

Charla 2 sobre construcción naval

Tema II : La Hidrostática.

1ª Parte

"Ocurra lo que ocurra, aún en el día más borrascoso las horas y el tiempo pasan". William Shakespeare (1564-1616); poeta y dramaturgo inglés.

Simbad: En la última charla que tuvimos capitán, Ud., asimilaba el casco a un flotador, incluso me dijo que era como el corcho de mi caña de pescar. Ya me explicó Ud., el porqué, pero me pregunto yo: ¿Cómo se llama la ciencia que estudia estos fenómenos?

Capitán Isidore Caubin: Tengo que decirte que a partir de aquí, tendrás que hacer un esfuerzo intelectual bastante importante. En efecto lo que sigue, es muy importante y te recomiendo que de vez en cuando le eches una ojeada a tus apuntes y los repases todas las veces que sea necesario. Sin embargo marineramente, a pesar de la aparente dificultad, un barco es tan natural, que *"un navío si no es bello, navegará mal"*...Un barco debe ser bonito y elegante para que sea marineramente...Esto puede salir solamente de la pluma de gente inteligente y amante de la estética y de la belleza...¡Atrévete a dibujarlo!

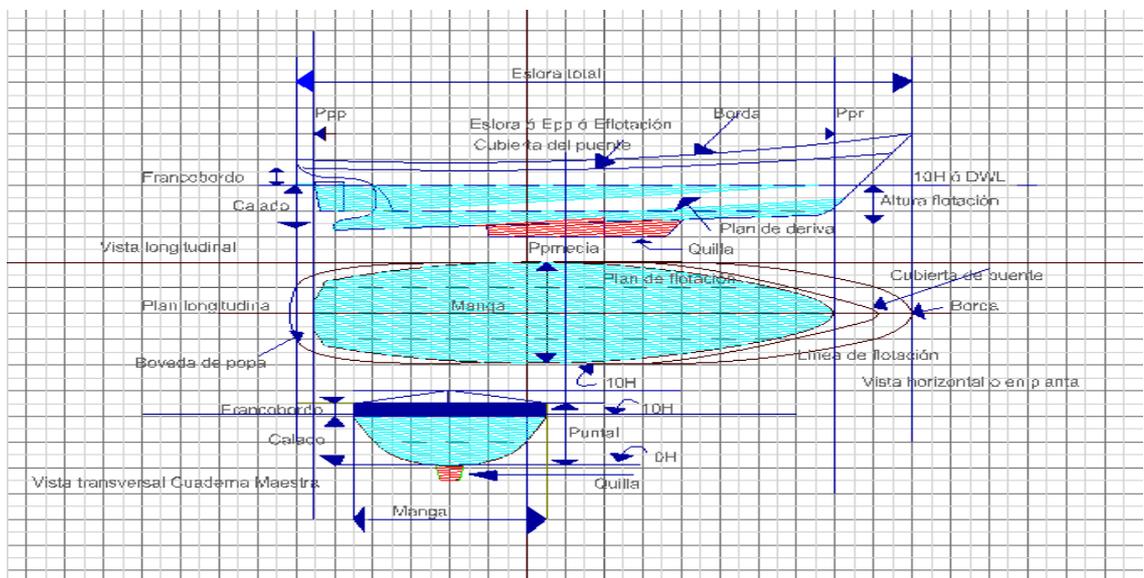


Figura II.1.1: ¡Atrévete a dibujarlo!

Dicho esto, la ciencia que estudia las condiciones de equilibrio y de flotabilidad del navío en condiciones iniciales, es decir *"quietecito y sin moverse"*, se llama *"Hidrostática"*. En efecto marineramente, la hidrostática estudia las condiciones de estabilidad del navío *"supuesto en condiciones ideales"* en las que no se tiene en cuenta los problemas del avance sobre la superficie del agua.



Figura II.1.2: "Un navío si no es bello, navegará mal"

Simbad: ¿Entonces el agua y el buque en este caso, no se mueven?

Capitán Isidore Caubin: La línea del agua es en este caso una recta supuestamente ideal, lo que no es el caso en la realidad, en efecto. Un mal conocimiento de estas condiciones de equilibrio iniciales, puede provocar graves riesgos a un navío.

La hidrostática, es por lo tanto la ciencia que estudia las condiciones de equilibrio del flotador en condiciones de peso y carga determinadas.

Este cuerpo que colocamos en el agua es como ya dijimos en la charla anterior, un "flotador" (o casco del buque). Parece lógico que cuando coloquemos un objeto en la superficie del agua, lo primero que veamos es si flota o no, cuanto se hunde con más o menos carga... y para verlo y entenderlo, debemos comenzar por Arquímedes.

Simbad: Yo he oído hablar de Arquímedes y de que estaba en la bañera y de aquello de "¡Eureka!", que según dicen en griego significa: ¡Lo encontré! O algo así, pero no sé exactamente lo que significa...

Capitán Isidore Caubin: Sí, a este descubrimiento se le llama: "Principio de Arquímedes".

Simbad: ¿Y en que consiste?...¿Qué observó Arquímedes?

Capitán Isidore Caubin: Arquímedes observó lo siguiente: "Todo cuerpo parcialmente o totalmente sumergido en un fluido, recibe un empuje vertical, dirigido desde abajo hacia arriba igual al peso del fluido desplazado aplicado en el centro del volumen sumergido".

Simbad: ¡Chúpate esta!

Capitán Isidore Caubin: ¿No parece tan fácil verdad marinero?

Otra definición podría ser: "Cualquier cuerpo sumergido en un líquido (o en un medio gaseoso), pierde tanto de su peso, cuanto pesa la cantidad de líquido (o de gas) desalojada"

Tú marinero podrás elegir cualquiera de estas dos definiciones, ya que más o menos dicen lo mismo. Para que sea más sencillo imagínate que estás tratando con un lápiz de hundir tu corcho de la caña de pescar y ves que al principio se hunde, pero que cada vez te cuesta más y no hay manera, el lápiz llega a resbalar y el corcho salta en el agua, vuelve a caer se hunde solo una parte y se queda flotando...En ese momento tu corcho "desaloja una cantidad de agua" que pesa tanto como el peso del corcho sumergido...

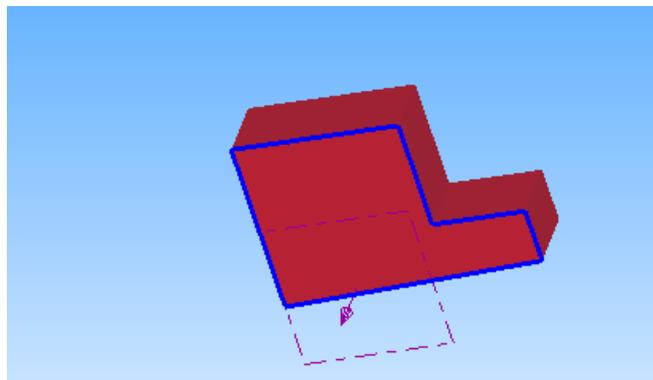


Figura II.1.3: Esta forma tan rara también puede flotar....

Simbad: Bueno, bueno...¿Pero hay otras definiciones más fáciles?

Capitán Isidore Caubin: Hay tantas que a veces me pregunto cuál fue la que realmente dio el propio Arquímedes ya que según me decían cuando era pequeño, estaba en la bañera y se dio cuenta de este fenómeno gritando el famoso ¡Eureka!..como tú bien has recordado.

Lo que debes retener simplemente, es que este principio habla pues de "fluido", por lo que también funciona para el ala de un avión que está en el aire, ya que el aire, es considerado como un fluido. Este empuje, llamado "Empuje de Arquímedes", es en el caso del fluido líquido (agua en nuestro caso), la resultante de los "empujes hidrostáticos" que ejerce el fluido sobre la pared que delimita el volumen sumergido del cuerpo, o sea, la pared o envoltorio del famoso "flotador".

Un navío o en su expresión más simple, un simple casco, es pues un flotador como dijimos, o sea un cuerpo parcialmente sumergido y a veces totalmente como es el caso de un submarino.

Simbad: ¡Aquí lo pillé capitán!, Ud., me habla de que "el flotador flota", y en cambio un submarino "está normalmente hundido" y todo ese "rollo de Arquímedes" se va al traste, ¿No?

Capitán Isidore Caubin: Ya verás que no se va al traste ahora lo vas a entender con unas pocas definiciones matemáticas... Si llamáramos P al peso del cuerpo y Q a su pérdida de peso cuando esta inmerso en el líquido:

- 1) Si $P > Q \rightarrow$ El cuerpo se hunde (II.1.1)
- 2) Si $P = Q \rightarrow$ El cuerpo flota en el interior del líquido (II.1.3)
- 3) Si $P < Q \rightarrow$ El cuerpo flota sobre la superficie libre del líquido. (II.1.4)

Como consecuencia del empuje (el de Arquímedes), el peso Q, de la cantidad de líquido desalojado por los cuerpos flotantes o "flotadores", es igual o bien a su propio peso o bien mas grande que su propio peso.

Si conseguimos "regular" P y Q, tendríamos un caso especial de buque: El submarino.

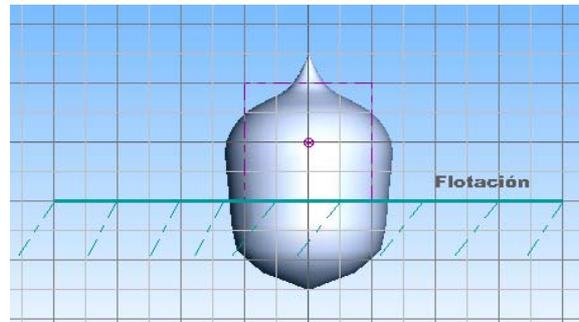


Figura II.1.4: Corcho flotando "normalmente": $P < Q$

Este cuerpo parcialmente sumergido esta delimitado por una superficie estanca y que en nuestro caso constituye su casco. El casco posee pues dos partes, una que esta sumergida y otra que sobresale del agua.

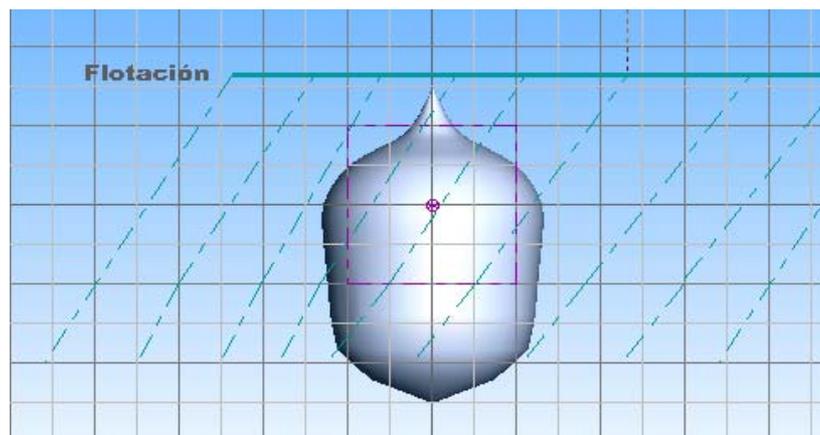


Figura II.1.4: Corcho flotando "en el interior del líquido": $P = Q$

Simbad: Y de aquí viene aquello de "obra viva y muerta", ¿no es cierto?

Capitán Isidore Caubin: En efecto, a la parte sumergida del casco se la suele llamar "Obra viva" o "Carena líquida"... A la parte que sobresale "Obra muerta" o simplemente "Casco".

Simbad: Ya lo entiendo, pero el otro día vimos que esta carena varía con los movimientos que realiza el buque en la mar...

Capitán Isidore Caubin: Con el movimiento del flotador, podemos imaginar en efecto, que estas dos partes del casco varían: La forma de "la carena líquida" será diferente a cada movimiento (la superficie, y por lo tanto el volumen sumergido, variarán con estos movimientos) La parte no sumergida, variará también y su resistencia al viento por ejemplo, será diferente con estos movimientos. Esta parte se estudiará y la veremos más adelante en la "Aerodinámica del navío".

Si V representa el volumen de la parte del casco que está sumergida o "volumen de la carena líquida", ω su peso específico, V_1 el volumen del líquido desalojado y ω_1 el peso específico de este, tendremos:

$$V \cdot \omega = V_1 \cdot \omega_1$$

(II.1.4)

Simbad: ¡Un momento capitán...¿Qué es eso del "peso específico"?

Capitán Isidore Caubin: "El peso específico de un cuerpo (ω), es igual al peso del cuerpo por unidad de volumen".

Simbad: Estoy peor que antes...

Capitán Isidore Caubin: Si por ejemplo, se elige 1 cm^3 como unidad de volumen y el peso de 1 cm^3 de agua a 4°C , el peso específico viene entonces expresado por el peso en gramos de 1 cm^3 del cuerpo. Mas claro; si el casco es de madera y 1 cm^3 de esta madera pesa 5 gramos, el peso específico de este casco de madera sería de: 5 gramos (Que es lo que pesa 1 cm^3 del cuerpo), con las condiciones para el agua ya definidas...¿Está ahora más claro marinero?.

Lo de las condiciones que se fijan para el agua, es decir lo de "los 4° grados centígrados", es para que todos estemos de acuerdo en como se realiza la medida y lógicamente suponemos que el cuerpo medido está en el agua. Si el cuerpo estuviera en otro fluido tal como el petróleo u otro cualquiera, habría que decir en que condiciones de temperatura se encuentra ese petróleo, aceite, aguarrás...etc, antes de hablar de peso específico del cuerpo cuyo peso específico vamos a determinar.

Simbad: Ud., siempre tiene una explicación para todo capitán...Pero ¿Cómo es que ese flotador no "se tuerce", o no se vuelca...¿Cómo es que se mantiene en equilibrio?.

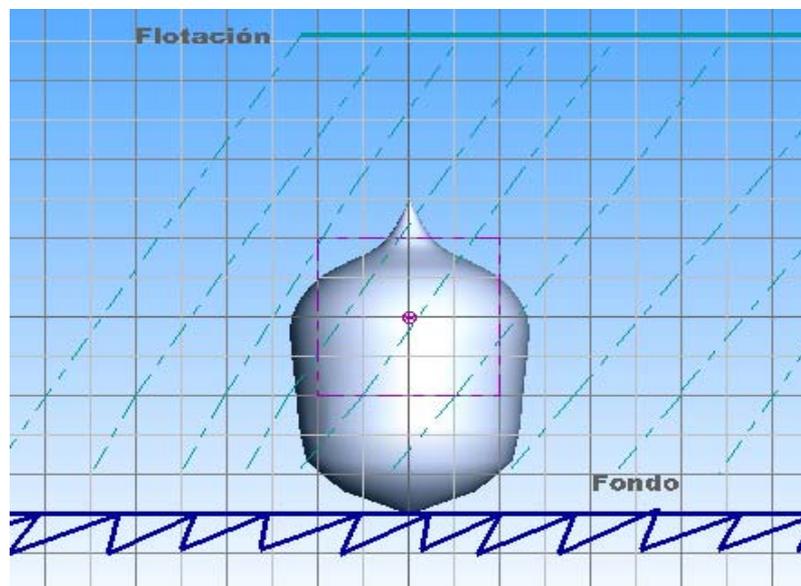


Figura II.1.5: Corcho "hundido": $P > Q$

Tema III : El equilibrio

"Las ciencias aplicadas no existen, sólo las aplicaciones de la ciencia". Louis Pasteur (1822-1895); químico y microbiólogo francés.

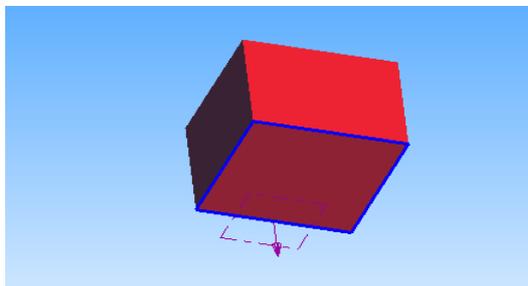


Figura III.1.1: "Un centímetro cúbico....."

Capitán Isidore Caubin: Para que lo entiendas, te tendré que hablar del "Teorema fundamental del equilibrio"

Simbad: Si no hay más remedio...

Capitán Isidore Caubin: Este teorema dice que: un cuerpo, considerado "sólido, material e indeformable", está en equilibrio si el conjunto de las fuerzas y momentos al que esta sometido es nulo.

Este equilibrio es dicho estable, "si toda sollicitación que tiende a separarlo de ella, engendra una reacción que tiende a llevarle a su posición de equilibrio nuevamente"; el cuerpo es inestable en caso contrario. Para que lo entiendas si tuerces o intentas torcer una caña en un cañizal, cuando la sueltas esta vuelve a su posición inicial; esto quiere decir que "está en equilibrio estable"...

La parte de este casco que está sumergida (Como ya hemos visto), se llama "Carena" o "Volumen de Carena". O sea que "la Carena es el volumen sumergido de una parte del casco, en un momento determinado".

Si el casco se mueve, varía, escora o toma asientos diferentes, este volumen y esta superficie sumergida del casco también variará, siendo diferente a la inicial.

El centro de este volumen C (centro de Carena), será por lo tanto diferente, ya que su forma es diferente en cada caso de movimiento y se desplazará constantemente con el movimiento del flotador en el agua, tomando una serie de posiciones que, si las siguiéramos "a cámara lenta" y las dibujáramos, veríamos entonces aparecer una serie de curvas llamadas "isocarenas".

En los estudios de náutica, en España, a este centro de carena (el inicial), se le designa por la letra C y en inglés por la letra B que viene de "Buoyancy" y que significa "flotabilidad".

Cuando un navío o flotador, esta inmóvil; es decir en condiciones "Estáticas" (hidrostática) y está en una situación de carga determinada, se manifiestan dos fuerzas:

a) Una fuerza que representa su peso total P que es aplicada en su centro de gravedad G y que esta dirigida hacia abajo.

b) Una fuerza o "Empuje de Arquímedes" Δ , aplicada en su centro de carena C y que esta dirigida verticalmente hacia arriba.

Simbad: ¡ay, ay, ay!...Aquí me hago un lío entre C y G, ¡Dios mío!

Capitán Isidore Caubin: ¡Ojo! : El peso total se aplica en G y sin embargo el "Empuje de Arquímedes" se aplica en C. El centro de gravedad de todo este cuerpo es G y el centro de gravedad de la carena es C; el primero no varía nunca ya que depende de la forma total del objeto, pero el segundo si, ya que varía según que el cuerpo esté más o menos sumergido en un momento dado...

Si designamos por V el volumen sumergido de la Carena (Parte del casco que esta sumergido), y a ω , el "Peso específico" del fluido desplazado (Agua), el empuje de Arquímedes se escribe :

$$\Delta = V \cdot \omega \quad (\text{III.1.1})$$

Compara esta formula a la formula II.1.4 y verás que en realidad estamos hablando "de fuerzas, de empujes o bien hacia abajo o bien hacia arriba"...¿no?. Este empuje es en realidad una fuerza que por lo tanto debería expresarse en newtons o en kgf (kilogramos de fuerza) o en tmf (toneladas métricas de fuerza), que es como se expresan en física las fuerzas.

En la practica hay tendencia a confundir "peso específico de un cuerpo" con la "densidad absoluta o relativa" de un cuerpo.

Simbad: Estoy haciendo "un verdadero esfuerzo de entendimiento" mi capitán, así que por favor...

Capitán Isidore Caubin: Es verdad que estos conceptos de la ciencia llamada "estática de los líquidos y los gases", no son fáciles de entender. "¿Una cosa "vale" o "cuesta" tanto dinero?...respuesta: tal cosa me "cuesta" tanto dinero, pero es ¿que "lo vale"?, ¿Verdad que no es lo mismo?.

En la practica tenemos tendencia a confundir los dos conceptos y decimos indiferentemente, tal jersey "cuesta tanto" o tal jersey "vale tanto", lo que como has visto: No es en absoluto lo mismo.

En esta cuestión de peso específico y de densidad, suele suceder algo parecido y podemos intentar acercarnos a la verdad escribiendo sus definiciones científicas como ya lo han hecho los científicos antes que nosotros...

Simbad: ¡Diga, diga...!

Capitán Isidore Caubin: He aquí las definiciones...:

1) Peso específico: "El peso específico de un cuerpo (ω), es igual al peso del cuerpo por unidad de volumen"

2) Densidad absoluta: La densidad absoluta de un cuerpo es su "masa por unidad de volumen".

3) Densidad relativa: La densidad relativa nos dice "cuantas veces un cuerpo contiene la masa de otro".

Simbad: ¡Dios mío Ud., habla de pesos y de masas y me estoy haciendo un verdadero lío, ¿Cuál es la diferencia entre peso y masa?

Capitán Isidore Caubin: Vemos en efecto, que en el peso específico hablábamos de "peso" y aquí de "masa"...La relación que une peso y masa es:

$$P = m \cdot g \quad (\text{III.1.2})$$

y...

$$m = P/g \quad (\text{III.1.3})$$

"Un peso es la masa por la aceleración de la gravedad" y "una masa es un peso dividido por la aceleración de la gravedad" ($g = 981$ dinas)

Bajo el concepto de densidad absoluta de un cuerpo, se entiende su "masa por unidad de volumen" (¡y no su peso!!). Así la densidad absoluta de un cuerpo será:

$$d = P/V = (m \cdot g) / V \quad (\text{III.1.4})$$

Simbad: Ud., "debe tener razón", pero creo que nos estamos alejando mucho, pero que mucho de los buques o barcos o flotadores o lo que Ud., quiera y yo oigo decir que un navío "desplaza tantas toneladas" y nadie habla de masas o de pesos o de densidades..Así que por favor capitán ¡Al grano!

Fin de la 1ª parte de la charla nº2 sobre construcción naval