 CV y 2000-4000 CV, que son habituales en maniobras portuarias, pueden utilizarse los valores siguientes, en función del sistema de propulsión:

	500-2000 CV	2000-4000 CV
Hélices de paso fijo	10.0-11.0	9.0-10.0
Hélices de paso fijo con tobera	11.5-13.0	10.5-12.0
Hélices de paso variable	10.5-11.5	9.5-10.5
Hélices de paso variable con tobera	12.5-13.5	11.5-12.5
Hélices sistema Schottel	9.0-10.0	8.0-9.0
Hélices sistema Voith-Schneider	9.0-9.5	8.5-9.0

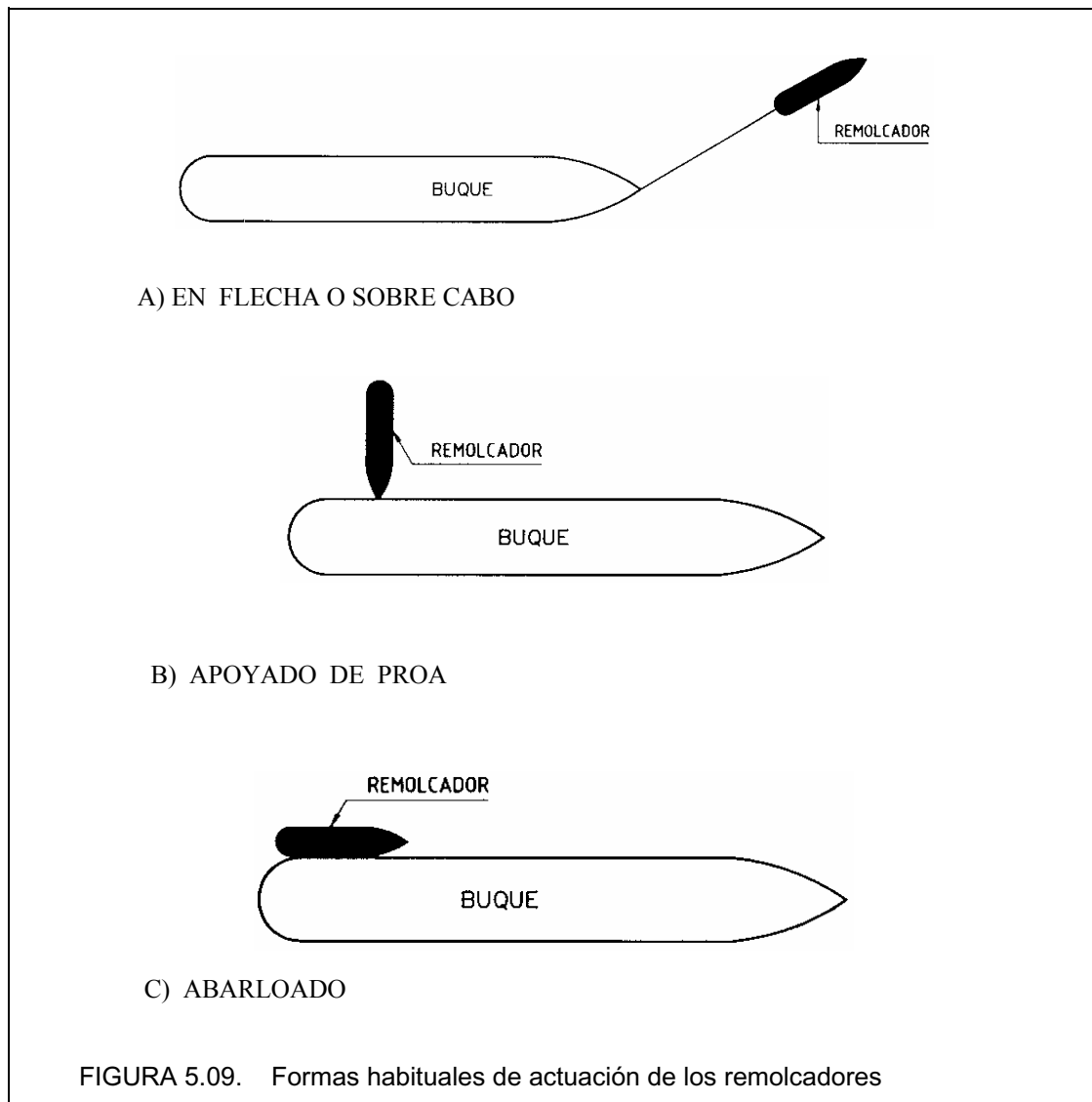
Conocida la tracción a punto fijo puede determinarse la tracción o el empuje avante suministrado a otras velocidades utilizando las curvas de la figura 5.5. Se recuerda que los empujes con el remolcador trabajando en otras direcciones distintas de avante pueden presentar reducciones muy significativas según sea e tipo de remolcador. Para determinar la potencia de los remolcadores necesarios para la realización de una determinada maniobra de ayuda a la navegación de un buque se seguirán los criterios recogidos en el apartado 5.7.

### 5.5. FORMAS DE ACTUACION DE LOS REMOLCADORES

La actuación de los remolcadores responde en general a uno de los tres métodos siguientes (ver fig. 5.09).

#### a) REMOLCADOR TRABAJANDO EN FLECHA O SOBRE CABO

En este procedimiento el remolcador trabaja separado del buque al que auxilia, tirando de él desde el extremo de un cabo, que puede estar fijado en diferentes puntos del buque realizando así diversas funciones (arrastre, retenida, etc.). Con este procedimiento se evi-



ta el contacto directo entre ambas embarcaciones y se asegura además que toda la potencia del remolcador se ejerce en la dirección del cabo. El inconveniente de este procedimiento es que se necesita mayor espacio de maniobra debido a la longitud del amarre, por lo que el sistema no puede utilizarse donde existan limitaciones de espacio. El efecto de un remolque en flecha es análogo al de una amarra con su punto de anclaje móvil y con un tiro de magnitud variable.

**b) REMOLCADOR APOYADO DE PROA (TRABAJANDO DE CARNERO)**

En este sistema el remolcador apoya su proa sobre el costado del buque al que auxilia y lo empuja en una dirección sensiblemente perpendicular a la crujía. Es habitual en este procedimiento que el remolcador quede fijado al buque con 1, 2 ó 3 cabos de amarre lo que permite evitar el deslizamiento relativo entre ambas embarcaciones durante la maniobra, y, además ejercer un tiro sobre el buque, en el supuesto de que se prevea la necesidad de este uso durante la maniobra, dando así mayor flexibilidad a la operación. Este procedimiento tiene menores requerimientos de espacio y permite cambiar con rapidez el sentido del empuje, si bien la eficacia del remolcador trabajando al tiro es menor que con el procedimiento anterior debido a la peor posición que pueden adoptar los cabos de amarre.

Como una variante de este sistema puede emplazarse el remolcador en la popa de determinadas embarcaciones (pontonas, barcazas, etc.) transmitiendo el empuje en sentido longitudinal, proporcionando así la potencia necesaria para el movimiento longitudinal de la que no disponen generalmente estas embarcaciones.

El efecto de un remolcador apoyado a proa puede asimilarse al de una amarra que trabajase en ambas direcciones, con su punto de aplicación móvil y con un tiro de magnitud variable, si bien será necesario considerar las posibles cargas de rozamiento en el supuesto de trabajar al empuje.

### c) REMOLCADOR ABARLOADO

En este procedimiento el remolcador se sitúa al costado del buque y sensiblemente paralelo a él, quedando amarrado al barco por mediación de varios cabos, que aseguran la transmisión de esfuerzos. Este procedimiento se utiliza generalmente para maniobrar buques que no cuentan con propulsión suficiente, en lugares de poco espacio y en aguas muy tranquilas.

El remolcador se sitúa generalmente en la aleta del buque a auxiliar de modo que los timones de ambas embarcaciones estén a la misma altura para favorecer las condiciones evolutivas del conjunto. El remolcador abarloado produce por tanto el mismo efecto que si el buque remolcado tuviera dos hélices, una de ellas muy separada de crujía. En casos de buques muy sensibles a la acción del viento y otras cargas transversales, es habitual disponer de dos remolcadores abarloados, cada uno situado en una banda, con lo cual se consigue un mayor control de la navegabilidad.

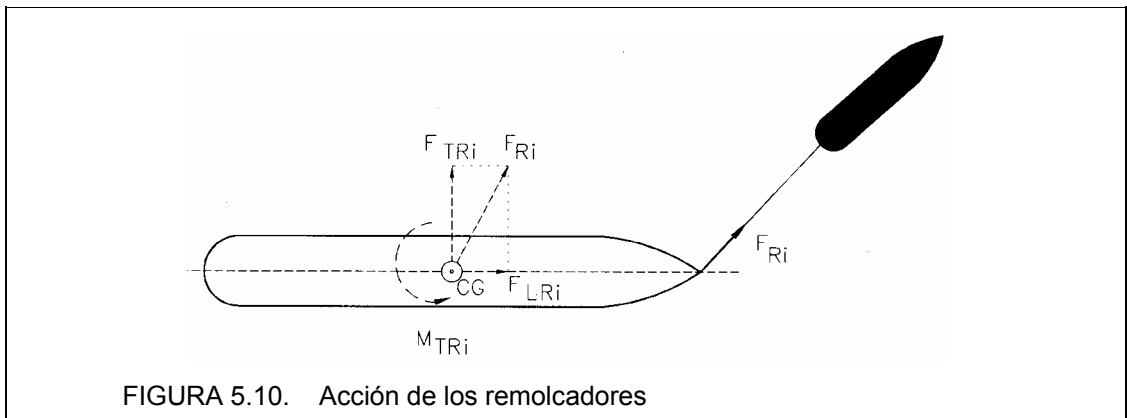
Según cual sea el sistema de trabajo elegido se modifica la posición relativa del remolcador y el buque, afectando al régimen hidráulico del flujo de agua alrededor de ambas embarcaciones y en el entorno de sus hélices, provocando efectos secundarios, cuyo análisis excede del alcance de esta Recomendación.

## 5.6. ACCION DE LOS REMOLCADORES

La acción de cada uno de los remolcadores que actúan sobre un buque puede simplificarse en una fuerza horizontal resultante  $F_{Ri}$ , de intensidad variable y que puede ser aplicada con una excentricidad importante con respecto al centro de gravedad del buque para conseguir los mayores efectos evolutivos (ver fig. 5.10). Cada una de estas fuerzas podría descomponerse en los siguientes efectos parciales:

- Una componente  $F_{LRi}$  en el sentido longitudinal del buque, que produce movimientos de avance o frenada del buque según el sentido en que esté aplicada.
- Una componente  $F_{TRi}$  en el sentido transversal del buque, que produce movimientos de deriva.
- Un Momento resultante  $M_{TRi}$  debido la excentricidad de la fuerza en relación con el centro de gravedad del buque, que produce movimientos de guiñada.

En función de la maniobra que se pretenda realizar, la acción de los remolcadores irá dirigida a conseguir los efectos más favorables para cada caso (mayor componente longitudinal en el caso de un remolque, mayor componente transversal en el caso de compensación de una deriva, mayor momento evolutivo en caso de un reviro, etc.).



En el supuesto de que intervengan varios remolcadores en la maniobra la actuación de cada uno de ellos se establecerá de manera coordinada de manera que se potencien los efectos favorables que se quiera conseguir y se compensen o minoren los desfavorables.

Adicionalmente a estos esfuerzos principales podrían considerarse la componente en el sentido vertical del buque y los dos momentos sobre los ejes longitudinal y transversal del buque, cuyo efecto pudiera ser necesario tomar en consideración para determinar los sobrecargos del buque debido a la acción de los remolcadores, y que generalmente no se consideran (salvo en el propio remolcador o en barcos de pequeño porte) debido a su reducida importancia.

## **5.7. DETERMINACION DE LAS NECESIDADES DE REMOLCADORES**

**5.7.1.** La determinación de las necesidades de remolcadores para la realización de una maniobra correcta depende de un gran número de factores entre los que pueden citarse:

- Las características del área en las que va a desarrollarse la maniobra.
- Las condiciones climáticas existentes.
- El tipo de buque y sus condiciones de maniobrabilidad.
- El tipo de maniobra a realizar y la forma de actuación de los remolcadores en condiciones de seguridad.
- La flota de remolcadores disponibles.
- La experiencia de los maniobristas que intervengan en la operación.
- La prestación de servicios complementarios a la propia maniobra.
- Las condiciones económicas que regulen la intervención de los remolcadores.

En el supuesto de que se quisiera determinar la flota de remolcadores necesaria para un puerto o una instalación compleja que integrase diferentes Areas de Navegación, Flotación o Maniobras sería necesario efectuar estudios de demanda, simultaneidad de operaciones, etc., cuyo análisis excede del alcance de esta ROM.

**5.7.2.** Dejando al margen las operaciones puras de remolque que ya se comentaron en el apartado 5.4.3, la asistencia de remolcadores en la llegada o partida de un buque a una instalación portuaria comprende normalmente tres fases:

- La fase en la que el buque mantiene una velocidad apreciable en la que puede mantener un adecuado control de la navegación con sus medios propios (hélices, timones, etc.). En esta fase la asistencia de remolcadores puede ser necesaria, con unos requerimientos que en general no demandarán una potencia o tracción a punto fijo excesiva, pero si unas condiciones específicas de navegabilidad y eficiencia para poder asistir a un buque en movimiento.
- La fase intermedia en la que el buque reduce su velocidad para aproximarse a un área de maniobra, dársena, muelle, etc. y en la que el buque está realizando parte de su proceso de parada. Durante esta fase el buque reduce su velocidad y en consecuencia disminuye la eficacia de sus medios propios, en consecuencia la influencia de los agentes externos (vientos, oleajes, corrientes, etc.) se queda descompensada y es necesario recurrir a la asistencia de remolcadores más frecuentemente y en actuaciones más prolongadas.
- La fase final en la que se realizan las maniobras últimas de aproximación, reviro y atraque o el proceso contrario de inicio de la salida. Durante esta fase el buque está casi sin velocidad con lo cual la posibilidad de utilizar sus medios propios en el control de las acciones externas es prácticamente nula y por tanto se precisa una ayuda más importante por parte de los remolcadores.

La demanda de remolcadores, al menos para buques sensibles a la acción de los vientos, oleajes y corrientes, suele venir determinada por esta última fase en la que se cuantifi-

can las mayores exigencias de tracción a punto fijo. En esta última fase en la que el buque se mueve a velocidad reducida es donde las hélices transversales del barco actúan con mayor eficacia, por lo que deberán ser tomadas en consideración a efectos de cuantificar las necesidades de tracción a punto fijo que deben ser proporcionadas por los remolcadores.

**5.7.3.** El procedimiento general de dimensionamiento de las necesidades de remolcadores se basa en que las fuerzas proporcionadas por éstos (más las hélices transversales del buque en su caso), serán capaces de equilibrar las fuerzas exteriores y las inerciales o residuales del propio barco, manteniendo un margen de seguridad adecuado para que el buque pueda permanecer controlado en todo momento. Este criterio general puede tener una hipótesis alternativa en la que se admita que las fuerzas de los remolcadores no sean capaces de equilibrar todas las fuerzas exteriores y las inerciales o residuales del propio buque, quedando cargas desequilibradas que producirán movimientos del barco (avances o retrocesos, derivas y guiñadas), para los cuales deberá haber reservas de espacio en cuantía suficiente para las condiciones más desfavorables que pudieran presentarse; en cualquier caso se recomienda que este procedimiento no se utilice cuando los movimientos del buque puedan producirse hacia zonas sin calado suficiente, muelles u otras instalaciones fijas o buques parados o en movimiento dada la gravedad que podría tener un accidente en estos casos.

Los supuestos que habitualmente suelen presentarse pueden resolverse con los casos siguientes o con una combinación de los mismos:

a) **MANTENIMIENTO EN POSICION DE UN BUQUE SOMETIDO A CARGAS CLIMÁTICAS**

Las fuerzas exteriores proporcionadas por los remolcadores (más las hélices transversales de maniobra en su caso) deberán equilibrar la resultante (fuerzas y momentos) de las cargas sobre el barco correspondientes a la acción de los vientos, oleajes y corrientes que se hayan establecido como condiciones límite de operación para la maniobra que se considere, siguiendo los criterios que se establecen en el Capítulo IV. Sobre las cargas así obtenidas se aplicará un coeficiente de seguridad de valor 1,25. Para pasar de estas fuerzas exteriores que deben ser proporcionadas por los remolcadores, a requerimientos concretos en términos de tracción a punto fijo, se tomarán en consideración las correcciones que cuantifican la pérdida de eficacia del remolcador en función de la velocidad y del ángulo de empuje o tiro en relación con la dirección de marcha avante de cada remolcador que se considere. Se hace notar que en el caso de que la configuración del buque y las acciones exteriores ocasionen unos momentos desequilibrados importantes, las fuerzas exteriores a ser proporcionadas por los remolcadores no serán iguales en proa que en popa, lo que aconsejará emplazar los remolcadores disponibles del modo más idóneo para equilibrar estos esfuerzos y con la mayor excentricidad posible con respecto al centro de gravedad del buque para conseguir la mayor eficacia en la absorción de estos esfuerzos. Por lo que se refiere a la conveniencia de disponer los remolcadores trabajando en flecha, de proa o incluso abarloados (de haber muchas fuerzas longitudinales desequilibradas) se estará en general al espacio disponible y a lo que mejor resulte para las maniobras siguientes que haya que efectuarse con posterioridad a ésta, ya sea un reviro, una traslación hacia un muelle que admita o no la navegación de remolcadores por detrás de la línea de atraque, etc.

b) **REVIRO DE UN BUQUE PARADO NO SOMETIDO A CARGAS CLIMATICAS**

Las fuerzas exteriores proporcionadas por los remolcadores (más las hélices transversales de maniobra en su caso) deberán equilibrar las fuerzas y momentos debidos a la velocidad de la corriente relativa al buque que se genera a consecuencia del propio reviro. La acción de la corriente se determinará con los criterios establecidos en el Capítulo VI suponiendo que los coeficientes de forma se mantienen para una distribución lineal de la velocidad relativa de la corriente con respecto al buque, y que el reviro se efectúa en un tiempo máximo de 20 minutos para un giro de 180°. Sobre las cargas así obtenidas se aplicará un coeficiente de seguridad de valor 1,25. Las ecuaciones de equilibrio se determinarán suponiendo que el reviro se produce a velocidad uniforme, despreciando por tanto las fases de aceleración y desaceleración del movimiento; la formulación matemática resultante dependerá del número de remolcadores utilizado y de la forma en que se dispongan. Para pasar de estas fuerzas exteriores que deben ser proporcionadas por los remolcadores a requerimientos concretos en términos de tracción a punto fijo, se tomarán en consideración las correcciones que cuantifiquen la pérdida de eficacia del remolcador en función de la velocidad y del ángulo de empuje o tiro en relación con la dirección de marcha avante de cada remolcador que se considere.

c) MOVIMIENTO TRANSVERSAL DE UN BUQUE NO SOMETIDO  
A CARGAS CLIMATICAS

En este supuesto que corresponde a la fase final más habitual de aproximación a un muelle se supondrá que la energía cinética del buque debido a velocidad transversal inicial (incluyendo la masa añadida del agua) se absorbe íntegramente por el trabajo de las fuerzas exteriores proporcionadas por los remolcadores y las hélices transversales de maniobra en su caso, actuando uniformemente sobre el espacio disponible para la parada del buque, que, en cualquier caso no se tomará con un valor superior a una manga del barco que maniobra. Sobre las cargas así obtenidas se aplicará un coeficiente de seguridad de valor 1,25. Para pasar de estas fuerzas exteriores que deben ser proporcionadas por los remolcadores a requerimientos concretos en términos de tracción a punto fijo, se tomarán en consideración las correcciones que cuantifiquen la pérdida de eficacia del remolcador en función de la velocidad y del ángulo de empuje o tiro en relación con la dirección de marcha adelante de cada remolcador que se considere.

**5.7.4.** Como puede deducirse del procedimiento anterior, el cálculo de las necesidades de remolque no es un proceso unívoco que conduzca siempre a una misma solución; ni siquiera conocidos los requerimientos globales expresados en términos de tracción a punto fijo puede llegarse a una determinación invariable del número y potencia de remolcadores a utilizar en cada caso. El procedimiento sin embargo si es objetivable y en cada caso concreto puede plasmarse en unas Normas de Operación que asignen remolcadores según tipo de buques en función del tipo de maniobra a realizar, de los remolcadores disponibles, y de las condiciones climáticas límites de operación que se establezcan para cada caso o para cada intervalo de buques/condiciones climáticas en el supuesto de que se desee establecer una mayor flexibilidad al respecto.

En el supuesto de que el buque cuente con hélices transversales podrá considerarse su efecto en la compensación de la resultante de las acciones externas sobre el buque, disminuyendo así los requerimientos de remolcadores.

## 5.8. ELEMENTOS DE REMOLQUE

Cada tipo de remolcador irá equipado con los elementos necesarios para desarrollar con normalidad su trabajo. Unos van fijos en cubierta, tales como: chigre de remolque, gancho de remolque, bitas en «H» y bitas normales, y otros formarán el material necesario para dar el remolque como: cable de remolque, pies de gallo, triángulo, cable de seguridad, cabos mensajeros y guías. Por tanto, cada remolcador, de acuerdo con su potencia de tiro y tracción a punto fijo, deberá tener dichos elementos con la resistencia necesaria que permita efectuar el remolque con seguridad. A continuación se describen brevemente los elementos más importantes de los citados anteriormente, por lo que se refiere a las operaciones objeto de esta ROM.

*Chigre de remolque.* Consiste en una máquina hidráulica provista de uno o dos tambores donde se guarne el cable de remolque. El sistema puede ser automático de tensión o longitud constante, o no automático. El chigre de tensión constante mantiene en todo momento el cable en la tensión programada, desvirando cuando entra en excesiva fuerza y virando cuando queda en banda; de esta manera, una vez fijada la longitud del cable del remolque o la tensión máxima, automáticamente se mantendrán estos valores. El chigre de remolque no automático es de accionamiento manual y requiere regular la distancia manualmente y estar atento a que no trabaje en exceso.

El chigre de remolque debe instalarse lo más bajo posible para no disminuir la estabilidad y a ser posible coincidiendo con el centro de resistencia lateral para facilitar la maniobrabilidad del remolcador.

La desventaja del chigre de remolque es que no es posible pasar de la situación de remolque hacia adelante a hacia atrás, especialmente en maniobras en lugares estrechos.

*Bitas.* En cubierta deber haber las suficientes bitas para hacer firmes los cabos de remolque y colocadas en los lugares apropiados para ser usadas en diversos tipos de remolques, ya sea por la popa, por la proa o abarloado.

*Gancho de remolque.* Consiste en un gancho de construcción especial que permite desenganchar el cable de remolque automáticamente desde el puente. La situación del gancho debe ser coincidiendo con el centro de resistencia lateral o algo hacia popa del



mismo, dependiendo del sistema propulsor, con el fin de dar a máxima maniobrabilidad al remolcador; su altura será la mínima para evitar una pérdida de estabilidad del remolcador.

*Cable de remolque.* Cable o cabo de remolque es el cable o cabo que se emplea para arrastrar el remolcado. Puede ser metálico, de fibra natural y de fibra sintética tales como: nylon, polipropileno, dracOn, etc. El cable de remolque se emplea para remolques largos, costeros y oceánicos, en los cuales se requiere mucha longitud y gran resistencia. El cable convencional de remolque puede ser de 5 a 6 cm de diámetro y de más de 600 m de longitud y va enrollado en el tambor del chigre de remolque.

