

Manual de experimentos

HM150.06 Altura Metacéntrica
Estabilidad

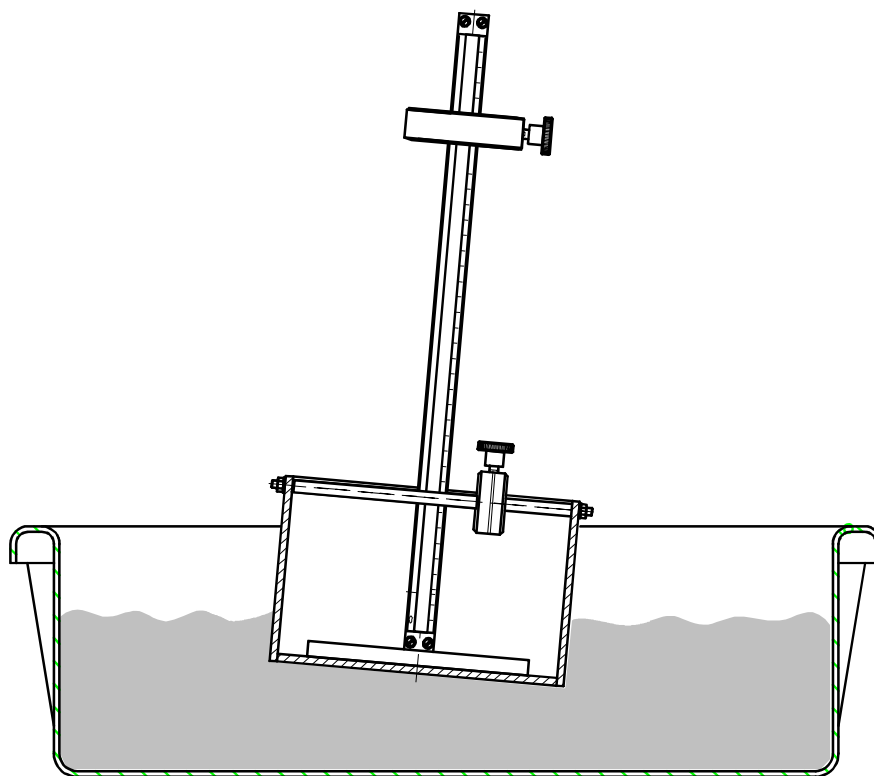
G.U.N.T. Gerätebau GmbH

Fahrenberg 14

D-22885 Barsbüttel • Alemania

Teléfono +49 (40) 670854-0

Telefax +49 (40) 670854-42



Manual de experimentos

¡Antes de la primera puesta en marcha del equipo lea atentamente las medidas de seguridad!

¡El equipo sirve exclusivamente para educación y formación así como para investigación! ¡No ha sido concebido para el uso industrial!

Indice General

1	Introducción	1
2	Descripción del equipo	2
3	Teoría	3
3.1	Empuje	3
3.2	Estabilidad del punto de flotación	3
3.3	Determinación de la situación del metacentro	4
4	Ensayos	6
4.1	Cálculo de la situación del centro de gravedad	6
4.2	Realización de ensayos	6
4.3	Evaluación	7
4.4	Determinación del empuje	8
5	Datos técnicos	9

1 Introducción

Para el punto de flotación estable de un cuerpo es decisiva la posición del denominado metacentro, es decir, la altura metacéntrica.

Conocer la altura metacéntrica es especialmente importante para poder evaluar la estabilidad de un barco en el mar.

Con el equipo **HM 150.06 Altura metacéntrica** se pueden estudiar conceptos como:

- Empuje
- Gravedad
- Gravedad de empuje
- Metacentro
- Escora experimentalmente.

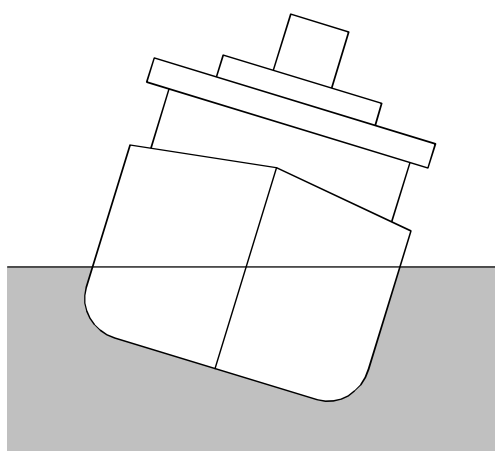


Fig. 1.1 Escora de un Barco

El equipo tiene una estructura simple y comprensible que se adecua especialmente a la realización de prácticas en grupos reducidos.

2 Descripción del equipo

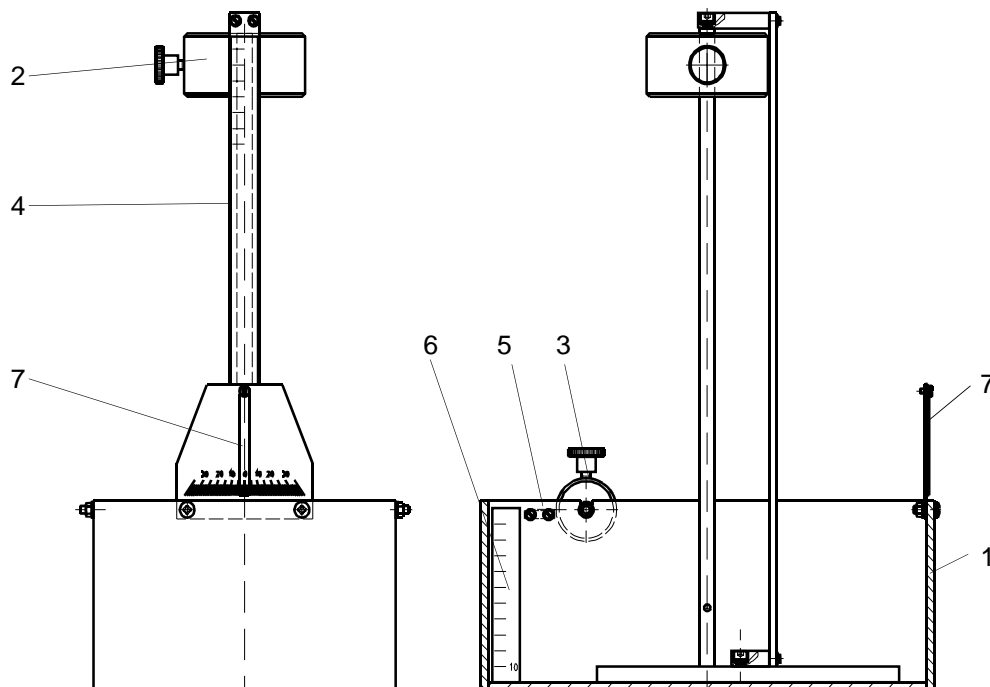


Fig. 2.1 Vista lateral y frontal

El equipo consta básicamente de un pontón (1) y una cubeta que se utiliza de recipiente de flotación.

El pontón rectangular tiene un peso corredizo vertical (2) que permite ajustar la gravedad y un peso corredizo horizontal (3) que permite generar un momento escorante definido. Los pesos corredizos se pueden fijar con tornillos moleteados.

La posición (4, 5) de los pesos corredizos y del calado (6) del pontón se pueden leer en escalas. Además, dispone de un indicador de escora (7) con escala graduada.

3 Teoría

3.1 Empuje

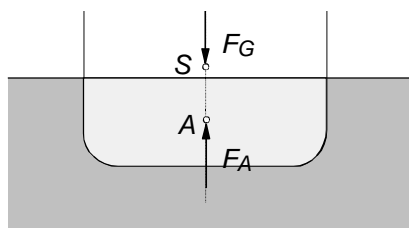


Fig. 3.1 Empuje

Un cuerpo flota en un líquido cuando el empuje del cuerpo sumergido es mayor que su peso. Sólo se hundirá en el líquido hasta que el empuje F_A sea igual a su propio peso F_G . El empuje equivale, pues, al peso del agua desalojada por el cuerpo. La gravedad de la masa de agua desalojada es el centro de gravedad de empuje A. El centro de gravedad del cuerpo se llama centro de gravedad de masa S.

3.2 Estabilidad del punto de flotación

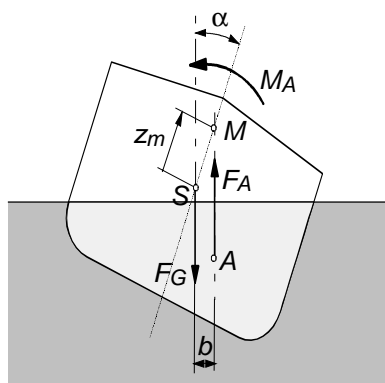
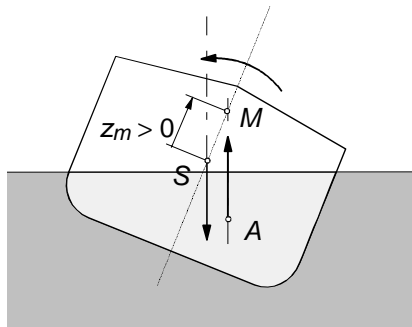


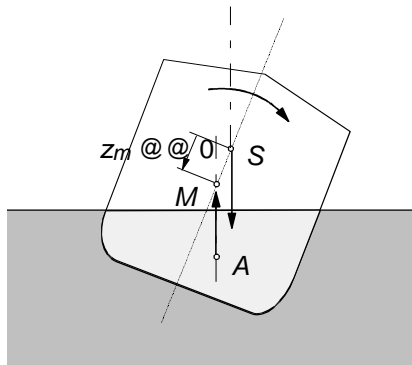
Fig. 3.2 Metacentro y altura metacéntrica

Si el cuerpo flota de forma estable, el empuje F_A y el peso propio F_G tienen la misma línea de influencia y son igual de grandes, aunque opuestos entre sí (figura 3.1). Para conseguir un punto de flotación estable no es imprescindible que el centro de gravedad de masa S se encuentre por debajo del centro de gravedad de empuje A.

Para la estabilidad del punto de flotación es mucho más importante que exista un momento estabilizador reposicionante en caso de inclinación o escora α de la situación del centro de gravedad (figura 3.2). El peso propio F_G y el empuje F_A forman un par de fuerza con la distancia b y proporcionan un par adrizante. La estabilidad se puede medir según esta distancia o la distancia entre el centro de gravedad y el punto de intersección entre la línea de influencia del empuje y el eje de la gravedad. Este punto de intersección se denomina metacentro M, mientras que la distancia entre el centro de gravedad y el metacentro se denomina altura metacéntrica z_m .



estable



inestable

Fig. 3.3 Metacentro y estabilidad

Para conseguir una flotación estable, se deben cumplir las condiciones siguientes:

- **El cuerpo flota estable** cuando la altura metacéntrica z_m es positiva, es decir, cuando el metacentro M se encuentra por encima de centro de gravedad S (figura 3.3, arriba).

$$z_m > 0$$

- **El cuerpo flota inestable** cuando la altura metacéntrica z_m es negativa, es decir, cuando el metacentro M se encuentra por debajo del centro de gravedad S (figura 3.3, abajo).

$$z_m < 0$$

3.3 Determinación de la situación del metacentro

La situación del metacentro no depende de la situación del centro de gravedad. Sólo depende de la forma de la parte del cuerpo que se encuentra sumergida y del desplazamiento. Dos son los métodos que permiten determinar la situación experimentalmente.

Con el primer método, se utiliza un peso adicional para desplazar lateralmente el centro de gravedad en un valor constante determinado x_s y así forzar una escora. Si se continúa desplazando el centro de gravedad verticalmente, la escora α se modifi-

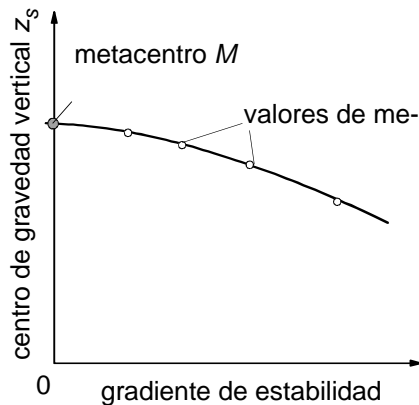


Fig. 3.4 Determinación gráfica del metacentro

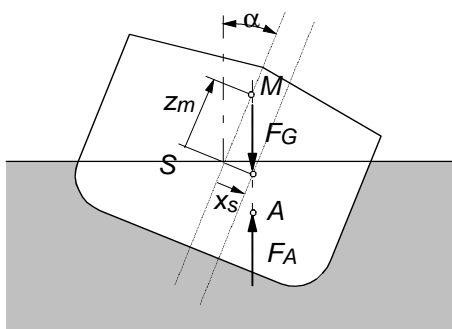


Fig. 3.5 Determinación matemática de la altura metacéntrica

ca. A continuación se define un gradiente de estabilidad a partir de la función diferencial $\frac{d x_s}{d \alpha}$. Cuando la posición vertical del centro de gravedad se acerca al metacentro, el gradiente de estabilidad disminuye. Cuando la situación del centro de gravedad y el metacentro coinciden, el gradiente de estabilidad es igual a cero y el sistema está meta-estable.

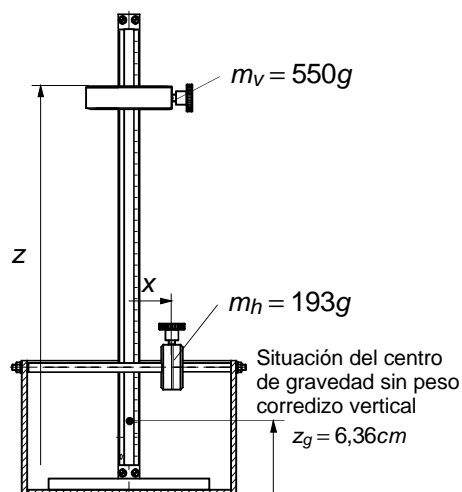
Este problema es más fácil de solucionar gráficamente (figura 3.4). La situación vertical del centro de gravedad se pasa al gradiente de estabilidad. Entre los puntos de medición se traza una curva que luego se prolonga hasta el eje vertical $\frac{d x_s}{d \alpha} = 0$. El punto de intersección con el eje vertical corresponde a la situación del metacentro.

Con el segundo método de determinación del metacentro, se parte de la base de que el peso propio F_G y el empuje F_A influyen en una línea cuando la situación de escora es estable. El punto de intersección entre esta línea de influencia y el eje central corresponde al metacentro M (figura 3.5). Con el ángulo de escora α y la prolongación lateral del centro de gravedad x_s se obtiene la altura metacéntrica z_m :

$$z_m = x_s \cot \alpha$$

4 Ensayos

4.1 Cálculo de la situación del centro de gravedad



Masa total sin peso corregido m_v
 $m = 2770g$

A partir de la situación definida de los pesos corregidos se debe determinar la situación del centro de gravedad general x_s, z_s .

La situación horizontal guarda relación con la línea central:

$$x_s = \frac{m_h x}{m + m_v + m_h} = 0.055 x .$$

La situación vertical guarda relación con la parte inferior del cuerpo flotante:

$$z_s = \frac{m_v z + (m + m_h) z_g}{m + m_v + m_h} = 5,364 + 0,156 z .$$

Fig. 4.1 Situación y tamaño de los pesos corregidos

Gradiente de estabilidad:

$$\frac{d x_s}{d \alpha} = \frac{x_s}{\alpha} .$$

4.2 Realización de ensayos

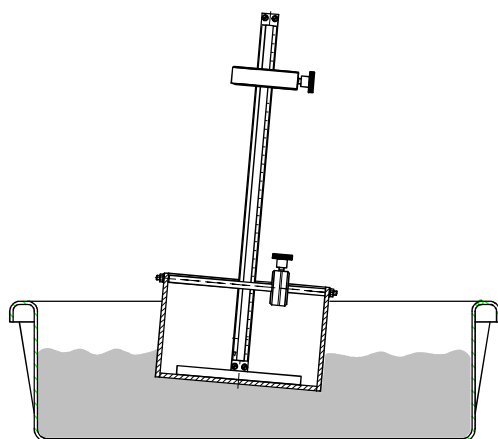


Fig. 4.2 Cuerpo flotante en la cubeta

- Colocar el peso corregido horizontal en la posición $x = 8 \text{ cm}$.
- Mover el peso corregido vertical a la posición inferior.
- Llenar de agua la cubeta incluida en el suministro y colocar dentro el cuerpo flotante.
- Ir subiendo poco a poco el peso corregido vertical y leer el ángulo en el indicador de escora. Leer la altura del peso corregido en el borde superior del peso e introducir el ángulo en la tabla.

Situación del peso corredizo horizontal $x = 8 \text{ cm}$			
Altura del peso corredizo vertical z	3 cm	6 cm	9 cm
ángulo α	12,5°	16°	21,5°

4.3 Evaluación

La situación del centro de gravedad y el gradiente de estabilidad se calculan mediante las fórmulas indicadas y se registran gráficamente.

Situación horizontal del centro de gravedad $x_s = 0,44 \text{ cm}$			
Altura del peso corredizo vertical z	3 cm	6 cm	9 cm
Situación del centro de gravedad z_s	5,83 cm	6,30 cm	6,77 cm
ángulo α	12,5°	16°	21,5°

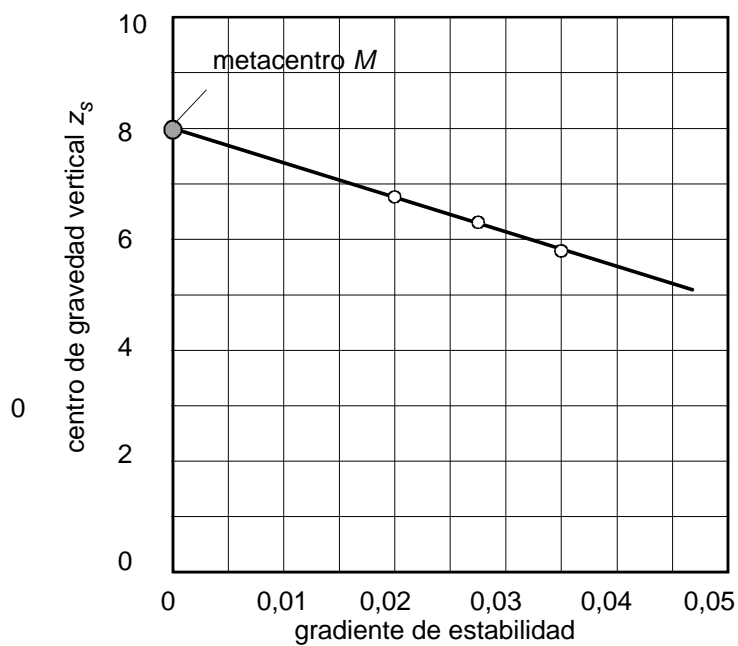


Fig. 4.3 Determinación gráfica del metacentro

La solución gráfica muestra que el metacentro se encuentra a 7,9 cm por encima del lado inferior del cuerpo flotante. Todas las situaciones del centro de gravedad inferiores a los 7,9 cm dan lugar a un punto de flotación estable.

Para comprobarlo, se puede elevar el peso corregido vertical hasta que la altura metacéntrica sea negativa. El cuerpo flotante zozobrará. El valor límite de z sería, en este caso, 17,0 cm.

4.4 Determinación del empuje

Otro ensayo consiste en determinar el empuje. Como el cuerpo flotante es un paralelepípedo, el volumen de agua desalojada se puede calcular fácilmente a partir del ancho, el largo y la profundidad de inmersión. La profundidad de inmersión se puede leer en la escala vertical (6). Para ello se necesita un punto de flotación horizontal. Con la densidad ρ del agua y la aceleración terrestre $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ permiten calcular la fuerza de empuje:

$$F_A = B \cdot L \cdot T \cdot \rho \cdot g = F_G.$$

5 Datos técnicos

Cuerpo flotante

Largo:	310	mm
Ancho:	200	mm
Altura de lado:	120	mm
Altura total	430	mm

Medidas

Cuerpo flotante sin pesos corregidos:

	2770	g
Peso corregido vertical	550	g
Peso corregido horizontal	193	g

Situación del centro de gravedad sin peso corregido vertical

x_s (desde el centro)	0,00	mm
z_s (desde el lado inferior)	63,6	mm

Cubeta de plástico, contenido	50	litros
-------------------------------	----	--------