Charla 2ª sobre construcción naval
Tema VI : El Radio metacéntrico
3ª Parte

"A veces, cuesta mucho más eliminar un solo defecto que adquirir cien virtudes".Jean de la Bruyere (1645-1696); escritor francés.

Simbad: He oído hablar de cosas como *"metacentro"* y cosas por el estilo...
Capitán Isidore Caubin: En efecto, se dice que cuando C describe una curva en el espacio moviéndose, cada posición que toma, es una *"isocarena de C ".* Entre la posición de origen del flotador con una inclinación de $\theta = 0º$ y una posición de inclinación de θ grados cualquiera, este centro de carena C,

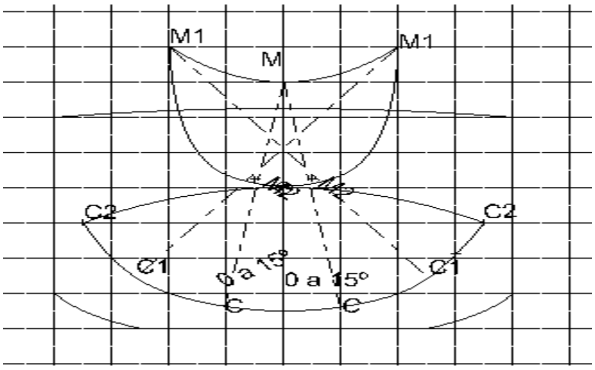

Figura VI.1.1: Evoluta metacéntrica

describe una curva o trayectoria en el espacio llamada *"Evoluta metacéntrica"*, que la lleva desde su posición de origen o inicial, situada en el plano longitudinal a otra diferente de este plano y que corresponde a la inclinación θ.

Figura VI.1.2: "Pequeña gimnasia mental" para ver la Evoluta metacéntrica

Si consideramos a partir de θ y a un lado y al otro, una ligera variación de la inclinación, podremos imaginar que C describe un arco de curva que si es suficientemente pequeño puede ser asimilado a un arco de circulo cuyo centro es el *"Metacentro Relativo a la inclinación θ "*, llamado simplemente *" M ".*
El radio correspondiente a este circulo se llama *" Radio Metacéntrico"*.
Si observamos al navío transversalmente, este radio se llamaría *" r ",* en el caso longitudinal *" R "* en el transversal y en otros casos en que la posición es más o menos oblicua " ρ ".

Simbad: O sea que r sería en la dirección del asiento o de la eslora, R en la dirección de la escora o de la manga y ρ, en cualquier posición que no sea la de las dos anteriores...

Capitán Isidore Caubin: Exactamente, pero tengamos en cuenta sin embargo que otros autores les dan nombres diferentes, pero lo que cuenta es que nos entendamos.
Simbad: Si tenemos un ángulo a partir del cuál podemos calcular cosas, esto nos facilita la vida ¿no?
Capitán Isidore Caubin: Así es, ya que M se convierte así en el centro de rotación instantáneo, (En un instante de inclinación determinada) del flotador y en el punto donde colocaríamos la punta *"seca"* de un compás para trazar una isocarena determinada.
Como hemos dicho esto ocurre en un plan de agua perfectamente plano y suponiendo un movimiento muy lento.
Los puntos M y C son diferentes para cada una de las inclinaciones y por lo tanto " ρ ".

Gracias a la formula de Bouguer, sabemos que su valor es igual, para una inclinación determinada, a la relación entre el momento de inercia de la superficie de flotación inclinada, el eje de inclinación correspondiente (x) y el volumen sumergido.
Debemos conocer entonces:
1) El momento de inercia de la superficie inclinada para un cierto ángulo de inclinación
2) El volumen sumergido
Y de esta manera, el radio será entonces para una inclinación cualquie

ρ (m) = $M_{itx(}$ (m^4) / V(m^3) (VI.1.1)

Para una inclinación transversal (o escora):

R(m) = M_{itx} / *V* (VI.1.2)

Para una longitudinal (o asiento):

r(m) = M_{itx} / *V* (VI.1.3)

Para entender bien esto, estudiemos detenidamente la figura VI.1.2:
1) En la figura VI.1.1, la intersección " H " de la vertical que pasa por el centro de carena C con el plano transversal del navío (Eje que porta a K), se llama "**Punto Metacéntrico Transversal Relativo a la inclinación o escora θ ".**
2) La distancia " **h** "desde H hasta el centro de carena al origen C_0, es su "**Altura Metacéntrica Relativa a la escora θ** " correspondiente.
3) La distancia " **a** ", es la distancia entre G y el centro de carena origen C_0 , o punto isocarena C_0.
4) Si el resultado de **h – a = GH**, es positivo, es decir que el segmento $\overline{HC_0} > \overline{BC_0}$, el equilibrio es estable, es decir que *"G esta por debajo de H ".,* e inestable en el caso contrario; *"G esta por encima de H "*
Así, GZ (Con todos estos datos y mirando bien la figura), se expresaría:

GZ = GH.sen θ = (h-a) .sen θ (VI.1..4)

Y en el caso en que H y M estén confundidas:

GZ = GM.sen θ (VI.1.5)

que es la formula que solemos conocer todos los que hemos estudiado *"Teoría del Buque y Construcción Naval...."*

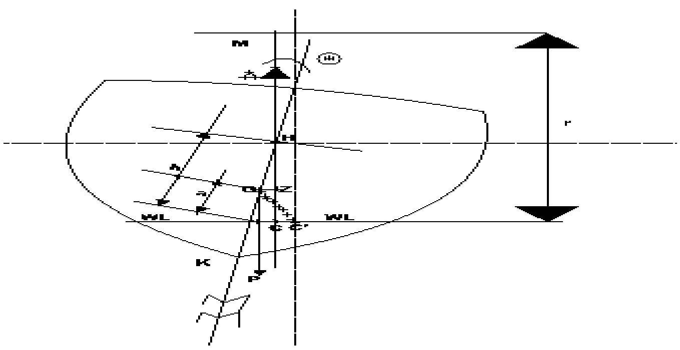

Figura VI.1.3: Metacentro

Y el momento correspondiente o *"Momento escorante"*:

Me = P.GZ = P. (h-a). Sen θ (VI.1.6)

Todo esto se puede calcular con medios informáticos también. ¡Facilísimo, ¿no ?!

Tema VII : La estabilidad inicial

"Aquella teoría que no encuentre aplicación práctica en la vida es una acrobacia del pensamiento".Swami Vivekananda (1863-1902); líder espiritual y reformador hindú.

Simbad: ¿Y qué pasa cuando el buque navega?...Ya que según Ud., capitán, todo lo que hemos estudiado no corresponde con los verdaderos movimientos en la mar...

Capitán Isidore Caubin: Cierto, lo que hemos hecho hasta ahora, (¡Ojalá nos haya servido para algo !), tiene el problema, de que la curva de brazos estudiada no corresponde a la realidad de lo que pasa en la mar.... En un papel, la famosa línea de base, es muy bonita y recta.
Solo hemos visto que para fuertes inclinaciones por ejemplo, se cumplan los criterios de seguridad que nos impone la Administración y el poder apreciar en cierta medida, la seguridad del navío en condiciones extremas que los Reglamentos nos imponen...(*" Los de la gorrita"*)

En la maravillosa pero dura realidad, el navío navegará en general con ángulos de inclinación mas reales y seguramente en general también, mas pequeños o menos exagerados...
Se tratará de algunos grados, en los navíos de propulsión mecánica y de unos veinte o treinta grados como máximo para los veleros (¡O más a veces!)
Por lo tanto y como queremos ser prácticos nos vamos a interesar mucho en la parte de la curva que corresponde a estas inclinaciones mas reales.
Simbad: Entonces ¿se trata de la misma curva?
Capitán Isidore Caubin: Si, se trata de la misma curva, pero como ya se adivina (Porque además lo dijimos antes), esta parte es el comienzo de la curva, donde la tangente se confunde prácticamente con la curva misma. En efecto, una curva desde el punto de vista matemático no nos da *"valores lineales"* (para cada punto deberíamos realizar un calculo diferente), pero una recta como la tangente, nos permitirá *"trabajar linealmente"*, estos valores y así podremos *"extrapolar"* a distintas escoras o inclinaciones de manera directa (como en una regla de tres), y sin que los cálculos sean complicados.
Así, y para pequeñas inclinaciones, podremos hacer una aproximación que diga que a estos valores de inclinación *"los famosos brazos de palanca varían proporcionalmente o linealmente con la inclinación"*.
Esto, podrá variar algo según sean las características del *"flotador"* (O casco), pero en general nos permitirá ir rápido. Un brazo de palanca será de esta manera calculado (ya que es la costumbre), para una inclinación transversal (o escora) de 1º.
El momento correspondiente, se llama por ello *"Momento Unitario"* y se designa según los autores (Que hay muchos) como M_{ut}, RMT_1, en el caso transversal o simplemente RM (*"Righting Moment")* en inglés. (En los *"papelitos"* de examen que dan en España suele ser RMT_1...) y M_{ul} ó RML en el caso longitudinal.
Este *"Momento Unitario"* es el que caracteriza *"La Estabilidad Inicial"* del navío.
Simbad: ¿Y donde se sitúa M?, ya que para empezar a medir...
Capitán Isidore Caubin: Ya hemos dicho que el M (Metacentro), que corresponde a un flotador en posición recta o en posición bien derecha (Nosotros diríamos *"en perfecto y tranquilo equilibrio"),* es decir con θ = 0º, está situado en el plano longitudinal de la figura transversal.
Esto quiere decir que cuando θ tienda a cero, M tiende hacia H y r tiende hacia h.
¿Si o no?.Ya veo que tienes que mirar la figura VI.1.2, de antes...
Simbad: Si, si claro, ¿Ud., se cree que yo soy una bicicleta de carreras?
Capitán Isidore Caubin: En esta situación r, se llama " r_0 " y se llama *"Radio Metacéntrico Inicial".*
(En los problemas de examen, sale siempre la frasecilla: *"En condiciones iniciales...")*
Cuando se conoce *"el contorno de flotación"* y el volumen sumergido (Distinto para cada tipo de navío y para cada situación), se puede calcular el *"Momento de Inercia"* de su superficie de flotación.
Así, para una barcaza de eslora **L** y de ancho o de manga **A** , es decir de una superficie de flotación rectangular, el momento de inercia de su superficie de flotación sería:

$$M_{it} = (L.A^3) / 12 \qquad \text{(VII.1.1)}$$

Nota: ¡¡ Fíjate que *"el ancho"* o manga, varia como el cubo se su valor!!
Si la flotación, que es simétrica con relación al eje longitudinal tiene una forma cualquiera entonces la dividimos en n rectángulos equidistantes (Los que hagan falta), para obtener una precisión satisfactoria y de los cuales hacemos la suma, es decir:

$$M_{it} = ((L/n . \sum A^3) / 12) \qquad \text{(VII.1.2)}$$

Y como el *"Radio Metacéntrico Inicial "* es igual a:

$$r_0 = M_{it} / V \qquad \text{(VII.1.3)}$$

Obtendremos finalmente:

$$r_0 = ((L/n . \sum A^3) / 12.V) \qquad \text{(VII.1.4)}$$

Y a partir de aquí conociendo P y a, podremos admitir que si los radios metacéntricos son muy cercanos de 1º y de 0º son equivalentes y calcularemos el momento unitario:

$$M_{ut} = P.(r_0\text{-}a).\text{sen } \theta , \quad (\text{con } \theta = 1º) \qquad \text{(VII.1.5)}$$

Simbad: Me ha impresionado Ud., capitán...
Capitán Isidore Caubin: Bueno, ¡No perdamos el hilo!.
En la expresión anterior, la cantidad P.(r_0 - a), es llamada *" Modulo de Estabilidad Inicial Transversal"* del navío. Y para que *"los de siempre"* lo sepan, la cantidad (r_0 - a) es llamada *" GM "* o *"GM inicial"* o *"GM_0"...*

Si en las formulas anteriores cambiamos r_0, por R_0, entonces $P.(R_0 - a)$, será el *"Modulo de Estabilidad Longitudinal".* Para una forma cualquiera mas o menos oblicua R y r se llaman ρ , como habíamos dicho antes. En estos casos podemos descomponer la expresión del momento en dos partes:

$$\mathbf{M_{ut}} = \mathbf{P.}\,\rho\,\mathbf{.sen}\ \theta - \mathbf{P.a.\ sen}\ \theta \qquad \text{(VII.1.6)}$$

Donde $P.\rho.\text{sen}\ \theta = V.\ \omega.\ M_{it}/V.\text{sen}\ \theta$, (donde M_{it} es el momento de inercia y ω el peso especifico del agua como ya hemos visto).

Entonces tendremos que :

$$\mathbf{M_{ut}} = V.\ \omega.\ M_{it}/V.\text{sen}\ \theta - \mathbf{P.a.\ sen}\ \theta \qquad \text{(VII.1.7)}$$

En la ecuación: $\mathbf{M_{ut}} = \mathbf{P.}\,\rho\,\mathbf{.sen}\ \theta - \mathbf{P.a.\ sen}\ \theta$, el primer miembro, es decir:

$$\mathbf{P.}\,\rho\,\mathbf{.sen}\ \theta \qquad \text{(VII.1.8)}$$

depende solamente de la forma de flotación (Para una inclinación θ determinada) y se llama entonces: *"Estabilidad de forma"*

El segundo miembro, es decir:

$$\mathbf{P.a.\ sen}\ \theta \qquad \text{(VII.1.9)}$$

solo depende del peso P (Para una inclinación θ determinada), y se llama: *" Estabilidad de Peso"* .

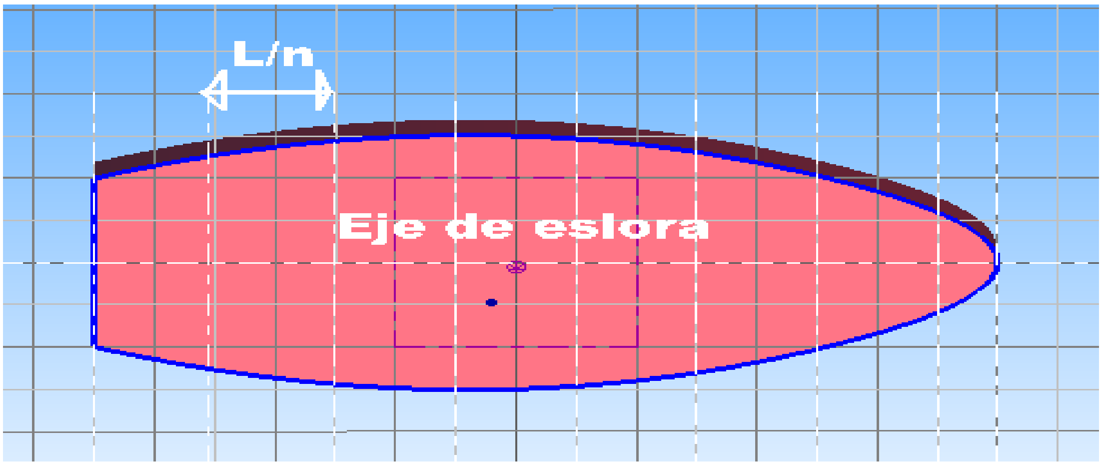

Figura: VII.1.1: Estabilidad inicial

Simbad: Y todo esto nos servirá...¿Para qué?

Capitán Isidore Caubin: Si ya tenemos una buena idea de:

1) La forma de la flotación, (simplemente tomando mangas a intervalos regulares como en el dibujo de la figura VII.1.1)

2) Su desplazamiento P

3) La altura estimada de su centro de gravedad por encima del de carena *"a",* lo que podemos hacer gráficamente *"a ojo"* con una regla (lo que nos dará una aproximación suficiente por el momento)

Ya podremos calcular entonces rápidamente el momento unitario $\mathbf{M_{ut}}$

El conocimiento del valor de $\mathbf{M_{ut}}$,aunque sea por ahora aproximadamente, es importante ya que corresponde precisamente al valor del par (inclinante) que *"dará al navío una inclinación de un grado"* (1º).

Veamos un ejemplo: Si una embarcación tiene un $\mathbf{M_{ut}}$ de 2 toneladas (tm), tomara una inclinación de: 1º, si la cargamos con 1 tm a 2 metros en su plan longitudinal, o con 2 tm a 1 metro del plan longitudinal o de 5º si la cargamos 5 veces mas en los mismos lugares, etc.

Esto no nos dispensará de calcular mas adelante con exactitud todo ello a medida que avancemos en el estudio o proyecto (conocimientos mas precisos de formas, pesos, centro de gravedad...)

Vayamos mas lejos (¡Paciencia!), como el *"radio metacéntrico"* varia como el cubo de las dimensiones de flotación A^3 (que ya vimos), acordarse de :

$$r_0 = (L/n).\ \sum\ A^3)/(12.V) \qquad \text{(VII.1.10)} ,$$

y que estas son perpendiculares al eje de inclinación, el radio mas pequeño será entonces el de la posición transversal y no el de la posición longitudinal, ya que las dimensiones de la posición transversal son mas pequeñas que las de la posición longitudinal (¡Normalmente!)

Simbad: Si, esto me parece más lógico...

Capitán Isidore Caubin: ¡Menos mal!, ya que si consideramos la estabilidad inicial, si esta se cumple para una estabilidad transversal, *"se cumplirá más aún"* para la longitudinal lógicamente o para una oblicua, ya que aquí la expresión de R ó de ρ , seria de la forma: $I.L^3 / 12.V$,(¡mucho mas grande ya que antes era el ancho el que estaba al cubo y ahora es la longitud!)

Simbad: ¡Uf!

Capitán Isidore Caubin: Bueno...todo esto para decirte que el estudio de la estabilidad de un buque se reduce al principio al estudio de su estabilidad transversal, ya que puede variar de manera significativa para valores de los anchos de flotación, pequeños.

Por otro lado, si tenemos que estudiar casos de carga que corresponden a asientos diferentes, veremos que las condiciones *"isocarenas"* para asientos negativos (El buque sube o flota más), producen en general una degradación de la estabilidad y que los asientos positivos (El buque baja o flota menos), producen una mejora en esta.

Pensemos un poco: *"Los asientos positivos producen un hundimiento parcial del casco".*

Como la popa es en general mas ancha, es en efecto hacia popa donde en general la flotación se ensancha más cuando la carga sumerge el navío y es por ello que la estabilidad se mejora...

Simbad: Este rollo ¿se termina aquí?

Capitán Isidore Caubin: No hijo, no ¡*"este rollo"*, como tú dices, no se termina aquí, ni mucho menos!

La estabilidad del flotador, puede ser alterada por otros motivos como son por ejemplo los *"pesos suspendidos"* o lo que se llaman *"las carenas liquidas".*

En todo lo que hemos dicho anteriormente, el navío estaba considerado para una carga determinada y constituida por un conjunto de pesos fijos.

¿Qué pasará si estos pesos ya no son fijos si no que se mueven?

Simbad: ¡Dios mío, yo no lo sé y Ud., mi capitán? (me imagino que si...)

Capitán Isidore Caubin: Este caso puede darse por ejemplo cuando una carga esté suspendida a un punto fijo del navío como por ejemplo cuando se van a descargar mercancías gracias a un mástil o puntal de descarga del propio navío, cuando una de las embarcaciones de servicio del navío vaya a descargarse en un muelle, etc.

O cuando líquidos que están abordo, sigan los movimientos del navío de una banda a otra...

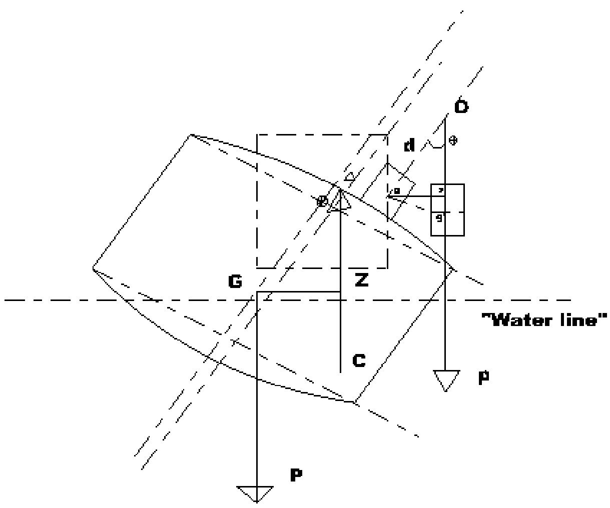

Figura VIII.1.1: Pesos suspendidos

Aquí vamos a considerar estos problemas *"pensando que la carga que se va a mover, está en el navío, es decir a bordo del mismo"*. Si la carga estuviese fuera, al levantarla, produciría una escora y asiento suplementario, ya que esta carga no estaba anteriormente en el navío.

Este caso seria el caso de lo que ya vimos y por lo tanto, ahora veremos lo que pasa cuando estas cargas *"pertenecen al navío".*

Tema VIII : Los pesos suspendidos "que están a bordo"

"No basta con alcanzar la sabiduría, es necesario saber utilizarla". Cicerón, Marcus Tullius Cicero (106-43 a. C.); político y escritor latino.

Simbad: ¿Qué pasa con esa estabilidad cuando se suspende un peso?

Capitán Isidore Caubin: Para estudiar los problemas de pesos suspendidos tendremos que volver un poco hacia atrás y considerar el momento escorante...

Simbad: Si, pero ¿A que es igual el momento escorante?

Capitán Isidore Caubin: Un momento es una fuerza por una distancia...Supongamos un navío inclinado transversalmente tal que en la figura figura VIII.1.1.
Lo suponemos inclinado desde ahora, porque vamos a hablar del *“Momento escorante Me”* y si no lo supusiésemos inclinado, no habría ningún momento, ¿Verdad?
Ya vimos que el momento escorante del navío era: Me = P.GZ.

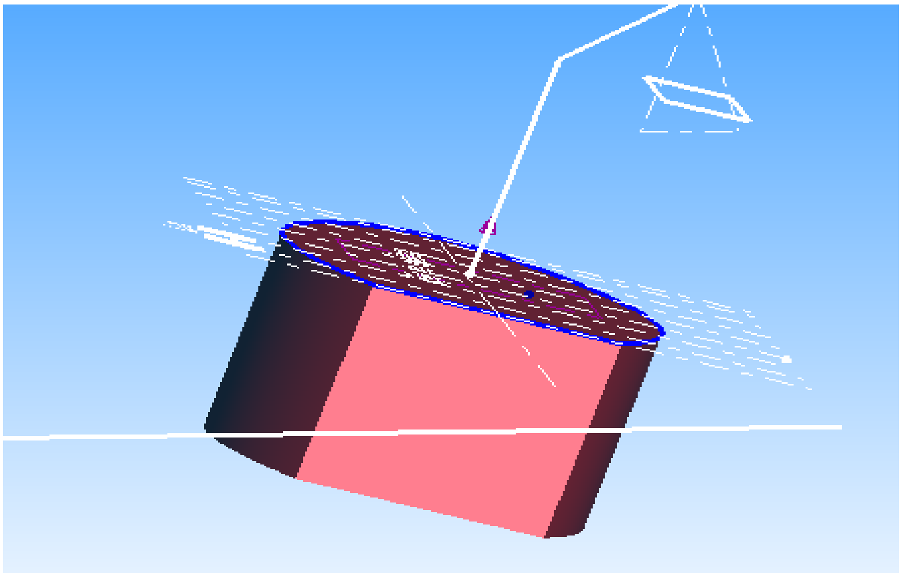

Figura VIII.1.2: "Otra manera de ver" los Pesos suspendidos...

Si un puntal de abordo situado en la línea de crujía, tiene suspendido un peso p en el extremo de un cable, *"este peso p como todos los pesos posee un centro de gravedad g"*.
Si el navío no estuviese escorado, como el puntal está en crujía, el cable y el peso y el centro de gravedad del peso estarían alienados como es lógico con el peso P y el centro de gravedad G del navío. Ahora, no es el caso y el cable y el peso tienden a *"ir hacia la banda escorante".*
Esto produce un momento escorante que se produce en el peso p igual a:

$M_{ep} = p.g_z$, (VIII.1.1)

donde g_z, es el brazo que se produce por esta situación en el peso.
Este momento disminuirá de otro tanto el momento M_e del navío, o lo que es lo mismo:
El momento escorante total en estas condiciones que tiene el navío es la diferencia de su propio momento *“menos”* este pequeño momento:

M_{te}= P.GZ - p.gz = P.GM.sen θ – p. d. sen θ = **(P.GM – p.d) sen** θ (VIII.1.2)

Simbad: Lo que *"me choca"* es que Ud. dice que es *"menos y no más"*...
Capitán Isidore Caubin: No te olvides que hablamos de un *"peso que ya estaba a bordo"* y no que viene desde fuera. El peso total P del navío incluye por lo tanto este peso p y al hacer esta maniobra *"lo estamos separando de él"*...Luego a P hay que restarle p; ¿está claro?
Simbad: Como siempre tiene Ud. razón mi capitán, ¡Que diablos!
Capitán Isidore Caubin: Si observamos la figura, el producto de p.gz, es lo mismo que el producto de p.d.sen θ, si nos acordamos de Pitágoras y de los triángulos rectángulos...¿no?, (lo digo por si acaso...)
El modulo de estabilidad transversal del navío, se ha convertido en P.GM – p.d, donde p.d representa la perdida de estabilidad y que puede ser muy importante (¡Cuanto mas alto esté el punto de suspensión!). En un caso extremo el navío podría *“dar la vuelta”.*
Desde el punto de vista de la estabilidad: *“El peso suspendido, es como si estuviese fijo y situado en el extremo de su punto de suspensión”*

Tema IX : Las carenas liquidas

"El ser capaz de llenar el ocio de una manera inteligente es el último resultado de la civilización".
Bertrand Russell (1872-1970); filósofo y matemático inglés.
Simbad: Esto lo entiendo, pero ¿Qué pasa si el peso es como los *"relojes de Dalí"* y son pesos líquidos o *"blandos"*...?
Capitán Isidore Caubin: El problema es prácticamente el mismo que el de los pesos suspendidos, aunque de naturaleza diferente. Consideremos como antes un navío inclinado transversalmente representado por el

esquema siguiente y cuyo peso total sea P que es la suma de su propio peso más el de un liquido contenido en un tanque de abordo que no está lleno y cuyo tanque es supuestamente bastante profundo.
Ahora, y para ser *"pedagógicos"* te pido que también supongas que en un premier tiempo el liquido haya sido solidificado cuando el navío estaba *"derechito"*.
Su centro de gravedad es g, no hay momento p.gz ya que no hay brazo y g está en la vertical de m, ¿Verdad?. Ahora supongamos que el liquido *"es liquido"*.
Tal como vemos en las condiciones de la figura, el liquido tenderá a ir hacia el lado de la escora, hacia g' en la vertical de su metacentro m y produciendo un brazo de escora gz.
Y n, representa el metacentro de este liquido o en el caso en que la escora fuera importante, su punto metacéntrico. El liquido ha sido por lo tanto considerado como unas carena (liquida) y son las leyes de las carenas las que le vamos a aplicar.
Simbad: Ah...las carenas ¿también poseen leyes?
Capitán Isidore Caubin: No te hagas el gracioso y presta atención y sobre todo mira la figura IX.1.1. Como antes podremos entonces escribir:
M_{te}= P.GZ - p.gz = P.GM.sen θ – p. r'. sen θ = **(P.GM – p.r') sen** θ (IX.1.1)
¿Qué ha cambiado en estas formulas?
Hemos remplazado la distancia **d** por **r'**, ya que se trata del *"Radio metacéntrico"* correspondiente a *"la carena liquida"*.
Este radio hace que se confundan el centro de gravedad g y el de la carena c del liquido (de la carena liquida). Algunos como tú, me diréis que porqué me complico la vida cuando antes teníamos gz, la distancia d, etc.

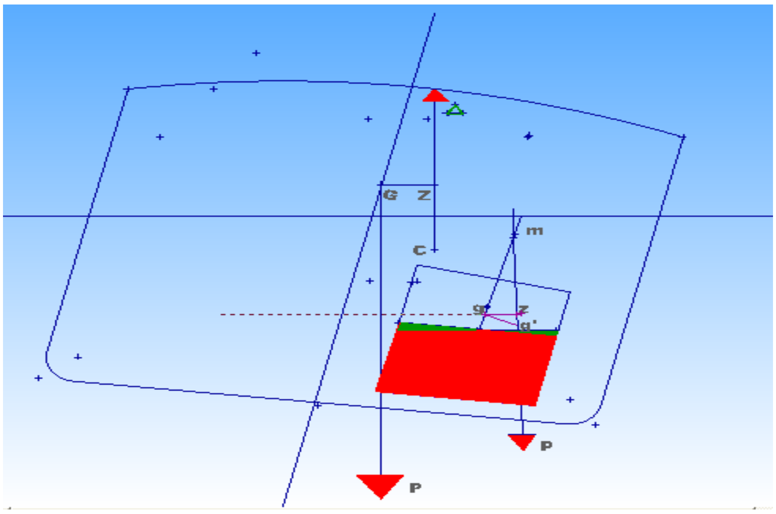

Figura IX.1.1: Carena Liquida

Es, si pensamos bastante sencillo: un peso fijo sólido, *"no cambia de forma con el movimiento"*, cambiará su posición y todo lo que queráis, pero no *"su forma"*...
En un liquido, *"la forma cambia"*, o mejor dicho aún, la *"superficie libre del liquido"* será más o menos grande según que la inclinación o escora del navío cambie, en cambio su volumen v no cambiara en absoluto sea cual sea la forma de su *"superficie libre"*....
Esa superficie *"libre"*, es interesante ya que sabemos calcular cosas con las superficies, como por ejemplo el momento de inercia de esta superficie libre con relación a un eje longitudinal (de tipo eje de las x), para una inclinación transversal que pase por su centro de gravedad...
Este **" r "**, es importante ya que es el radio metacéntrico de la *"carena liquida"* p cuyos centros de gravedad g y de carena c, se confunden.
Si ω**'** es el peso especifico del liquido, v su volumen y M_{itl}, el momento de inercia de la superficie liquida, con relación a un eje longitudinal para una inclinación transversal que pase por su centro de gravedad, tendremos:
r' = M_{itl} / v de donde: p.r' = ω'.v.M_{itl}/v = ω'.M_{itl} (IX.1.2)
Y finalmente: Mt (momento total) = (P.GM - ω**'. M_{itl}). Sen** θ (IX.1.3)
El modulo de estabilidad inicial transversal del navío se ha convertido en P.GM - ω**'. M_{itl}**
donde ω'.M_{itl} , representa la *"perdida de estabilidad"* que solo depende aquí del *"momento de inercia de la superficie libre del liquido"* (y de su peso especifico).

Esta perdida de estabilidad puede ser muy importante, sobre todo si la superficie liquida es importante y en caso extremo pondría en peligro el navío.
Desde el punto de vista de la estabilidad, todo sucede *"Como si el peso del liquido estuviera fijo, pero colocado en su metacentro propio".*
Este problema es particularmente sensible en los navíos que transportan combustible liquido u otros productos líquidos y lógicamente en un buque normal, la invasión de agua tendría los mismos efectos, aunque la cantidad de agua sea relativamente pequeña, pero que se extendiese (superficie liquida) sobre una gran superficie.

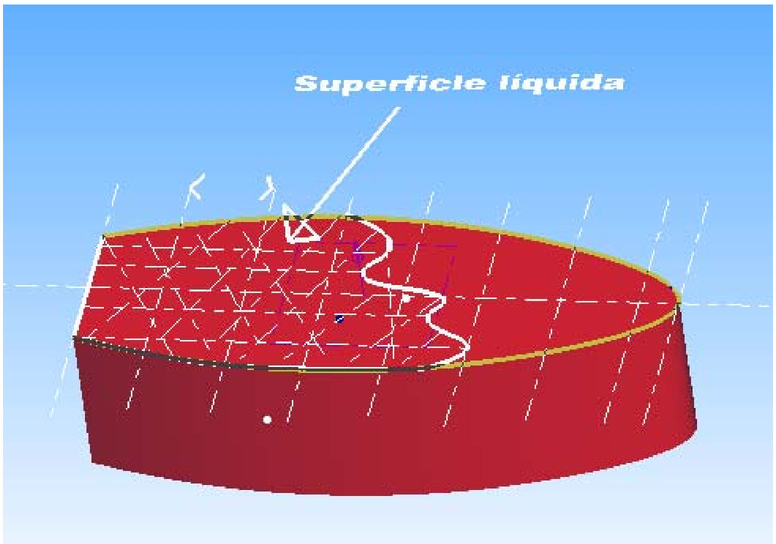

Figura IX.1.2: Superficie invadida por el agua

Simbad: ¿Y si el puente de un gran navío es invadido por el agua? Ese puente suele tener una gran superficie y Ud., capitán dice que *"la superficie influencia este fenómeno"*.
Capitán Isidore Caubin: Te doy un ejemplo: Si la superficie de un puente que es en general mas grande que la superficie de flotación fuese invadida por agua de mar sobre una superficie equivalente a la de flotación, el modulo de estabilidad seria:

$$P(r-a) - \omega .M_{itl} = Pr - Pa - \omega .M_{itl} = \omega .V.M_{itl} / V - Pa - \omega M_{itl} \ldots \qquad (IX.1.4)$$

Haciendo operaciones y simplificando llegamos a : - Pa
O sea que el modulo de estabilidad seria **¡¡negativo!!** , a pesar de tener un **a** positivo, dando un buque inestable. Esto es teórico ya que si el barco se inclina, la superficie liquida podría disminuir.
Si esto fuese así y por ejemplo esta superficie disminuyera de mitad, M_{itl} que varia como el cubo de las mangas, estaría dividido por 8 y el modulo seria:

$$\omega .M_{itl} - Pa - \omega .M_{itl}/8 = 7/8\, \omega M_{itl} - Pa. \qquad (IX.1.5)$$

Es por ello que una de las soluciones *"para reducir las superficies libres, es la de compartimentar en el sentido longitudinal los sitios susceptibles de darnos problemas"* desde este punto de vista.
Por otro lado si las carenas liquidas de un navío son importantes (depósitos o *"ballasts"),* sobre todo en anchura, tendremos que introducir una corrección de sus efectos en el estudio de la estabilidad de carena liquida cuando estos depósitos estén parcialmente llenos.
Simbad: ¡Lo de siempre; Ud., lo sabe todo!

Tema X: Curvas hidrostáticas

"Son los problemas sin resolver, no los resueltos, los que mantienen activa la mente". Erwin Guido Kolbenheyer (1878-1962); escritor alemán.
Simbad: Cuando se haya construido un navío, habrá que tener en cuenta todas estas cosas e incluso lo que le pueda pasar en el caso en que variemos su carga, escora, etc...¿no?
Capitán Isidore Caubin: Ya hemos visto las curvas de estabilidad (las de los brazos GZ según las escoras). A parte de estas curvas existen otras llamadas *"Curvas hidrostáticas"* que como su nombre indica nos dan las características hidrostáticas del navío.
En general, las curvas hidrostáticas se representan bajo la forma de un diagrama constituido por una red de varias curvas. Cada una de ellas nos indica las características de la carena para cada nivel de inmersión de esta carena en el agua. Esta indicación es paralela a la flotación de referencia o *"Calado del buque"* y están referenciadas en un eje vertical en ordenadas. Los desplazamientos correspondientes a cada una de ellas,

se indican en un eje horizontal o eje de abscisas. En estos gráficos aparecen también (cosa que los rinde aparentemente complicados), radios metacéntricos iniciales r y R de las posiciones de los centros de carena y de flotación, variaciones de carga por centímetro de inmersión y un cierto numero de características que están enlazadas a las características del flotador. Todo lo que hemos visto resume lo que hay que entender del movimiento del flotador desde el punto de vista *"estático"*. Se ha considerado al navío flotando sobre un plano acuático supuesto efectivamente *"plano"* o ideal. Ya hemos dicho que esto no es cierto en la realidad y que el *"Agua y con ella el casco, se mueven en general"*. Pero el estudio de la hidrostática es importante ya que es la base de un cierto numero de reglamentos oficiales. Estos reglamentos pueden imponernos otros criterios como por ejemplo la *"estabilidad dinámica",* estabilidad después de haber tenido una avería, capacidad de adrizamiento con viento o mar fuerte, influencia en esta estabilidad de los aparejos de pesca u otros, influencia del hielo que se pueda formar..., etc. Las herramientas informáticas permiten ajustar todos estos conceptos para estabilidades *"casi estáticas"*, ahorrándonos muchos cálculos para situaciones diferentes.

Figura X.1.1: Esto que "se nos viene encima", también "era" estable...

Se puede simular por ejemplo un plan de agua no plano, si no sinusoidal, simulando así un oleaje y en el cual podemos introducir su longitud, su altura y la posición relativa del flotador.

"Si nombramos a la Administración tantas veces" es porque esta, puede imponer criterios que pueden influir en mucho la forma del flotador y también sobre el conjunto del navío.

Este estudio, no podrá hacerse de manera eficaz que hasta el momento en que dispongamos de una buena definición de las formas del navío, y a partir de un buen conocimiento de su desplazamiento (Peso), de la posición de su centro de gravedad G y a partir de una *"relación de pesos"* o *"pliego de pesos"* lo más exhaustiva posible.

Simbad: ¿Seguiremos más adelante?

Capitán Isidore Caubin: Si, hijo...seguiremos con todas estas cosas. Creo que hemos avanzado lo suficiente para merecernos ese *"ron calentito"...*

Simbad: ¡Ahora mismo mi capitán!

Fin de la charla II sobre construcción naval