Charla V sobre construcción naval
Tema XXVI: "Inercias de masa" en mecánica naval.
1ª Parte

"Si al pleno acierto aspiras, une la utilidad con el deleite". Tomás de Iriarte (1750-1791); escritor español.

Capitán Isidore Caubin: Antes de hablar de los métodos que existen para trabajar con las carenas que como te dije en la charla anterior se trata de los métodos de los "*trapecios, de Simpson o de Tchebitchev*", tendremos que ver algunos conceptos...
Simbad: ¡Ya empieza Ud. otra vez!, seguro que me va a dar un *"rollo matemático"*...
Capitán Isidore Caubin: No se trata de nada difícil, pero de conceptos que hay que tener claros antes de meternos en estas técnicas y para ello te voy a hablar de *"cosas extrañas"* sobre los cuerpos sólidos...Así por ejemplo, la *"masa pesada"*, tiene como dimensión:
$M_{pesada}(kg) = P(kg)/g\ (m/s^2)$ (XXVI.1.1)

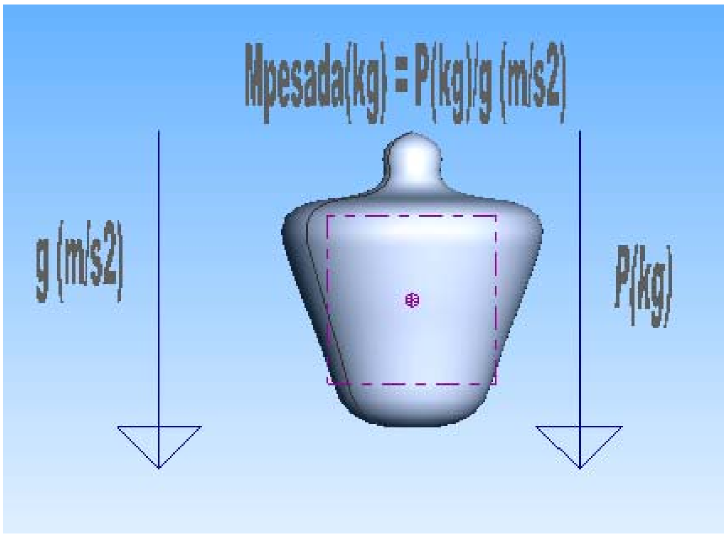

Figura XXVI.1.1: Concepto de "Masa pesada"

Donde g es la aceleración de la gravedad; $g = 9{,}81\ m/s^2$
Si por ejemplo tenemos un casco que pesa Pc = 327 Tm, su "Masa pesada", será: $M_{pesada}(kg) = 327.000 / 9{,}81 = 33.333$ Kg ó 33,33 Tm...Y decimos *"Masa pesada"*, porque esta influenciada por g (aceleración de la gravedad) y por lo tanto *"pesa"*. La *"masa cualquiera"*, $M_{cualquiera}$, es decir, la que está influenciada no por la gravedad sino por otra aceleración *"cualquiera"*, tiene como expresión:
$M_{cualquiera}\ (kg) = F(kg) / a$ (XXVI.2.2)
Donde F es la fuerza en $kg.m/\ s_{egundo}^2$, y *"a"*, la aceleración en m / s_{egundo}^2
Simbad: ¿Las masas pueden estar influenciadas por otras aceleraciones que no sean la de gravedad?
Capitán Isidore Caubin: Si, así es... y la Ley de Newton, que expresa la *"Fuerza de una masa cualquiera"*, se escribiría entonces haciendo operaciones como:

$F(kg) = M_{cualquiera}\ (kg)\ .\ \frac{1}{2} v.t^2 ...$ (XXVI.2.2.Bis),

Ó: $\sum \text{fuerzas} = \text{masa.aceleración}$, que es lo que nos viene a decir la Ley de Newton...
Y finalmente un *"peso"* es igual a una masa por la aceleración de la gravedad ("*que no varía"),* como ya vimos antes...
$P(kg.m./\ s_{egundos}^2) = M_{cualquiera}\ (kg)\ .\ g\ (m/s_{egundos}^2)$ (XXVI.1.3)
O sea que *"también sería la Ley de Newton"* y se trata de la *"masa pesada"* porque la consideramos en referencia a la fuerza de gravedad, que no varía (suponemos aquí, que no varía...). Es por lo tanto esta fuerza universal que hace que los objetos *"pesen".*
Simbad: O sea que "*yo peso"* ¿gracias a la fuerza de la gravedad?
Capitán Isidore Caubin: Exactamente, *"pesas"* porque estamos influenciados por esta fuerza de

gravedad...Pero si no lo estuviésemos, *"no pesarías";* por ejemplo si en vez de estar sobre el Planeta Tierra, estuvieses en el espacio sideral muy lejos de él...
Simbad: ¿No pesaría nada?

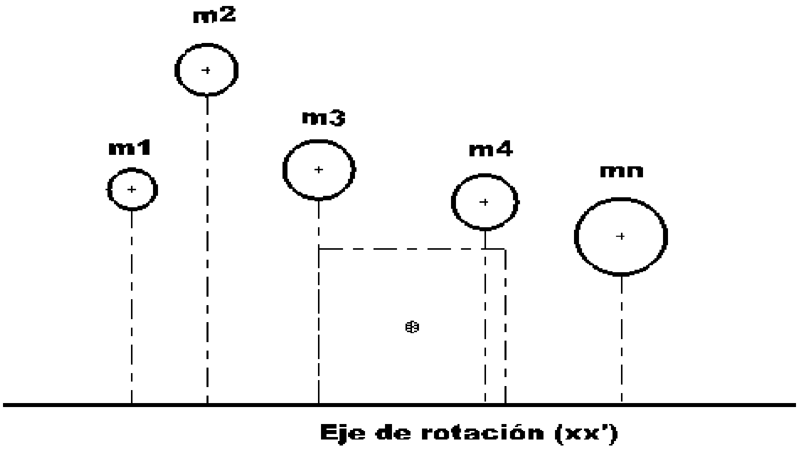

Figura XXVI.1.2: Diversos tipos de aceleraciones sobre las masas

Capitán Isidore Caubin: Si, si que pesarías, pero no por la fuerza de gravedad de la Tierra sino por

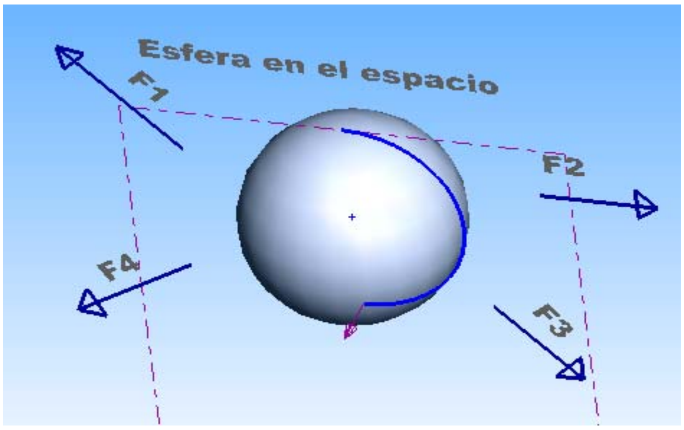

Figura XXVI.1.4: "Esfera en el espacio" atraída por fuerzas diversas

otras fuerzas de atracción o por la *"aceleración con que viajaras por ese espacio"*. En ese caso deberíamos hablar teniendo en cuenta que no te influye la gravedad si no otras atracciones u otras aceleraciones diferentes y hablaríamos de *"masa cualquiera".* Una masa cualquiera, no se refiere por lo tanto solo a la de la gravedad, sino a cualquier otra aceleración. Aquí en la Tierra también podemos hablar de *"masas cualquiera"* ya que podríamos fabricar una maquina rotativa por ejemplo a la que influye sobre todo su *"aceleración angular"* mucho más que la aceleración de la gravedad. En los cálculos de la *"dinámica de un cuerpo sólido",* necesitamos conocer las *"características de masa"* del cuerpo considerado. Y en aquel movimiento rotativo por ejemplo, las aceleraciones angulares son reguladas por *"la inercia de las masas"* con relación al eje de rotación.
Volviendo a la ecuación (XXVI.2.2.Bis), podríamos determinar por ejemplo, como funciona *"un amortiguador mecánico"* y expresar matemáticamente su funcionamiento de manera muy rigurosa.
Simbad: ¿Y como lo haríamos?
Capitán Isidore Caubin: Yo te recomiendo que lo dibujes de manera esquemática y que mirándolo después, escribas sus ecuaciones matemáticas: En efecto, siempre te recomiendo que hagas un dibujo, tal como después veremos con las carenas. Con un dibujo, las cosas se ven más fácilmente y se *"desmitifican las dificultades"* de manera extraordinaria. Observa pues el dibujo siguiente y verás que fácil es todo.

La masa m se desplaza sobre un plano que está en el eje de las x, bajo el efecto de una fuerza exterior F(t) y notamos con la letra r, la rigidez del resorte y con f *"el coeficiente de frotamiento viscoso"* : la *"dinámica de la masa m"* estará definida entonces por la ecuación:

$$m.\frac{1}{2}v.t^2 = F(t) - f.\frac{dx(t)}{dt} - r.x(t) \qquad \text{(XXVI.2.2.Ter)}$$

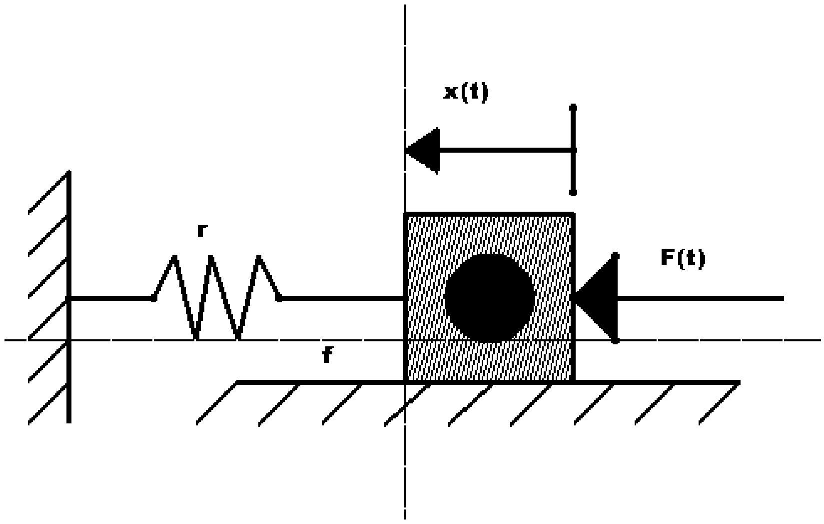

Figura XXVI.1.5: Amortiguador mecánico

O sea que a la fuerza F le restamos el coeficiente viscoso y le restamos también la rigidez del resorte, ya que estos dos componentes hacen que en realidad F disminuya ya que se le oponen...Y esta no es otra cosa otra vez que la Ley de Newton.

Simbad: ¡Fantástico mi capitán!; pero ¿Qué tiene todo esto que ver con los buques?

Capitán Isidore Caubin: Este ejemplo es simplemente para *"entrenarte a las Leyes de Newton"* y así ves que todo tiene sentido y no se trata de *"algo difícil"*. En lo que concierne a los buques, el calculo de *"la inercia de masas"* es útil cuando se hacen ensayos en piscina de carenas con olas, ya que *"la similitud de los movimientos de balanceo y cabeceo"* se pueden explotar si hay *"similitud de inercia"*.; es decir si estos ensayos o test representan lo que pasará más o menos en la realidad de la mar...

Simbad: Supongo que para esto habrá que considerar lo que ya dijo Ud. referente al casco y sus movimientos ¿no?

Capitán Isidore Caubin: Hay que recordar que un cuerpo sólido, puede caracterizarse por su "*volumen"* (una piedra o un casco de navío hueco), por su *"superficie"* (una hoja de papel o el desarrollo de ese volumen en superficie) o por su *"longitud"* (un hilo de coser).

Las dimensiones *"lineales"*, se expresan en metros (m)

Las dimensiones de *"superficie"* se expresan en m^2 (m^2)

Las dimensiones de *"volumen"* se expresan en m^3 (m^3)

Muchas veces se indica *"lo lineal"* por *"L"* (de longitud), lo *"surfácico"* por *"L^2"* (de longitud al cuadrado)y lo *"volumínico"* por *"L^3"* (de longitud al cubo)...

Simbad: Entonces y *"lógicamente"* según que se trate de un volumen de una superficie o de un *"alambre"*, supongo que las formulas cambiarán...

Capitán Isidore Caubin: Exactamente, no solo cambian si no que según *"a qué nos referamos, las cosas no pesan igual"*...Y para ello deberemos ver *"Lo que pesan las cosas..."*

Así, la *"masa de un volumen"*, o los *"kilos que pesa la piedra"*, se caracteriza por:

M_v (kg)= V (m^3). ρ_v (1000.kg/m^3); → V (m^3) = M_v (kg) / ρ_v (1000.Kg /m^3) (XXVI.1.4)

Donde V es su volumen y ρ_v, su *"masa volumínica por unidad de volumen"*, o *"especifica"*, o sea que un peso en kilogramos, es igual a *"un volumen"* en metros cúbicos multiplicado por *"el peso especifico"* o *"masa volumínica"* , dada en *1000 kg/m³*, del cuerpo considerado.

y ρ_v es igual por lo tanto a:

ρ_v (1000.kg/m^3) = Mv / V; → ρ (1000.kg/m_{etros}^3) = Mv (kg) / V (m3) (XXVI.1.5)

donde *"m"* es una masa en kg, y *" v "* un volumen m^3, *"<u>lógicamente</u>..."*

Simbad: Esto me parece que me será difícil de recordar...
Capitán Isidore Caubin: Para que lo recuerdes haz la "Mnemotécnica siguiente": *"Un Volumen (m^3), multiplicado por su Masa Especifica (1000.kg/m^3), es igual a lo que pesa ese Volumen o Masa del Volumen (kg)"*
Si tenemos por ejemplo, 100 m^3 de acero de masa especifica ρ_V = 7,80 (1000. kg/m^3) será:
M_V (kg)= V (m^3). ρ_V (1000.kg/m^3) = 100 x 7,80(1000 kg/m^3) = 780.000 kg = 780 T/m^3 (un metro cúbico pesará entonces 7,80 toneladas). Más fácil todavía; imagina que un cuerpo tiene una *"masa especifica"* igual a *"1"*; entonces aplicando la formula veremos que Mv (kg) = V (m^3) x 1 = V (m^3); es decir que su masa volumínica es igual a su volumen, ¿Verdad?.

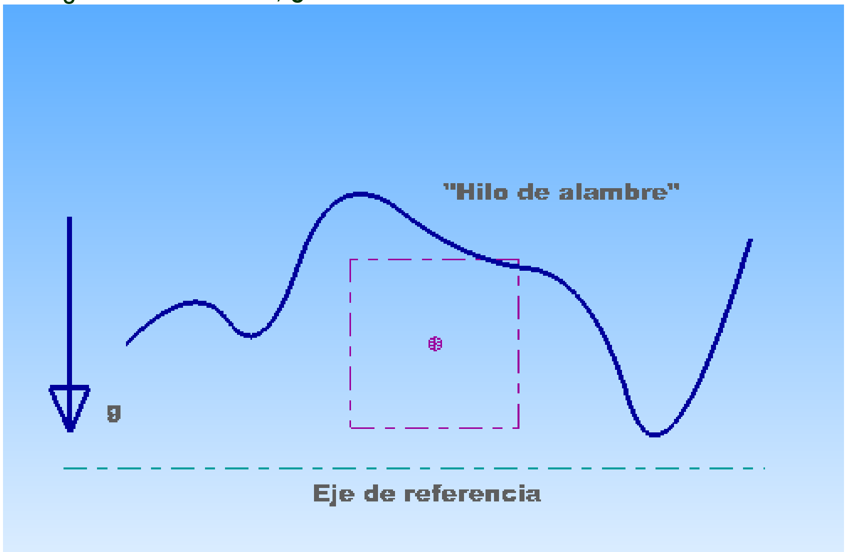

Figura XXVI.1.6: Un "Hilo de alambre pesa"

Simbad: Ahora lo entiendo, pero...¿Y si se trata de una superficie o de una longitud como la de un alambre; cuál será la masa especifica?

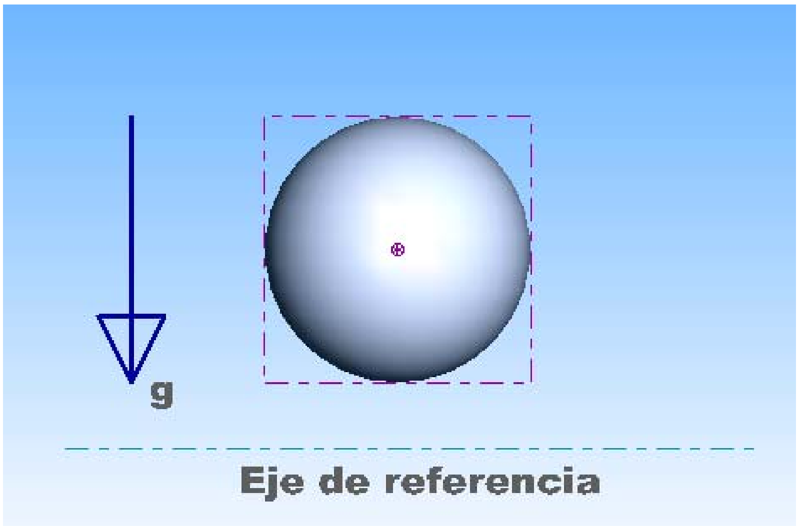

Figura XXVI.1.7: Un volumen "pesa"

Capitán Isidore Caubin: Para un cuerpo *"plano"* o Superficie, *"la masa especifica por unidad de superficie"* ρ_S, será entonces:

$\rho_V^{2/3}$ (m_{asa}/ m_{etros}^2) = (kg/ m_{etros}^2) → $x^{2/3}$: (*"al cuadrado, raíz cúbica"...*) (XXVI.1.6)

Luego si : ρ_V (1000.kg/m^3) = 7,80 (1000kg/m^3), entonces ρ_S (1000. kg/m^2) = $7.800^{2/3}$ = 393,3 kg/m^2 = 0,4 T/m^2,
(En metros lineales seria: ρ_L (1000.kg/m) = $7800^{1/3}$ (*"raíz cúbica"*) = 19,83 kg/m = 0,020 T/m)
Y en este caso la *"masa de esta superficie"* o lo que *"pesa esta hoja de papel"*, será:

M_S (kg) = S (m^2). $\rho_V^{2/3}$ (1000.kg/m^2) ; → kg = m^2 . kg/m^2 (XXVI.1.7)

Observa que aquí ya tenemos una relación entre un peso o masa y una superficie.

Ejemplo 1: para una superficie S = $5m^2$

$5m^2 \times 7800^{2/3}kg = 5 \times 393{,}3\ kg = 1966{,}50\ kg = 0{,}2\ T$; esta superficie de $5m^2$, pesa 0,2 T

Regla: Para pasar de una *"Masa volumínica"* a una *"Masa de Superficie"* se eleva a la potencia 2/3 el valor de la primera: *"al cuadrado, raíz cúbica"*.

<u>Mnemotécnica:</u> "Una Superficie (m^2), multiplicada por su Masa Especifica (kg/m^3),elevada a la potencia 2/3, es igual a lo que pesa esa superficie o Masa de la Superficie (kg)"

Ejemplo 2: Si tenemos una superficie de flotación de $234m^2$ y el casco esta hecho en acero con un ρ = 7800 (kg/m^3), su *"masa de superficie o peso de esta superficie",* será : $M_s = 234m^2 \times 7800^{2/3}\ kg = 234\ m^2 \times 393{,}3\ kg = 92032{,}2\ kg = 9\ T$.

Simbad: Veo *"que pasa Ud. de volúmenes a superficies.."*.¡Con mucha facilidad!

Capitán Isidore Caubin: En efecto, si este volumen de un casco por ejemplo, lo hubiésemos *"traducido"* a una superficie que representa la carena, tendríamos que esta superficie de carena, que representa el volumen (proyectado), del casco sumergido, pesa 9 T, pero como para realizar estos cálculos trabajaremos no con las mangas de flotación si no con las *"semimangas"*, este resultado habrá que multiplicarlo por 2 para obtener el peso total de la carena que sería: 9 T.x 2 = 18 T

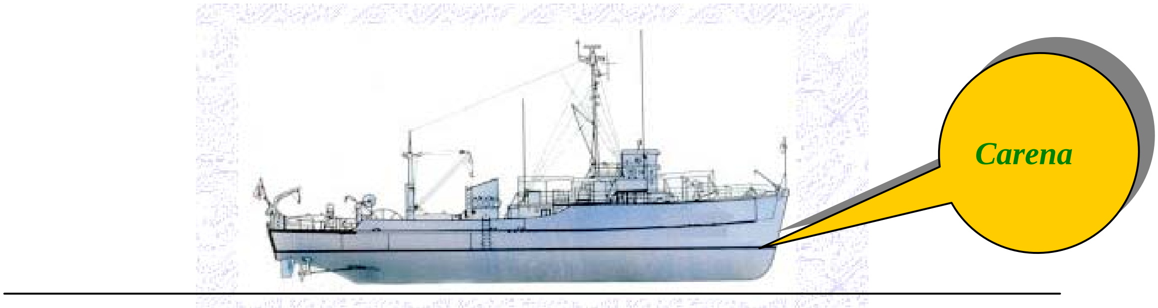

Figura XXVI.1.8: "Un buque pesa...

Esto es muy interesante ya que como sabemos (o debíamos de saber), los volúmenes se pueden *"proyectar"* para así poder trabajar con superficies, lo que será el caso cuando trabajemos con *"las carenas"* del buque por los métodos de los *"Trapecios"* de *"Simpson"* o de *"Tchebycheff"*,.como veremos mas adelante y dentro de ya muy poco. Siguiendo con el mismo razonamiento, para un objeto o cuerpo *"lineal",* la masa por unidad lineal, será:

$\rho^{1/3}\ \ell$ ($m_{asa}/\ m_{etros}$) = ($kg/\ m_{etros}$) (XXVI.1.8)

Donde *" m "* es una masa o peso y *" ℓ "*, una longitud, *"<u>lógicamente</u>..."*

y en este caso su *"masa total lineal"* o lo que *"pesa este hilo de alambre"*, será:

$M_\ell\ (kg) = \ell\ (m_{etros}).\ \rho_s^{1/3}\ (kg/m_{etros})$; → $kg = m_{etros}.\ kg/m_{etros}$ (XXVI.1.9)

Mnemotécnica: *"Un cuerpo Alambrico (m), multiplicado por su Masa Especifica (kg/m^3),elevada a la potencia 1/3, es igual a lo que pesa el cuerpo Alambrico o Masa del Cuerpo Alambrico (kg)"*

Ejemplo 3: Si tenemos un cable de acero, que mide 234m de longitud, con un $\rho = 7800^{1/3}$ kg, su masa o peso será : $M_l = 234(m) \times 7800^{1/3}\ kg = 234m \times 19{,}8\ kg = 4641\ kg.= 5T...$

Cuando hablemos de programas informáticos o de programas con calculadora científica programable, veremos que conociendo la *"masa volumínica especifica ρ "* del material con que hacemos el casco del buque introducida como variable, obtendremos la masa de ese casco fácilmente o la masa de su volumen o simplemente la masa de su superficie...¿No?

Simbad: ¡Dios mío de mi vida!

Capitán Isidore Caubin: Haz varias veces los ejercicios anteriores *"inventándote valores diferentes"* y verás que no es tan complicado.

Tema XXVII: Noción de "fuerza" y manera de obtenerla

<u>Objetivo de la lección: Saber lo que son las fuerzas y las aceleraciones.</u>

"Conocer es recordar". Platón (c.428 - c.347 a. C.), filósofo griego

Capitán Isidore Caubin: Una fuerza es: *"Toda causa capaz de modificar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo cuando le oponemos una resistencia menor que ella".*

Una fuerza tiene como dimensión:

$F(N) = kg \, . \, m_{etros} . \, s^{-2}$ (XXVII.1.1)

Donde *"N"* se da en *"Newtons"* (kg. m_{etros}/s^2).

Simbad: Si la fuerza que le oponemos es igual, ¿Qué pasa con *"ese movimiento"*?

Capitán Isidore Caubin: En realidad una fuerza es *"un movimiento que no se realiza hasta que la fuerza que se le opone sea inferior o superior a ella "*.

Mnemotécnica: *"Una Fuerza a la que se le opone otra de igual valor y de dirección opuesta, no produce movimiento alguno"*. Una fuerza se caracteriza por: *"Un punto de aplicación, una dirección, soporte o sentido y una intensidad"*. O sea que dicho de otra manera podemos representarla por un *"vector"*.

De manera general se expresa como *"El producto de la masa del cuerpo por la aceleración a la cual esta sometido"*:

$F(N) = M_{asa}(kg). \, a \, (m_{etros}/s^2); \rightarrow N_{ewtons} = kg. \, m_{etros}/s^2$ (XXVII.1.2)

Mnemotécnica: *"Una Masa (kg), multiplicada por una Aceleración (m_{etros}/s^2), es igual a una Fuerza (N_{ewtons})"*. Esta formula es *"general"*, ya que si *"a"*, fuese igual a *"g"*, ó que si la *"aceleración considerada"* fuese la de la gravedad (9,81 m_{etros}/s^2), y lógicamente y solo en este caso, la *"Fuerza estaría dirigida hacia abajo"* (Centro de la Tierra), ya que se trata de la *"gravedad"*.(Acuérdate de la historia de Newton descansando bajo un manzano cuando le cayó encima una manzana…)

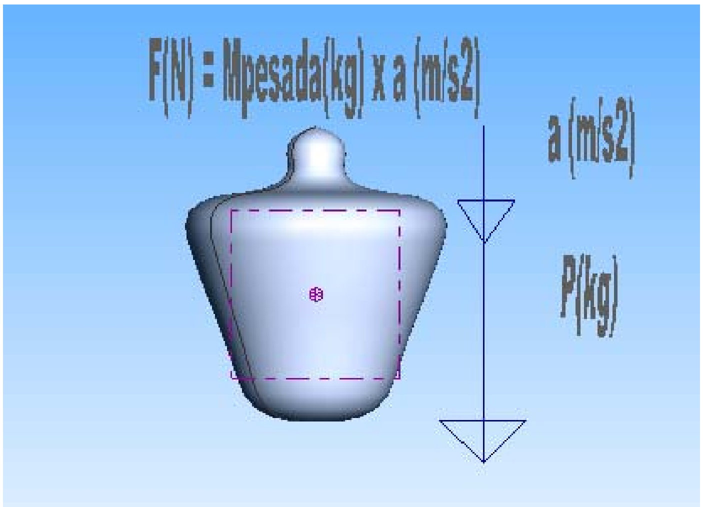

Figura XXVII.1.1: Caso en el que la "aceleración" es la de la gravedad...

Simbad: O sea que si yo *"multiplico algo en kg. por una aceleración cualquiera"*..¿Esto es una fuerza expresada en Newtons?

Capitán Isidore Caubin: Exactamente, y además ya que lo entiendes te diré que una *"sacudida"* se expresa por m_{etros}/s^3; una *"aceleración"* se expresa por m_{etros}/s^2 y una *"velocidad"* por m_{etros}/s; ¿A que nunca habías oído hablar de *"sacudida"*?, Algo se aprende todos los días...

Tema XXVIII: Resultante de un sistema de fuerzas.

"La experiencia no consiste en lo que se ha vivido, sino en lo que se ha reflexionado". José María de Pereda (1833-1906); escritor español.

Simbad: Supongo que en realidad no se tratará de una sola fuerza sino que en realidad *"este posible movimiento"* se producirá bajo el efecto de varias fuerzas quizás en sentidos muy diferentes...¿no?

Capitán Isidore Caubin: En efecto, los cuerpos son sometidos corrientemente a un sistema de varias fuerzas donde llamamos *"su resultante"*, a la fuerza única que resultaría sobre el cuerpo y que produciría la misma acción que el conjunto del *"sistema de fuerzas"*, teniendo en cuenta todos sus componentes. Para encontrar la resultante de un numero cualquiera de fuerzas, tendremos que formar el *"polígono de estas fuerzas"*.

Simbad: Supongo que para esta construcción habrán reglas precisas...

Capitán Isidore Caubin: Sí, y además muy sencillas. Estas reglas son las siguientes:

→ 1: La resultante es nula (o sea igual a cero), si el polígono está cerrado (Condición necesaria y suficiente)

→ 2: Si las fuerzas son todas paralelas, la resultante es la suma de las fuerzas

→ 3: Si el polígono esta abierto y las fuerzas no son paralelas, se suman dos a dos las fuerzas y es el vector resultante de la suma de todas las resultantes parciales, el que nos da la resultante final.

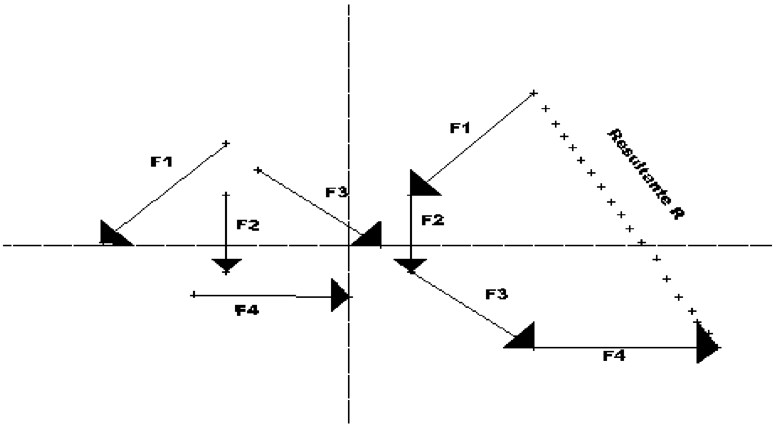

Figura XXVIII.1.1: Resultante de un sistema de fuerzas

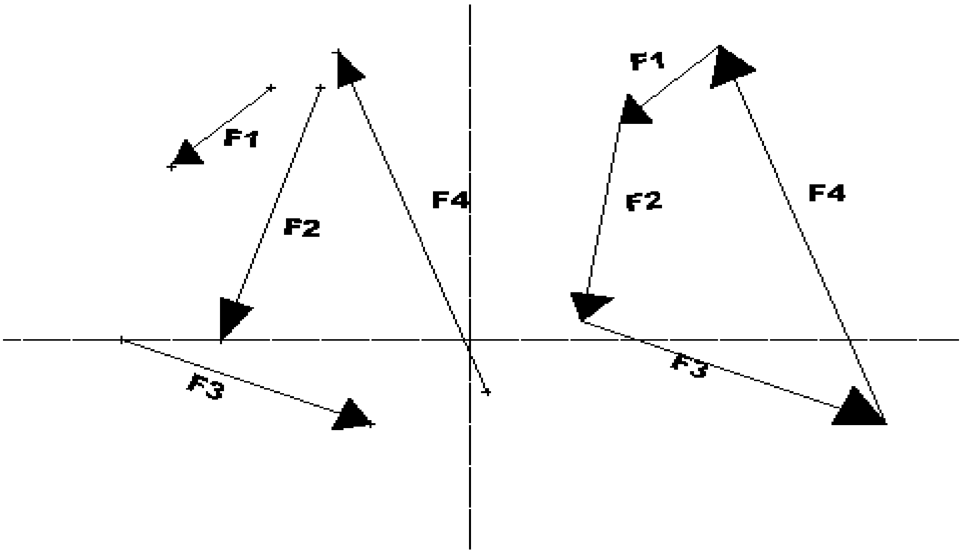

Figura XXVIII.1.2: Construcción de un polígono de fuerzas

Simbad: Mi capitán...estoy un poco mareado de tantas *"fuerzas"*
Capitán Isidore Caubin: ¡ Pues tráete es ron que estas esperando!.

Fin de la 1ª parte de la charla 5ª de construcción naval