

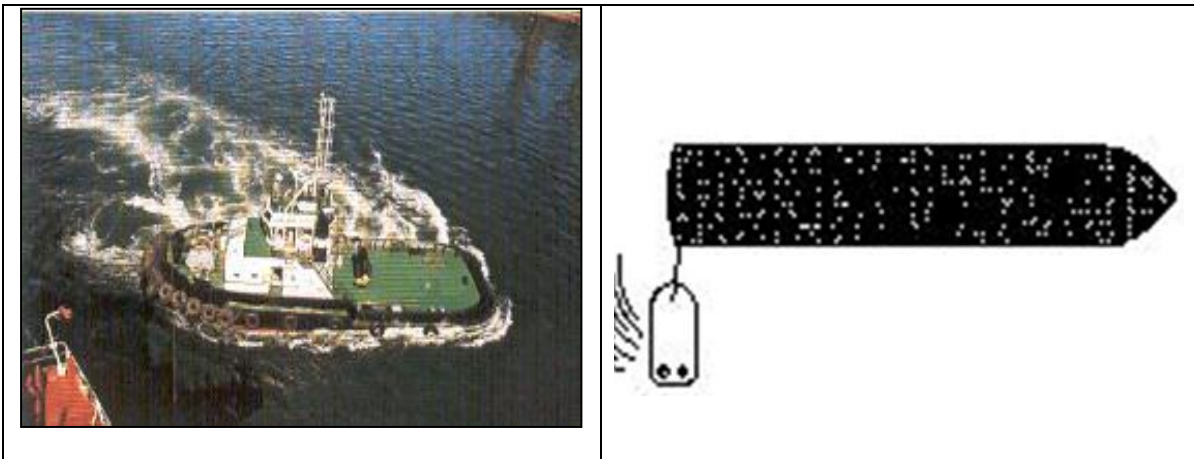
## Distintos métodos de asistencia

Cap Eduardo Gilardoni

- Remolque directo o activo
- Remolque indirecto o pasivo

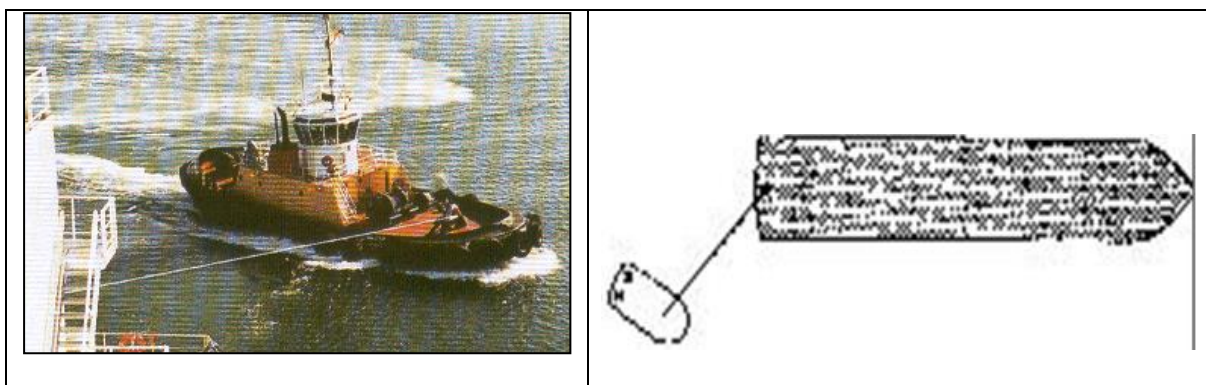
Remolque directo: Es la forma más natural y utilizada. El remolcador tirará del remolque en la dirección que desee aplicar la fuerza, actuando para gobernar, frenar o detener una caída.

El extremo del remolcador desde donde efectúa el tiro es desde donde aplica la fuerza, el otro extremo está libre



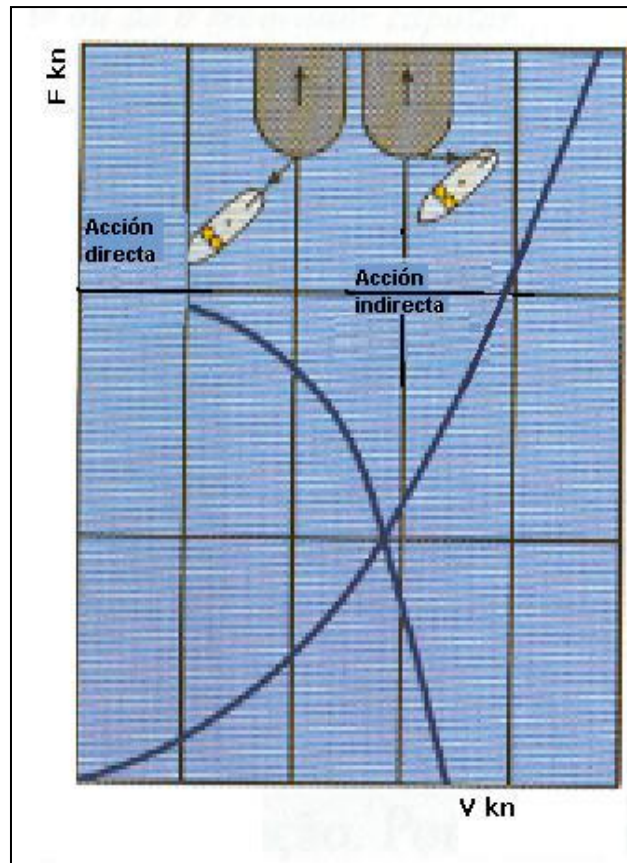
Remolque indirecto: En este caso el extremo del remolcador se coloca en la dirección que se quiere actúe la fuerza, como hace el esquiador acuático, formando el remolque un ángulo de unos  $45^\circ$  con la crujía del remolcado, pero el ángulo del remolcador con el cabo será como máximo de  $30^\circ$ .

Se demostró que, con esta configuración, como la fuerza hidrodinámica sobre la carena del remolcador es potencialmente proporcional a la velocidad del remolcado, puede superar el doble del *bollard pull*, cuando se la efectúa a 10 ns.



El método indirecto es más efectivo cuanto mayor sea la velocidad del remolcado. En cambio, con remolcados detenidos o moviéndose a bajas velocidades, el método directo es mucho más efectivo.

En el gráfico siguiente podemos observar las diferencias de los BP generados con cada uno de los métodos



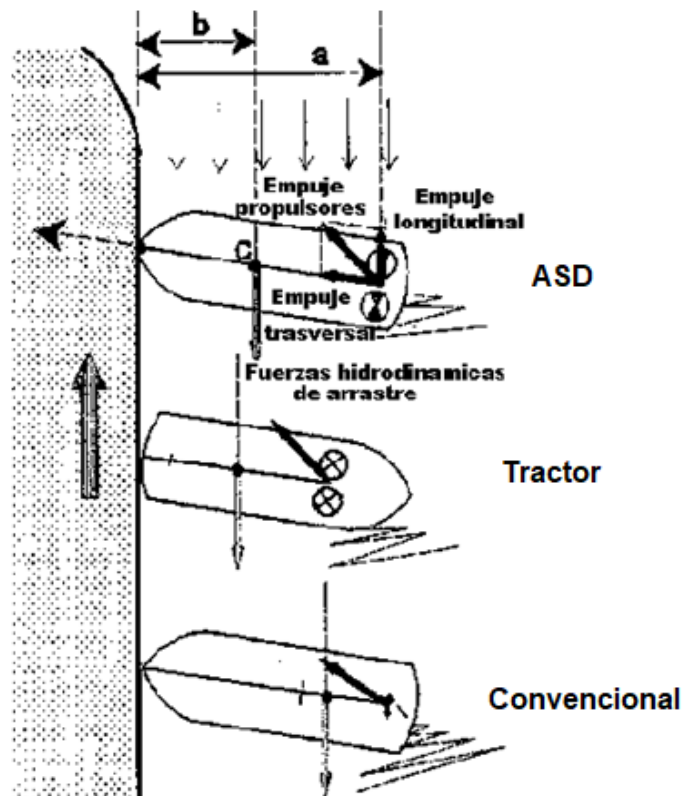
## Sistema "a la americana"

Comparación de distintos tipos de propulsión efectuando *push & pull* con el buque avanzando avante

Aparte de la resistencia de la carena, el empuje depende de:

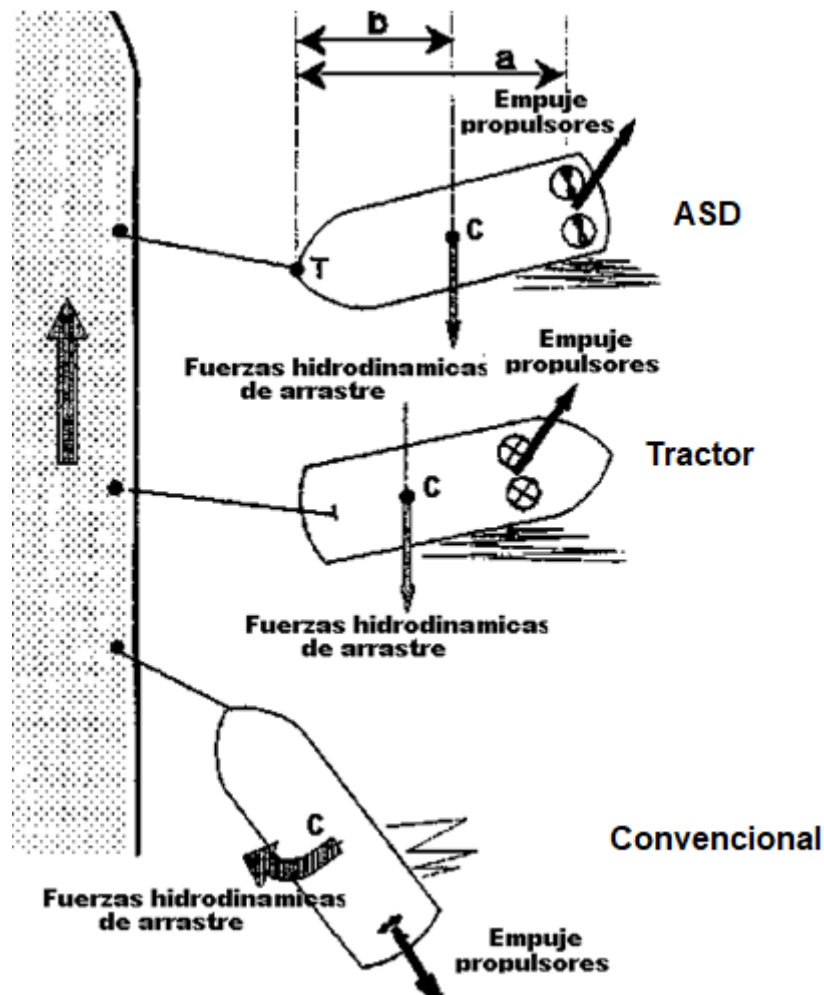
- De la inclinación con respecto al rumbo del buque.
- Del tipo de propulsor que dispongan.
- De la relación de las distancias a/b
- De la distancia lateral entre el centro de carena (C) y el punto de apoyo para empuje

El sistema omnidireccional ASD es el que mejor se comporta para aplicar su fuerza en cualquier dirección.



Comparación de la eficacia de distintos tipos de remolcadores efectuando remolque al tiro con el buque avante

- De la inclinación con respecto al rumbo del buque.
- Del tipo de propulsor que dispongan.
- De la relación entre las distancias  $a/b$
- De la distancia lateral entre el centro de carena (C) y el punto de tiro (T)



Cuanto mayor sea la distancia entre el punto de empuje de los propulsores (dependiendo de la dirección que puedan alcanzar) y el punto de tiro, mejor será su performance.

Como se puede ver en los siguientes gráficos la performance del remolcador, ubicado como se muestra, es muy buena.

Él sólo ejerce una fuerza transversal, sin incrementar la velocidad del buque con una fuerza longitudinal.

La velocidad del remolcado genera una gran fuerza hidrodinámica sobre la carena del remolcador, que incrementa el empuje sobre el buque asistido.

Como veremos en un próximo gráfico, a una velocidad aproximada de 8,5 ns., el 80% del *bollard pull* se desarrolla como fuerza transversal.

Como corolario interesante podemos mencionar un estudio real realizado en los EE. UU. en 1.982

Se utilizó un remolcador convencional, bi-hélice con toberas fijas, timones gemelos y cuatro timones de retroceso.

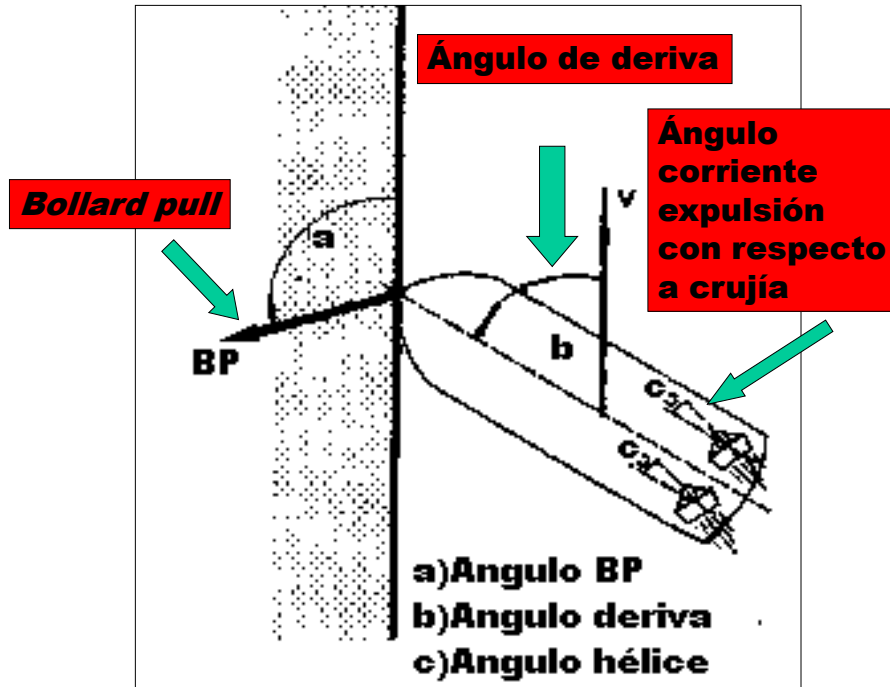
Su potencia eran 1700 HP., no utilizaba líneas auxiliares y su longitud de remolque era de 30 m.

La máxima fuerza efectiva de tiro transversal la logró a una velocidad menor a 1 ns.

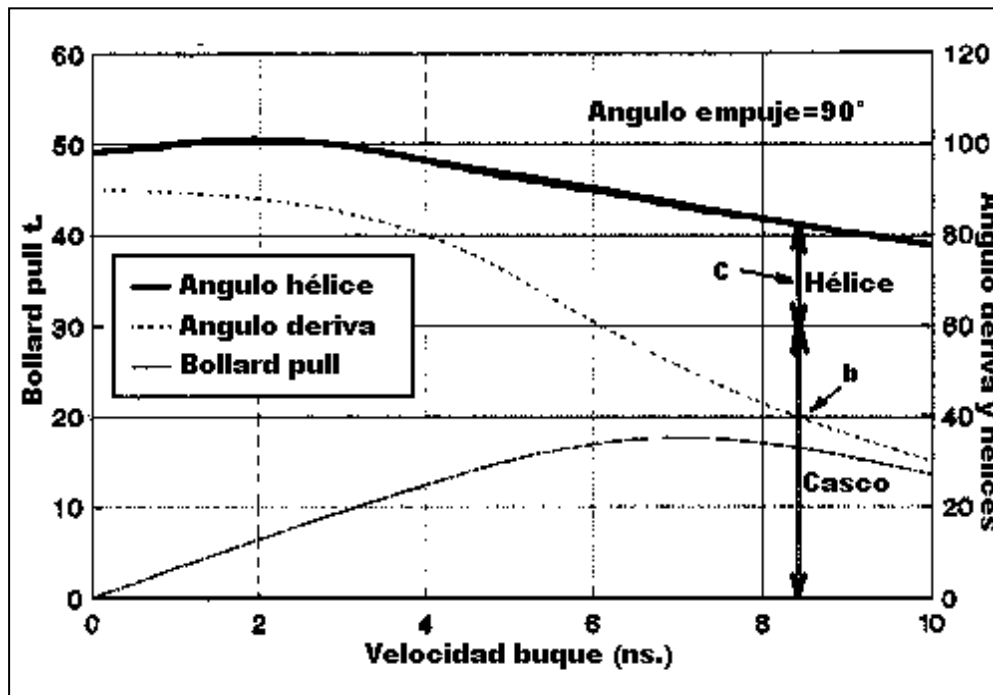
Luego se realizó similar experiencia con un remolcador ASD cuyas características eran:

LOA                    31,00 m.

Manga 10,70 m.  
 BHP 3.600  
 BP 50 t.  
 Máxima escora admisible 6°



En el gráfico siguiente podemos observar como la sumatoria de los ángulos formados entre los propulsores (segmento c) y el plano de crujía del remolcador con el plano de crujía del remolcado (segmento d) suman un empuje transversal de un poco más del 80%, o sea una muy pequeña aceleración longitudinal contra una gran fuerza transversal, todo ello a una velocidad de 8,5 ns.



En la práctica, una velocidad de 4 o 5 ns., es la máxima velocidad que puede alcanzar el buque asistido, para que un remolcador convencional pueda ejercer una fuerza transversal efectiva.

Pero esta afirmación puede ser afectada por muchos factores que pueden influenciar la performance del remolcador, como ser:

- Cuando no se utilice un largo en proa la fuerza transversal a ejercer decrece.
- Igualmente, las olas hacen caer rápidamente el empuje lateral que pueda ejercer el remolcador.
- En general, y para tomar un margen de seguridad apropiado es aconsejable considerar como velocidad límite superior: 3 ns.
- Los factores a tener en cuenta sobre el *bollard pull* que puede ejercer el remolcador son:
  - Estabilidad del remolcador (su GZ).
  - Francobordo.
  - Altura del punto de empuje.

Todo íntimamente relacionado con:

1. Las máximas R.P.M. que puedan alcanzarse.
2. El torque del motor.
3. Una escora excesiva.

Los gráficos de las próximas diapositivas se basan en estudios simulados sobre las capacidades de empuje, entre un remolcador convencional y un ASD.

Las máximas fuerzas de empuje fueron determinadas a varias velocidades del remolcador, teniendo muy en cuenta, entre otras cosas, la distancia entre la cubierta y el agua, con las escoras adquiridas.

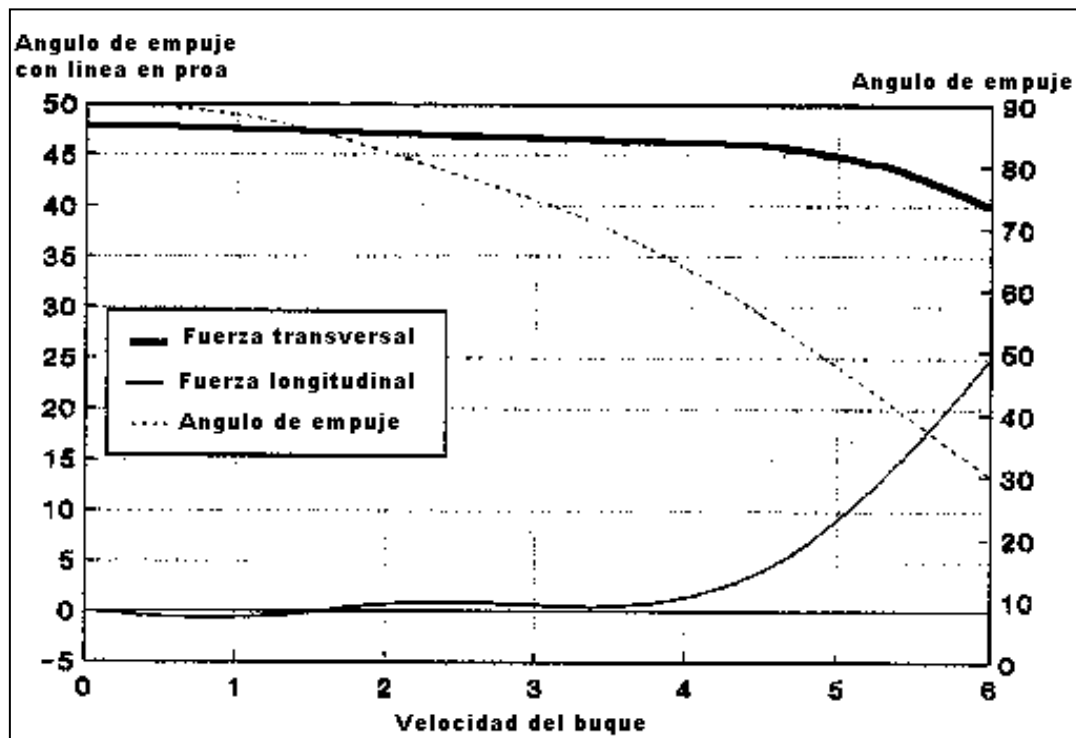
Cada gráfico muestra las máximas fuerzas transversales y longitudinales ejercidas simultáneamente.

El eje de la abscisa izquierda indica el *BP* en t.

El eje de la abscisa derecha el ángulo entre ambas crujías.

Las características del remolcador convencional son:

- Bi-hélice con tres timones
- LOA 40 m.
- Manga 11 m.
- BHP 5.750, sin tobera
- *BP* 50 t.
- Calado 17'



#### Conclusiones:

- El ángulo de empuje disminuye rápidamente ante el incremento de la velocidad del buque.
- El *BP* transversal decrece cuando la velocidad del buque supera los 5 ns.
- El *BP* longitudinal se incrementa muy rápidamente a velocidades superiores a los 4 ns.
- Cuando no se usa la línea de proa las fuerzas longitudinales y transversales, ejercidas a velocidades mayores a los 5 ns. disminuyen.
- En aguas agitadas (con olas de aproximadamente 1,80 m. de altura), la performance del remolcador cae rápidamente a velocidades superiores a los 3 ns.
- Si el remolcador no tuviera esa cantidad de timones, su performance caería rápidamente a velocidades cercanas a los 4 ns.
- En la práctica una velocidad del remolcado de 5, 4 o tal vez 3 ns. es posiblemente el máximo límite para poder empujar transversalmente (todo dependerá de las características particulares de cada remolcador).

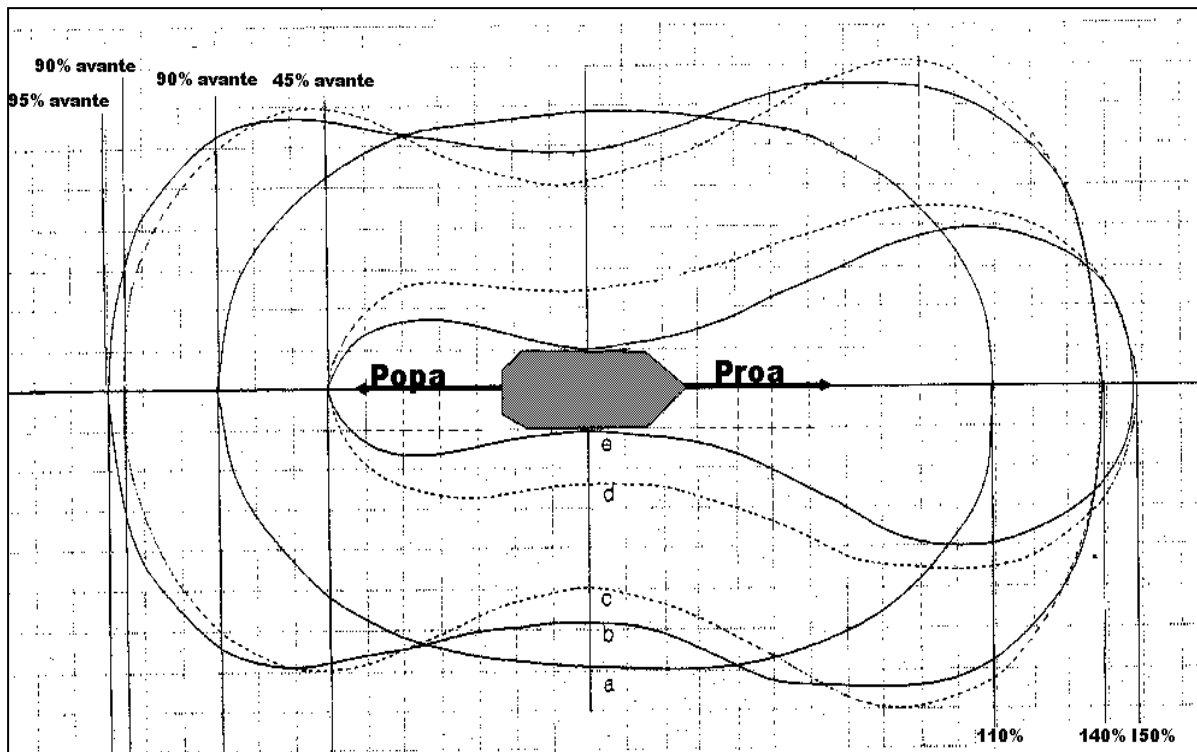
### Diagrama de vectores de BP

Recordemos primeramente la relación entre los distintos medios de medición de potencias y el *bollard pull*

1. *BHP* (*brake horse power*): Potencia tomada en el volante a la salida del cigüeñal del motor.
2. *SHP* (*shaft horse power*): Potencia tomada en el eje porta hélices.

*Relaciones kW/SHP/BP*

0,74 kW = 1 SHP  
1 SHP = 0,97 BHP  
100 SHP = 1/1,1 ton. BP

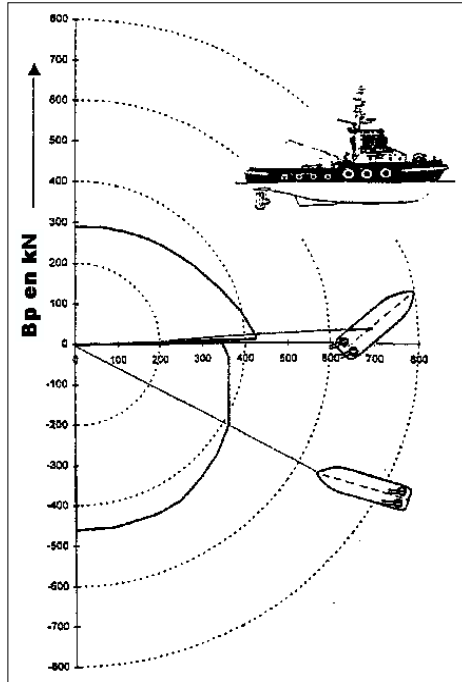


- a) Tractor cicloidal
- b) Tractor omnidireccional
- c) ASD
- d) Convencional bi-hélice CPP con tobera y *bow thruster*
- e) Convencional bi-hélice CPP con tobera sin *bow thruster*

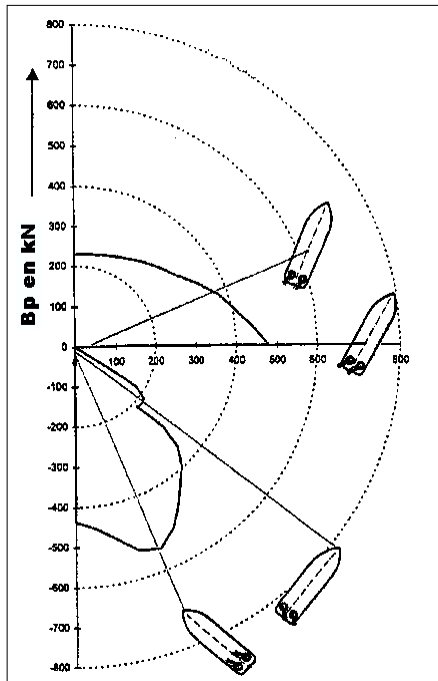
Análisis de los BP generados por remolcadores ASD y tractor con diferentes ángulos de tiro a diferentes velocidades del asistido



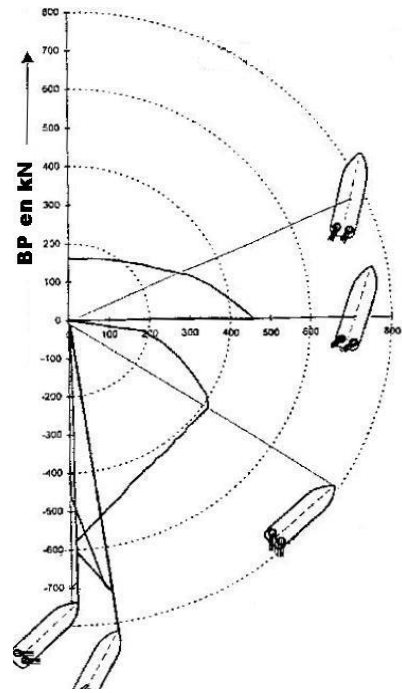
**Remolcador ASD**  
**3110 BHP**  
**(2 x 1505HP)**  
**40 t. de bollard pull**  
**Velocidad: 4 ns.**  
**Eslora: 30,70 m.**  
**Manga: 10,60 m.**  
**Puntal: 4,40 m.**



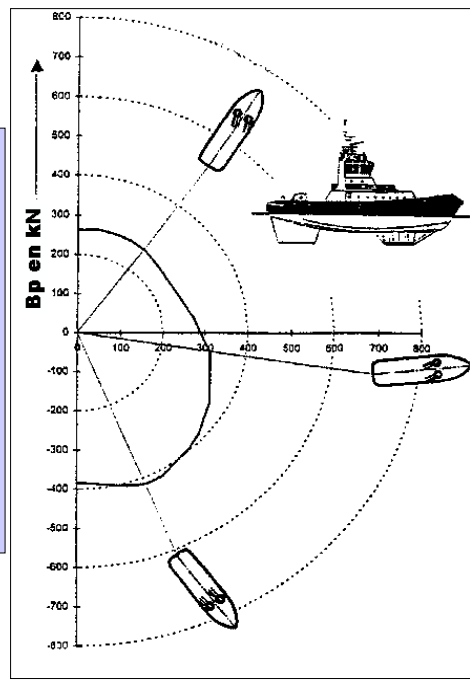
**Remolcador ASD**  
**3110 BHP**  
**(2 x 1505HP)**  
**40 t. de bollard pull**  
**Velocidad: 6 ns.**  
**Eslora: 30,70 m.**  
**Manga: 10,60 m.**  
**Puntal: 4,40 m.**



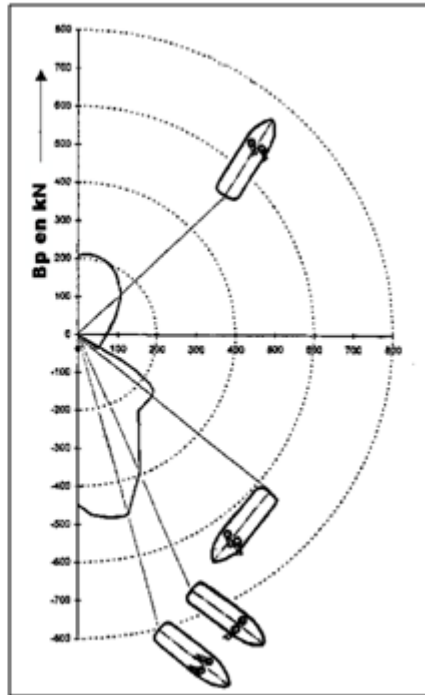
**Remolcador ASD**  
**3110 BHP**  
**(2 x 1505HP)**  
**40 t. de bollard pull**  
**Velocidad: 8 ns.**  
**Eslora: 30,70 m.**  
**Manga: 10,60 m.**  
**Puntal: 4,40 m.**



**Remolcador Stan Voight**  
**2910 BHP**  
**(2 x 1455HP)**  
**36 t. de bollard pull**  
**Velocidad: 4 ns.**  
**Eslora: 29,70 m.**  
**Manga: 9,95 m.**  
**Puntal: 4,00 m.**



**Remolcador Stan Voight**  
**2910 BHP**  
**(2 x 1455HP)**  
**36 t. de bollard pull**  
**Velocidad: 6 ns.**  
**Eslora: 29,70 m.**  
**Manga: 9,95 m.**  
**Puntal: 4,00 m.**



Diferentes maniobras que pueden realizar los ASD o los reverse tractor

Aquí se muestra la posición que deben adoptar los propulsores para lograr diferentes movimientos

