

Flotabilidad y Estabilidad

Fuerza de flotación, Peso específico del fluido, volumen desplazado, metacentro y estabilidad.

Javier Morales Rosas, Director de LuMiTe Capacitación Online, Docente de la Escuela Superior de Ingeniería Textil.

RESUMEN

Cuando un objeto esta flotando en un fluido, o cuando esta completamente sumergido en el fluido, se ve sometido a una fuerza flotante que tiende a elevarlo, ayudándole a sostenerse. La flotabilidad es la tendencia de un fluido a ejercer una fuerza de soporte sobre un cuerpo colocado en el fluido.

Palabras clave: *Flotabilidad, materiales de flotación, estabilidad de cuerpos sumergidos, estabilidad de cuerpos flotantes, grado de estabilidad, metacentro.*

Floatage and Stability

ABSTRACT

When an object is floating in a fluid, or when it is completely submerged in the fluid, it is subjected to a floating force that tends to lift it, helping it to hold. The floatage is the tendency of a fluid to exert a supporting force on a body placed in the fluid.

Keywords: *Floatage, flotation materials, submerged body stability, floating body stability, degree of stability, metacenter.*

1. FLOTABILIDAD

“Un cuerpo que está en un fluido, ya sea en flotación o sumergido, se mantiene a flote por medio de una fuerza que es igual al peso del fluido desplazado.”

La fuerza de flotación actúa verticalmente hacia arriba a través del centroide del volumen desplazado.”

Arquímedes.

matemáticamente el principio de Arquímedes lo podemos demostrar de la siguiente manera:

Fuerza de flotación

$$F_b = \gamma_f V_d$$

donde:

F_b = Fuerza de flotación

γ_f = Peso específico del fluido

V_d = Volumen desplazado del fluido

Cuando un cuerpo está flotando libremente, desplaza un volumen suficiente de fluido para equilibrar el propio peso.

Cuando realicemos análisis de soluciones relacionadas a la flotabilidad, deberemos aplicar la ecuación de equilibrio estático en la dirección vertical $\Sigma F_v = 0$.

2. MATERIALES DE FLOTACIÓN.

A menudo, el diseño de cuerpos flotantes requiere el uso de materiales que ofrezcan una alta flotabilidad, sobre todo cuando se requiere mover un objeto pesado mientras esta sumergido en un fluido. Un material de flotabilidad tiene las siguientes propiedades:

1. Bajo peso y densidad específica.
2. Poca o ninguna tendencia a absorber el fluido.

3. Incorporación de fibra textil de alta flotabilidad (abacá).
4. Compatibilidad con el fluido en el que se va a manipular.
5. Capacidad de adaptación a los perfiles adecuados.
6. Capacidad para soportar las presiones del fluido al que estará expuesto.
7. Resistencia a la abrasión y tolerancia al daño.



Figura 1. Fibra de abacá.

Los materiales de espuma son muy populares para aplicaciones de flotabilidad, ya que estos están compuestos de una red continua de celdas cerradas y huecas que contienen aire u otros gases ligeros para producir un peso específico bajo; así como las celdas cerradas evitan que el fluido no se absorba.

Para que una espuma pueda ser utilizada con fines de flotabilidad se debe someter a las siguientes pruebas:

1. Densidad
2. Resistencia a la tensión
3. Alargamiento a la tensión
4. Resistencia al desgarre
5. Deformación por compresión
6. Deflexión por compresión
7. Estabilidad térmica
8. Conductividad térmica
9. absorción al agua

Todas estas pruebas esta sustentadas por la norma ASTM D 3575, Standard Test Methods for Flexible Cellular Materials Made from Olefin Polymers.

Los pesos específicos de las espumas de flotación van aproximadamente 2.0 lb/ft² hasta 40lb/ft²; la resistencia a la compresión aumenta con la densidad. En entornos con aguas marinas profundas, se requieren espumas más densas, rígidas y pesadas.

Dentro de los materiales más utilizados se incluyen el uretano, polietileno, polímeros de olefinas, polímeros de cloruro de vinilo, polietileno extruido, espuma o caucho expandido. En aplicaciones submarinas se emplea espuma sintética compuesta a partir de pequeñas esferas huecas incrustadas en el plástico que las rodea, como fibra de poliéster, epoxi o resinas de éster de vinilo para que tenga una buena flotabilidad con resistencia a la abrasión y baja absorción al fluido.

3. ESTABILIDAD DE CUERPOS TOTALMENTE SUMERGIDOS.

Un cuerpo que está dentro de un fluido se considera estable si regresa a su posición original después de haber sido girado un poco con respecto a su eje horizontal, un ejemplo de estos cuerpos es el submarino y globo meteorológico.

La condición de estabilidad para cuerpos sumergidos nos establece lo siguiente:

“La condición necesaria para lograr la estabilidad del cuerpo completamente sumergido en un fluido, es que su centro de gravedad se sitúe por debajo de su centro de flotabilidad.”

El centro de flotabilidad de un cuerpo está en el centroide del volumen desplazado de fluido, y a través de este punto que la fuerza de flotación actúa en dirección vertical. Por consiguiente, el peso del cuerpo actúa verticalmente hacia abajo a través del centro de gravedad.

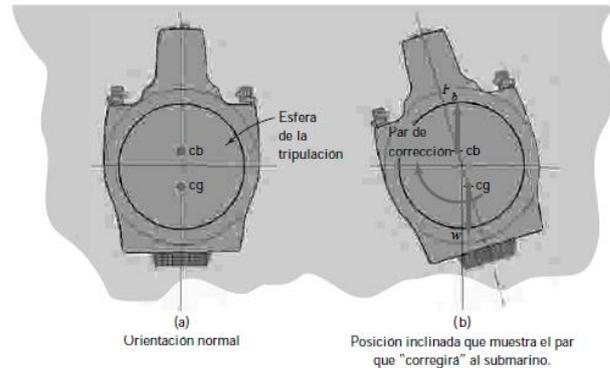


Figura 2. Estabilidad de un submarino.

En la figura 2 se muestra el bosquejo de un vehículo de navegación submarina que tiene una configuración estable debido a su forma y composición estructural. En el caso (a) se muestra la forma aproximada de su sección transversal con el cg (centro de gravedad) y el cb (centro de flotabilidad) mostrados en sus respectivas posiciones al largo de la línea central vertical del casco. En el caso (b) se muestra el casco con cierto desplazamiento angular, donde el peso total w actúa verticalmente hacia abajo o a través del cg y la Fuerza de flotación F_b actúa hacia verticalmente hacia arriba de cb.

Debido a que sus líneas de acción están compensadas, estas fuerzas crean un par de corrección que lleva el vehículo hasta su orientación original, lo que demuestra su estabilidad.

Si su centro de gravedad se colocara por encima del centro de flotabilidad, el par creado cuando el cuerpo se inclina produciría un par de volteo, que causaría un efecto de campana. En el caso de los objetos homogéneos sólidos, el cg coincide con el cb, el objeto exhibe estabilidad neutra cuando están completamente sumergidos, esto significa que tienden a permanecer en cualquier posición que se coloquen.

4. ESTABILIDAD DE CUERPOS FLOTANTES

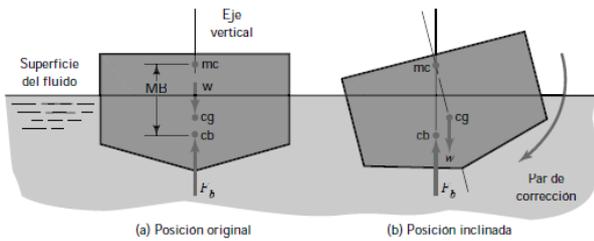


Figura 3. Método para encontrar el metacentro.

La condición necesaria para lograr la estabilidad de los cuerpos flotantes es diferente de los cuerpos completamente sumergidos, la figura 3 nos ilustra la razón, en ella podemos apreciar la sección transversal aproximada del casco de un barco. En el apartado (a) de la figura, el cuerpo flotante está en su orientación de equilibrio y el cg (centro de gravedad) está por encima del cb (centro de flotación). La línea vertical que pasa a través de estos puntos se le llama eje vertical del cuerpo. Ahora, en el apartado (b) de la figura, el cuerpo gira ligeramente cambiando su centro de flotación el cual se desplaza a una nueva posición debido a que la geometría del volumen desplazado ha cambiado. La fuerza de flotación y el peso producen ahora un par de corrección que tiende a devolver el cuerpo a su orientación original, por consiguiente, el cuerpo es estable.

Con la finalidad de establecer la condición necesaria para lograr la estabilidad de un cuerpo flotante, es necesario que definamos un nuevo término, el metacentro. El metacentro (mc) se define como la intersección del eje vertical de un cuerpo cuando está en su posición de equilibrio y una línea vertical que pasa a través de la nueva posición del centro de flotación cuando el cuerpo es ligeramente girado.

Condición de estabilidad para los cuerpos flotantes.

“Un cuerpo flotante es estable si su centro de gravedad está por debajo del metacentro”.

Es posible que determinemos de una forma analítica, si un cuerpo flotante es estable mediante

el cálculo de la ubicación de su metacentro. La distancia al metacentro desde el centro de flotación se llama MB y se puede calcular a partir de:

$$MB = \frac{I}{V_d}$$

Donde:

I = al menor momento de inercia de una sección horizontal del cuerpo tomado en la superficie del fluido.

V_d = volumen desplazado del líquido.

Si la distancia MB coloca al metacentro por encima del centro de gravedad, el cuerpo es estable.

Basándonos en lo anterior, las condiciones para lograr la estabilidad de los cuerpos presentes en un fluido se pueden resumir de la siguiente manera:

- Los cuerpos completamente sumergidos son estables si su centro de gravedad está por debajo del centro de flotación.
- Los cuerpos flotantes son estables si su centro de gravedad está por debajo del metacentro.

5. GRADO DE ESTABILIDAD

El caso de la limitante de la estabilidad se ha indicado como cualquier diseño para el cual el metacentro está por encima del centro de gravedad, algunos objetos pueden ser más estables que otros. Una medida de estabilidad relativa se denomina altura metacéntrica, la cual está definida como la distancia que hay al metacentro por encima del centro de gravedad y se le llama MG. Un objeto con altura metacéntrica más grande es más estable que uno con un valor más pequeño.

La altura metacéntrica se indica como MG, por lo que matemáticamente la podemos definir de la siguiente forma:

$$MG = Y_{mc} - Y_{cg}$$

[8] Avallone Eugene A., Theodore Baumeister y Ali Sadegh, Mark's Standard Handbook for Mechanical Engineers, 2007, 11va Edición Nueva York, MacGraw Hill.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Artículos:

[1] Martín Domingo Agustín, Apuntes de mecánica de fluidos 1997 -2011

Libros:

[1] Autor(es) Yunus A. Cengel, John M. Cimbala, Mecánica de fluidos fundamentos y aplicaciones, 4ta Edición, 2018, McGraw Hill.

[2] Claudio Mataix, Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidraulicas, 6ta Edicion, 1982, Oxford University Express.

[3] Frank M. White, Mecánica de Fluidos, 4ta Edición 2008, MacGraw Hill.

[4] Juan Luis González-Santander Martínez, Gloria Castellano Estornell, Fundamentos de Mecánica de los Fluidos, 2014, Club Universitario.

[5] Jaime Santillana y Julia Salinas de Santillana, Mecánica de Fluidos para Ingenieros de Proceso, 2017, Lima – Perú.

[6] Miguel Perez Saborid, Pastor Sanchez, Antonio Barrero Ripoll, Fundamentos y aplicaciones de la mecanica de fluidos, 2005, MacGraw Hill.

[7] Bruce Roy Munson, Donald F. Young, Fundamentos de mecánica de fluidos, 1990, 3ra Edición, Limusa Wiley.