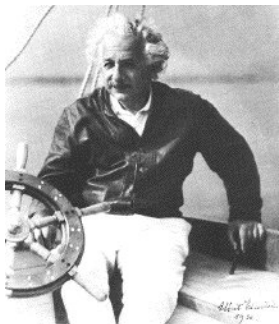


INTRODUCCIÓN A LA FÍSICA DE LA NAVEGACIÓN A VELA

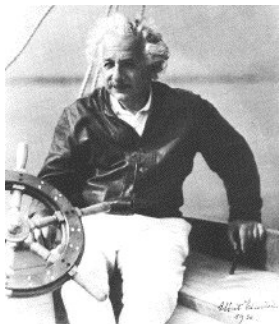
J. J. Ruiz-Lorenzo

Departamento de Física
Universidad de Extremadura
<http://www.unex.es/fisteor/juan>

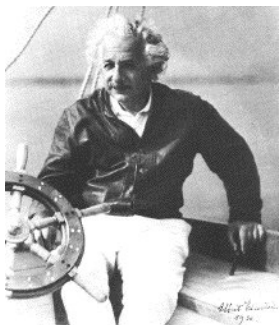
IES Sierra la Calera (Santa Marta)
15 de Abril de 2010



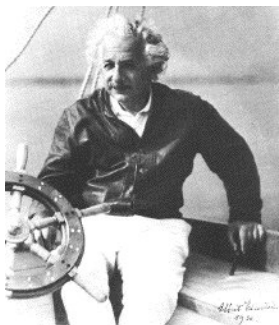
- Tipos de navegación (a favor y en contra del viento).



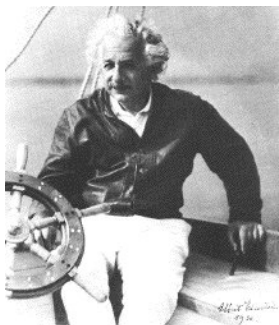
- Tipos de navegación (a favor y en contra del viento).
- Experimento.



- Tipos de navegación (a favor y en contra del viento).
- Experimento.
- Fuerzas sobre objetos en fluidos (vela, quillas y alas): flotabilidad (Arquímedes), resistencia y sustentación.

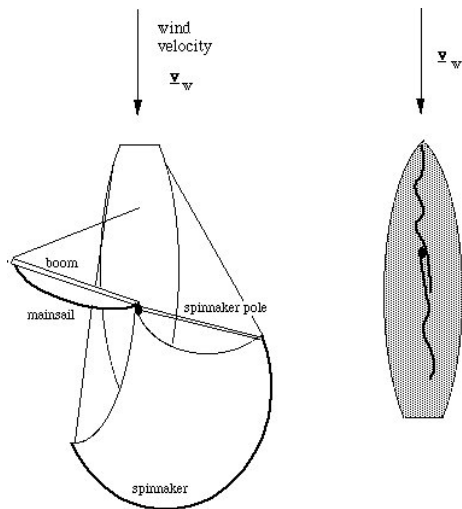


- Tipos de navegación (a favor y en contra del viento).
- Experimento.
- Fuerzas sobre objetos en fluidos (vela, quillas y alas): flotabilidad (Arquímedes), resistencia y sustentación.
- Equilibrio de un barco.

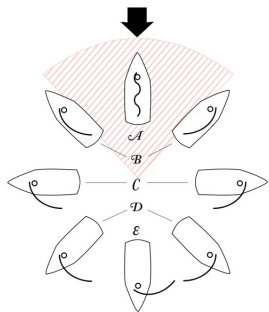


- Tipos de navegación (a favor y en contra del viento).
- Experimento.
- Fuerzas sobre objetos en fluidos (vela, quillas y alas): flotabilidad (Arquímedes), resistencia y sustentación.
- Equilibrio de un barco.
- Predicción de la velocidad del barco a vela.

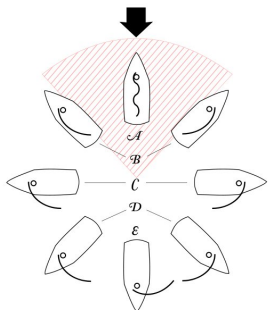
Tipos de navegación a vela



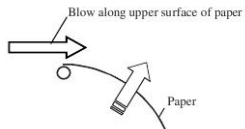
¿Es posible navegar en contra del viento?



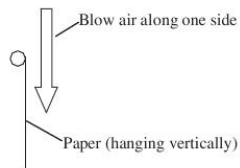
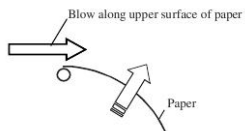
¿Es posible navegar en contra del viento?



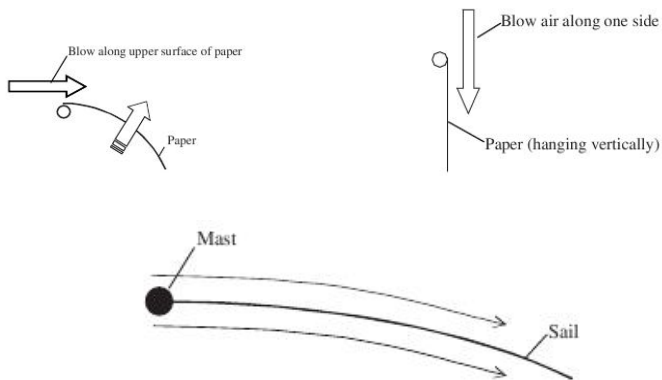
Experimento: ¿Fuerza sobre una vela navegando en bolina?



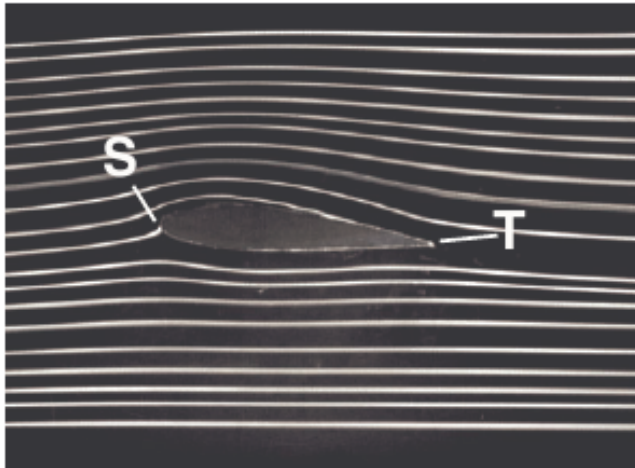
Experimento: ¿Fuerza sobre una vela navegando en bolina?



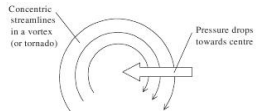
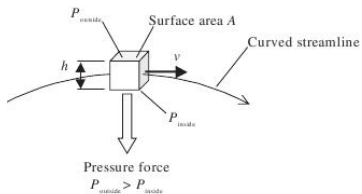
Experimento: ¿Fuerza sobre una vela navegando en bolina?



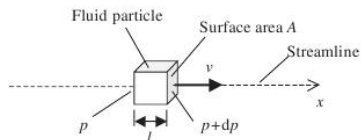
Flujo alrededor de un sólido



Curvatura del flujo alrededor de un sólido



Principio de Bernoulli



Principio de Bernoulli:

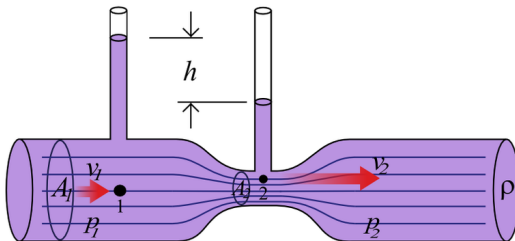
$$p + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{Constante en la línea de corriente}$$

Conservación de la cantidad de fluido:

$$\rho Av = \text{Constante}$$

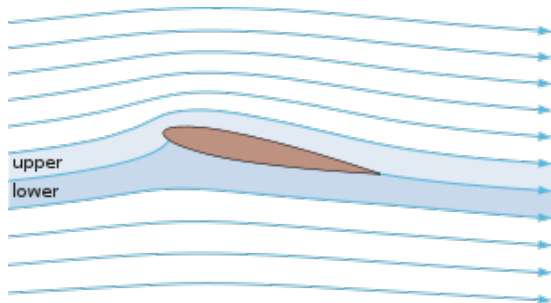
Principio de Bernoulli (Aplicación) (I)

Efecto Venturi:



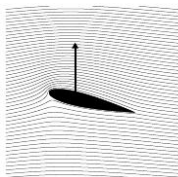
Principio de Bernouilli (Aplicación) (II)

Alas/Velas/Quilas:

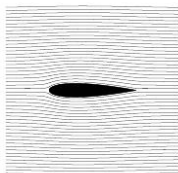


Animación: Flujo de aire sobre un ala

Sustentación (quillas/velas)



(a)

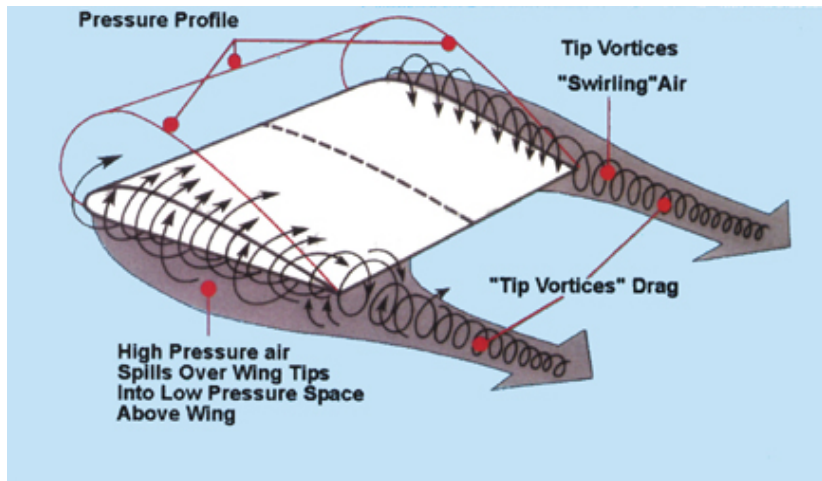


(b)

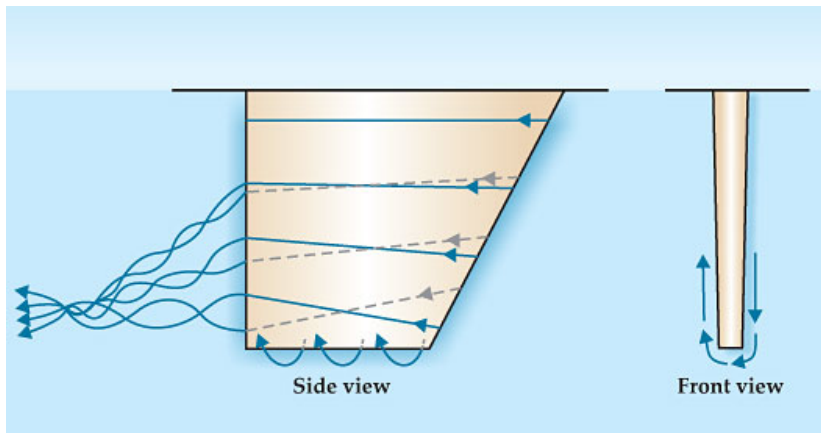


(c)

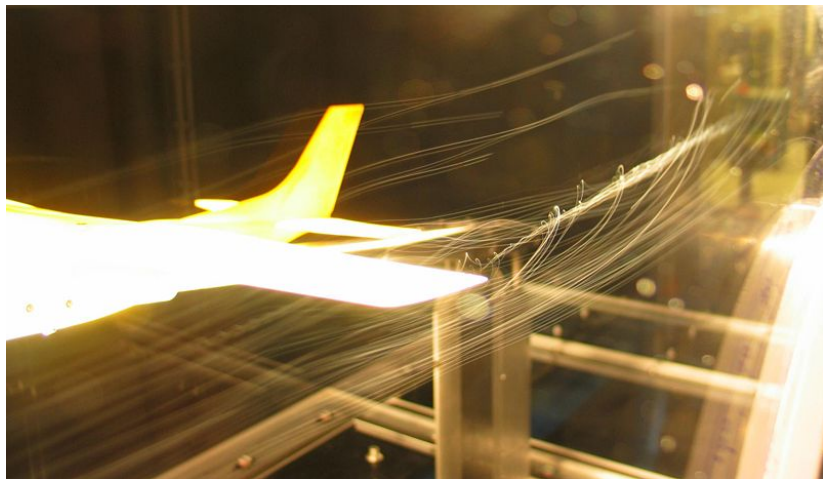
Alas/Velas/Quillas en 3D



Aerodinámica de la quilla



Vórtices generados por las alas (I)



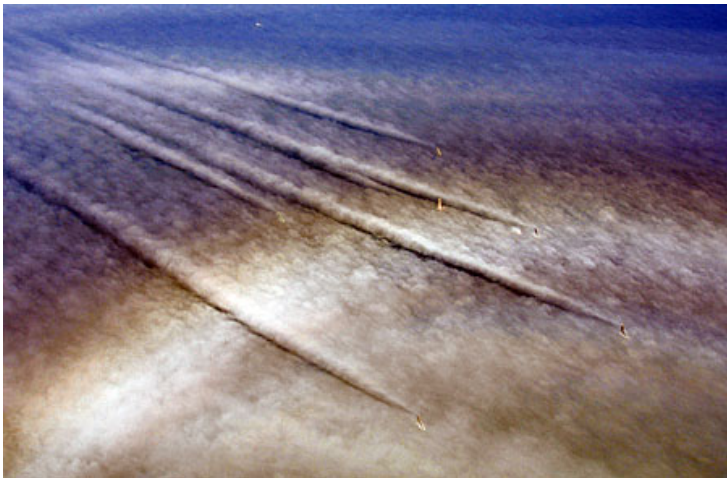
Vórtices generados por las alas (II)



Vórtices generados por las alas (III)



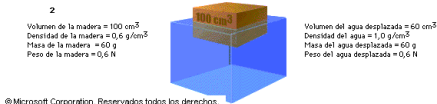
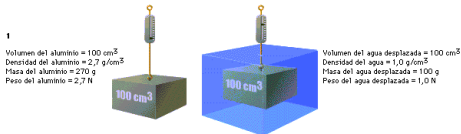
Vórtices generados por las velas



Principio de Arquímedes



Principio de Arquímedes



©Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

- De forma.

- De forma.

- De fricción.

- De forma.
 - De onda.

- De fricción.

- De forma.
 - De onda.
 - Inducida.
- De fricción.

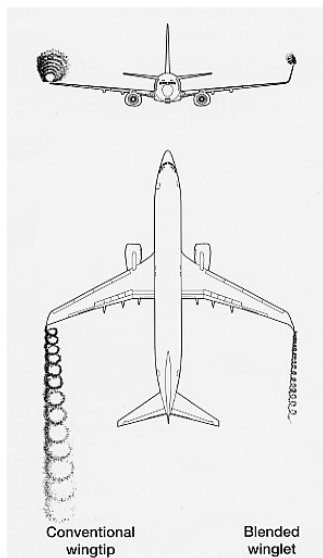
- De forma.
 - De onda.
 - Inducida.
 - De la capa límite.
- De fricción.

- De forma.
 - De onda.
 - Inducida.
 - De la capa límite.
- De fricción.
- Nota: Resistencia de perfil=Resistencia de la capa límite + Resistencia de fricción.

Resistencia inducida (estela turbillonaria)

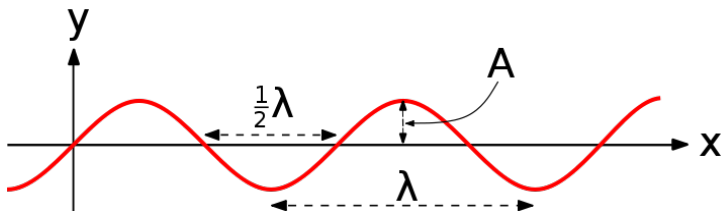


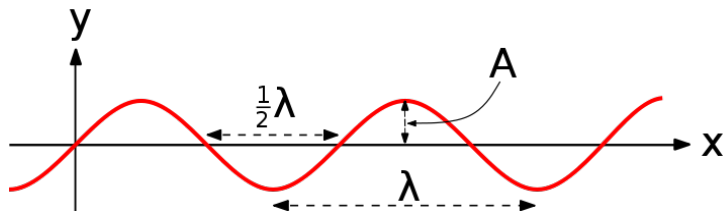
Resistencia inducida (estela turbillonaria)



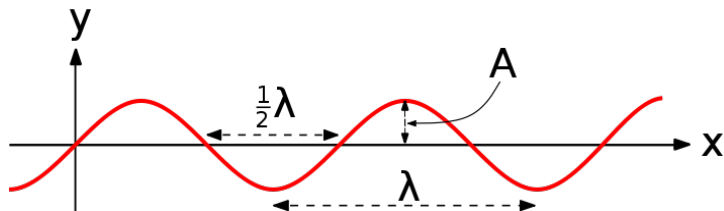
Resistencia de onda (estela del barco)



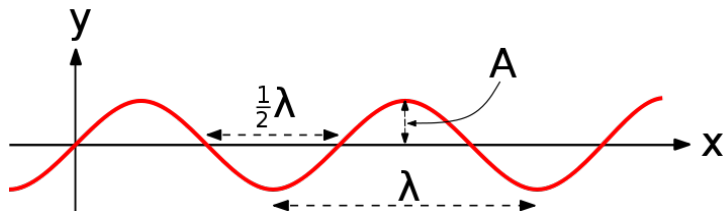




- Mar profundo: $v = 2.5\sqrt{\lambda(\text{m})}$ kt. $T = 0.8\sqrt{\lambda(\text{m})}$ s.



- Mar profundo: $v = 2.5\sqrt{\lambda(\text{m})}$ kt. $T = 0.8\sqrt{\lambda(\text{m})}$ s.
- Las olas más grandes (en long. onda) se mueven más rapido.



- Mar profundo: $v = 2.5\sqrt{\lambda(\text{m})}$ kt. $T = 0.8\sqrt{\lambda(\text{m})}$ s.
- Las olas más grandes (en long. onda) se mueven más rapido.
- Mar poco profundo: $v = 6.1\sqrt{d(\text{m})}$ kt. Todas las olas se mueven a la misma velocidad (por ejemplo, en la orilla).

Diagrama de Fuerzas

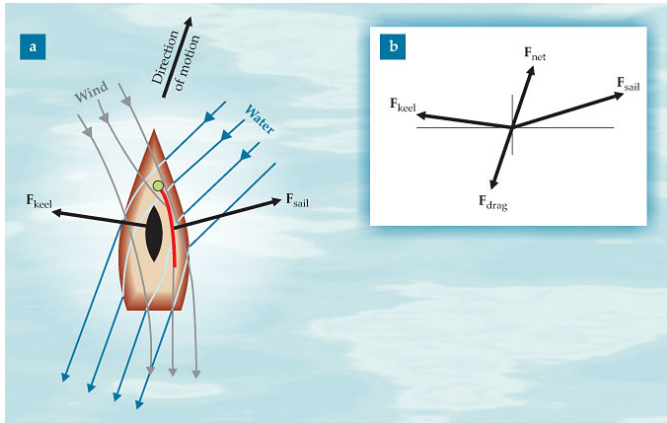
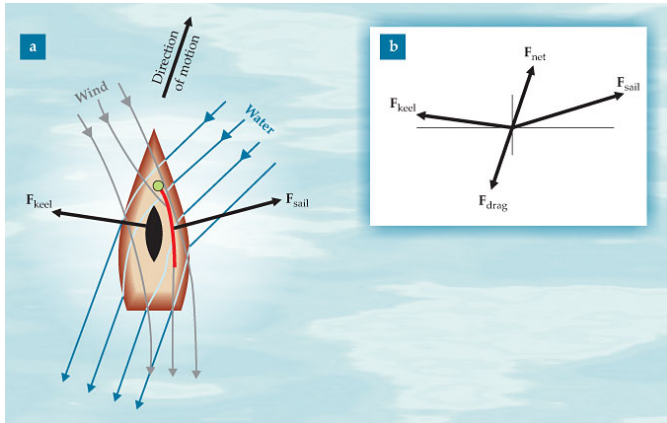


Diagrama de Fuerzas

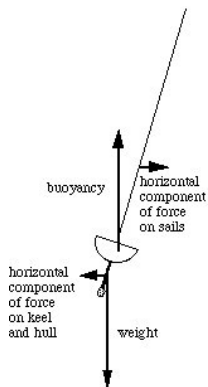


Equilibrio (mov. uniforme):

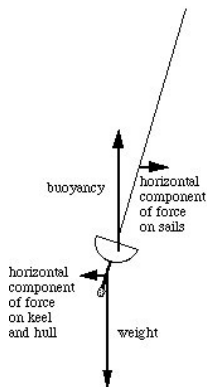
$$\sum_i \mathbf{F}_i = 0$$



Momentos



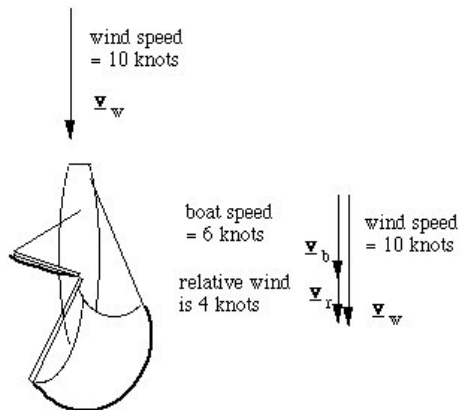
Momentos



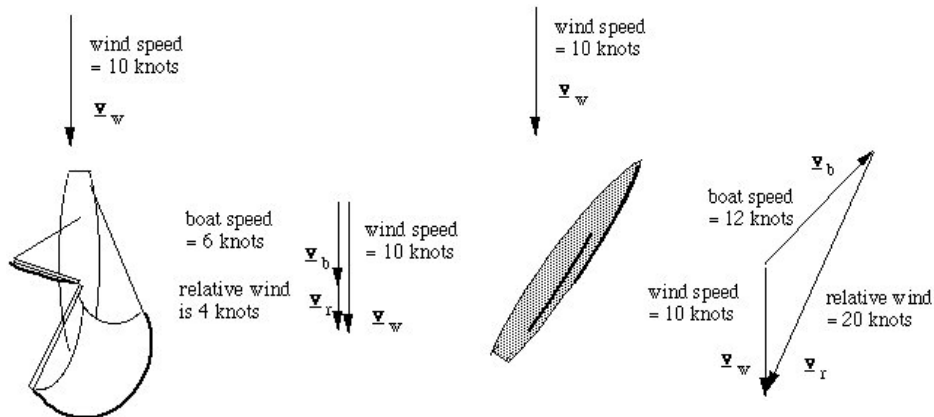
Equilibrio:

$$\sum_i M_i = 0$$

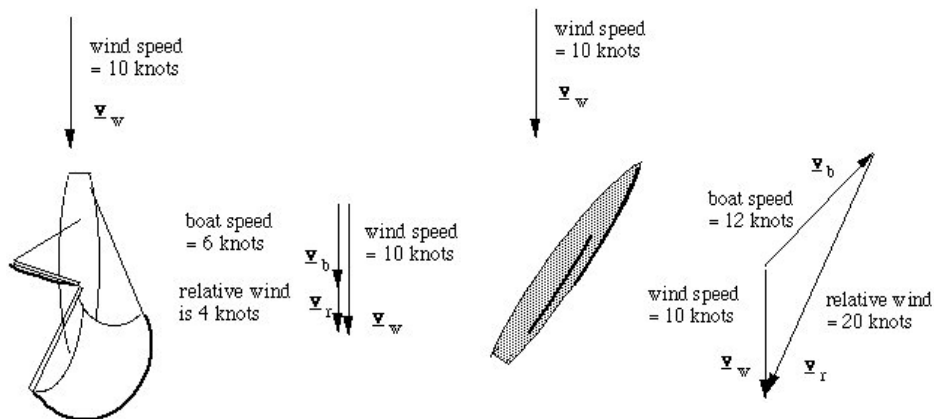
Viento Real/Aparente



Viento Real/Aparente



Viento Real/Aparente

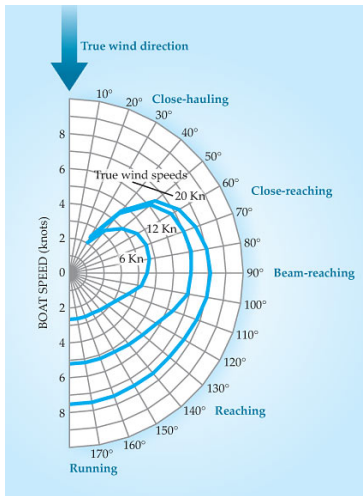


Ecuación General:

$$v_{\text{real}} = v_{\text{aparente}} + v_{\text{barco}}$$

¿Puede un barco navegar a mayor velocidad que la velocidad real del viento? (I)

¿Puede un barco navegar a mayor velocidad que la velocidad real del viento? (I)



¿Puede un barco navegar a mayor velocidad que la velocidad real del viento?(II)

- Hydroptère consiguió el record del mundo (4/9/2009), sosteniendo una velocidad de 51.36 kt durante 500 m en 30 kt de viento.

¿Puede un barco navegar a mayor velocidad que la velocidad real del viento?(II)

- Hydroptère consiguió el record del mundo (4/9/2009), sosteniendo una velocidad de 51.36 kt durante 500 m en 30 kt de viento.
- El 8/11/2009 rompió la barrera de los 50 kt durante 1 NM con una velocidad de 50.17 kt.

¿Puede un barco navegar a mayor velocidad que la velocidad real del viento?(II)

- Hydroptère consiguió el record del mundo (4/9/2009), sosteniendo una velocidad de 51.36 kt durante 500 m en 30 kt de viento.
- El 8/11/2009 rompió la barrera de los 50 kt durante 1 NM con una velocidad de 50.17 kt.



¿Puede un barco navegar a mayor velocidad que la velocidad real del viento?(III)



Video Promocional del Hydroptére