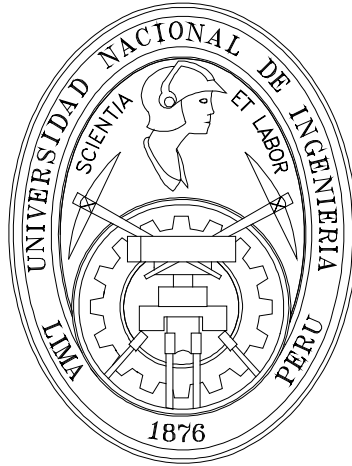


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Mecánica



**“DISEÑO Y CALCULO ESTRUCTURAL DEL GRIFO
FLOTANTE MARITIMO DE 12000 GALONES (45,43
m³)”**

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO NAVAL

EDWARD RICHARD CASTRO PEREZ

PROMOCION 2009 – II

LIMA – PERÚ

2011

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

Nombre del autor: EDWARD RICHARD CASTRO PEREZ

Código: 19991283H **Especialidad:** Ingeniería Naval **Promoción:** 2009-II

Dirección: Jr. Ayacucho 3121 S.M.P

Teléfono: 5694254

Título del Proyecto: Diseño y calculo estructural del Grifo Flotante Marítimo de 12000 galones (45.43 m³)

OBJETIVO: El Proyecto tiene como objetivo el diseño del Grifo Flotante de 12,000 galones (45.43 m³) de capacidad para almacenamiento de combustible diesel D2 derivado de hidrocarburos.

CONTENIDO:

PROLOGO:

CAPITULO I Introducción

CAPITULO II Teoría del buque

CAPITULO III Resistencia longitudinal del casco

CAPITULO IV Diseño del Grifo Flotante Marítimo

CAPITULO V Reglas del cálculo del escantillonado

CAPITULO VI Tecnología de la fabricación

CAPITULO VII Evaluación Técnica Económica

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

PLANOS

ANEXOS

CONTENIDO:

PROLOGO	1
CAPITULO I. INTRODUCCION	3
1.1 Alcance	4
1.2 Objetivo	4
1.3 Normas	5
CAPITULO II. TEORÍA DEL BUQUE	6
2.1 Definición de teoría del buque	6
2.2 Cualidades de los buques	7
2.3 Planos y líneas de referencia	8
2.4 Dimensiones	11

2.5 Calados	14
2.6 Coeficientes de formas	17
2.7 Curvas hidrostáticas, curvas cruzadas	21
2.8 Estabilidad estática transversal en los buques	28
2.9 Curva de estabilidad estática transversal	30
2.10 Estabilidad dinámica: su importancia y medida	39
2.11 Líneas de Carga	44
CAPITULO III. RESISTENCIA LONGITUDINAL DEL CASCO	57
3.1 Resistencia longitudinal en aguas tranquilas	57
3.1.1 Solicitaciones y tensiones en un buque en aguas tranquilas: situación de arrufo y quebranto.	57
3.1.2 Determinación de la curva de pesos	66
3.1.3. Determinación de la Curva de Empujes	77
3.1.4 El Buque Sometido a Flexión Simple	83
3.1.5 Elementos Estructurales del Buque que Participan en la Resistencia Longitudinal	100
3.2 Resistencia longitudinal del buque en olas	105
3.2.1 Olas Regulares e Irregulares	108
3.2.2 El Buque en Equilibrio sobre la Ola	121
3.3 Tratamiento aplicado por las Sociedades de Clasificación a la Resistencia Longitudinal: Procedimiento I.A.C.S	129

CAPITULO IV. DISEÑO DEL GRIFO FLOTANTE MARITIMO	139
4.1 Plano de Líneas de forma	140
4.2 Plano de curvas hidrostáticas y cruzadas	142
4.3 Plano de disposición General	145
4.4 Plano de estructura General	147
4.5 Plano de cuadernas y mamparos, detalles de unión escotillas	149
4.6 Sistema de carga y descarga de combustible	151
4.7 Curvas de Bonjean	153
4.8 Plano de Detalle de Soldadura	155
4.9 Plano del Sistema de Achique	157
4.10 Plano del Sistema Eléctrico	159
4.11 Plan de Seguridad	161
4.12 Estudio de capacidades de tanques	163
4.8 Prueba de inclinación del grifo marítimo	163
4.9 Calculo de la Línea Máxima de Carga	163
CAPITULO V. REGLAS DE CÁLCULO DEL ESCANTILLONADO	167
5.1 Calculo del Modulo Resistente y Inercia Mínimo	167
5.2 Calculo del Escantillonado (ABS)	183
CAPITULO VI TECNOLOGÍA DE LA FABRICACION	193
6.1 Programación de actividades	194
6.2 Construcción del Grifo	195

6.3 Arenado y pintado del casco	197
6.4 Instalación de los Sistemas	197
6.5 Lanzamiento	199
CAPITULO VII. EVALUACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA	202
7.1 Objetivo	202
7.2 Conceptos Contables	203
7.3 Descripción de los materiales	205
7.4 Presupuesto	206
7.5 Análisis de Financiamiento	211
7.6 Cronograma de actividades	212
7.7 Evaluación Económica	215
7.8 Análisis de Sensibilidad	219
CONCLUSIONES	220
BIBLIOGRAFIA	221
ANEXOS	224

PROLOGO:

El presente trabajo, tiene por fin presentar el análisis y cálculo de la resistencia estructural del **Grifo Flotante Marítimo** denominado “**Cyntia**” de la empresa “INVERSIONES JOCYMAS S.R.L.”.

La asesoría prestada a la empresa, consistió en la elaboración de la documentación técnica de diseño y fabricación del Grifo Flotante Marítimo tomándose en consideración las normas técnicas navales. Como resultado se recopiló la información necesaria para la elaboración de la tesis en mención.

La tesis se ha dividido en 7 Capítulos que se describen a continuación:

En el Capítulo I, se presenta la introducción del tema, objetivo, normas.

En el Capítulo II, se describe la teoría del buque, definiciones, atributos de los buques, planos y línea de referencia, dimensiones, calados, coeficientes de forma, curvas hidrostáticas, curvas cruzadas, estabilidad estática transversal y estabilidad dinámica.

En el Capítulo III, se describe la teoría para el cálculo estructural de la resistencia longitudinal del grifo flotante marítimo.

En el Capítulo IV, se presenta el diseño real del Grifo Flotante, líneas de forma, disposición general, curvas hidrostáticas y cruzadas, estudio de estabilidad y trimado, estudio de capacidad de tanques, asignación de Línea máxima de carga.

En el Capítulo V, se tienen los cálculos estructurales y escantillonado.

En el Capítulo VI, se desarrolla el proceso tecnológico de la fabricación del Grifo Flotante Marítimo.

En el Capítulo VII, se presenta el estudio económico y financiero, iniciando con la definición de objetivos, marco conceptual contable y económico, descripción de los materiales, presupuesto detallado, cronograma de actividades (Diagrama de Flujo Pert y el Diagrama de Gantt), luego se proseguirá con la evaluación económica, donde se tomo en cuenta el Estado de Ganancias y pérdidas, Valor Actual Neto, Tasa interna de Retorno, Relación Beneficio Costo, Periodo de Recuperación de la inversión y el análisis de Sensibilidad para el Proyecto **Grifo Flotante Marítimo** denominado “**Cyntia**”

Al término se tienen las conclusiones y anexos.

CAPÍTULO I

INTRODUCCION

El convenio internacional MARPOL tiene por finalidad prevenir la contaminación del mar por hidrocarburos, considerándose los buques que, sin ser petroleros, estén equipados con espacios de carga que hayan sido construidos y se utilicen para transportar hidrocarburos a granel, que tengan una capacidad total igual o superior a 200 metros cúbicos.

En nuestro caso, el proyecto ha tomado los requerimientos del armador, consistente en la característica iniciales de un grifo con una capacidad 45.43 metros cúbicos, por lo que se toma sólo como referencia al MARPOL para los análisis posteriores.

Todo diseño y cálculo estructural de naves y artefactos navales, toma en consideración las normas técnicas correspondientes, lo cual se refleja en una adecuada selección estructural con el respectivo escantillonado.

Se ha hecho norma común el cálculo estructural utilizando las reglas de las Sociedades Clasificadoras; sin embargo, se han dejado de lado los cálculos reales de resistencia estructural. Por lo tanto, podemos indicar que los esfuerzos al que se

halla sometido el casco son los mismos que los hallados teóricamente por medio del cálculo estructural.

En el diseño se ha tomado en consideración que el artefacto naval cumpla con las normas técnicas navales, la inversión sea racional y la tasa de retorno sea la óptima como en otras áreas de la industria.

En la actualidad, un factor importante en la construcción de embarcaciones es el costo de fabricación, de ahí la necesidad de construir embarcaciones resistentes y estables.

1.1 Alcance:

La presencia del Grifo Flotante marítimo, es una opción viable, ya que se tendrá un puesto de recarga de combustible al servicio de la flota marítima local, generando puestos de trabajo, el diseño ha sido concebido en base a normas técnicas de diseño naval, tomando en consideración la seguridad de la vida humana en el mar, los bienes y el medio ambiente.

1.2 Objetivo:

El Proyecto tiene como objetivo el diseño del Grifo Flotante de 12,000 galones (45.43 m³) de capacidad para almacenamiento de combustible diesel D2 derivado de hidrocarburos, a requerimiento de la empresa "INVERSIONES JOCYMAS S.R.L."

1.3 Normas:¹

El análisis y cálculo estructural del Grifo Flotante Marítimo es complejo, por estar sometido el casco del buque durante su operación a esfuerzos longitudinales como son el arrufo o quebranto, de igual manera se tienen los esfuerzos estructurales transversales como la presión hidrostática del agua y los esfuerzos de inercia, por lo cual se ha visto por conveniente el uso del cálculo estructural y la aplicación de las normas de sociedades de clasificación.

Conociendo las características generales del Grifo Flotante Marítimo, se podrá realizar el estudio de cargas a las cuales está sometida. Esto nos permitirá distribuir los refuerzos y finalmente servirá para calcular el escantillonado. Se aplicara así mismo las reglas de la Sociedad de Clasificación American Bureau of Shipping (ABS).

CAPÍTULO II

TEORIA DEL BUQUE

2.1 Definición de Teoría del Buque:²

La teoría del buque es una aplicación de la geometría y de la mecánica al estudio del buque, considerado como estructura que está flotando, parcialmente sumergido en el agua, parcialmente en el aire o totalmente sumergido en el agua, y que puede moverse con seis grados de libertad en su interacción con el mar y el aire.

La teoría del buque puede subdividirse en 4 partes: Flotabilidad, Estabilidad, Resistencia y Comportamiento en el mar. Los cuales se desarrollaran a continuación:

a) *Flotabilidad:*

El buque como flotador debe mantener una posición definida con respecto a la superficie del agua.

b) Estabilidad:

Conceptualmente la estabilidad del buque explica su comportamiento cuando es apartado de la posición de equilibrio por una fuerza externa o interna.

c) Resistencia:

Estudio de las resistencias que se oponen al movimiento del buque, fundamentalmente al avance, y de la fuerza necesaria para vencerlas.

d) Comportamiento en el mar:

La interacción buque-ola, complementada con la estabilidad del mismo, da lugar a tres movimientos de traslación y tres de rotación producidos sobre el buque por el oleaje.

2.2 Cualidades de los buques:²

Desde el punto de vista de la teoría del buque, las cualidades vendrán determinadas por la subdivisión que hemos realizado de la materia, recibiendo consecuentemente las mismas denominaciones: Flotabilidad, Estabilidad, Resistencia y Comportamiento en el mar. A estas cualidades podemos añadir las que afectan a la economía del buque, por ejemplo: velocidad, autonomía, habitabilidad, peso muerto, capacidad de carga y descarga, así como automatización, y las que afectan a la seguridad del buque como: resistencia estructural, compartimento y servicios de seguridad, de acuerdo con las reglamentaciones nacionales e internacionales.

La problemática que se presenta, no distinta de cualquier otro campo, reside en que las cualidades son entre sí a la vez opuestas y complementarias, debiéndose llegar en cada caso a un compromiso entre la operatividad y seguridad del buque.

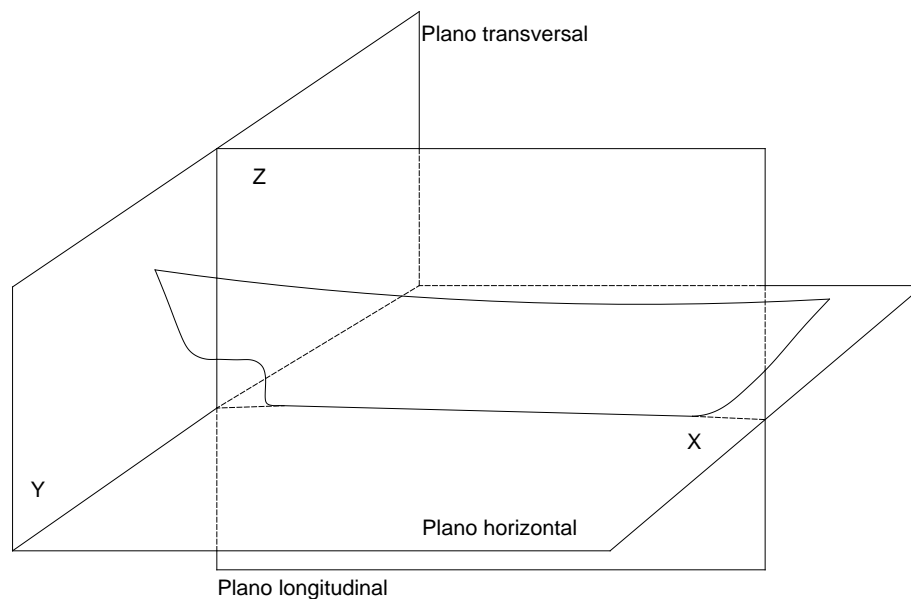


Figura 2.1: Plano de Referencia

2.3 Planos y líneas de referencia:²

Sobre el buque se sitúan tres planos: Longitudinal, Horizontal y Transversal (Ver Figura 2.1), y una serie de líneas, unas actuando de ejes para referir con respecto a ellos cualquier punto del buque, y otras con funciones auxiliares.

Plano longitudinal; plano vertical XZ. Plano vertical trazado en la dirección popa-proa, dividiendo al buque en dos bandas simétricas, denominadas banda de estribor y banda de babor. Al plano longitudinal limitado por el contorno del buque se le denomina plano diametral.

Sobre este plano diametral se sitúan las siguientes líneas de referencia, (Figura 2.2):

Línea base. Línea horizontal trazada por el punto más bajo de la quilla. Si esta es horizontal coincidirán sus trazados; por lo contrario, en el caso de que la quilla por construcción tenga pendiente con respecto a la horizontal (quilla con asiento de

construcción), el punto de contacto entre base y quilla quedara definido usualmente por la popa, coincidiendo con el punto más bajo de la misma. Nos referiremos a la línea base de construcción o de trazado, según se tenga en cuenta o no el espesor del forro. Es la línea de referencia para las coordenadas verticales.

Línea de flotación. Es la intersección de la superficie horizontal de la mar-plano de flotación-con el casco del buque, definiendo una línea cerrada que sigue sus formas. Se le denomina de manera habitual flotación. Su proyección sobre el plano diametral de una línea recta, que también recibe el nombre de flotación. Su altura sobre la línea base es el calado.

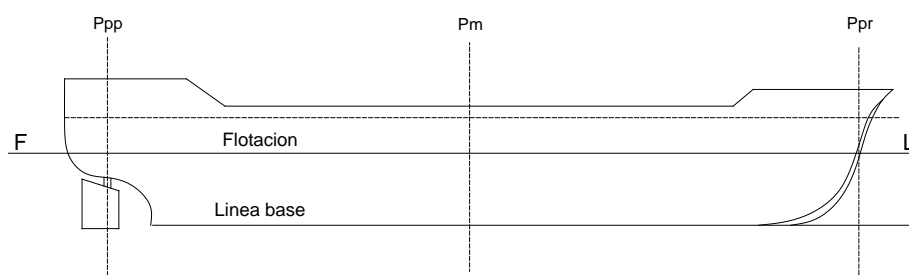


Figura 2.2: Plano Diametral

Perpendicular de popa (P_{pp}). Línea vertical cuya posición queda definida en función de la forma de la popa del buque. En los buques con timón y hélice en el plano diametral, la P_{pp} pasa por la cara de popa del codaste popel, mientras que en los buques con timón compensado en el plano diametral, la P_{pp} coincide con el eje del timón.

Perpendicular de proa (P_{pr}). Línea vertical trazada por la intersección de la línea de flotación que se considere con el canto de proa de la roda. Por lo tanto, esta

perpendicular tendrá una posición que variara según la forma de la proa y la flotación tomada. A efectos prácticos se determina que es la perpendicular correspondiente a la flotación de verano o línea de máxima carga.

Perpendicular media (P_m). Es la perpendicular equidistante entre las perpendiculares de popa y proa. La perpendicular media se utiliza como línea de referencia para las coordenadas longitudinales, aunque también se puede tomar en su lugar la perpendicular de popa.

Plano horizontal o plano base. Es el plano horizontal XY. Plano horizontal que corre por la parte inferior de la quilla, por tanto, paralelo a la superficie de la mar. En el supuesto de que la quilla del buque se haya construida con pendiente (quilla con asiento de construcción), se tomara usualmente el punto más bajo de la quilla para trazar el plano base. El plano horizontal contiene la línea base.

Plano transversal. Es el plano YZ. Plano vertical transversal perpendicular al plano diametral y base (Figura 2.3). Se traza por la perpendicular media o por la perpendicular de popa, llamándose a los planos limitados por los contornos del buque secciones transversales (de la P_m o P_{pp}). En el primer caso, se le denomina también cuaderna maestra y su intersección con el plano diametral, coincidente por tanto con la perpendicular media, se denomina *cuaderna maestra*.

Sobre el plano transversal distinguiremos la línea de referencia siguiente:

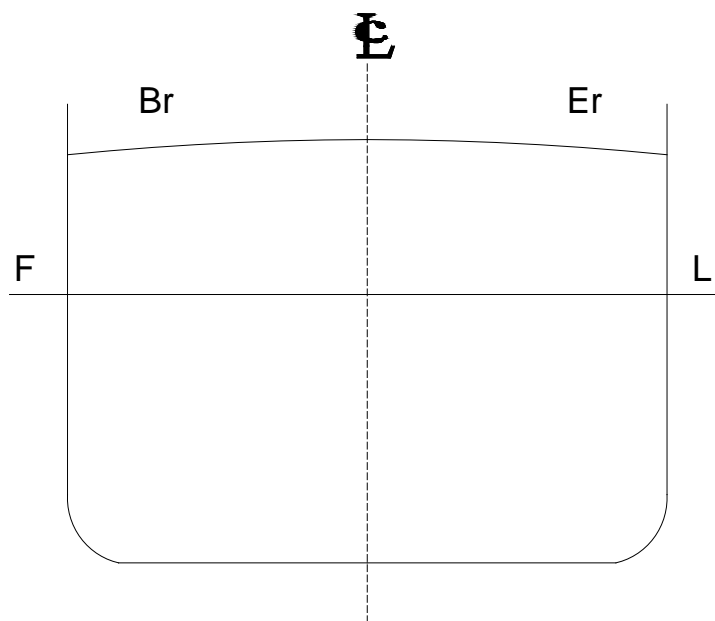


Figura 2.3: Sección Transversal

Línea central. Intersección del plano diametral con el plano transversal, siendo el eje de simetría del barco sobre el cual se miden las coordenadas transversales de las bandas de Er y Br. Otra denominación que recibe es la línea de cruzaja.

2.4 Dimensiones:²

Eslora (E, L). Distancia medida en el sentido longitudinal del buque sobre el plano diametral.

Según los diferentes puntos de referencia tomados, se obtienen diferentes esloras entre las cuales se citan las siguientes, (Figura 2.4):

Eslora de trazado (E_T). Longitud medida sobre la flotación de verano, desde la perpendicular de popa hasta la intersección de la cara interior de la roda con dicha flotación.

Eslora entre perpendiculares (E_{PP}). Distancia longitudinal comprendida entre la perpendicular de popa y la perpendicular de proa, entendido esta última en la flotación de verano.

Eslora de la carena ($E_{\sqrt{}}$). Si para una flotación determinada, limitamos la carena por dos planos transversales en sus extremos de popa y de proa, la distancia entre estos planos será la eslora de la carena para aquella flotación. También se le denomina eslora de desplazamiento.

Eslora de la flotación (E_{fl}). Longitud máxima de la flotación considerada.

Eslora total (E_t). Eslora total o máxima es la longitud entre dos planos transversales trazados en los extremos más salientes de popa y de proa del buque; por tanto en su máxima longitud.

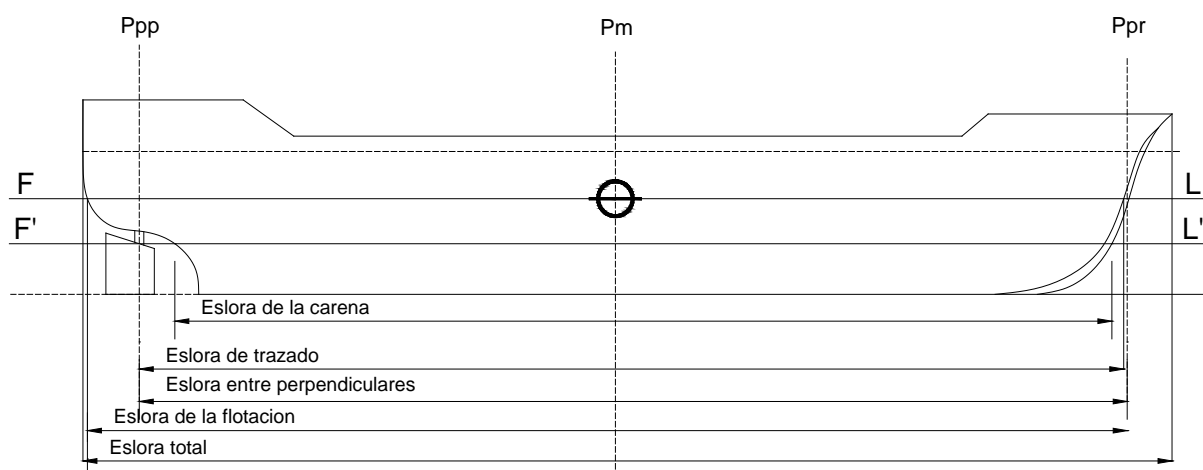


Figura 2.4: Esloras

Manga (M, B). Distancia medida horizontalmente en el sentido transversal del buque. Según los puntos que se tomen como referencia se obtendrán diferentes mangas, (Figura 2.5).

Manga de trazado (M_T). La manga máxima de trazado o manga fuera de miembros, por tanto, sin el espesor del forro del casco.

Manga fuera de forros (M_M) o manga en el fuerte. Es la dimensión transversal máxima del buque, incluido el espesor del forro; es decir, es la manga de trazado más el espesor del forro.

Manga máxima de la flotación (M_{ft}). Distancia transversal máxima de la flotación que se considere. Puede tomarse fuera de miembros o fuera de forros.

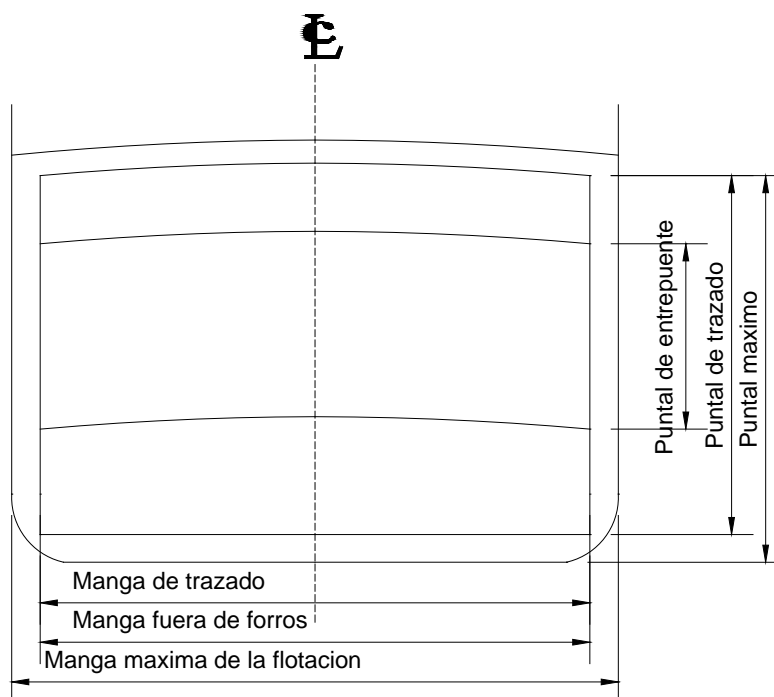


Figura 2.5: Manga y Puntales

Puntal (P,D). Distancia vertical en la sección media del barco entre el plano de la quilla y la intersección del canto alto del bao de la cubierta corrida más alta con el costado. El puntal de trazado puede definirse también para cualquier otra cubierta.

Puntal máxima (P_c). Distancia vertical medida en la sección de la perpendicular media, desde la cara exterior de la quilla hasta el canto alto del bao en su intersección con el costado. Se le denomina también puntal de construcción.

Puntal de entrepuente. Distancia vertical entre dos cubiertas contiguas, medida en el costado entre los cantos altos de los baos correspondientes.

2.5 Calados:²

El calado (C, T, d) en un punto cualquiera de una flotación es la distancia vertical entre este y la línea base, con el espesor del forro incluido, (Figura 2.6), caso de no estar incluido se obtendrá el calado de trazado.

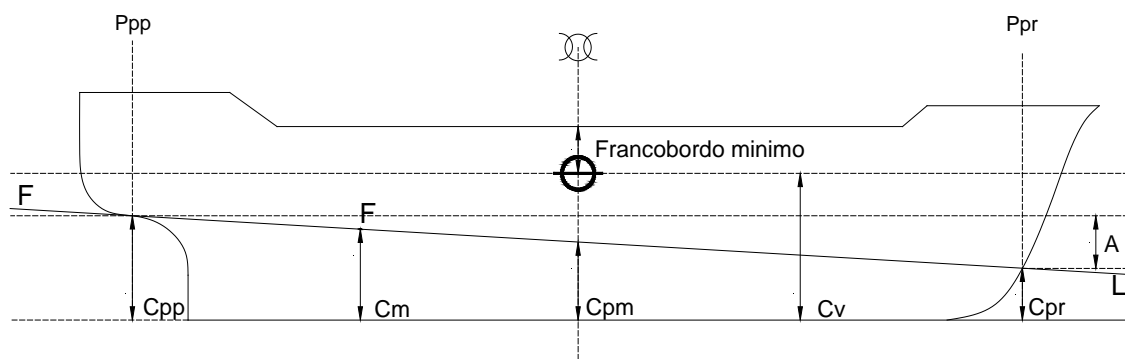


Figura 2.6: Calados

Calado de popa (C_{pp}). Calado medido en la perpendicular de popa.

Calado de proa (C_{pr}). Calado medido en la perpendicular de proa.

Asiento (A). Diferencia entre el calado de popa y el calado de proa de una flotación determinada.

$$A = C_{pp} - C_{pr}$$

(1.7)

$$C_{pp} > C_{pr} \quad A > 0 \quad (\text{asiento positivo o apopante})$$

$$C_{pp} < C_{pr} \quad A < 0 \quad (\text{asiento negativo o aproante})$$

$$C_{pp} = C_{pr} \quad A = 0 \quad (\text{aguas iguales})$$

Alteración (a). Diferencia entre los asientos de dos flotaciones. Si se denomina al asiento de la flotación inicial A_i , y al asiento final A_f , la alteración será:

$$a = A_f - A_i$$

(1.8)

$$A_i = C_{ppi} - C_{pri}$$

(1.9)

$$A_f = C_{ppf} - C_{prf}$$

(1.10)

$$A_f > A_i \quad a > 0 \quad (\text{alteración apopante})$$

$$A_f < A_i \quad a < 0 \quad (\text{alteración aproante})$$

$$A_f = A_i \quad a = 0$$

Calado en el medio. Calado medido en la perpendicular media. La semisuma de los calados de popa y de proa (C_{pm}).

Debería coincidir con el calado en el medio, lo cual no suele suceder debido a las deformaciones de quebranto o de arrufo que puede tener el buque. En el primer caso, las cabezas o extremos estarán más bajos que el centro del buque, con lo

cual la quilla tendrá curvatura hacia arriba, y en el segundo caso sucederá lo contrario, es decir, la quilla estará curvada hacia abajo.

$$C_{pm} = \frac{C_{pp} + C_{pr}}{2} \quad (1.11)$$

En el quebrante el calado por semisuma será mayor que el calado leído en la escala de la perpendicular media, y en el arrufo será menor.

Calado medio (C_m). Calado en la vertical de F, centro de gravedad de la flotación que se considere. El calado medio se obtiene por cálculo a partir de la semisuma de los calados de popa y proa, con una corrección por asiento y valor de la posición de F con respecto al P_m .

Escala de calados. Los calados se miden en unas escalas situadas a cada banda, a proa y a popa, y en algunos buques también en la perpendicular media. Las escalas van en decímetros, en cuyo caso se representan solamente los valores pares, o en pies, figurando tanto los pares como los impares, con lo en este caso es usual grabarlos en números romanos.

La lectura de las escalas de calados se realiza de acuerdo con lo siguiente: el pie del número indica el calado, siendo la altura del número un centímetro o media pulgada, según el caso; Por tanto, las posiciones intermedias se obtendrán proporcionalmente, (Figura 2.7). Para Relacionar ambas escalas, se indican las equivalencias entre pies, pulgadas y centímetros.

$$1 \text{ pie} = 12 \text{ pulgadas} \quad (1' = 12'')$$

$$1 \text{ pulgada} = 2.54 \text{ cm} \quad (1'' = 2.54 \text{ cm})$$

$$1 \text{ pie} = 30.48 \text{ cm} \quad (1' = 30.48 \text{ cm})$$

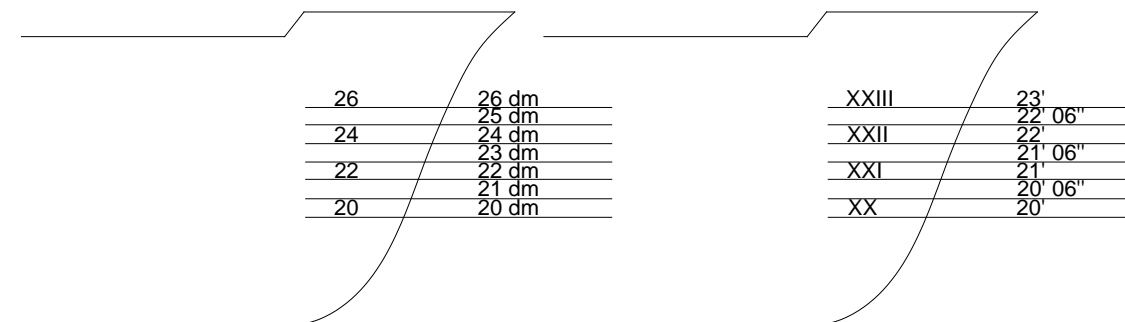


Figura 2.7: Lectura de las Escalas de Calados

Francobordo. Distancia medida verticalmente en el centro del buque, desde la intersección de la cara superior de la cubierta de francobordo (definida de acuerdo con el Convenio Internacional sobre Líneas de Carga de la IMO) con la superficie exterior del forro, hasta la línea de flotación de carga correspondiente. Su función es la de limitar la carga máxima que pueda tomar un buque, (Figura 2.4).

2.6 Coeficientes de formas:²

La eslora, manga y puntal son datos de dimensiones Lineales del buque, longitudinal, transversal y vertical respectivamente, pero para tener una idea de las formas del casco. Por ejemplo, si la carena corresponde a un buque de líneas finas o de líneas llenas, se utilizan los coeficientes de afinamiento. Los datos para el cálculo de los coeficientes suelen ser datos de trazado.

Coeficiente de afinamiento cúbico o de bloque (K_b, δ). Relación entre el volumen de trazado desplazado por el buque o volumen sumergido y el prisma rectangular que tiene por dimensiones la eslora, la manga y el calado hasta la flotación considerada, (Figura 2.8).

$$K_b = \delta = \frac{\text{volumen de la carena}}{\text{vol.prisma rectangular}} = \frac{\nabla}{E * M * C} \quad (1.12)$$

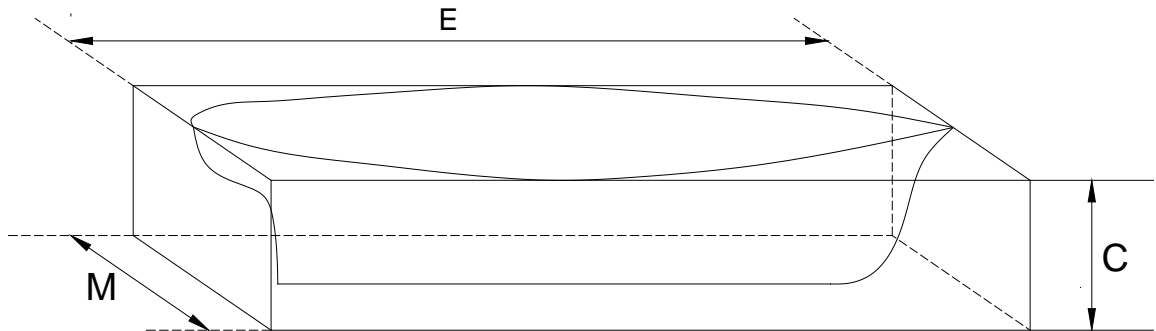


Figura 2.8: Coeficiente de Afinamiento Cubico

Coeficiente de afinamiento de líneas de agua o superficial (K_s, α). Relación entre al área de la línea de agua o flotación y la de un rectángulo cuya eslora y manga de trazado son las de la flotación, (Figura 2.9).

$$K_s = \alpha = \frac{\text{Superficie de flotacion}}{\text{Eslora x Manga}} = \frac{S_F}{E * M} \quad (1.13)$$

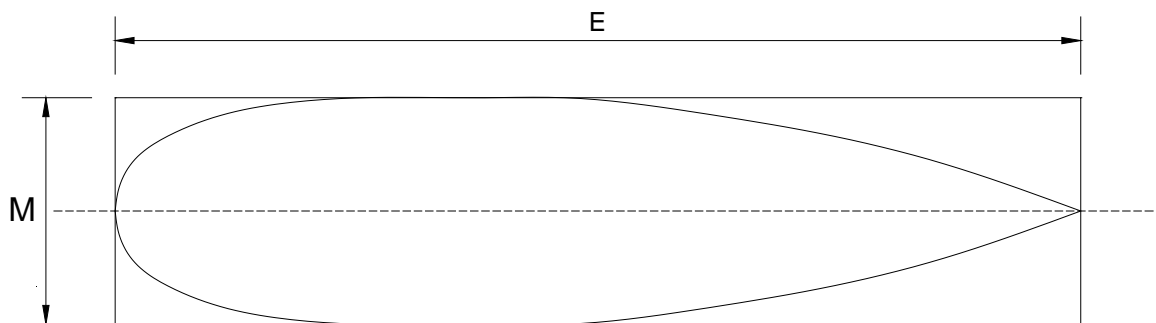


Figura 2.9: Coeficiente de Afinamiento Superficial

Coefficientes de afinamiento de la cuaderna maestra (K_m, β). Relación entre el área de la cuaderna maestra hasta una flotación y el área de un rectángulo cuyas dimensiones son el calado y la manga de trazado de la misma, (Figura 2.10).

$$K_m = \beta = \frac{\text{Superficie de la maestra}}{\text{Manga} \times \text{Calado}} = \frac{S_m}{M \times C}$$

(1.14)

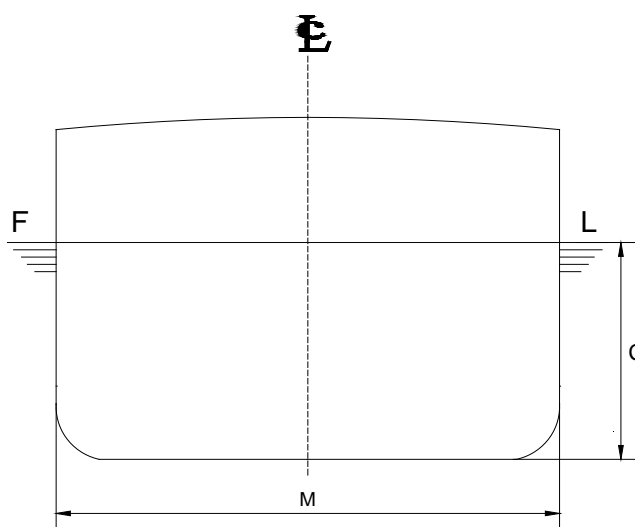


Figura 2.10: Coeficiente de Afinamiento de la Cuaderna Maestra

Coefficiente de afinamiento cilíndrico o prismático (K_p, φ). Relación entre el volumen sumergido del buque y el de un prisma de sección transversal constante e igual al área de la cuaderna maestra hasta la flotación, y que tiene por longitud la eslora, (Figura 2.11).

$$K_p = \varphi = \frac{\text{Volumen sumergido}}{\text{Superficie maestra} \times \text{Eslora}} = \frac{\nabla}{S_m \times E} \quad (1.15)$$

Relación entre los coeficientes φ , δ , β .

$$\varphi = \frac{\nabla}{S_m \times E} = \frac{\nabla}{E \times M \times C} * \frac{M \times C}{S_m} = \frac{\delta}{\beta} \quad (1.16)$$

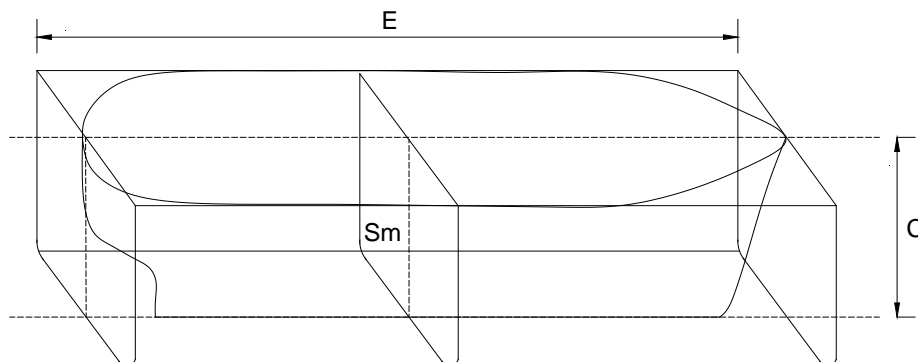


Figura 2.11: Coeficiente de Afinamiento Prismático

Coeficiente de afinamiento prismático del cuerpo de popa (φ_{popa}). Relación entre el volumen sumergido de popa y el de un prisma que tiene por sección de cuaderna maestra y como longitud la mitad de la eslora.

$$\varphi_{popa} = \frac{\text{Volumen sumergido de popa}}{\text{Superficie maestra} \times \frac{1}{2} \text{Eslora}} = \frac{\nabla_{popa}}{S_m \times \frac{1}{2} E} \quad (1.17)$$

Coeficiente de afinamiento prismático del cuerpo de proa (φ_{proa}). Relación entre el volumen sumergido de proa y el de un prisma se sección constante e igual a la cuaderna maestra y de longitud la mitad de la eslora.

$$\varphi_{proa} = \frac{\text{Volumen sumergido de proa}}{\text{Superficie maestra} \times \frac{1}{2} \text{Eslora}} = \frac{\nabla_{proa}}{S_m \times \frac{1}{2} E} \quad (1.18)$$

Coeficiente de afinamiento prismático vertical (φ_v). Relación entre el volumen sumergido del buque y el de un prisma de sección horizontal constante e igual al área de la flotación máxima para este volumen y de altura el calado.

$$\varphi_v = \frac{\text{Volumen sumergido}}{\text{Superficie flotacion} \times \text{calado}} = \frac{\nabla}{S_F \times C} \quad (1.19)$$

Además se utilizan como parámetros para el estudio, diseño y comparación de buques las siguientes Relaciones:

Eslora / Calado, E/C

Eslora / Manga, E/M

Manga / Calado, M/C

2.7 Curvas Hidrostáticas, Curvas Cruzadas:¹

2.7.1 Curvas Hidrostáticas:

Las curvas hidrostáticas son unas graficas (también pueden estar tabuladas) en las que entrando con el calado medio del buque se obtiene la información necesaria para solucionar los diferentes problemas que se presentan en Teoría del Buque. Los datos de las curvas han sido previamente calculados a partir de los planos de formas, por tanto son datos afectados por la geometría concreta de cada buque. Las flotaciones para las cuales se han obtenido la información son paralelas entre sí, siendo el asiento de los calados el de construcción, el cual es usualmente cero en los buques mercantes. Los cálculos de los datos que se representan en las curvas han sido realizados considerando el buque adrizado (Figura 2.11).

Entre otros datos, las curvas hidrostáticas dan para cada calado: desplazamiento, volumen sumergido, posición vertical y longitud del centro de carena, área de la flotación, posición longitudinal del centro de flotación, coeficientes de afinamiento, etc.

Como abreviatura de curvas hidrostáticas, se utilizara CH.

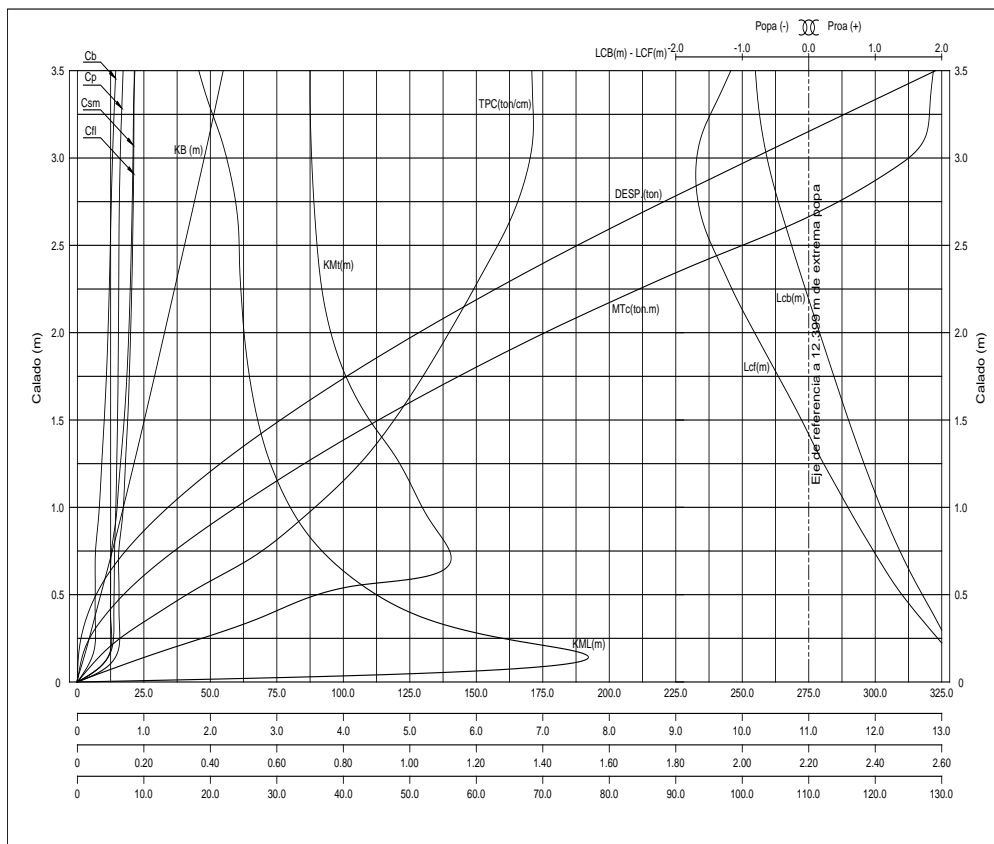


Figura 2.12: Curvas Hidrostáticas

2.7.2 Curvas Cruzadas:

Durante el escoramiento del buque se tiene las cuñas de iguales valores de emersión e inmersión manteniéndose constante el volumen sumergido, más no la forma, pero a su vez variando la posición del centro de carena producido por el traslado de la cuña de emersión a la de inmersión con un brazo trazado entre los centros de gravedad de las cuñas.

Por el método de las cuñas se general las curvas cruzadas (Figura 2.13) que son parte de la información del buque y que se disponen a bordo; permitiendo calcular las curva GZ.

El método de las cuñas depende del KG del buque valor que varía de acuerdo a la condición de carga, asumiendo que el centro de gravedad KG es igual a cero se pueden calcular los brazos GZ que se denominan KN para diferentes desplazamientos y escoras con lo cual se obtiene las curvas cruzadas.

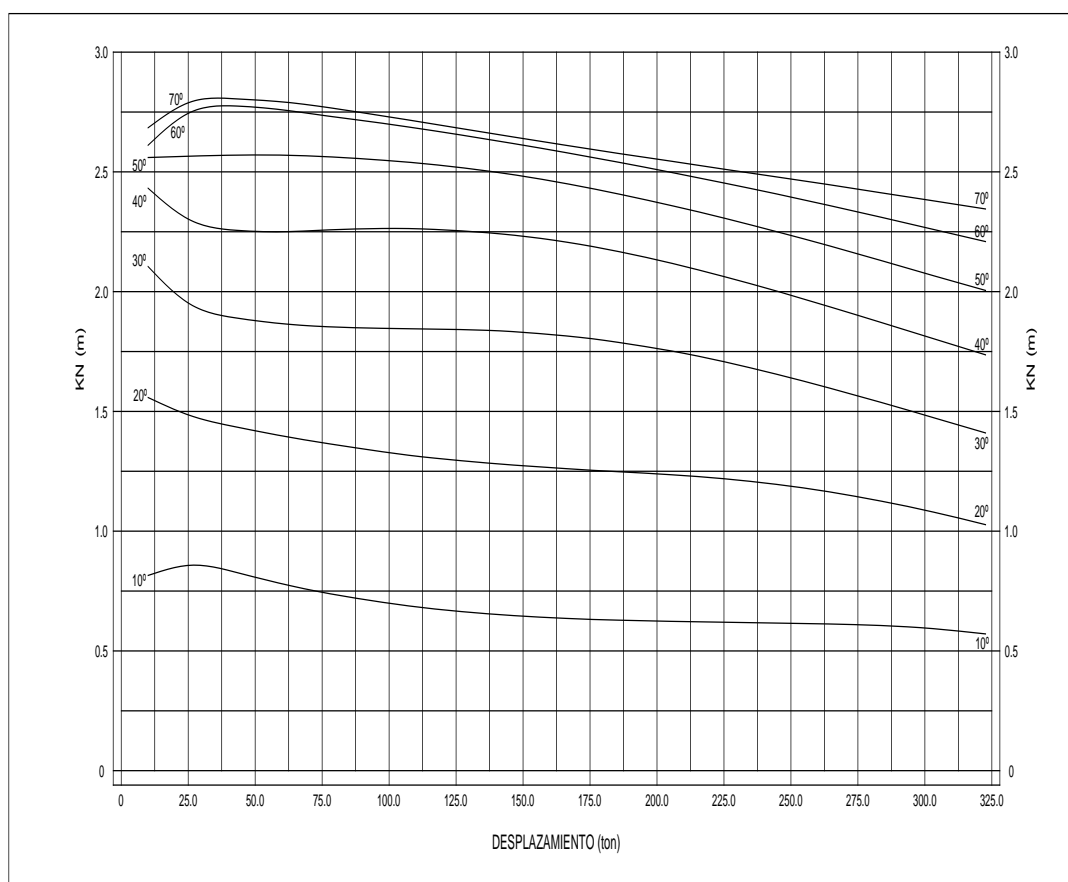


Figura 2.13: Curvas Cruzadas

2.8 Estabilidad Estática Transversal en los buques:¹

2.8.1 Condiciones generales del equilibrio de los buques:

Un buque está en equilibrio, cuando partiendo de un desplazamiento determinado, pesos y empujes iguales, su centro de gravedad y su centro de carena están en la misma vertical, y por tanto, los vectores representativos de los pesos y empujes.

Cuando el buque está en la posición de adrizado en equilibrio en la flotación $F L_0$; y por una acción exterior, mar viento o ambas fuerzas combinadas, se inclina transversalmente tomando una flotación $F_1 L_1$, en centro de la carena inicial, C_0 , se traslada según la curva "C" proyección a C_1 , y con él, el empuje. Igualmente sabemos que en el movimiento inicial de balance, las intersecciones de los empujes con el plano diametral, en el plano de inclinación, es un punto constante llamado "Metacentro".

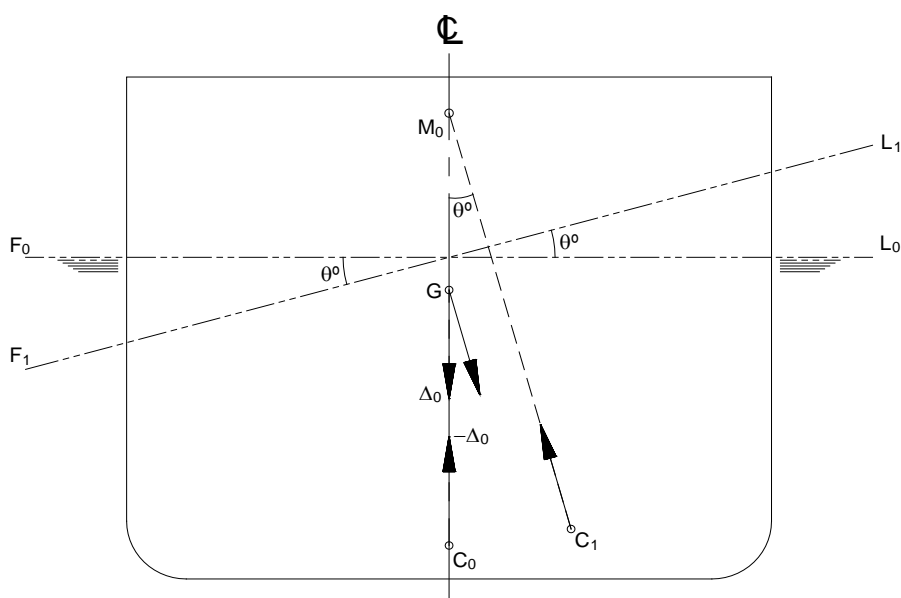


Figura 2.14: Equilibrio Estable del Buque

En la (Figura 2.14) vemos, que el par de fuerzas que se ha originado por la inclinación del buque, $F_1 L_1$, tiende a llevar a este a su primitiva posición de equilibrio; este buque está en las condiciones que llamamos "equilibrio estable".

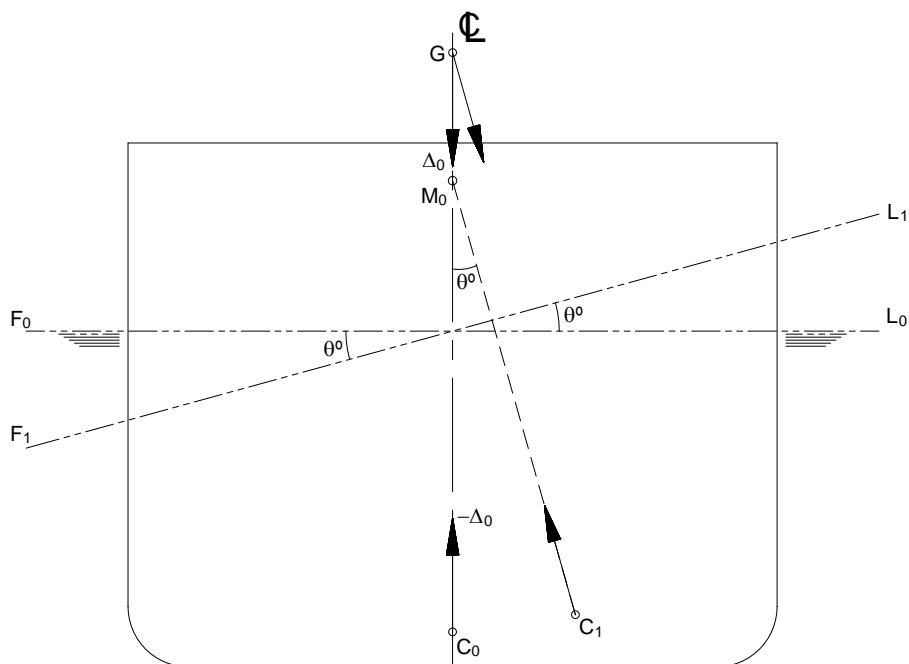


Figura 2.15: Equilibrio Inestable del Buque

En la condición de equilibrio de la (Figura 2.15), también está el centro de gravedad y el centro de carena del buque en la misma vertical, pero cuando se incline por alguna circunstancia exterior, tomando la flotación F_1L_1 , el par de fuerzas que se forma debido a la inclinación del buque, no lleva a este a su posición de equilibrio anterior, sino todo lo contrario; a esta condición de equilibrio, se le llama “equilibrio inestable”.

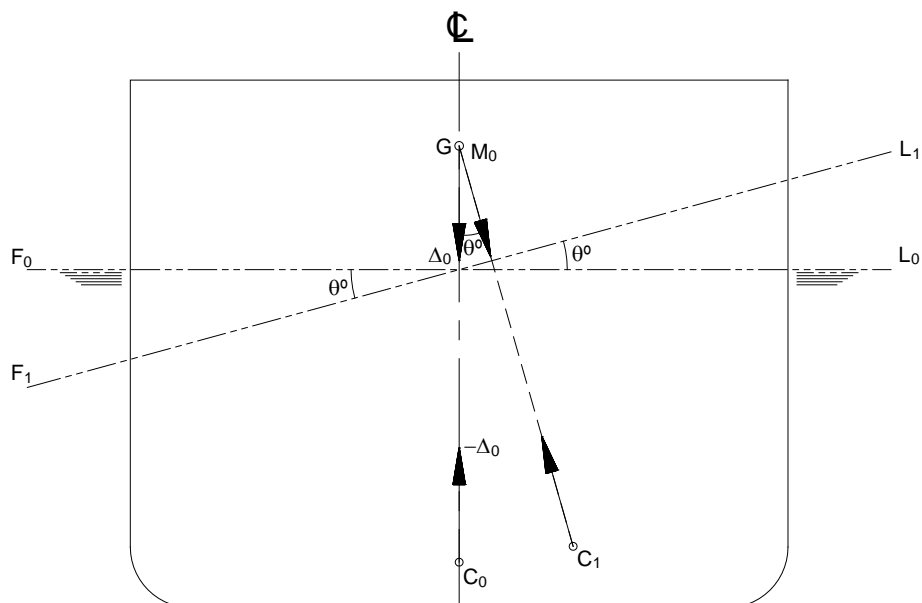


Figura 2.16: Equilibrio Indiferente del Buque

En la condición de equilibrio de la (Figura 2.16), también está el centro de gravedad y el centro de carena, en la misma vertical, pero cuando se inclina el buque por alguna circunstancia exterior, no se forma ningún par que lo lleve a su posición anterior, porque está en equilibrio en todas las posiciones; a esta condición de equilibrio se le llama “equilibrio indiferente”.

Resumiendo, las condiciones de equilibrio de un buque son tres: estable, inestable e indiferente; según que pueda volver o no por sus propios medios a la posición de equilibrio inicial, cuando alguna circunstancia exterior lo hace inclinarse transversalmente, sacándolo de dicha posición.

2.8.2 Estabilidad: Su definición y clasificación

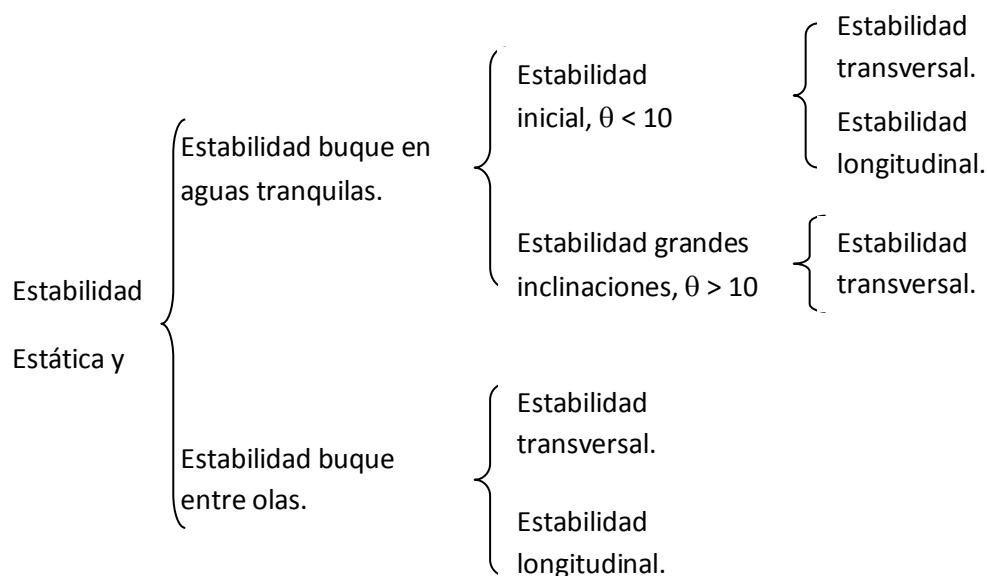
Estabilidad es la propiedad que tiene un buque de recobrar su posición de equilibrio inicial, cuando circunstancias exteriores como el viento y el mar, lo sacan de ella.

Estabilidad estática, estudia las condiciones de equilibrio de un buque, como resultante de los pares de fuerzas a que está sometido.

Estabilidad dinámica, estudia las condiciones de equilibrio de un buque, como resultante de los trabajos efectuados por los pares de fuerza a que está sometido.

Ambos tipos de estabilidad los podemos clasificar:

DIAGRAMA N° 1: Clasificación de la estabilidad



2.8.3 Par de estabilidad estática transversal:

En la (Figura 2.17), tenemos el buque en equilibrio en la posición de adrizado, peso y empuje en la misma vertical, y además, en el plano diametral; todo esto correspondiente a un desplazamiento determinado Δ_0 .

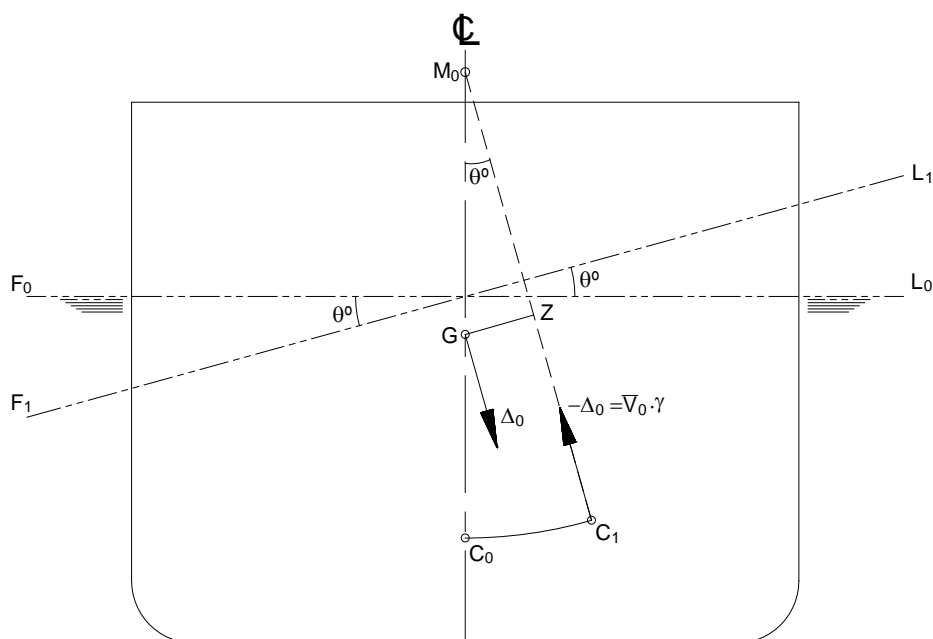


Figura 2.17: Par de Fuerzas de la Estabilidad Estática Transversal

Por una acción exterior el buque se inclina θ grados; y el centro de carena se traslada según la curva "C" proyección a la posición C_1 , dentro del plano de inclinación transversal, este movimiento trae como consecuencia el traslado del vector empuje a esta nueva posición, que da lugar a la formación de un par de fuerzas, llamado, par de fuerzas de la estabilidad estática transversal, brevemente se le da el nombre de, "Par de estabilidad transversal". Este par tiende a llevar al buque a su posición primitiva de equilibrio.

El momento de este par tiene por valor:

$$\Delta \cdot GZ = \Delta GM \text{ sen } \theta.$$

Este valor de GM nos representa, la distancia en el plano diametral entre el centro de gravedad del buque y el metacentro en su posición inicial, supuesto constante su posición para un desplazamiento dado, dentro de la estabilidad inicial.

El valor de GM nos representa la distancia en el plano diametral, entre el centro de gravedad del buque y el falso metacentro, si nos referimos al par de estabilidad fuera de la estabilidad inicial.

2.8.4 Estabilidad Inicial:

La estabilidad inicial comprende el estudio de la estabilidad del buque, para inclinaciones iguales o menores de 10° .

Se tiene que a inclinaciones topes de 10° a banda y banda, la curva "C" proyección es un arco de circunferencia, y el centro de ese arco es precisamente el metacentro transversal. Referido a las inclinaciones longitudinales, igualmente solo que ahora consideramos la curva "C" sobre el plano de inclinación longitudinal, y el centro de curvatura de dicha curva se llama metacentro longitudinal.

El valor del momento del par de estabilidad transversal dentro de la estabilidad inicial, será $\Delta GM \text{ sen } \theta.$, siendo GM la distancia en el plano diametral, entre el centro de gravedad del buque, y el metacentro transversal.

Por tanto, conociendo la distancia a la quilla del centro de gravedad, KG, con el desplazamiento correspondiente o calado, obtenemos en las curvas hidrostáticas, la distancia del metacentro a la quilla, KM; como $GM = KM - KG$, obtenemos el llamado coeficiente de estabilidad inicial transversal, $(\Delta \cdot GM)$

Igualmente tendríamos el coeficiente de estabilidad longitudinal $(\Delta \cdot GM_L)$.

El valor del momento de este par, nos indica el comportamiento del buque dentro de la estabilidad inicial, o sea en inclinaciones en aguas tranquilas, y dentro de inclinaciones de 10° a banda y banda.

El termino GM se refiere al de la estabilidad inicial, o sea el metacentro supuesto constante en su posición inicial.

2.9 Curva de estabilidad estática transversal:¹

2.9.1 Curva de estabilidad estática transversal: elementos importantes

Tenemos dos ejes coordenados, eje de las “y”, eje de las “x” (Figura 2.18); sobre el eje de las “y” o de las ordenadas, tenemos la escala apropiada de los momentos del par de estabilidad o de adrizamiento, en tonelámetros; sobre el eje de las “x” o de las abscisas, tenemos las inclinaciones en grados, en su escala correspondiente; normalmente se toman de 10 en 10 grados o de 15 en 15.

Por las inclinaciones marcadas en el eje de las abscisas, trazamos las ordenadas correspondientes, y sobre estas, los valores del momento del par para esa inclinación; la curva envolvente de estas ordenadas, que nos representan el valor del momento del par de estabilidad para las distintas inclinaciones señaladas en el eje de las abscisas, recibe el nombre de “curva de estabilidad estática transversal”, que nos permite conocer el valor del par de estabilidad para cualquier inclinación transversal del buque, para un desplazamiento determinado.

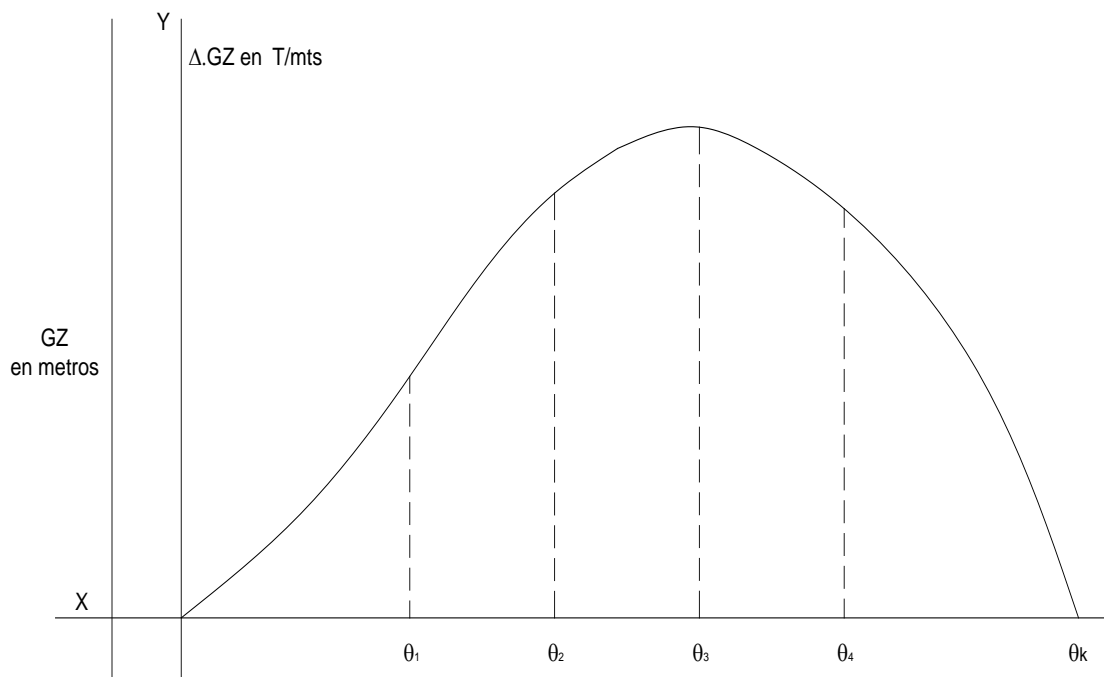


Figura 2.18: Curva de Estabilidad Estática Transversal

Si trazamos otra escala de ordenadas, con el valor en metros, de los brazos de adrizamiento, o brazo del par, GZ; y en las ordenadas levantadas por \square \square ... ponemos el valor del brazo del par con su escala, la curva envolvente de estas ordenadas, que nos representa el valor del brazo del par de estabilidad para las distintas inclinaciones señaladas en el eje de las abscisas, recibe el nombre de “curva de brazos de adrizamiento” o brazo del par, GZ, para un desplazamiento determinado.

Las curvas de momentos del par y de brazos GZ, son iguales puesto que el desplazamiento es constante, y la única variable es GZ, (lo único que varía es la escala); a ambas se les denomina “curva de estabilidad estática transversal”.

En los cuadernos de estabilidad de uso a bordo de los buques, nos encontramos con las curvas de estabilidad, cuyas ordenadas GZ vienen en metros, para los

distintos desplazamientos normales del buque en servicio. Si quisiéramos, en cualquier circunstancia, conocer el valor del momento del par de estabilidad para una inclinación transversal determinada. Basta multiplicar el valor de GZ para esa inclinación (que nos lo suministra la curva de brazos del par), por el desplazamiento para el cual se ha trazado la curva de brazos de adrizamiento.

Los valores de GZ para ciertas inclinaciones, se pueden obtener de las curvas transversales de estabilidad con un KG supuesto, o bien, de las curvas de brazos KN; en ambas curvas, en función del desplazamiento.

Estas curvas también forman parte de la documentación del buque, porque así podemos trazar las curvas de estabilidad estática transversal en cualquier desplazamiento que no sea, uno de los estudiados en el cuaderno de estabilidad de un buque dado.

Analicemos los valores de GZ en función de las inclinaciones, a lo largo de la curva.

La inclinación transversal del buque de θ_0 a θ_1 , si $\theta_1 = 10^\circ$, estamos dentro de la estabilidad inicial, y $GZ = GM \sin \theta$, como GM es constante porque M es fijo, la curva varía proporcionalmente con el $\sin \theta$, y como para pequeñas inclinaciones el seno se confunde con el ángulo, y por tanto la curva en este trozo es casi una recta (Figura 2.19 - I).

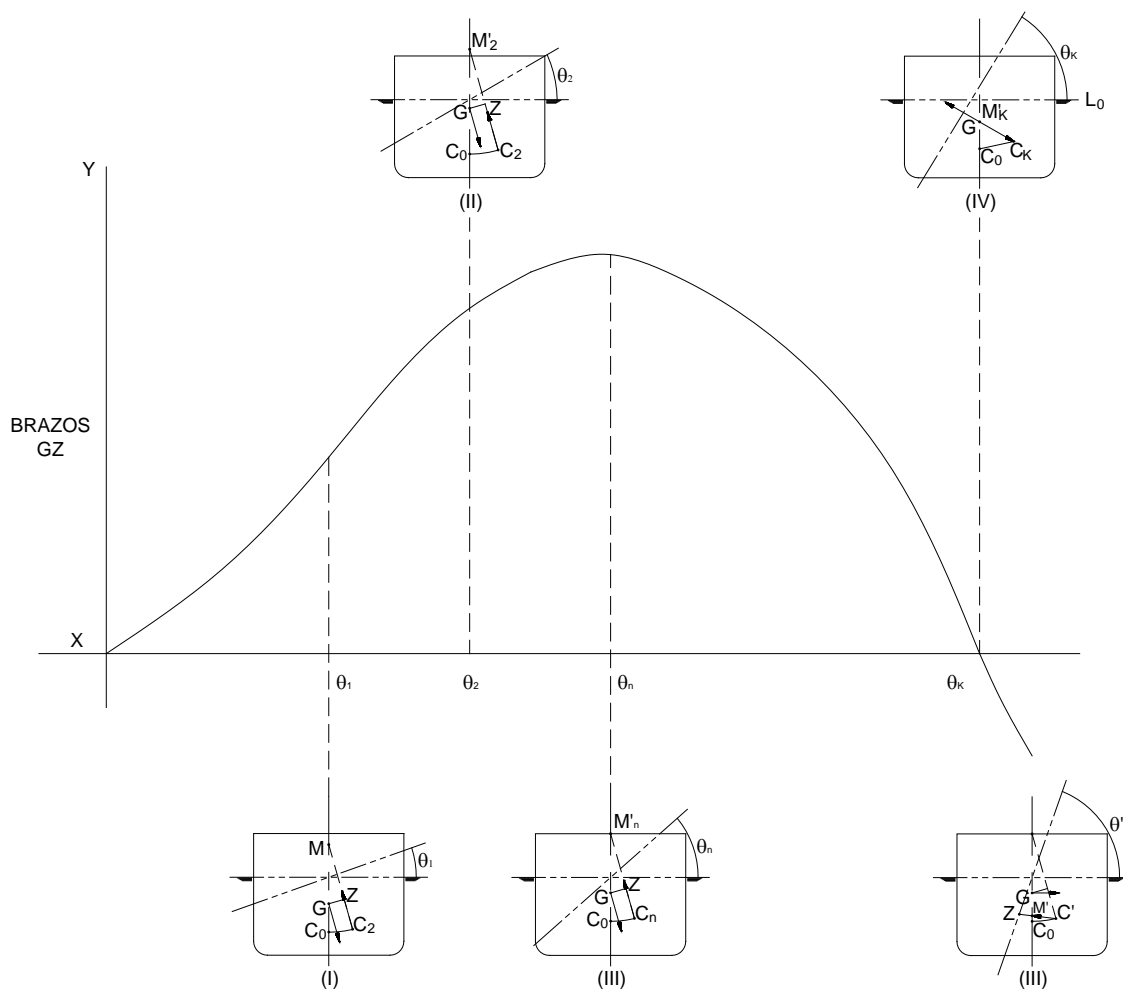


Figura 2.19: Casos de Equilibrio del Buque

En las inclinaciones θ_2 (Figura 2.19 - II), unos 30° , la cubierta llega al agua; recordemos que en este momento estamos en el extremo de la rama ascendente de la evoluta metacéntrica, y por tanto de la máxima separación del falso metacentro M_2 , y el centro de gravedad G , y como $GZ = GM'_2 \cdot \text{sen } \theta$, en lo que respecta al valor de GM'_2 , está en su valor máximo.

En la inclinación θ_n (Figura 2.19 - III), esta inclinación con este subíndice, que para ella, el brazo GZ es máximo. El brazo GZ aumenta ligeramente a partir de θ_2 , por

predominar en un principio el aumento de $\sin \theta$, sobre la disminución de GM'_2 a GM'_n .

A partir de esta inclinación, se inicia francamente la rama descendente de la evoluta metacéntrica, y por tanto la bajada del falso metacentro, hasta llegar a confundirse con el centro de gravedad "G" del buque. En este momento el buque queda en equilibrio indiferente, por tanto $GZ = 0$, (Figura 2.19 - IV) a partir de ahí se hace negativo, convirtiéndose el equilibrio estático en inestable pasando el falso metacentro por debajo del centro de gravedad (Figura 2.19 -V)

Los elementos más importantes de esta curva son los siguientes:

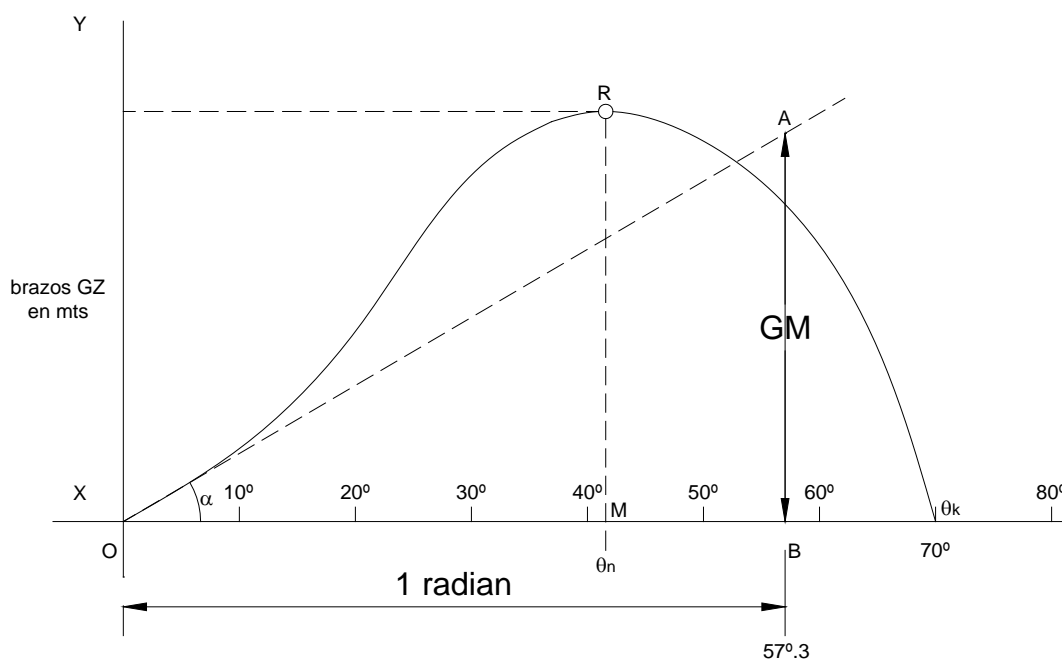


Figura 2.20: Elementos de la Curva de Estabilidad Estática Transversal

A Inclinación de la curva de origen.

Muy importante esta inclinación de la curva en el origen, porque la tangente a la curva, forma con el eje de las abscisas un ángulo θ , que nos mide el valor de GM o altura metacéntrica.

Por definición, $\tan \alpha = y'$, (derivada de la función de la curva), que dentro de la estabilidad inicial, $y' = GM \cos \theta$, luego, $\tan \alpha = GM \cos \theta$, y cuando $\theta = 0$, curva en el origen.

$$\tan \alpha = GM.$$

Gráficamente, si trazamos la tangente OA a la curva en el origen, y por el eje de las abscisas, trazamos la ordenada AB por un punto, cuya distancia OB = 1 radian = 57,3°, tenemos que:

$$\tan \alpha = \frac{AB}{OB} = \frac{AB}{1} = AB = GM.$$

Tenemos la representación del valor de GM sobre la curva de estabilidad; y observando la (Figura 2.20) vemos que el valor de GM, depende de los valores de los brazos GZ de 0° a 10° de inclinación transversal, o sea, que GM es una medida de cómo se van a separar; conforme mayor sea, mas se separaran los vectores, y al contrario.

Para inclinaciones mas allá de los 10°, o sea más allá de la considerada estabilidad inicial, si seguimos observando la (Figura 1.23), hasta unos 30° aproximadamente, vemos que los brazos GZ son mas grandes conforme más grande es GM, por lo que podemos decir, que si bien no sirve para calcular el valor del brazo GZ, ahí nos sirve como referencia de su valor; entre 10° y 30° de inclinación que se cumple lo

anterior (normalmente dentro de estas inclinaciones llega la cubierta superior del buque al agua), reciben el nombre de “inclinaciones moderadas”.

No obstante, para el marino que se encuentra con un buque ya hecho, y aprobado su proyecto por la autoridad componente, se puede decir, que el valor de GM, si tiene íntima relación con todas las características de la curva, exigidas por los criterios vigentes de estabilidad, y que por tanto, conociendo su valor en todo momento, el marino puede saber la estabilidad de su buque; la inicial directamente, y para moderadas y grandes inclinaciones, de forma comparativa, con las condiciones de carga incluidas en los cuadernillos de estabilidad de los buques actuales.

B Inclinaciones θ_n , para la cual es máximo el valor del brazo de adrizamiento, GZ.

C Inclinación θ_k , para la cual se anula el brazo de adrizamiento, GZ.

D El área comprendida entre la curva y el eje de las abscisas.

Todos los criterios de estabilidad vigentes se refieren a estos cuatro puntos enumerados, como los elementos más importantes de la curva; algunos soslayan el valor de GM, dejándolo a juicio del proyectista, como le pasa entre otros, al de Róala; pero los otros tres elementos b), c) y d). Son comunes a todos los criterios de estabilidad, o sea, que estos criterios emiten juicios sobre los valores de los brazos de adrizamiento en estas inclinaciones, según los tipos de buques y navegación que hagan, y siempre serán referidos a las peores condiciones que tenga el buque en “servicio”.

2.9.2 Importancia de la manga y el francobordo sobre la estabilidad:

Anteriormente ya hemos visto como, los radios metacéntricos transversales son función de los momentos de inercia con respecto al eje de inclinación transversal, y como, estos momentos de inercia, son función de los cubos de la mangas; como de los radios metacéntricos dependen las posiciones del metacentro y de los falsos metacentros, y de estos, el valor de GZ , queda claro que GZ es función de la manga del buque.

Vemos la importancia que tenía aquella inclinación en que el agua llegaba a la borda del barco, porque a partir de entonces empezaba a disminuir la manga de la flotación, y se iniciaba la rama descendente de la evoluta metacéntrica, con ella la bajada de los falsos metacéntricos, y como consecuencia la disminución de GZ , igualmente hemos visto la importancia de este θ_n , en el factor de juicio de la curva en un buque. Pues bien, un aumento de francobordo, trae como consecuencia, que el agua le llegue al buque a la borda, a una inclinación mayor, con lo que se prolonga la rama ascendente de la evoluta metacéntrica, se aumenta el valor de GZ , y el valor de \square como consecuencia, ahora falta por discernir quien ejerce más influencia sobre la estabilidad, si un aumento de manga o un aumento de francobordo.

Observamos el buque de la (Figura 2.21), quien a partir de una formas originales "a", le vamos a aumentar la manga, buque "b", y después a partir de "a", el francobordo, buque "c".

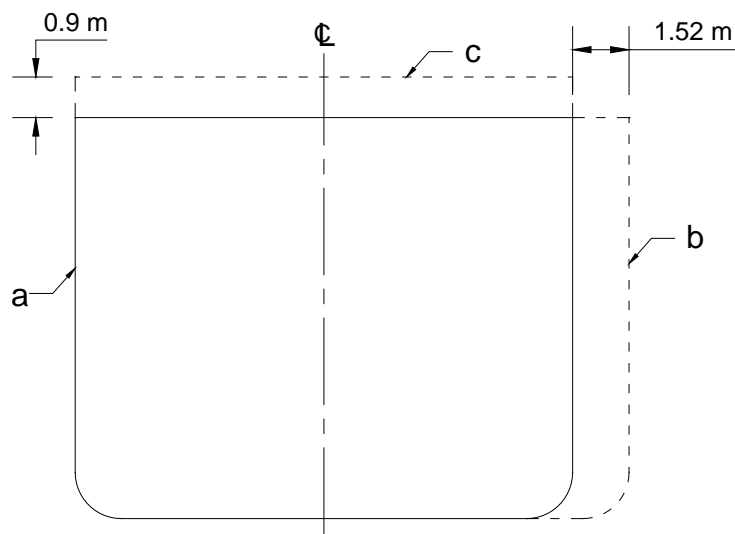


Figura 2.21: Aumento de Manga y Francobordo, Buques a, b y c

Trazando las curvas de cada uno de estos tres barcos (Figura 2.22).

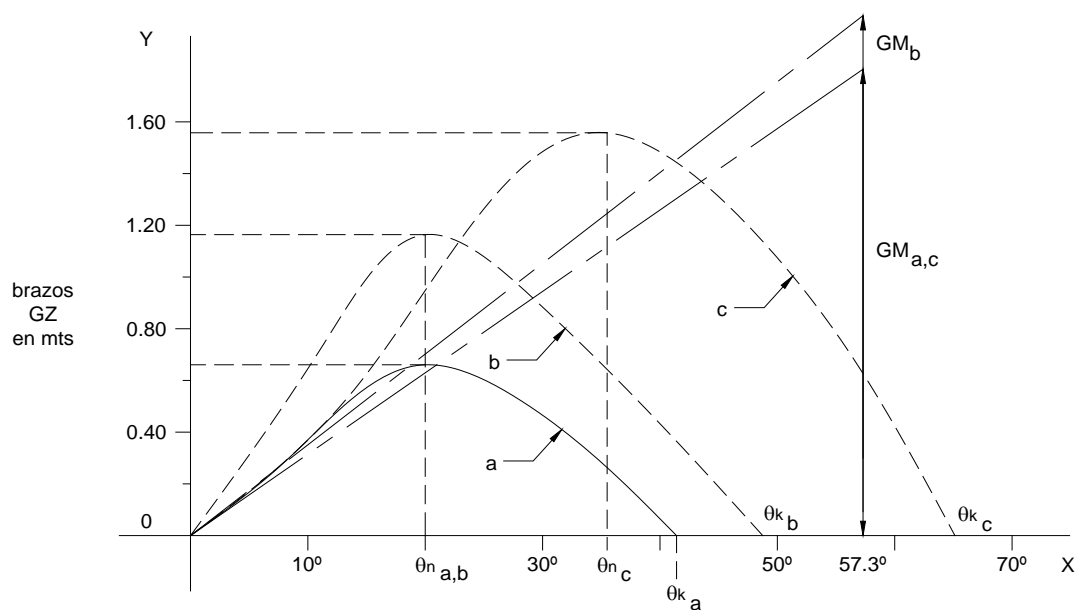


Figura 2.22: Curva de los Buques a, b y c

Como vemos el aumento de manga, mejora el GM ; efectivamente el GM del buque "b", GM_b , es mayor que el del buque "a" y "c"; pero después vemos que aumenta el valor del brazo GZ del buque "c", sobre el buque "b", y además aumenta el valor de

Δ , como consecuencia Δ . Resumiendo que un aumento de francobordo da mejores resultados, especialmente para grandes inclinaciones; efectivamente, porque los beneficios del aumento del francobordo en el buque "a" se notan, cuando el agua llega a la borda, porque hasta entonces coinciden las curvas del buque "a" y "c".

2.10 Estabilidad dinámica:¹ Su importancia y medida

Se llama estabilidad dinámica, al trabajo que hay que efectuar para llevar al buque, desde una posición de equilibrio θ , a una inclinación isocarena cualquiera θ_1 , suponiendo que este movimiento de giro se haga lo suficientemente lento, para que las velocidades angulares iniciales y final del buque, así como las resistencias pasivas, agua y aire sean nula, y que además, el eje de inclinación transversal sea constante. En estas condiciones supuestas, el trabajo motor, o trabajo del par o pares escorantes, será constantemente igual al trabajo resistente del par de estabilidad.

Para calcular el valor de la estabilidad dinámica partiendo de la posición de equilibrio, buque adrizado, $\theta = 0$, para una inclinación cualquiera θ ; sumaremos los trabajos resistentes realizados por el par de estabilidad en cada instante del giro. Este trabajo para una inclinación $d\theta$, será igual a $dT = \Delta \cdot GZ \cdot d\theta$, y para una inclinación finita θ , el trabajo total será:

$$T = \int_0^{\theta} \Delta \cdot GZ \cdot d\theta$$

Si θ está dentro de la estabilidad inicial,

$$T = \int_0^{\theta} \Delta \cdot GM \cdot \text{sen}\theta \cdot d\theta = \int_0^{\theta} d\theta \cdot \theta \cdot \Delta \cdot GM = \frac{1}{2} \Delta \cdot GM \cdot \theta^2$$

θ = Inclinaciones en radianes.

La unidad en que vendrá expresado el trabajo, será, la de tonelámetros por radianes.

Observando en la (Figura 2.23), la curva de estabilidad estática transversal, vemos que la expresión que nos da el área comprendida entre la curva y el eje de las

abscisas es $A = \int_0^{\theta_k} \Delta \cdot GZ \cdot d\theta$; como hemos visto que el trabajo total para una inclinación finita θ_k , hecho por el par de estabilidad, o sea, la estabilidad dinámica

del buque, es igual a $T = \int_0^{\theta_k} \Delta \cdot GZ \cdot d\theta$; luego $T = A = \int_0^{\theta_k} \Delta \cdot GZ \cdot d\theta$.

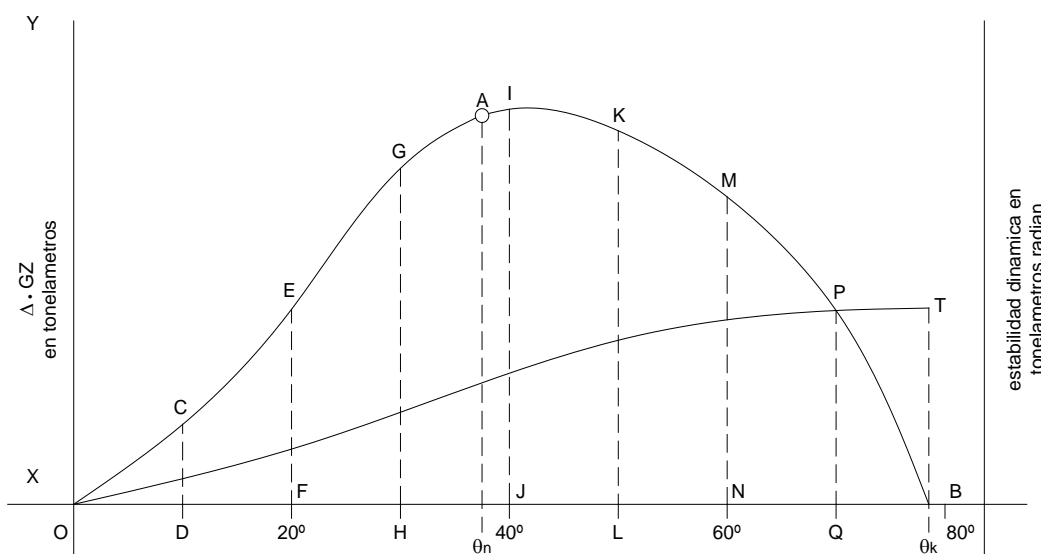


Figura 2.23: Estabilidad Dinámica

Lo que nos dice que el área de la curva de estabilidad estática, o sea, la integral de la curva de estabilidad estática, nos da el valor de la estabilidad dinámica.

La integral de esta curva se hace por métodos aproximados, por no conocer $y = f(x)$; como siempre, por el "Método de los Trapecios o de Simpson"; Sin embargo, normalmente en los cuadernos de estabilidad del buque, viene resuelta por el

“Método de los Trapecios”, así que será este al que nos refiramos, sin descartar al de Simpson.

Se divide la curva en una serie de trapecios, cuya separación entre ordenadas, “ α ”, es de 10° por ejemplo, podían ser 15° igualmente; calculamos el valor de estos grados en radianes, lo cual se aprecia en el siguiente cuadro:

Cuadro 1: Cálculo de la estabilidad dinámica

\square	SEMISUMAS DE \square	(S) x 0,1746	ESTABILIDAD DINÁMICA TOTAL
$0^\circ - 10^\circ$	$1/2 (0 + CD)$	$1/2 (0 + CD) \cdot 0,1746$	S_{10} } (+) } (+) } (+) S_{20} } } } S_{30} } } } S_{40} } } }
$10^\circ - 20^\circ$	$1/2 (CD + EF)$	$1/2 (CD + EF) \cdot 0,1746$	
$20^\circ - 30^\circ$	$1/2 (EF + GH)$	$1/2 (EF + GH) \cdot 0,1746$	
$30^\circ - 40^\circ$	$1/2 (GH + IJ)$	$1/2 (GH + IJ) \cdot 0,1746$	
ETC	

En el siguiente cuadro y siguiendo las costumbres de las oficinas técnicas, en los cuadernos de estabilidad de los buques, resolvemos el área de cada uno de los trapecios, OCD , $CDEF$, etc. y después los vamos sumando en la columna de “Estabilidad dinámica total”, y así tendremos el área total entre el origen y la ordenada que pasa por la inclinación correspondiente, representada por el subíndice de la letra “S”. Recordamos que 10° en radianes es igual a 0.1746, que es la separación entre ordenadas.

En la (Figura 2.23), trazamos una segunda escala en el eje de ordenadas, que nos represente, la estabilidad dinámica, o sea, tonelámetros por radianes, con la misma escala que la usada para el trazado de la curva de estabilidad estática. Por las

correspondientes inclinaciones trazamos las ordenadas, y sobre estas en la escala debida, el valor de las superficies comprendidas entre dicha ordenada y el origen, o sea los valores S_{10} , S_{20} ... etc., de la columna del cuadro, "Estabilidad dinámica total".

Cuando hablamos de la curva de estabilidad estática, dijimos, que normalmente en las ordenadas, vienen los valores de GZ en metros para el desplazamiento correspondiente; luego si integramos esta curva, lo que obtendremos será la curva de estabilidad dinámica, pero, con las ordenadas en metros por radianes, que será una curva exactamente igual que la obtenida en la (Figura 2.23), sólo que con escala distinta. Así es como viene normalmente en los cuadernos de estabilidad; en el caso que necesitásemos alguna vez conocer el valor del trabajo efectuado por el par de estabilidad, no tenemos más que multiplicar el brazo dinámico obtenido con la curva, por el desplazamiento correspondiente.

Esto nos da entre otras cosas, la comodidad de la escala, que trabajamos con GZ en metros. La unidad en que vendrán los brazos dinámicos serán metros x radianes, aunque normalmente en la práctica se omite radianes, porque se presupone, que al hablar de brazos dinámicos, siempre vendrán así expresados.

Normalmente se una las mismas escalas para los brazos GZ , que para los brazos dinámicos, pero recordando la diferencia.

Los criterios de estabilidad entre ellos el de Rahola, seguido por la administración Española, exige un determinado valor mínimo de este brazo dinámico en $\theta = 40^\circ$.

Brazo dinámico mínimo = 0.08 metros x radianes (Figura 2.24)

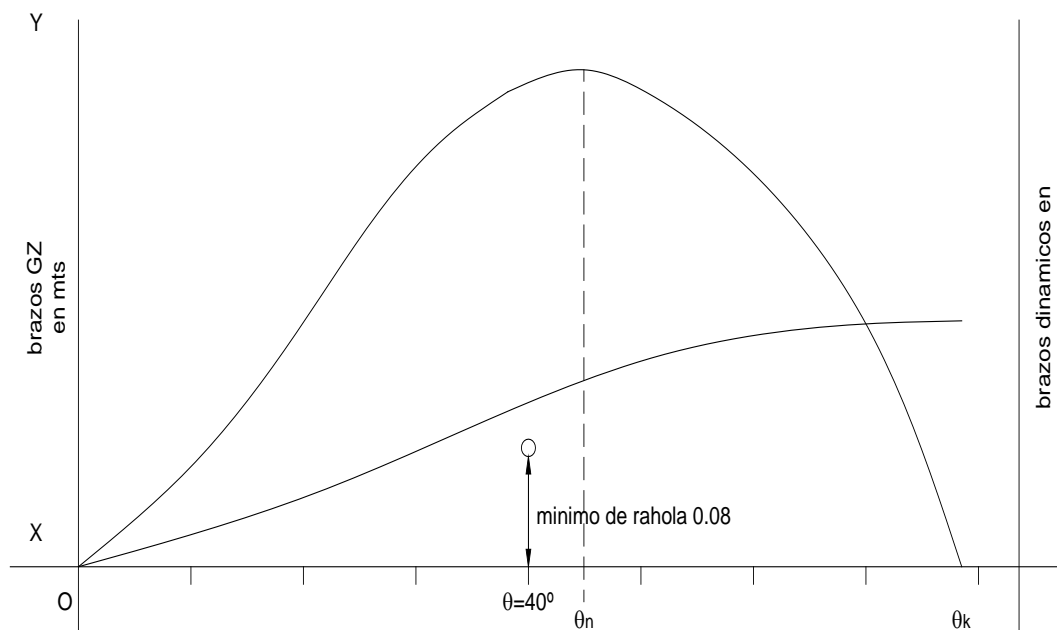


Figura 2.24: Criterio de Estabilidad Español

La ordenada del punto "A", será medida naturalmente en la escala de brazos dinámicos, en metros radianes.

Actualmente el criterio de Raola lo ha dejado la Administración española, para buques mercantes mayores de 100 metros de eslora (excepto portacontenedores y madereros con cubertada). Para los buques pesqueros y mercantes menores de 100 metros de eslora con las excepciones anteriores, han de tener los siguientes valores su Estabilidad Dinámica como mínimo, por supuesto en las peores condiciones que se prevean en el servicio del buque:

- a) La estabilidad dinámica para $\theta = 30^\circ$, será igual o mayor a 0.055 metros radianes. Para $\theta = 40^\circ$ será igual o mayor a 0.090 metros radianes.
- b) El aumento de la estabilidad dinámica entre inclinaciones de 30° y 40° , no será menor de 0.03 metros radianes.

La importancia de la estabilidad dinámica, es que nos sirve de base para saber el comportamiento real del buque en el mar.

2.11 Líneas de Carga:²

2.11.1 Antecedentes del francobordo:

La necesidad de establecer principios y reglas para limitar el calado de los buques ha sido, históricamente, tema de discusión. En Gran Bretaña, a principios del siglo XIX, los aseguradores establecieron una regla muy simple, por la cual el francobordo debería tener de 2 a 3 pulgadas por cada pie de puntal de bodega. Hacia el año 1835 la Lloyd's Register, para limitar el calado de los buques, fijo tres pulgadas de francobordo por cada pie de puntal de bodega.

En 1875 Samuel Plimsoll, miembro del parlamento, promovió la legislación de una marca en los costados de buque, para indicar el calado hasta el cual podía cargar. Esta marca es conocida como Disco Plimsoll, aunque su denominación oficial es la de marca de francobordo.

Posteriormente la IMO estableció los Convenios Internacionales sobre Líneas de Carga de 1930 y de 1966.

2.11.2 Funciones de Francobordo:

Hay tres razones fundamentales para tener un volumen mínimo del casco del buque fuera del agua:

1. Como reserva de flotabilidad, para que cuando el buque navegue entre olas el agua embarcada sea la mínima.
2. En caso de inundación del buque, también la reserva de flotabilidad evitara su hundimiento, o por lo menos lo retrasara el máximo tiempo posible.
3. El francobordo influye en la estabilidad transversal, ya que al aumentar el francobordo, el ángulo para el cual se anula la estabilidad, también aumenta.

2.11.3 Condiciones de Estabilidad y de Resistencia Estructural:

Las reglas suponen que la naturaleza de la carga, lastre, etc., son adecuados para asegurar una estabilidad suficiente del buque y evitar esfuerzos estructurales excesivos, y que se han cumplido las prescripciones internacionales respecto a la estabilidad y subdivisión, caso de que existan.

La resistencia estructural del buque deberá ser suficiente para el calado correspondiente al francobordo.

2.11.4 Definiciones:

Eslora (L). Se tomara eslora el 96% de la eslora total en una línea de flotación situada a una distancia de la quilla igual al 85% del punto mínimo de trazado, medida desde el canto alto de dicha quilla, o la eslora desde la cara de proa de la roda hasta el eje de la mecha del timón en dicha flotación, si esta fuera mayor. En los barcos proyectados con asiento de quilla, la flotación en la que se mide esta eslora deberá ser paralela a la flotación de proyecto en carga.

Perpendiculares. Las perpendiculares de proa y de popa deberán tomarse en los extremos de proa y de popa de la eslora (L). La perpendicular de proa deberá coincidir con la cara de proa de la roda en la flotación en que se mide la eslora.

Centro del buque. El centro del buque será el punto medio de la eslora (L).

Manga (B). A menos que se indique expresamente otra cosa, la manga será la manga máxima del buque, medida en el centro del mismo hasta la línea de trazado de la cuaderna, en los buques de forro metálico, o hasta la superficie exterior del casco, en los buques con forro de otros materiales.

Puntal de Trazado:

a) El puntal de trazado será la distancia vertical medida desde el canto alto de la quilla hasta el canto alto del bao de la cubierta de francobordo en el costado. En los barcos de madera y de construcción mixta esta distancia se medirá desde el canto inferior del alefriz. Cuando la forma de la parte inferior de la cuaderna maestra es cóncava o cuando existen tracas de apertura de gran espesor, esta distancia se medirá desde el punto en que la línea del plano del fondo, prolongada hacia el interior, corte el costado de la quilla.

b) En los buques que tengan trancaniles redondeados, el puntal de trazado se medirá hasta el punto de intersección de la Línea de trazado de la cubierta con la de las planchas del costado, prolongando líneas como si el trancanil fuera de forma angular.

c) Cuando la cubierta de francobordo tenga un escalonamiento y la parte elevada de la cubierta pase por encima del punto en el que ha de determinarse el puntal de trazado, este se medirá hasta una superficie de referencia formada prolongando la parte más baja de la cuaderna paralelamente a la parte más elevada.

Superestructura:

a) Una superestructura será una construcción cubierta dispuesta encima de la cubierta de francobordo, que se extienda de banda a banda del buque o cuyo forro no esté separado del forro del costado más de un 4% de la manga (B). Un saltillo se considerara como superestructura.

b) Una superestructura cerrada será aquella:

- ✓ Que posee mamparos de cierre de construcción eficiente.
- ✓ cuyas aberturas de acceso, si existen en estos mamparos, estarán provistas de puertas que sean estancas a la intemperie.
- ✓ en la que todas las demás aberturas, en los costados o en los extremos de la superestructura, estarán dotadas de medios eficientes de cierre, estancos a la intemperie.

c) La altura de la superestructura será la altura mínima vertical medida en el costado desde el canto alto de los baos de la cubierta de la superestructura hasta el canto alto de los baos de la cubierta de francobordo.

d) La longitud de la superestructura (S) será la longitud media de la parte de superestructura situada dentro de la eslora (L).

Buque de cubierta corrida. Un buque de cubierta corrida será el que no tiene superestructuras sobre la cubierta de francobordo.

Estanco a la intemperie. Estanco a la intemperie significa que el agua no penetrara en el buque sea cual estado de la mar.

2.11.5 Línea de Cubierta:

La línea de cubierta será una línea horizontal de 300 milímetros (12 pulgadas) de longitud y 25 milímetros (1 pulgada) de ancho. Estará marcada en el centro del buque, a cada costado, y su borde superior pasara, normalmente, por el punto en que la prolongación hacia el exterior de la cara superior de la cubierta de francobordo corte a la superficie exterior del forro, como se indica en la Figura 2.25.

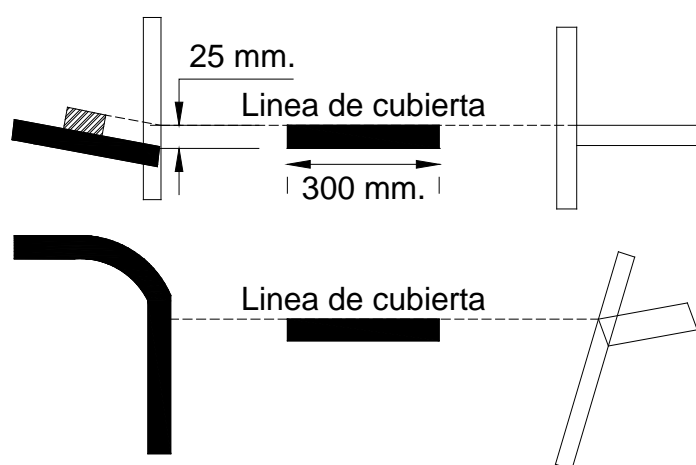


Figura 2.25: Línea de Cubierta

2.11.6 Francobordo:

El francobordo asignado será la distancia medida verticalmente hacia abajo, en el centro de buque, desde el canto alto de la línea de cubierta, definida de acuerdo con el Convenio Internacional sobre Líneas de Carga, hasta el canto alto de la línea de carga correspondiente, (Figura 2.26).

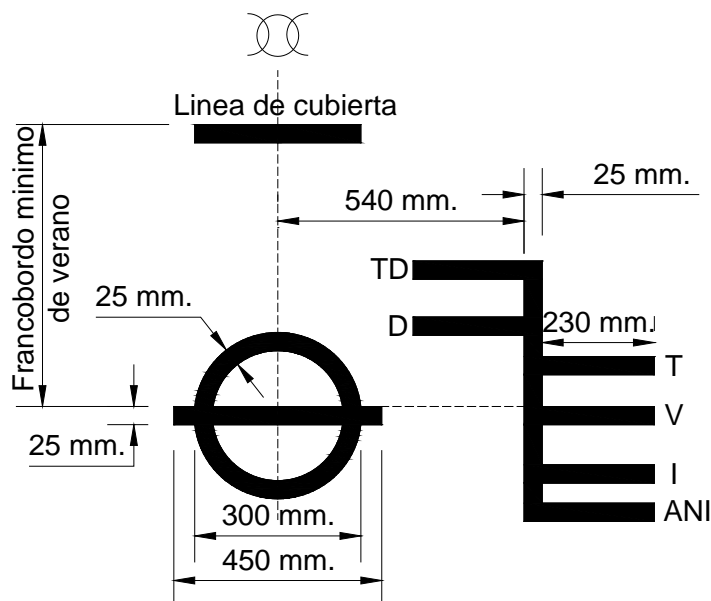


Figura 2.26: Marca y líneas de Francobordo

2.11.7 Marca de francobordo:

La marca de francobordo estará formada por un anillo de 300 milímetros (12 pulgadas) de diámetro exterior y 25 milímetros (1 pulgada) de ancho, cortado por una línea horizontal de 450 milímetros (18 pulgadas) de longitud y 25 milímetros (1 pulgada) de anchura, cuyo borde superior pasa por el centro del anillo. El centro del anillo deberá colocarse en el centro del buque y a una distancia igual al francobordo mínimo de verano asignado, medida verticalmente por debajo del borde superior de la línea de cubierta, (Figura 2.26).

2.11.8 Cálculo del francobordo mínimo de verano:

Para el cálculo del francobordo mínimo de verano, los buques se dividen en tipo "A" y tipo "B".

2.11.8.1 Buque tipo “A”:

Un buque de tipo “A” es aquel proyectado para transportar solamente cargas líquidas a granel, y en el cual los tanques de carga tienen solo pequeñas aberturas de acceso cerradas por tapas de acero u otro material equivalente, estancas y dotadas de frisas. Estos buques necesariamente tendrán las siguientes características propias:

- a) Una gran integridad de la cubierta expuesta, y
- b) Gran seguridad contra inundación, por la pequeña permeabilidad de los espacios llenos de carga y por el grado de compartimentación utilizado habitualmente.

A estos buques se les asignaran francobordos no inferiores a los obtenidos en la tabla de francobordo para buques de tipo “A”, tabla que Figura en la Reglamento del Convenio Internacional sobre Líneas de Carga.

2.11.8.2 Buque tipo “B”:

Buques de tipo “B” son todos aquellos que no cumplan con las condiciones indicadas para los buques de tipo “A”. El francobordo mínimo en milímetros se determina de acuerdo con las tablas correspondientes de Reglamento, entrando con la eslora en metros.

2.11.8.3 Correcciones al francobordo tabular:

Dependiendo de la construcción del buque existen una serie de correcciones a aplicar a los francobordos tabulares, las cuales se relacionan a continuación:

1. Corrección al francobordo para buques de eslora inferior a 100 metros.

2. Corrección por coeficiente de bloque.
3. Corrección por puntal.
4. Corrección por posición de la línea de cubierta.
5. Reducción por superestructuras y troncos.
6. Arrufo.
7. Altura mínima de proa.

2.11.9 Francobordo Mínimo:

Francobordo de verano. El francobordo mínimo de verano será el francobordo obtenido de las tablas, mas las modificaciones y correcciones, según el Reglamento del Convenio Internacional sobre Líneas de Carga.

Francobordo tropical. El francobordo mínimo en la zona tropical será el francobordo obtenido restando del de verano un cuarenta y ochoavo del calado de verano, medido desde el canto alto de la quilla al centro del disco de la marca de francobordo.

Francobordo de invierno. El francobordo mínimo de invierno será el francobordo obtenido añadiendo al francobordo de verano un cuarenta y ochoavo del calado de verano, medido desde el canto alto de la quilla hasta el centro del anillo de la marca de francobordo.

Francobordo para el Atlántico Norte, invierno. El francobordo mínimo para buques de eslora no superior a 100 metros que naveguen por cualquier parte del Atlántico Norte, definido de acuerdo con el Reglamento del Convenio Internacional sobre Líneas de Carga, durante el periodo estacional de invierno, será el francobordo de interior mas 50 mm (2 pulgadas). Para los demás buques el francobordo para el Atlántico Norte, invierno, será el francobordo de invierno.

Francobordo de agua dulce. El francobordo mínimo en agua dulce de densidad igual a la unidad se obtendrá restando del francobordo mínimo en agua salada:

$$\frac{\Delta_v}{40 T_{C_v}}$$

Δ_v : Desplazamiento en agua salada, en toneladas, en la flotación en carga de verano.

T_{C_v} : Toneladas por centímetro de inmersión en agua salada, en la flotación en carga de verano.

Cuando el desplazamiento en la flotación en carga de verano no pueda determinarse con seguridad, la deducción será un cuarenta y ochoavo del calado de verano medido desde el canto alto de la quilla hasta el centro del anillo de la marca de francobordo.

2.11.10 Líneas de Máxima Carga:

De acuerdo a las definiciones de francobordo mínimo, se obtienen las siguientes líneas de máxima carga, (Figura 2.27):

Calado de verano:

$$C_V$$

Calado tropical:

$$C_T = C_V + \frac{C_V}{48}$$

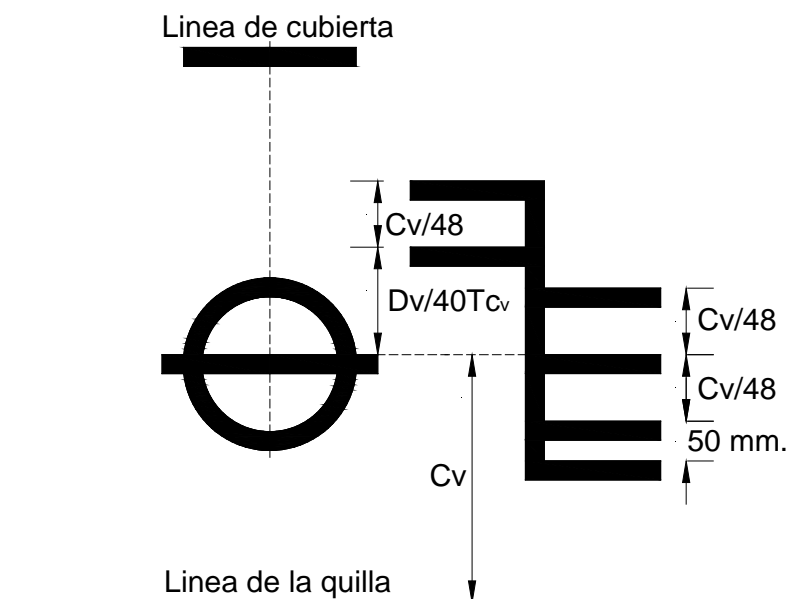


Figura 2.27: Líneas de Máxima Carga

Calado de invierno:

$$C_I = C_V - \frac{C_V}{48}$$

Calado para el Atlántico Norte, invierno:

$$C_{ANI} = C_I - 50mm$$

Aplicable solo a buques de eslora no superior a 100 metros.

Para buques de eslora igual o mayor a 100 metros:

$$C_{ANI} = C_I$$

Calado de agua dulce:

$$C_D = C_V + \frac{D_V}{40T_{C_V}}$$

$$P = \frac{D_V}{40T_{C_V}}$$

D_V : Desplazamiento para el calado de verano.

T_{C_V} : Toneladas por centímetro correspondiente al calado de verano.

P : Permiso de agua dulce.

Calado agua dulce, tropical:

$$C_{DT} = C_D + \frac{C_V}{48}$$

2.11.11 líneas que se usaran con la marca de francobordo:

Las líneas de carga que indican los francobordos serán trazos horizontales de 230 milímetros (9 pulgadas) de longitud y 25 milímetros (1 pulgada) de anchura, que se extenderán hacia proa, a menos que expresamente se disponga de otro modo, y formando ángulo recto con una línea vertical de 25 milímetros (1 pulgada) de anchura marcada a una distancia de 540 milímetros (21 pulgadas) a proa del centro del anillo, como se indica en la Figura 1.29.

Se usaran las siguientes líneas de carga:

- a) Las líneas de carga de verano, indicada por el borde superior de la línea que pasa por el centro del anillo y también por el borde superior de una línea marcada V.
- b) Las líneas de carga de invierno, indicada en el borde superior de la línea marcada I.

- c) La línea de carga de invierno en el Atlántico Norte, indicada en el borde superior de una línea marcada ANI.
- d) La línea de carga tropical, indicada por el borde superior de una línea marcada T.
- e) La línea de carga de verano en agua dulce, indicada por el borde superior de una línea marcada D. la línea de carga de verano en agua dulce se marcará hacia popa de la línea vertical. La diferencia entre la línea de carga de verano en agua dulce y la línea de carga de verano representará la concesión que corresponde, para cargar en agua dulce, sobre las otras líneas de carga.
- f) La línea de carga en agua dulce tropical vendrá indicada por el borde superior de una línea marcada TD y dispuesta a popa de la línea vertical.

2.11.12 Zonas, regiones y periodos estacionales:

El reglamento incluye un mapa de zonas permanentes y periódicas en el que se indica el calado máximo permitido en las zonas marítimas, así como los periodos estacionales, en un caso.

Los criterios generales en los que están basadas las zonas y regiones definidas son:

- a) Verano. 10% como máximo de vientos de fuerza 8 Beaufort (34 nudos) o mayor.
- b) Tropical. 1% como máximo de vientos de fuerza 8 Beaufort (34 nudos) o mayor. No más de una tormenta tropical cada 10 años, en una superficie de 5° en cuadro en uno cualquiera de los meses del año por separado.

Sin embargo, en algunas regiones especiales y por razones prácticas, se ha considerado conveniente adoptar cierta flexibilidad en la aplicación de este criterio.

Un puerto situado en el límite de dos zonas o regiones adyacentes se considerara como situado dentro de la zona o región de donde procede o hacia la que se dirige el buque.

2.11.13 Calados máximos permitidos:

1. Salvo en los casos previstos en los párrafos 2 y 3 siguientes, las líneas de carga apropiadas marcadas, sobre el costado del buque y correspondientes a la estación del año, zona y región en la que pueda encontrarse el buque, no deben quedar sumergidas en ningún momento, ni al salir el buque a la mar, ni durante el viaje ni a la llegada.
2. Cuando un buque navegue por agua dulce de densidad igual a la unidad, la línea de carga apropiada puede sumergirse a una profundidad correspondiente a la corrección para agua dulce indicada en el Certificado Internacional de Francobordo de 1966. Cuando la densidad del agua no sea igual a la unidad, la corrección será proporcional a la diferencia entre 1.025 y la densidad real.
3. Cuando un buque salga de un puerto situado en río o en aguas interiores, se le permite aumentar su carga en una cantidad que corresponda a los pesos de combustible y de todos los otros materiales que haya de consumir entre el puerto de partida y la mar.

CAPÍTULO III

RESISTENCIA LONGITUDINAL DEL CASCO.

3.1 RESISTENCIA LONGITUDINAL EN AGUAS TRANQUILAS:

3.1.1 Solicitaciones y tensiones en un buque en aguas tranquilas: situación de arrufo y quebranto.

Supongamos al buque objeto de estudio, flotando libremente en aguas tranquilas, considerando el equilibrio en la dirección longitudinal, el buque está sometido por un lado a la acción de la gravedad, su peso (p), y por otro a los empujes hidrostáticos que originan una fuerza de empuje (E), que es equivalente al peso de agua de mar correspondiente al volumen desplazado. Se alcanza así una posición de equilibrio en la que se verifica que $p = E$, si el centro de gravedad de pesos (G) se encuentra en la misma vertical del centro de gravedad del volumen de la carena (C), y por encima de él entonces el equilibrio resultante sea estable, como se observa en la figura 3.1

Analicemos la distribución de los conjuntos de fuerzas a lo largo de la eslora (L), pesos y empujes. Sea $p = p(x)$ el peso por unidad de longitud correspondiente a un

punto genérico de abscisa x . si consideramos una rebanada de longitud diferencial dx , a este le corresponderá un peso diferencial: $dp = p(x).dx$.

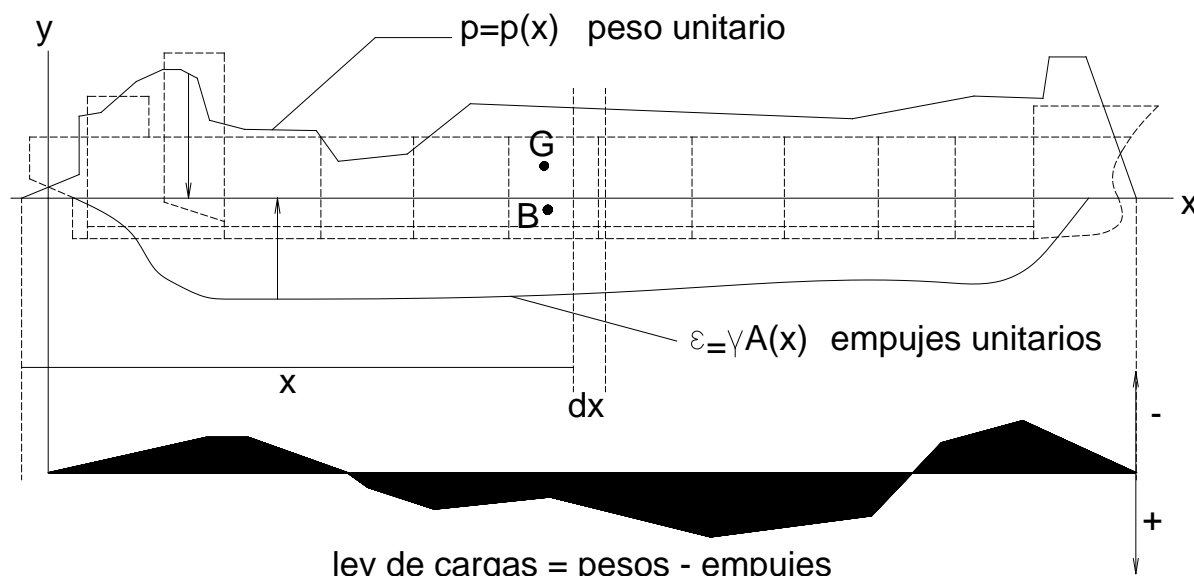


Figura 3.1: Ley de Carga

Expresión que si la integramos a lo largo de la eslora obtenemos el área bajo la curva de pesos, esto es el peso total:

$$\text{Peso Total} = P = \int_0^L p(x).dx$$

Sea G la posición longitudinal del centro de gravedad (G), se verifica que:

$$x_G = \frac{\text{momento estatico del area}}{\text{area total (P)}} = \frac{\int_0^L x.p(x).dx}{\int_0^L p(x).dx}$$

Análogamente si observamos la curva de empujes correspondiente a esa flotación, y es A el área transversal sumergida relativa a ese punto de abscisa x , y siendo $\gamma = 1.025 \text{ T/m}^3$ el peso específico del agua de mar, será $\varepsilon = \gamma A(x)$, y para una rebanada de espesor dx , le corresponderá un empuje diferencial.

$$d\varepsilon = \gamma.A(x).dx$$

Resultando

$$\text{Empuje total o desplazamiento} = \Delta = \int_0^L \gamma \cdot A(x) \cdot dx$$

Correspondiente la posición longitudinal del centro de carena:

$$x_c = \frac{\text{momento estatico del area}}{\text{area total } (\Delta)} = \frac{\int_0^L \gamma \cdot x \cdot A(x) \cdot dx}{\int_0^L \gamma \cdot A(x) \cdot dx}$$

Y puesto que estamos en una situación de equilibrio se tiene que verificar la nulidad de la suma de todas las fuerzas en sentido vertical:

$$(\text{Peso total}) P = \int_0^L p(x) \cdot dx = (\text{Empuje total}) \Delta = \int_0^L \gamma \cdot A(x) \cdot dx$$

Siendo además: $x_c = x_G$

Podemos suponer sin cometer mayor error, que la directriz del buque es recto, lo que nos sitúa el problema como una viga hueca, sin enlaces pero en situación de equilibrio, bajo una ley de cargas es la diferencia entre las leyes de peso unitarios y de empujes unitarios. Figura 3.1

Así las solicitaciones en un punto n de la directriz de abscisa x_n serán:

a) la suma de todas las cargas frontales (pesos y empujes) es por definición de fuerza cortante

$$\text{Fuerza cortante (en N)} = Q_N = \int_{x_N}^L [p(x) - \varepsilon(x)] \cdot dx$$

b) La suma de los momentos respecto de N de las cargas frontales, es el momento flector de las cargas verticales, cuya dirección es horizontal saliendo o entrando en

el papel, según el sentido de la regla del sacacorchos, pero cuya representación se hace abatiéndola sobre el plano del papel.

$$\text{Momento flector (en } N) = M_{f_N} = \int_{x_N}^L (x - x_N) \cdot [p(x) - \varepsilon(x)] \cdot dx$$

El peso total del buque o su desplazamiento tal como se representa en la figura 3.2, será

$$P = P_{ROSCA} + P_{MUERTO}$$

El peso en rosca o peso en vacío, se define como el peso del buque completamente terminado, armado y pertrechado, pero sin ninguna carga, ni víveres, ni combustible, ni agua, tan solo el agua correspondiente al nivel operativo de las calderas (si lleva a bordo), e incluyendo un nivel mínimo de respetos, que corresponde este con los exigidos por la sociedad de clasificación (ancla, hélice, eje de cola y respetos del motor) pero ni una más.

A su vez el peso en rosca se compone de: peso de la estructura, peso de la máquina, peso del equipo y peso de la habilitación. Como observación, la literatura técnica naval anglosajona suele componer este peso con tres sumandos: acero + maquinaria + equipamiento del buque.

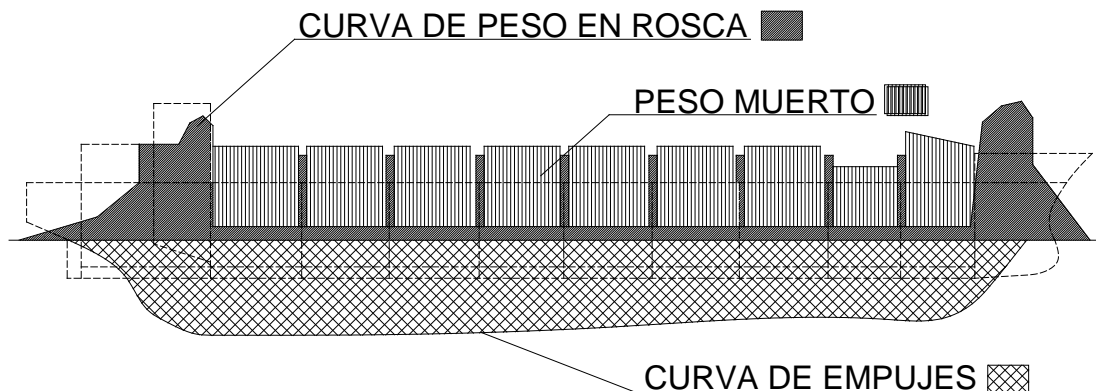


Figura 3.2: Distribución Longitudinal de Pesos y Empujes

Mientras que el peso muerto está compuesto por:

- Carga útil o carga que produce ingresos.
- Consumibles (combustibles + aceite + agua + víveres).
- Tripulación y sus efectos.
- Respetos que exceden sobre los que requiere obligatoriamente la sociedad de clasificación.

Un buque puede tener múltiples situaciones de desplazamiento, cuando se trata de un buque de transporte básicamente se maneja los siguientes:

Desplazamiento a plena carga, 100% de la carga con dos alternativas:

- Salida de puerto: 100% consumibles
- Llegada a puerto: 0% consumibles

Desplazamiento a media carga 50% de carga aproximada

- Salida: 100% consumibles.
- Llegada: 0% consumibles.

Desplazamiento ligero sin carga, tan solo lastre líquido para mantener los trimados y el calado de navegación.

- Salida: 100% consumibles.
- Llegada: 0% consumibles.

Las llegadas 0% de combustible pueden sustituirse por combustible suficiente para tres días de navegación normal.

Estas son las condiciones de carga de un buque mercante, pero suelen considerarse algunas más, pudiendo llegar a establecerse unas 25 o 30 condiciones de carga estándar, que de manera global nos describen las situaciones operativas más representativas desde el punto de vista del estado de carga. Estas condiciones de carga se documentan ampliamente con gráficos y datos relativos a:

- Peso, centro de gravedad, niveles de llenado.
- Centro de carena, hidrostáticas, estabilidad.
- Solicitaciones longitudinales: momento flector (Mf) y fuerza cortante (Q), siendo referidas a aguas tranquilas.
- Trimados, escoras, etc.

Toda esta información se agrupa en un manual que se usa a bordo del buque y que recibe el nombre de **Manual de carga**.

El buque se diseña estructuralmente (desde el punto de vista de las cargas) para soportar todas las situaciones indicadas en este manual, y resulta válido para cualquier otra situación que sin estar contemplada en el mismo, tenga un nivel de

requerimientos generales o estructurales inferiores a los que se presentan en las “condiciones estándar” del manual de carga.

También debe tenerse en cuenta para que tipo de aguas se proyecta el buque: navegación oceánica no restringida, aguas protegidas, estacional, etc.

Sin embargo no resulta admisible y de modo expreso quedan prohibidas aquellas que desde el punto de vista estructural someten al buque a esfuerzos que sobrepasan a los .indicados en dicho manual de carga como admisibles. En cierta forma se establece que para tales situaciones, el buque no está previsto.

Actualmente, con la utilización de los ordenadores a bordo, se puede simular cualquier condición de carga, y por sus resultados reconocer inmediatamente si una hipotética condición está dentro o no de los límites estructurales aceptables. Existen buques que instalan en su cubierta y fondo galgas extensiométricas, cuyo objeto es medir el nivel de las tensiones reales referidas al punto en el que está colocada la galga extensiométrica.

Vemos así que analizando el buque longitudinalmente y en una situación de aguas tranquilas, este se comporta estructuralmente como una viga en equilibrio, sin ningún tipo de enlace sometido a una flexión simple sin torsión ($M_f \neq 0$, $Q \neq 0$ y $N = M_t = 0$). Si se suponen como es normal que los pesos están balanceados, y otro tanto su centro de gravedad está en el plano de crujía, y por otro lado el centro de la carena también está en crujía por razones de la simetría de las formas, el buque al no tener ninguna escora y las solicitaciones longitudinales en cualquier punto de la directriz son, su resultante (Q) en el mismo plano diametral, y el momento flector que en cualquier sección resultante ser un vector ortogonal al plano diametral del buque.

Una distribución característica del momento flector y fuerza cortante de un buque a plena carga flotando en aguas tranquilas, es como se muestra en la figura 3.3.

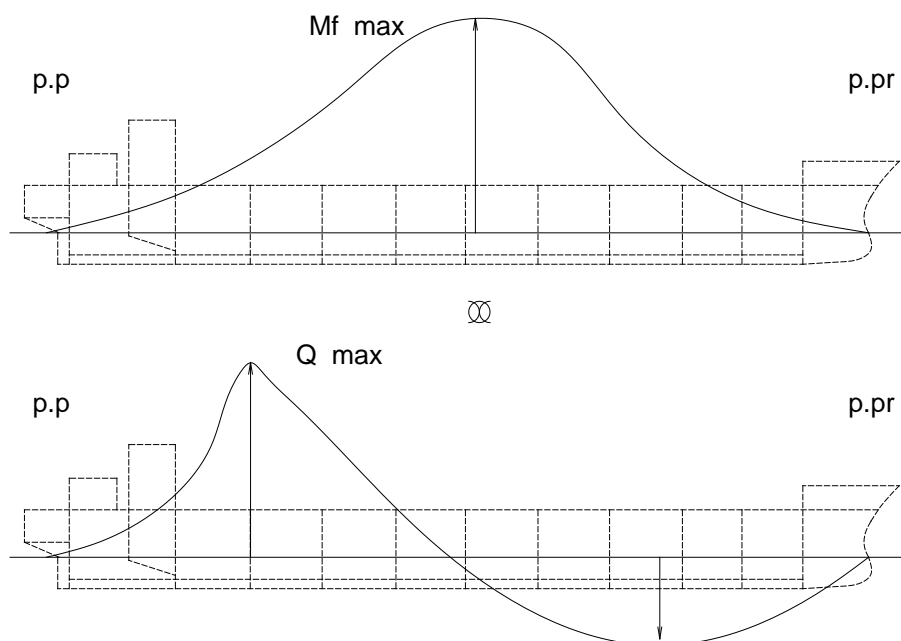


Figura 3.3: Momentos Flectores y Fuerzas Cortantes (A. T.) (Plena Carga)

En ella podemos ver que el momento flector alcanza su valor máximo en las inmediaciones de la cuaderna maestra, mientras que los esfuerzos cortantes presentan un máximo y un máximo y un mínimo relativo en las proximidades de $\frac{1}{4}$ de L a popa y $\frac{1}{4}$ de L a proa, para lo que es una distribución típica a plena carga.

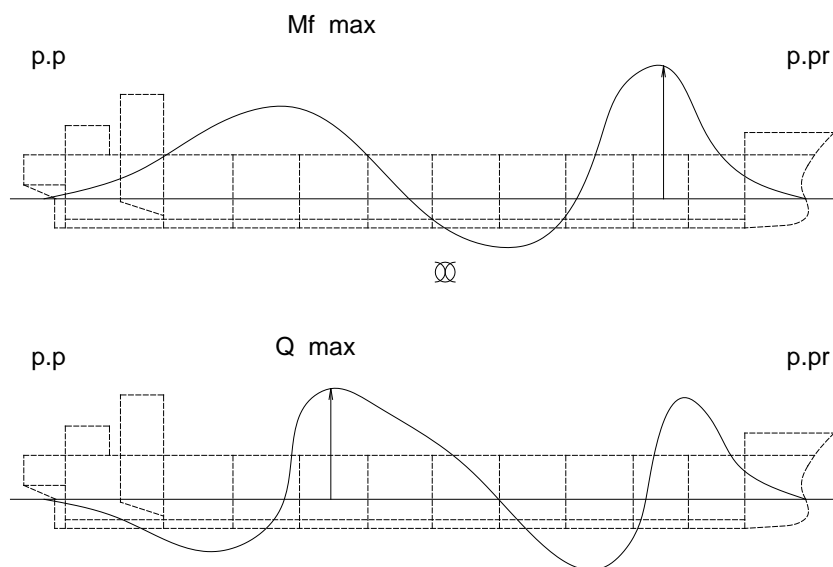


Figura 3.4: Momentos Flectores y Fuerzas Cortantes (A.T.) (Media Carga)

La figura 3.4 nos representa otro tipo de distribución diferente de las solicitaciones (Q y Mf), y que corresponde a otra condición de carga (en este caso es la media carga en bodegas alternas), pudiendo observarse que tanto la distribución como los valores significativos, difieren de los considerados en el caso anterior, ya que son otras las cargas que actúan sobre el buque y otra distribución.

Como ya resulta conocido a través del análisis de vigas, cuando los momentos flectores son positivos, la viga se arquea hacia arriba, (corresponde a una dirección del momento flector que sale del papel) y en ese caso se dice que el buque está bajo una condición de arrufo, y cuando la curva de momentos flectores es negativa, entonces flexa hacia abajo (correspondiendo a una dirección del momento flector que penetra en el papel), y en ese caso se dice que el buque está en una condición de quebranto.

Cuando el buque está en una condición de arrufo, tal como se indica en la figura 3.5 (parte superior), la cubierta se encuentra trabajando a compresión mientras que el

fondo lo está a tracción, y por el contrario cuando el buque está en la situación de quebranto estas tensiones cambian de sentido.

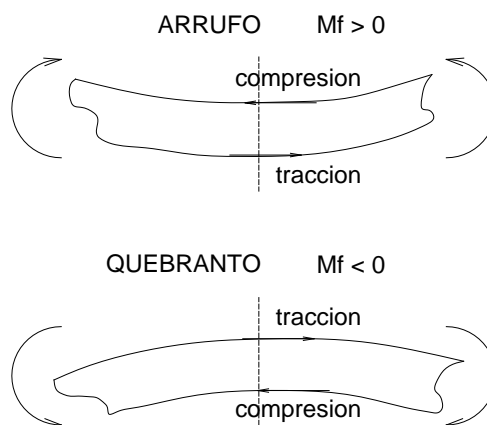


Figura 3.5: Arrufo y Quebranto

3.1.2 Determinación de la curva de pesos

Una curva de pesos bien ajustada a la realidad es importante, ya que así habrá una buena correspondencia entre lo previsto en los cálculos y lo que luego ocurre en la realidad (calados, trimados, estabildades, esfuerzos, etc). De hecho una de las sorpresas desagradables que puede esconder algunos proyectos de buques, es que el peso en rosca no es el esperado, el centro de gravedad se aleje del lugar previsto, se impone el lastre sólido como mal menor.

El control y estimación de los pesos es de primordial importancia y en particular para cierto tipo de unidades marinas: los buques militares, los buque de pesca, las plataformas petrolíferas, por citar algunos de ellos. En el próximo apartado, analizaremos la curva de empujes, y veremos que se puede obtener fácil y rápidamente el volumen de la carena. De análoga forma de pueden determinar, volúmenes parciales, o cualquier otra función dependiente de la geometría del

buque (momentos estáticos, de inercia, centro de gravedad). Pero para la determinación de pesos es otro el cantar, son pocas las ayudas informáticas que se pueden aplicar, y se hace imprescindible un control riguroso de los pesos reales abordo, lo que siempre resulta pesado y costoso, dicho en “roman paladino” la mayoría del trabajo debe de realizarse “a remo”, con muchas entradas de datos y pocos salidas (peso total y su centro de gravedad.)

En el apartado anterior hemos planteado una descomposición del peso o desplazamiento del buque en:

$$P = \text{peso en rosca} + \text{peso muerto}$$

También se hizo un desglose del peso en rosca:

$$P_{\text{rosca}} = P_{\text{estructura}} + P_{\text{maquinaria}} + P_{\text{equipo}} + P_{\text{habilitacion}}$$

De los cuatro sumandos el de mayor magnitud es el primero, el peso de la estructura o peso de acero, cuando nos referimos a buques de construidos con este material. Para efectuar la determinación del $P_{\text{estructura}}$, se descompone este a su vez en varios sumandos:

- Peso del acero longitudinal
- Peso del acero transversal
- Peso del mamparo
- Pesos de estructura locales

Por acero longitudinal o material longitudinal entenderemos, aquel que esta dispuesto en el sentido de la eslora (figuras 3.6 y 3.7 en línea continua y el transversal o local en líneas discontinuas):

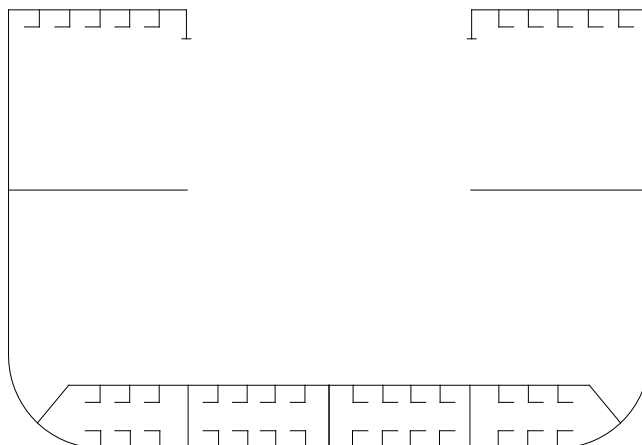


Figura 3.6: Buque de Carga General

- Forro de cubierta/s, de costado, de pantoque y de fondo (envolvente externa)
- Forro de doble fondo, doble forro, etc.
- Refuerzos dispuestos longitudinalmente: esloras, quilla, vagras, refuerzos de fondo, doble fondo, cubiertas, costados, mamparos longitudinales, troncos, etc.

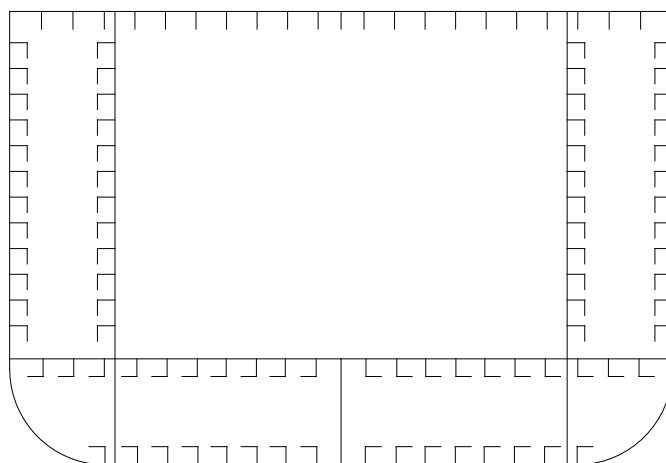


Figura 3.7: Buque Petrolero con Doble Fondo

Las curvas correspondientes a estos pesos resultan una curva continua, con extremos apuntados que alcanzan el valor cero en los extremos de la eslora total. Para buques del mismo tipo, la forma de esta curva es semejante y está relacionada con el área transversal del buque. Una forma precisa de determinar esta curva es ir dando secciones a la eslora y calcular en cada uno de ellas el correspondiente peso por metro, y una vez hallado lo iremos colocando como una ordenada en su respectiva sección. Por este procedimiento se puede realizar el trazado de la curva de peso del material longitudinal. Como es lógico a mayor número de puntos, mayor precisión de los resultados.

Hay métodos para estimar la curva correspondiente al peso del material longitudinal, uno de los clásicos es el de Biles, aunque en este caso concreto, no parece muy correcto hablar de una curva, ya que este procedimiento configura la curva de pesos con tramos rectos. La figura 3.8 es bastante elocuente, y representa el peso/unidad de eslora. Este método consiste en descomponer la eslora en tres tramos iguales ($L/3$), sobre el central se supone un peso uniforme de altura $1.2H$, y en las perpendiculares de proa y popa toma respectivamente los valores h_{proa} y h_{popa} . A su altura de la zona central, Biles asigna un valor que es un 20% mayor que el peso promedio:

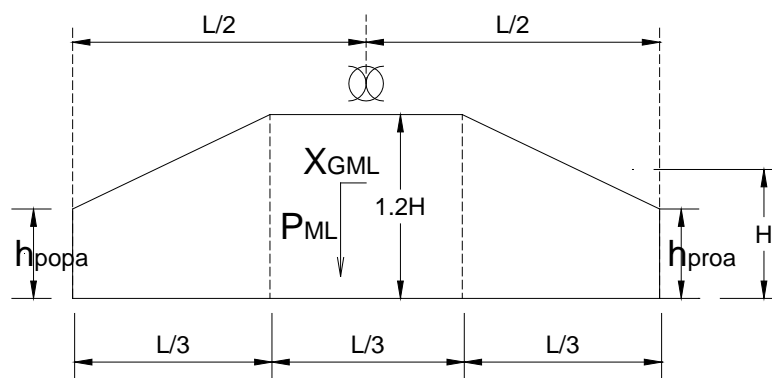


Figura 3.8: Distribución del Material Longitudinal Según Biles

Siendo:

$$H = \frac{\text{peso del mater. longitudinal}}{\text{eslora entre p.p.}}$$

Imponiendo las condiciones del problema podemos determinar las incógnitas del mismo. Datos de partida:

Peso del material longitudinal = P_{ML}

Eslora entre perpendiculares = L

Abcisa de c. de g. del material longitudinal = x_{GML}

Incógnitas: h_{proa} , h_{popa} , H

$$P_{ML} = H \cdot L \quad \text{entonces} \quad H = \frac{P_{ML}}{L}$$

$$\text{Area total} = P_{ML} = 1.2H \cdot \frac{L}{3} + \left(\frac{L}{3}\right) \cdot \frac{1.2H + h_{proa}}{2} + \left(\frac{L}{3}\right) \cdot \frac{1.2H + h_{popa}}{2}$$

$$\text{Simplificando:} \quad h_{proa} + h_{popa} = 1.2 \cdot \frac{P_{ML}}{L} \quad (1)$$

Tomando momentos respecto de la cuaderna maestra de las áreas e igualándolo al momento del conjunto total:

$$\begin{aligned} P_{ML} \cdot x_{GML} &= h_{popa} \cdot \frac{L}{3} \cdot \left(\frac{L}{3}\right) - h_{proa} \cdot \frac{L}{3} \cdot \left(\frac{L}{3}\right) + \left(\frac{1}{2}\right) \cdot \left(\frac{L}{3}\right) \cdot (1.2H - h_{popa}) \cdot \left(\frac{L}{9} + \frac{L}{6}\right) \\ &\quad - \left(\frac{1}{2}\right) \cdot \left(\frac{L}{3}\right) \cdot (1.2H - h_{proa}) \cdot \left(\frac{L}{9} + \frac{L}{6}\right) \end{aligned}$$

$$P_{ML} \cdot X_{GML} = L^2 \cdot (h_{proa} - h_{popa}) \cdot \left(\frac{7}{108}\right)$$

$$(h_{proa} - h_{popa}) = \left(\frac{108}{7}\right) \cdot P_{ML} \cdot x_{GML} / L^2 \quad (2)$$

Resolviendo el sistema formado por (1) y (2), obtenemos:

$$h_{popa} = \left(\frac{P_{ML}}{L}\right) \cdot \left(0.6 + 54 \cdot \frac{x_{GML}}{7} \cdot L\right)$$

$$h_{popa} = \left(\frac{P_{ML}}{L}\right) \cdot \left(0.6 - 54 \cdot \frac{x_{GML}}{7} \cdot L\right)$$

Una distribución diferente para la representación del peso de material longitudinal, es la de un arco circular, que permite obtener buenos resultados cuando se aplica en embarcaciones pequeñas de madera, aunque en este caso la curva de pesos debe extenderse a la eslora total en lugar de hacerlo a la eslora entre perpendiculares:

$$P_{ML} = \left(\frac{2}{3}\right) \cdot L_{total} \cdot flecha$$

Por peso de acero transversal o de material transversal entenderemos, el peso de todas aquellas subestructuras o componentes de las estructuras que anillan y refuerzan transversalmente el casco del buque, tales como:

- Varenga, bulárcamas de costado (y/o mamparo), baos de cubierta/s, diafragmas de doble forro, y todas las piezas transversales en enlace de todos esos elementos citados (consola de baos, consolas de pantoque, consolas de varada, etc.).

La curva obtenida en este tipo de pesos, es en principio una curva discontinua formada por áreas rectangulares con una distribución discreta, cuyo lado horizontal tiene el ancho que pueda corresponder al de ese elemento, y por altura tendrá la resulte para asignar su peso como un área. Pongamos un ejemplo: en la figura 3.9 se muestra una sección de una bulárcama de fondo de un petrolero, con sus refuerzos y consolas, el centro de gravedad de ese conjunto de indica en G, si el

peso de esta bulárcama es de P tons, su representación gráfica la podemos realizar con un rectángulo de base $2X_G$, y altura $P/2X_G$, siendo X_G la distancia en horizontal desde el punto G a la línea de trazado de la bulárcama. Hecho así, obtendríamos un gráfico dentado de muy laborioso manejo, sin obtener ninguna ventaja en lo que a precisión de cálculo se refiere, por ello aun cuando estos son pesos discontinuos, podemos considerarlos como continuo, no se alteran las cifras del valor del peso, tan solo se modifica, y muy ligeramente la posición del centro de gravedad, y como consecuencia los momentos del peso. Así en el ejemplo que hemos puesto, el peso de P tons se distribuiría uniformemente a lo largo de su clara, lo que finalmente nos daría una línea continua. Las experiencia ha demostrado que los resultados alcanzados con este procedimiento son suficientemente precisos.

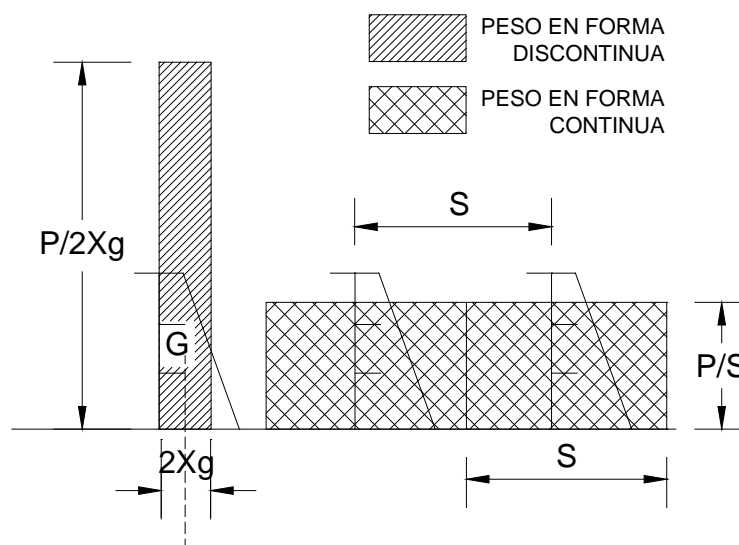


Figura 3.9: Distribución de Pesos Transversales

El peso de los mamparos transversales, incluidos todos sus refuerzos, plancha, palmejares, perfiles, etc. Constituye un ejemplo de peso discontinuo, y que además se trata como discontinuo. No es el caso anterior, ya que las distancias entre los mamparos son grandes comparadas con las claras de refuerzos transversales, y la aplicación de la simplificación citada podría inducir errores significativos. En la

figura 3.2 de este capítulo puede verse una representación gráfica del buque en rosca, en la que destacan los castilletes que representan los pesos de los mamparos.

Las estructuras locales al igual que los mamparos deben tratarse como unidades de distribución discreta. Entre los tipos de distribución de pesos aislados más frecuentes, podemos citar:

- Distribución lineal uniforme.
- Distribución triangular.
- Distribución trapezoidal.
- Distribución parabólica.
- Distribuciones combinadas.

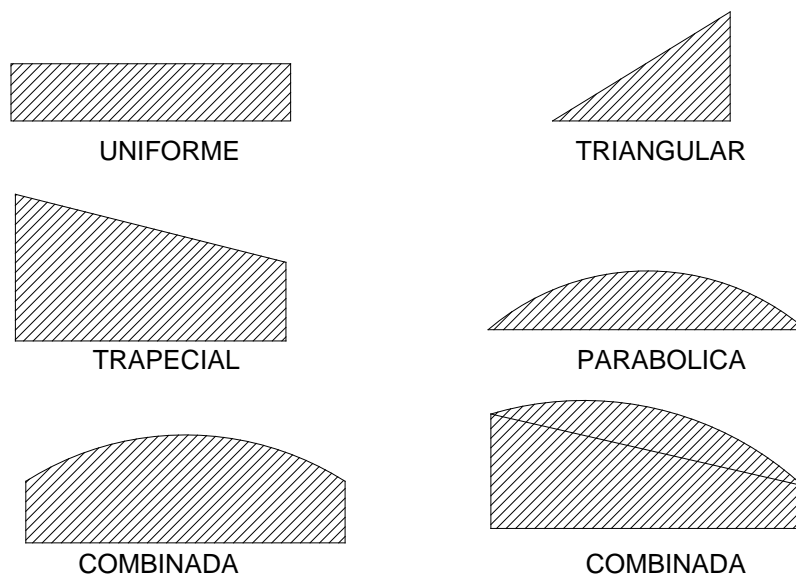


Figura 3.10: Distribución de Pesos

La distribución lineal uniforme, ya se citó en el ejemplo que se acaba de ver de estructura transversal.

A veces la forma de la estructura y la forma de distribución de su peso, no se corresponde con una distribución regular uniforme. Tal sería el caso de un castillo, en el que encaja mejor una distribución triangular, como se indica en la figura 3.11.

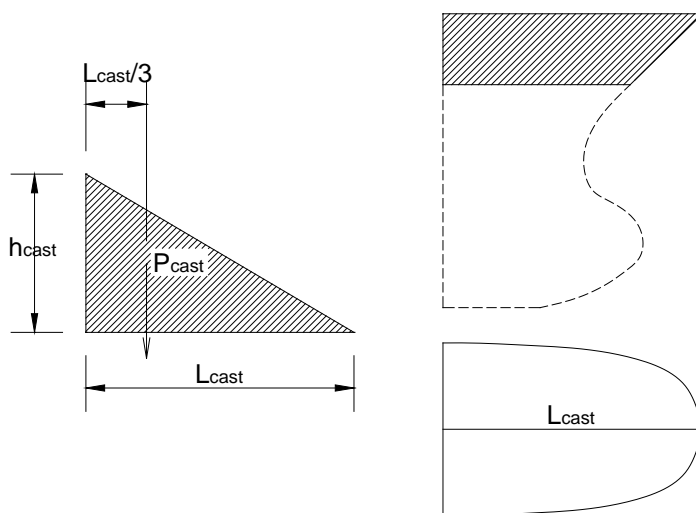


Figura 3.11: Distribución de Triangular del castillo

Si el peso del castillo es P_{cast} y su longitud es L_{cast} el peso unitario en el extremo de popa de este castillo sería:

$$P_{cast} = h_{cast} \cdot \left(\frac{L_{cast}}{2} \right)$$

Dónde:

$$h_{cast} = 2 \cdot P_{cast} / L_{cast}$$

En este caso la situación del centro de gravedad está impuesta por la distribución, esto es a $(1/3) \cdot L_{cast}$ desde la popa del castillo.

Existen otros casos, en que el mejor modelo de distribución de una estructura local, se corresponde con el de una disposición trapezoidal, pero con un centro de gravedad

determinada. Tal podría ser el caso de una caseta de alojamientos. Como se indica en la figura 3.12, teniendo que calcularse las bases de este trapecio:

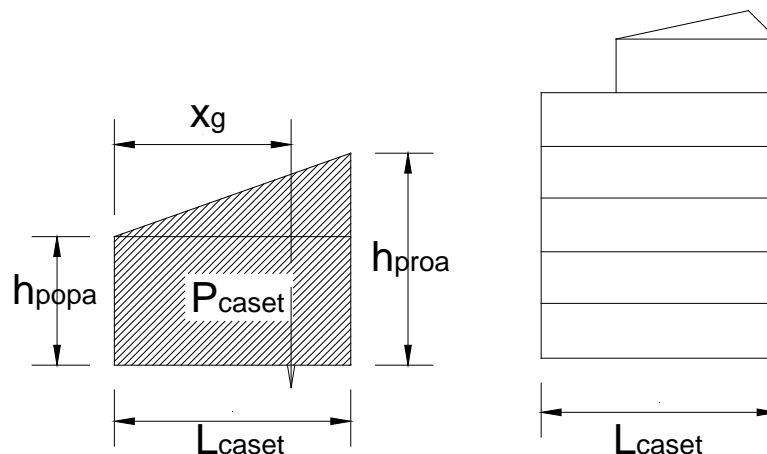


Figura 3.12: Distribución de Pesos de la Caseta

$$P_{caseta} = \frac{(h_{proa} + h_{popa})}{2} \cdot L_{caseta}$$

$$\begin{aligned} P_{caseta} \cdot (L_{caseta} - x_g) \\ = h_{popa} \cdot L_{caseta} \cdot \left(\frac{L_{caseta}}{2}\right) + (h_{proa} - h_{popa}) \cdot \left(\frac{L_{caseta}}{2}\right) \cdot \left(\frac{L_{caseta}}{3}\right) \end{aligned}$$

Con lo que ya se puede determinar los valores de h_{proa} y h_{popa}

$$h_{proa} = \frac{P_{caseta}}{L_{caseta}^2} \cdot [6 \cdot x_g - 2 \cdot L_{caseta}]$$

$$h_{popa} = \frac{P_{caseta}}{L_{caseta}^2} \cdot [4 \cdot L_{caseta} - 6 \cdot x_g]$$

Con la distribución parabólica se trata de ajustar los pesos a una curva del tipo y = $ax^2 + b$, ver figura 12, de tal forma que se cumple:

$$\int (ax^2 + b) \cdot dx = P_{eso_{local}}$$

Y además:

$$x_g = \frac{\int (ax^2 + b) \cdot x \cdot dx}{Peso_{local}}$$

Ecuaciones que desarrolladas nos permiten hallar a y b en función del $Peso_{local}$ y de x_g .

Las distribuciones combinadas lo hacen como su propio nombre indica, añadiendo a una distribución lineal (uniforme o no uniforme) un tramo parabólico. Ver figura 12.

Estos tipos de distribuciones se pueden aplicar a las otras partidas del peso en rosca (maquinaria, equipo o habilitación) y también del peso muerto. Así un motor principal que ocupa una porción de la eslora y su centro de gravedad no coincide con su punto medio, suele representarse en la curva de pesos como una distribución de tipo trapecial. Para una línea de ejes usa una distribución uniforme. El lastre líquido de un pique de proa puede representarse por una distribución triangular, etc.

En cuanto a los pesos correspondientes al peso muerto, es necesario disponer de unas tablas de capacidades de cada uno de los compartimientos, corregidos por la permeabilidad correspondiente a cada uno, y a partir de las densidades o bien de los factores de estiba, se pueden obtener las partidas del peso muerto, así como sus centros de gravedad. También es necesario seleccionar el tipo de distribución de carga que mas se ajusta al caso.

Al calcular el peso de la estructura, además del rigor de contabilizar todos y cada uno de los elementos debe tenerse en cuenta también algunos pequeños factores, que influyen en el resultado final, tales como: peso de las soldaduras, peso de los márgenes de laminación, tener en cuenta si se retiran o no los cáncamos de

montaje y sus reforzados, palomillas de andamios, etc. Para el conjunto de estos pesos se suelen estimar unos coeficientes, y tales pesos se añaden luego como una partida adicional al peso total del buque. La información de pesos de buques agrupada por conceptos, si es tratada adecuadamente por métodos estadísticos, permite obtener relaciones y coeficientes que cuando se aplican a otros buques, permiten hacer buenas estimaciones, que sirven tanto para ajustar los datos técnicos de los futuros proyectos, como para realizar estimaciones más exactas de los costos. Los buenos astilleros no descuidan este tema, y cuando lo descuidan, el tiempo les suele pasar una dolorosa factura. La historia de la construcción naval moderna está llena de anécdotas, y lo que resulta de fácil comprensión por las personas (esta cuestión no tiene de mayor ciencia), a veces no parecen asimilarlo algunas empresas, que siempre son capaces de encontrar a ese directivo ahorrador pero sin criterio, que en aras de una economía facilona, relaja el rigor con el que se debe encarar este tema, y consigue exactamente lo contrario de lo que pretende.

3.1.3. Determinación de la Curva de Empujes:

Para aplicar correctamente las cargas, no sólo precisan conocer los pesos y su distribución, sino que también necesitamos los datos o curva de empujes de la carena. El calculista de la estructura debe obtener por sí mismo o al menos verificar todos los datos relativos a las acciones que intervienen en los cálculos estructurales.

Al iniciarse el análisis de resistencia longitudinal, una de las primeras condiciones de carga que se tienen en cuenta, es la de la plena carga (máximo calado), y a

efectos de los cálculos que siguen supondremos que se disponen de los datos hidrostático del buque en estudio y de sus curvas de Bonjean.

En principio la cuestión que se plantea es hallar una flotación cuyo desplazamiento Δ coincida exactamente con el peso total P de esa condición, esto es $\Delta=P$, siendo $P = P_{ROSCA} + P_{MUERTO}$ y que mas el centro de carena correspondiente a esta flotación, este situado en la misma abscisa y con una ordenada inferior a la del centro de gravedad de pesos de la dicha condición de carga, y que en las etapas iniciales del proyecto correspondiente como se ha indicado a la plena carga.

Consideramos la flotación $F_0 L_0$ paralela a la de proyecto ver Figura 3.13, que da lugar a un desplazamiento $\Delta = P_{ROSCA} + P_{MUERTO}$. A esa flotación le corresponde un calado medio T_m y un centro de carena C_0 que dista X_{C_0} de la maestra, que en este coste sitúa hacia popa de la maestra, mientras que en el centro de gravedad de el punto G que dista de la maestra cantidad X_g , que tomamos hacia popa, de tal forma que $X_{C_0} \neq X_g$. Sea $F_1 L_1$ una flotación isocarena de la $F_0 L_0$ que no es paralela a las de proyecto, y de tal forma que se verifique que $X_{C_0} = X_g$, esta flotación formará un cierto ángulo φ con las de proyecto, y en principio supondremos se trata de un ángulo que también forman las normales de esas flotaciones trazadas desde C_0 y C_1 y que por definición se cortan en el mismo centro longitudinal.

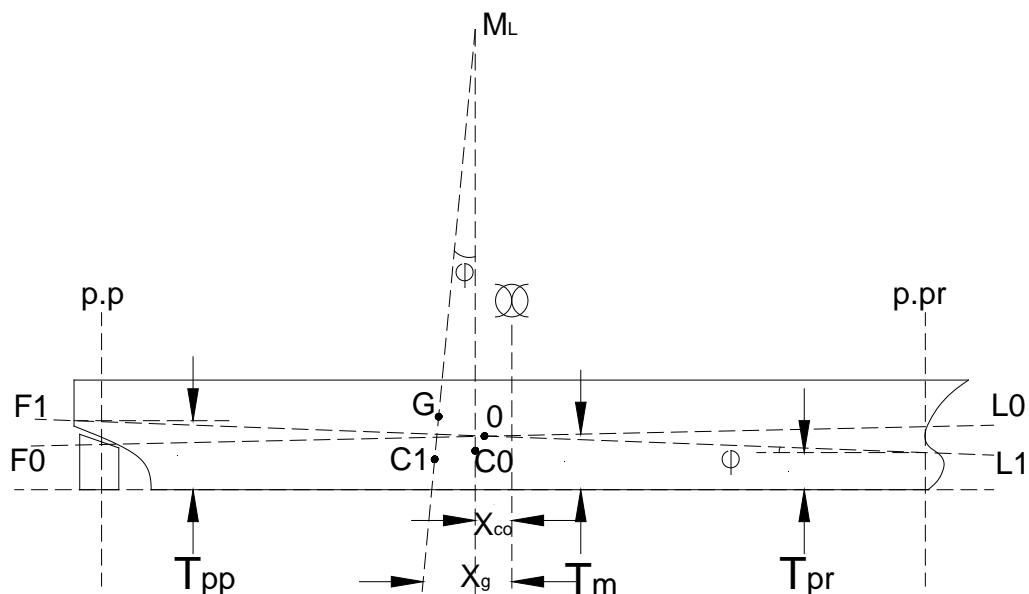


Figura 3.13: Determinación de la Curva de Empuje

En esas condiciones sea t el trimado correspondiente a esta flotación, esto es:

$$t = T_{pp} - T_{pr}$$

y $tg\varphi = \frac{T_{pp} - T_{pr}}{L} = \frac{t}{L}$, por otro lado

$tg\varphi = \frac{Xg - X_{C0}}{R_{ML}}$, además por teoría del buque sabemos que

$$R_{ML} = \frac{I_0}{V},$$

Siendo I_0 = momento de inercia de la flotación respecto del eje transversal que pasa por 0, el tiempo de intersección de dos flotaciones próximas y el V el volumen de carena. ($\Delta = 1,025 \cdot V$)

Igualando ambos valores de $tg\varphi$, nos queda:

$$\frac{t}{L} = \frac{Xg - X_{C0}}{I_0} \cdot V$$

Que es una igualdad matemática, si las dos flotaciones consideradas fuesen infinitamente próximas, φ un infinitésimo, pero si φ es una cantidad finita pero esta igualdad no se cumplirá exactamente, pero es evidente que los dos miembros de la igualdad tomarán valores muy próximos, así:

$$\frac{t}{L} \sim \frac{Xg - X_{C0}}{I_0} \cdot V$$

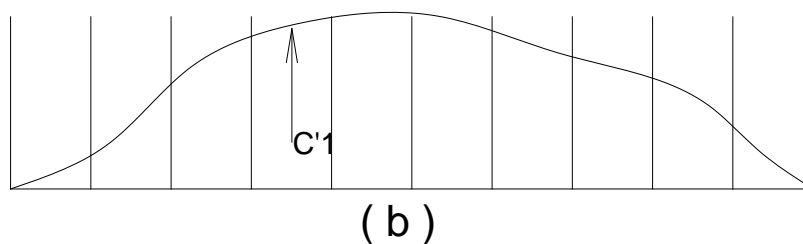
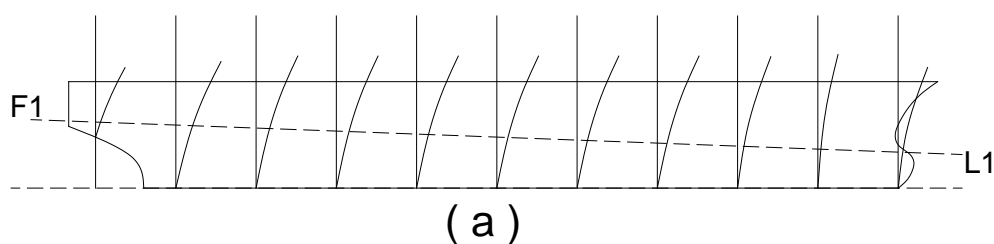


Figura 3.14: (a) Curva de Bonjean (b) Curva de Áreas Sumergidas

Con lo cual un trimado aproximado de la flotación $F_1 L_1$ que estamos buscando es:

$$t \sim \frac{Xg - X_{C0}}{I_0} \cdot V \cdot L$$

Y los calados a proa y popa que le corresponden son:

$$T'_{pp} \sim T_m + (t/2)$$

$$T'_{pr} \sim T_m - (t/2)$$

Con estos calados aproximados se traza una flotación con la indicada en la figura 3.14, que permite calcular la curva de áreas sumergidas, y por integración de la

misma, hallaremos el desplazamiento, cuyo valor será $\Delta' \neq \Delta$, con un centro de carena posicionado longitudinalmente en $X_{c'1} \neq X_{c1}$, próximos pero distintos (supongamos $\Delta' < \Delta$ y $X_{c'1} < X_{c1}$). Para ajustar estas diferencias haremos una doble aproximación, ajustando primero el desplazamiento así:

$$\frac{\Delta - \Delta'}{T.P.C.I.}$$

Siendo T.P.C.I., las toneladas por cm de inmersión correspondientes al calado T_m . Por tanto, este cociente nos dará la corrección por calado medio, para obtener el desplazamiento Δ .

Como es $X_{c'1} \neq X_{c1}$ tendremos que corregir el asiento para así hacer coincidir la abscisa de estos puntos. El momento que trata de asentar el buque para buscar su posición de equilibrio vale: $\Delta \cdot (x_{c1} - x_{c'1})$, y siendo M.C.A.C. el momento para cambiar el asiento 1 cm, el coeficiente.

$$\frac{\Delta \cdot (x_{c'1} - x_{c1})}{M.C.A.C}$$

Nos dará la cantidad que debe corregirse el trimado, para llegar a esa posición de equilibrio. Por tanto la corrección de los calados sería:

$$\Delta T_{pp} = \frac{\Delta - \Delta'}{T.P.C.I.} + \frac{\Delta \cdot (x_{c'1} - x_{c1})}{2xM.C.A.C}$$

$$\Delta T_{pr} = \frac{\Delta - \Delta'}{T.P.C.I.} - \frac{\Delta \cdot (x_{c'1} - x_{c1})}{2xM.C.A.C}$$

Y los nuevos calados resultarían:

$$T_{pp} = T'_{pp} + \Delta T_{pp}$$

$$T_{pr} = T'_{pr} + \Delta T_{pr}$$

$$T_{pp} = T_m + \frac{x_g - x_{co}}{2 \cdot I_0} \cdot V \cdot L + \frac{\Delta - \Delta'}{T \cdot P \cdot C \cdot I} + \frac{\Delta \cdot (x_{c'1} - x_{c1})}{2xM \cdot C \cdot A \cdot C}$$

$$T_{pr} = T_m - \frac{x_g - x_{co}}{2 \cdot I_0} \cdot V \cdot L + \frac{\Delta - \Delta'}{T \cdot P \cdot C \cdot I} + \frac{\Delta \cdot (x_{c'1} - x_{c1})}{2xM \cdot C \cdot A \cdot C}$$

Con esta aproximación prácticamente nos queda:

$$\Delta' = \Delta$$

$$x_{c'} = x_{c't}$$

Por regla general los valores del desplazamiento están referidos a las líneas de trazado del buque, por lo que el desplazamiento obtenido debe corregirse, siempre que sean aplicables, por las siguientes causas que indicamos a continuación:

- Los espesores del forro exterior (+).
- Los volúmenes de propulsores transversales y conducciones de tomas de mar (-).
- Los volúmenes de apéndices (+).
- La corrección por variación de volumen debido a la deformación (+.-).

Observaciones relativas a cada una de estas correcciones:

a) El empuje es producido por el agua desalojada, y tal desalojo se produce desde el forro exterior, no desde las superficies de trazado. Esta corrección puede ser una cantidad importante en el caso de pequeñas embarcaciones de madera, donde el espesor del forro puede alcanzar 1% de la manga, y por el contrario resulta muy poco significativa en las embarcaciones de fibra de vidrio. La mejor forma de estimar esta corrección al empuje, es haciendo uso de la superficie mojada y de un espesor promedio del casco de la parte sumergida: $\delta = Sm \cdot tm$.

b) Los volúmenes citados en este apartado no suelen ser importantes, pero deben tenerse en consideración.

c) Se incluyen en este apartado: la parte sumergida del timón, hélice, arbotantes, domos de sonar, estabilizadores y quillas de balance.

d) La viga-buque sufre una deformación por flexión, que será objeto de análisis posteriormente, este efecto puede originar un aumento o un defecto de empuje según que el caso de carga de lugar a una situación de arrufo o quebranto.

3.1.4 El Buque Sometido a Flexión Simple

3.1.4.1 Momento Flector

En el presente capítulo se ha indicado como las acciones gravitatorias de pesos y empujes, actuando sobre el casco de un flotador, daban lugar a un estado de flexión simple, con momento flector y fuerza cortante como únicas sollicitaciones originando un estado tensional en el que las que las tensiones pueden ser determinadas por la aplicación de la teoría general de vigas.

Sea PS una barra apoyada en los puntos Q y R, según puede verse en la figura 3.15, estando bajo la acción de las fuerzas F aplicadas en los extremos P y S, mientras que en los apoyos, puntos Q y R, surgen dos reacciones de valor $-F$, lo que origina una distribución de momentos flectores frontales, tal y como se indica en la parte inferior de la citada figura. Podemos en ella observar, que en la zona entre apoyos, el momento flector toma un valor constante $= Fx.d$, siendo esta la única sollicitación existente y que corresponde a lo que se conoce como una flexión pura.

Recordemos que además de otras hipótesis, se cumplen:

- 1.- Hipótesis de Navier-Bernoulli: las secciones planas y perpendiculares a la directriz, permanecen planas después de la deformación y perpendiculares a la elástica de esta directriz.
- 2.- Ley de Hooke: relación proporcional entre tensiones y deformaciones.
- 3.- Las deformaciones se consideran pequeñas.

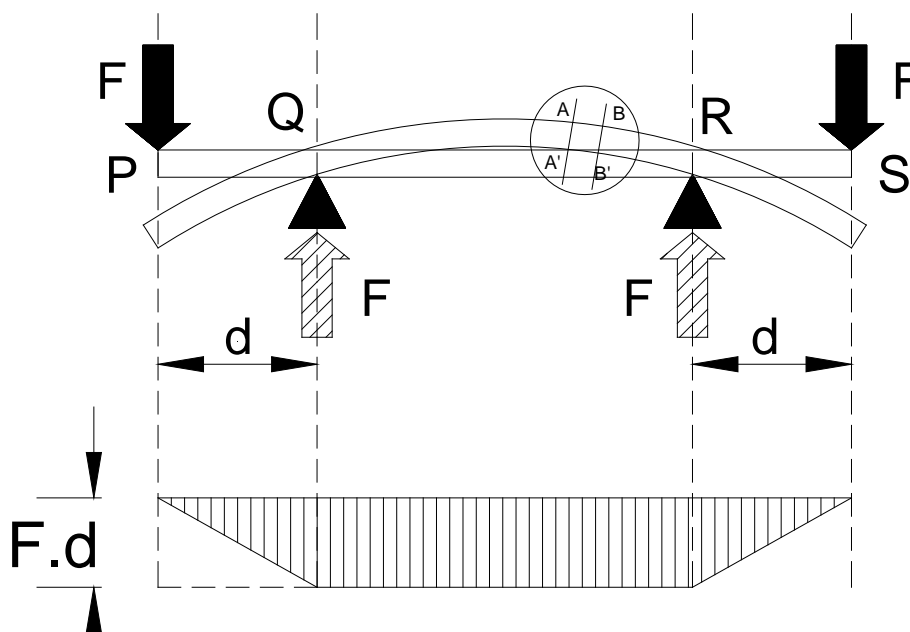


Figura 3.15: Ley de Momentos Flectores

Como consecuencia del sistema de fuerzas aplicadas, la barra flexa según se indica de la figura. Será objeto de nuestra atención la zona rodeada por un círculo y que puede verse ampliada en la figura 3.16.

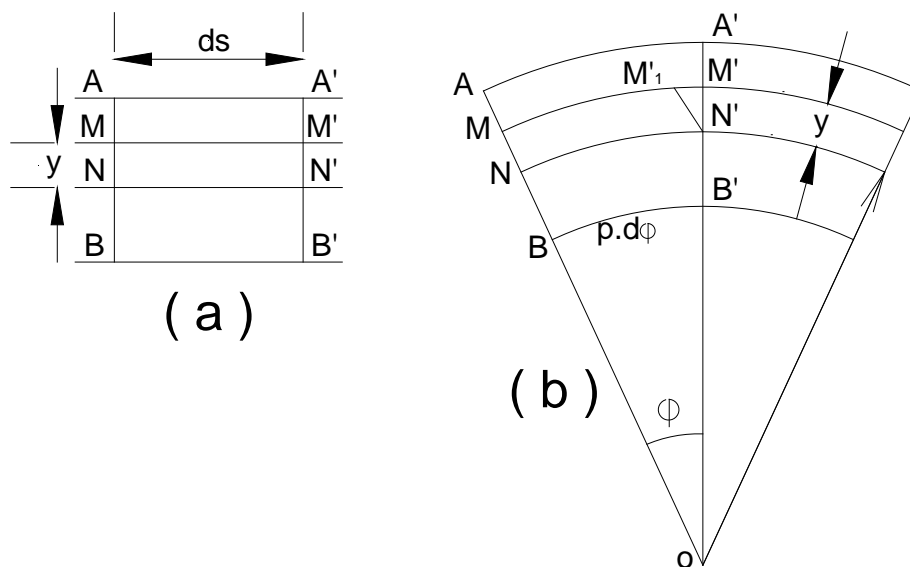


Figura 3.16: (a) Antes de la Deformación (b) Después de la deformación

En ella se representa un elemento diferencial (ds), a la izquierda un trozo de la barra sin deformar y a la derecha una vez deformada. Vemos que en la deformación, las fibras de la parte exterior (superior) se alargan y la parte inferior (inferior) se acortan. Esto nos indica que las líneas exteriores son traccionadas y las inferiores comprimidas. Entre las líneas AA' que se alarga y la BB' que se acorta, lógicamente existirá una, tal como la NN' que ni se alarga ni se acorta. Esta línea de alargamiento nulo es lo que conocemos como línea neutra, y que cuando se deforma tendrá un radio de curvatura que designaremos por ρ . Sea MM' una línea situada a una distancia (z) de NN' . Los triángulos (curvilíneos) ONN' y OMM' son semejantes, y por relaciones de semejanza podemos establecer:

$$\frac{MM'}{NN'} = \frac{\rho + Y}{\rho}$$

Y por una propiedad de las fracciones, también se puede expresar así:

$$\frac{MM' - NN'}{NN'} = \frac{\rho + Y - \rho}{\rho} = \frac{Y}{\rho}$$

Siendo $MM' - NN' = M_1'M'$ el alargamiento de MM'

$NN' = AA' = ds$, por estar en la línea neutra

$\left(\frac{M_1'M'}{NN'}\right)$ es por definición el alargamiento unitario $=\varepsilon$

Resultando la importante relación:

$$\varepsilon = \frac{Y}{\rho}$$

Que puede expresarse con otras expresiones equivalentes:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{\varepsilon}{Y} \text{ o bien } \rho = \frac{Y}{\varepsilon}$$

Si aplicamos la ley de Hooke: $\sigma = E \cdot \varepsilon$ obtenemos:

$$\frac{\sigma}{E} = \varepsilon = \frac{Y}{\rho}$$

Que explicitando σ , nos lleva a la ecuación

$$\sigma = \left(\frac{Y}{\rho}\right) \cdot E \quad (1)$$

Si ahora tomamos momento respecto a la fibra neutra de todas las fuerzas elementales que actúan sobre la sección transversal, el resultado es el momento de las fuerzas frontales, y esto es por definición precisamente M . lo cual podemos expresar así:

$$\int \sigma \cdot Y \cdot d\Omega = M$$

Y sustituyendo el valor de δ expresado por (1)

$$\int \left(\frac{YE}{\rho}\right) \cdot Y \cdot d\Omega = M$$

que siendo E y ρ constantes, podemos poner:

$$\left(\frac{E}{\rho}\right) \int Y^2 d\Omega = M$$

La expresión $\int Y^2 d\Omega$ corresponde al momento de inercia de la sección transversal Ω

$$\int Y^2 d\Omega = I$$

Quedando:

$$\frac{EI}{\rho} = M$$

$$\frac{1}{\rho} = M/EI = \text{curvatura de la deformada}$$

Resultando: la curvatura de la deformada, es directamente proporcional al momento flector e inversamente proporcional a la rigidez (EI). La rigidez es el producto de dos factores, uno I que depende de la geometría de la sección, y el otro E, que depende del material.

Sustituyendo el valor del radio de curvatura hallada (ρ) en la formula (1), obtenemos:

$$\sigma = \left(\frac{Y}{\rho}\right) \cdot E = M \cdot Y/I$$

Resultando la conocida **formula de Navier** que nos determina la tensión en cualquier punto de una sección transversal sometida a flexión, y que podemos expresar de esta otra manera:

$$\sigma = \left(\frac{M}{I}\right) \cdot Y \quad (2)$$

Que si se aplica al punto más alejado de la fibra neutra, obtenemos la máxima tensión que se produce sobre esa sección transversal:

$$\sigma_{max} = M / \left(\frac{I}{Y_{max}}\right)$$

A la expresión:

$$W_r = I / Y_{max}$$

Es lo que se conoce como **Modulo Resistente**.

Tal como se representa en la figura 3.17, un modelo simplificado de un buque, correspondería con el de viga hueca, pero por simplicidad suponemos con forma de un prisma recto, pero cuyos espesores de pared resultan diferentes en cubierta, fondo y costados (pero iguales en ambos costados). Los mayores espesores de fondo en un buque, son causa que la línea neutra se situé por debajo de la línea del semipuntal.

Por razones relacionadas con el buque en olas, sobre las que se tratara posteriormente, en los buques siempre se determinan los módulos en la cubierta y en el fondo (quilla), en lugar del módulo correspondiente a la fibra más alejada de la línea neutra y que es la más solicitada.

$$W_{cubierta} = \left(\frac{I}{Y_{max}}\right)_{cubierta}$$

$$W_{fondo} = \left(\frac{I}{Y_{max}}\right)_{quilla}$$

Si deseamos calcular el esfuerzo de flexión que actúan sobre un área determinada (α), lo expresaremos así:

$$F_{\alpha} = \int_{\alpha} \sigma \cdot d\Omega = \int_{\alpha} \left(\frac{Y}{\rho}\right) E \cdot d\Omega = E/\rho \int_{\alpha} Y \cdot d\Omega$$

Que si lo aplicamos a toda la sección transversal, deberá dar la resultante general de las solicitaciones frontales, y como es una flexión pura, esta tiene que ser igual a cero. Y puesto que E no es nulo, y ρ es un número finito, para que este valor sea nulo tiene que serlo:

$$\int_{\Omega} Y \cdot d\Omega = 0$$

Lo que demuestra que la línea neutra es una recta NN' tal, que el momento estático del area transversal respecto de la misma es nulo, y por tanto NN' es una recta que pasa por el centro de gravedad de esa área.

Cuando se está tratando con una pieza cuya sección transversal es maciza, toda la sección es resistente, pero en el caso de los buques, esto no es así, se asemeja como se indico a una viga hueca, y el área resistente será la envolvente con sus correspondientes refuerzos longitudinales. Teniendo en cuenta que en un buque real pueden existir otros diafragmas horizontales (cubiertas) o verticales (mamparos longitudinales) que pueden reforzar a esta viga longitudinalmente y que si esto fuese así, habría que tenerlos en cuenta por su participación resistente a la flexión longitudinal del buque.

Observando la figura 3.17 vemos que en parte situada por encima de la línea neutra, el área Ω es la zona comprimida, se supone que el momento flector es positivo, mientras que la parte inferior, el área Ω' , corresponde a la zona traccionada. La resultante de todas las fuerzas de compresión, resulta ser:

$$R_C = \int_{\Omega} \sigma \cdot d\Omega = \int_{\Omega} \left(\frac{Mf}{I}\right) \cdot Y \cdot d\Omega = \left(\frac{Mf}{I}\right) \int_{\Omega} Y \cdot d\Omega$$

Pero $\int_{\Omega} Y \cdot d\Omega$ es el momento estatico del area Ω , respecto a nn' , y que expresamos por $E_{nn'}^{\Omega}$, quedando asi:

$$R_C = \left(\frac{Mf}{I}\right) \cdot E_{nn'}^{\Omega}$$

Repitiendo el razonamiento para el área traccionada:

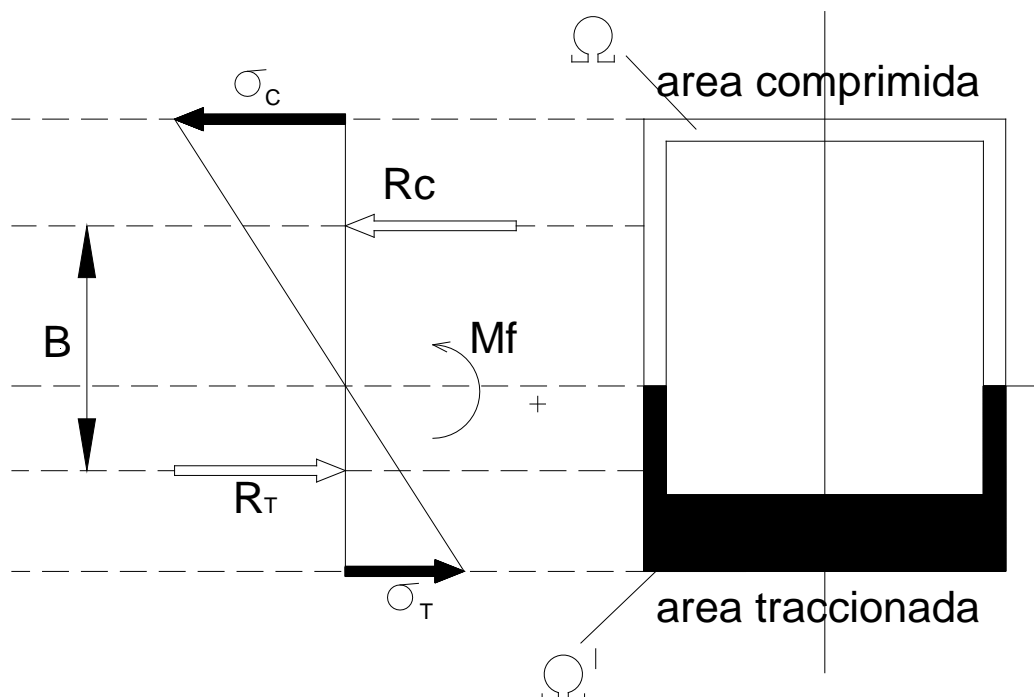


Figura 3.17: Módulos Resistentes

$$R_T = \int_{\Omega'} \sigma \cdot d\Omega' = \int_{\Omega'} \left(\frac{Mf}{I}\right) \cdot Y \cdot d\Omega' = \left(\frac{Mf}{I}\right) \int_{\Omega'} Y \cdot d\Omega'$$

$$R_T = \left(\frac{Mf}{I}\right) \cdot E_{nn'}^{\Omega'}$$

El momento estático de área total respecto de la línea neutra, es la suma de los momentos estáticos de las de las áreas Ω y Ω' , y como este es nulo, se cumple:

$$E_{nn'}^{\Omega} + E_{nn'}^{\Omega'} = 0$$

Y por tanto se cumple:

$$R_C + R_T = \left(\frac{Mf}{I}\right) (E_{nn'}^{\Omega} + E_{nn'}^{\Omega'}) = 0$$

O sea: $R_C = -R_T = R$

Cada uno de estas resultantes tiene su punto de aplicación, en el caso del área comprimida (Ω) es C, y en el del área traccionada (Ω') es T. cumpliéndose que:

$$R \cdot B = Mf$$

A $CT=B$ es lo que se conoce como brazo mecánico

Si queremos determinar la ordenada de los puntos C y T, lo haremos así:

a) Área comprimida:

$$R_C \cdot z_C = \int_{\Omega} \sigma \cdot Y \cdot d\Omega = \int_{\Omega} \left(\frac{Mf}{I}\right) \cdot Y \cdot Y \cdot d\Omega = \left(\frac{Mf}{I}\right) \int_{\Omega} Y^2 d\Omega$$

$$R_C \cdot z_C = \left(\frac{Mf}{I}\right) \cdot I_{nn'}^{\Omega}$$

Sustituyendo el valor de R_C , queda:

$$\left(\frac{Mf}{I}\right) \cdot E_{nn'}^{\Omega} \cdot z_C = \left(\frac{Mf}{I}\right) \cdot I_{nn'}^{\Omega}$$

$$z_C = \frac{I_{nn'}^{\Omega}}{E_{nn'}^{\Omega}}$$

b) Área traccionada:

Repitiendo cálculos obtenemos el siguiente resultado:

$$z_T = \frac{I_{nn'}^{\Omega'}}{E_{nn'}^{\Omega'}}$$

Expresando el brazo mecánico:

$$B = CT = z_C + z_T = \frac{I_{nn'}^{\Omega}}{E_{nn'}^{\Omega}} + \frac{I_{nn'}^{\Omega'}}{E_{nn'}^{\Omega'}}$$

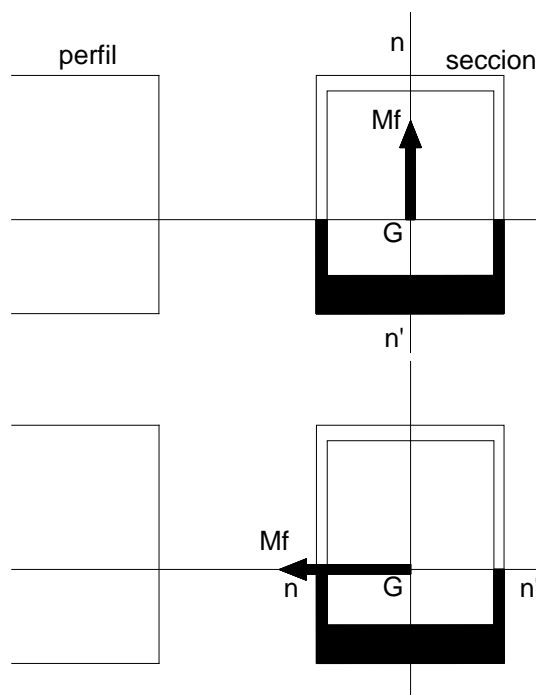


Figura 3.18: Momento Flector

Si el eje de momento flector, coincide con una de los ejes centrales de inercia, como en el caso indicado en la figura 3.18, las líneas neutras correspondientes también coinciden con dicho eje. Pero en el caso de que el eje tenga otra dirección

cualquiera, puede descomponerse en dos flexiones (flexión doble) y en tal caso la ecuación de la línea neutra es:

$$\left(\frac{M_{fx}}{I_{xx'}}\right) \cdot z + \left(\frac{M_{fy}}{I_{yy'}}\right) \cdot y = 0$$

Ampliando lo expuesto, podemos enunciar, que cuando el momento flector actúa sobre el eje (e), (véase figura 3.19), y este no es coincidente con uno de los ejes centrales de inercia, se verifica que la línea neutra es una recta tal, que tiene la propiedad siguiente: el producto de inercia respecto a las rectas (a) y (nn') es nulo. A la recta (a) perpendicular al eje (e) se le llama línea de ataque.

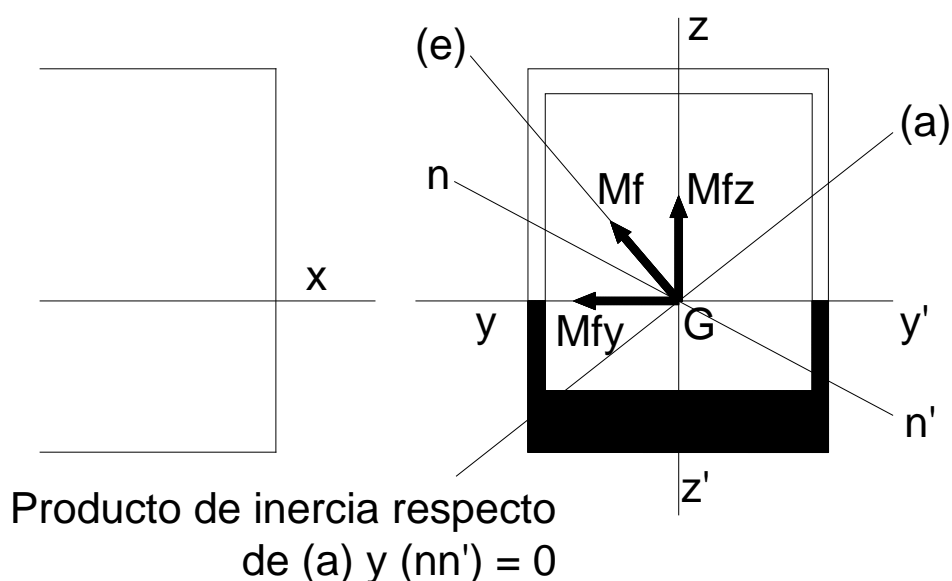


Figura 3.19: Momento Flector

3.1.4.2 Fuerza Cortante

Hasta aquí hemos expuesto diferentes cuestiones todas ellas relacionadas con la participación del momento de flexión en la resistencia longitudinal de los buques,

pero no mencionamos nada en relación con el esfuerzo cortante, que también tiene una influencia importante.

Sabemos que el esfuerzo cortante de lugar a tensiones en el mismo plano del esfuerzo, y que se denominan tensiones tangenciales. Por razones pedagógicas, volvemos a recurrir al cajón paralelepipedico.

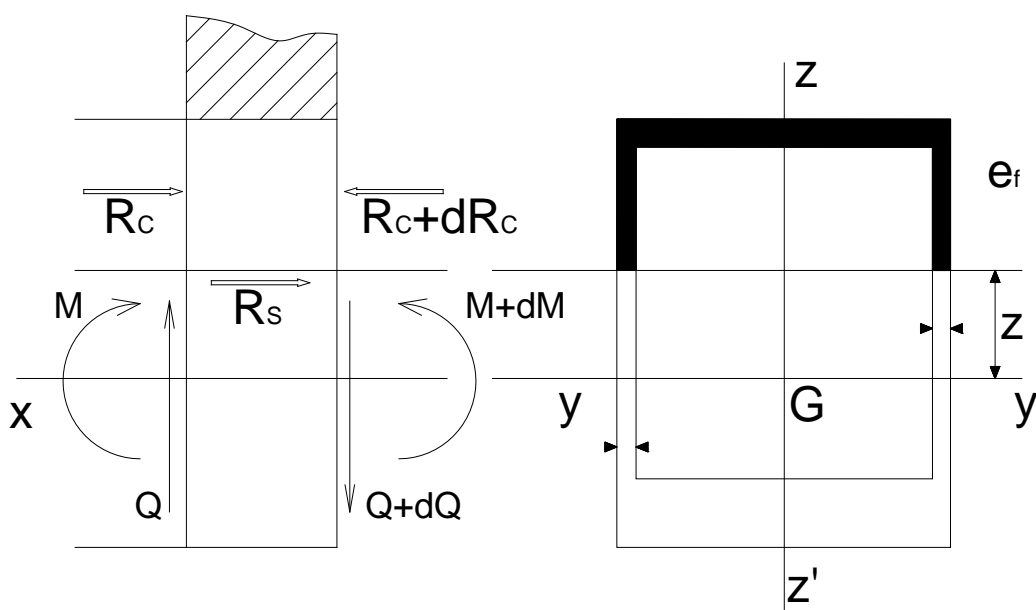


Figura 3.20: Fuerzas Cortantes

En la figura 3.20, puede verse una rebanada elemental correspondiente a ese flotador, comprendida entre una sección genérica en P y otra infinitamente próxima en N, sea dx su longitud. Esta rebanada está sometida en su cara dorsal a la acción de un momento flector M , y a una fuerza cortante Q . ambas sollicitaciones están como se recordara originadas por las leyes de pesos y empujes actuando sobre el flotador en aguas tranquilas. Si ahora esa rebanada la cortamos horizontalmente y por encima de su línea neutra por un plano horizontal a una altura tal como z , podemos observar que sobre el trozo de rebanada así obtenido (zona punteada), actúan las siguientes fuerzas:

Una fuerza de compresión R_c sobre la cara dorsal.

Una fuerza rasante R_s en la línea de corte horizontal.

Una fuerza de compresión $R_c + dR_c$ en la cara frontal.

La ley de cargas actuantes sobre el trozo dx de rebanada.

El valor de R_c , resultante de las fuerzas de compresión sobre un área Ω , se determino anteriormente y es:

$$R_c = \left(\frac{M}{I}\right) \cdot E_{yy'} \Omega$$

Si ahora plateamos el equilibrio en la dirección (x), nos queda:

$$R_c - R_c - dR_c + R_s = 0$$

Que como es I constante (caso del paralelepípedo)

$$R_s = dR_c = \frac{\left(\frac{dM}{dx}\right) \cdot E_{yy'} \Omega}{I_{yy'}} \cdot dx$$

Expresión que nos da el valor de la fuerza rasante, sobre un elemento de longitud dx .

Si ahora queremos determinar la tensión rasante, dividiremos esta fuerza por el área sobre la cual actúa:

$$\tau_x = \frac{R_s}{(2e_f) \cdot dx} = \frac{\left(\frac{dM}{dx}\right) \cdot E_{yy'} \Omega}{(2e_f) \cdot dx \cdot I_{yy'}} \cdot dx = \frac{\left(\frac{dM}{dx}\right) \cdot E_{yy'} \Omega}{(2e_f) \cdot I_{yy'}}$$

Como se sabe que $\tau_x = \tau_z$, y $dM/dx = Q$

La formula anterior toma la forma

$$\tau_z = \frac{Q \cdot E_{yy'}^\Omega}{(2e_f) \cdot I_{yy'}}$$

Que es la fórmula de Zhuravski para la viga-buque, en la que $I_{yy'}$, es el momento de inercia de toda la sección transversal resistente y e_f el espesor del forro en el costado en el punto (z) donde se está determinando la tensión tangencial.

Si a la viga-buque, le vamos dando secciones paralelas a la línea neutra (yy'), como las que se indican en la figura 3.21, vemos que para la sección indicada en la figura como (a), $\tau = 0$, puesto que $E_{yy'}^\Omega$, para $z = b/2$ es cero. Para una sección como la indicada por (b), $E_{yy'}^\Omega$, es una cantidad pequeña, debido a que el area pequeña, y además el denominador de la formula de Zhuravski tensión tangencial τ muy pequeña.

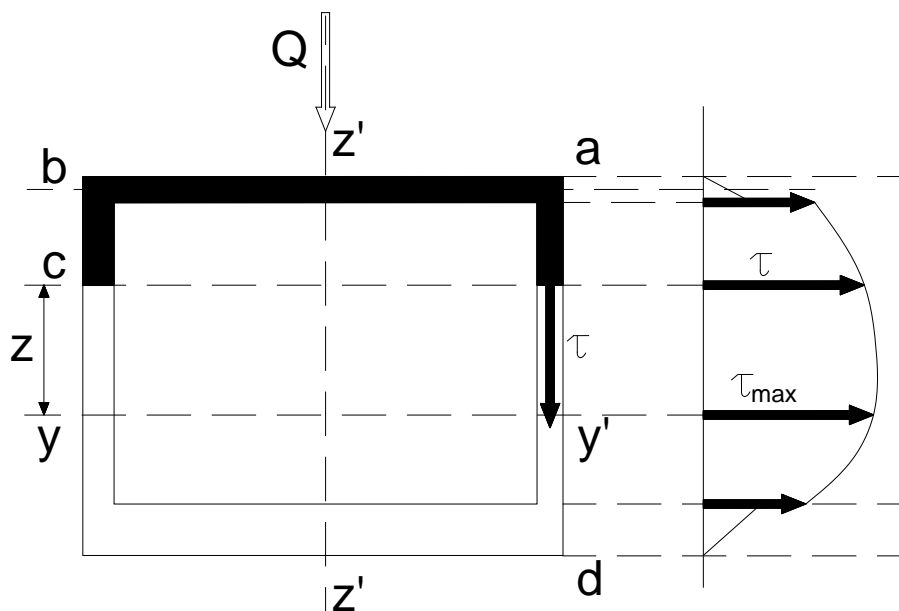


Figura 3.21: Tensiones Tangenciales

Cuando se pasa el trancañil, se produce una variación muy importante en el denominador de la formula anterior, se pasa de dos veces la manga a dos veces el espesor del forro exterior, con lo cual las tensiones tangenciales tienen un incremento brusco, tal y como se indica en la figura 3.21. Por el costado y hasta alcanzar la línea neutra la distribución es parabólica, y es en la línea neutra donde la tensión tangencial alcanza su valor máximo, puesto que en esa posición $E_{yy'}^{\Omega}$ toma su mayor valor.

$$\tau_{max} = \frac{Q \cdot E_{yy'}^{\Omega}}{(2e_f) \cdot I_{yy'}}$$

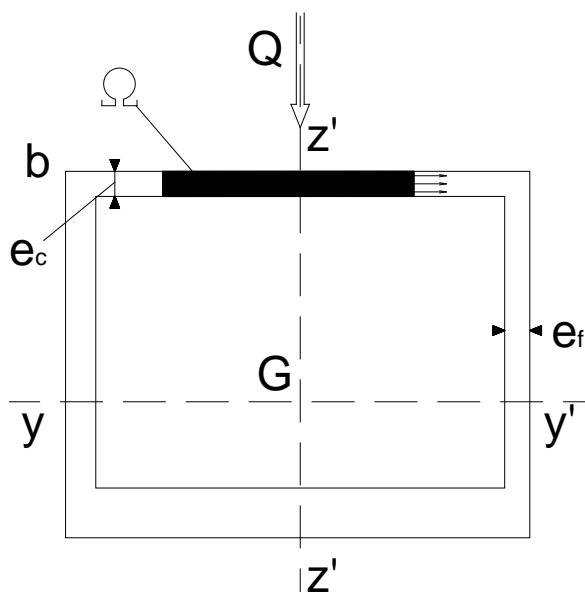


Figura 3.22: Tensiones Horizontales

De una forma similar a como fuimos dando las secciones horizontales (a) (b), etc, podemos dar secciones en el sentido vertical, y así si damos un corte por la cubierta como se indica la figura 3.22, las tensiones horizontales son:

$$\tau_{\square oriz.} = \frac{Q \cdot E_{yy'}}{(2e_c) \cdot I_{yy'}}$$

resultando una distribución de tensiones tangenciales según se ve en la figura 3.23 que si despreciamos el pequeño valor de las tensiones tangenciales horizontales, en la zona del trancañil (cubierta y forro), nos queda una distribución de tensiones tangenciales tal y como se indican en la figura 3.24. En ella se pueden ver unas flechas que nos indican la dirección correspondiente de las tensiones tangenciales. El sentido de estas tensiones sigue el siguiente criterio, si la fuerza cortante es positiva (hacia abajo como se indica en el grafico), las flechas fluyen del punto de crujía en la cubierta y se dirigen hacia la quilla por el costado. Si la fuerza cortante en la sección bajo estudio, fuese negativa (hacia arriba), entonces el flujo de las flechas es en dirección contraria, de quilla a cubierta.

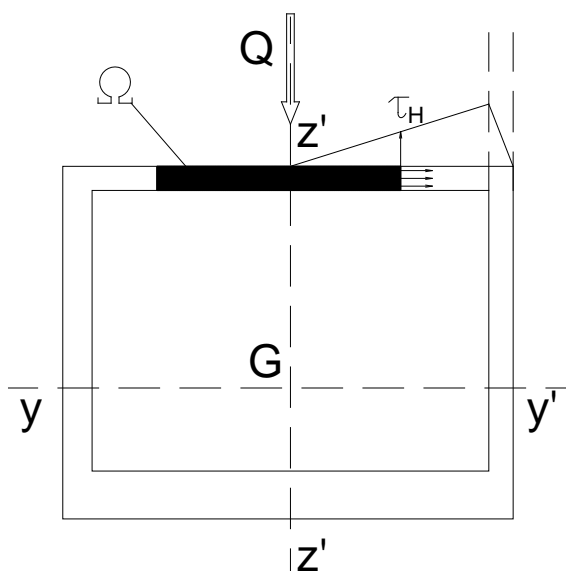


Figura 3.23: Distribución de Tensiones Tangenciales

Es de notar que el único elemento resistente a fuerza cortante es la plancha de la envolvente: forro de cubierta, de costado, pantoque y fondo. También resulta claro

que en un buque como este sin ningún mamparo longitudinal, el esfuerzo cortante se concentra en ambos forros de costado.

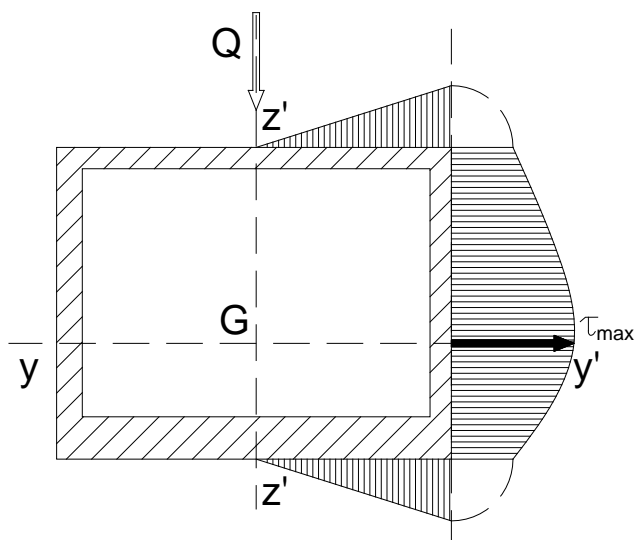


Figura 3.24: Distribución de Tensiones Tangenciales

En la figura 3.25 se muestra la distribución de tensiones tangenciales, correspondientes a la sección maestra de un buque de una sola cubierta.

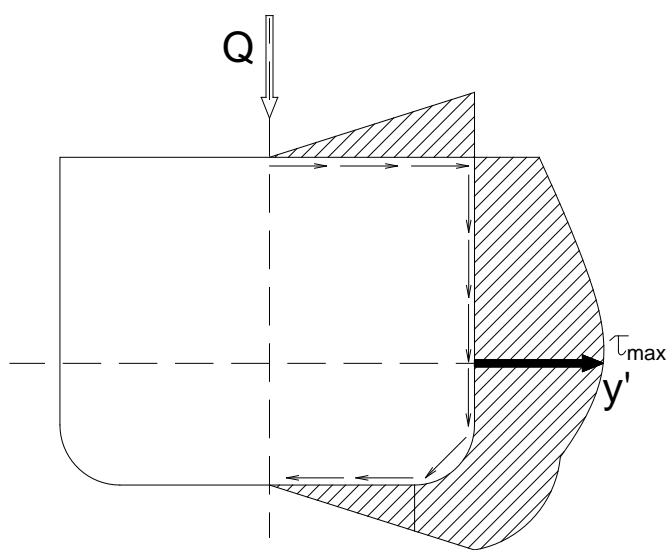


Figura 3.25: Distribución de Tensiones Tangenciales

3.1.5 Elementos Estructurales del Buque que Participan en la Resistencia Longitudinal

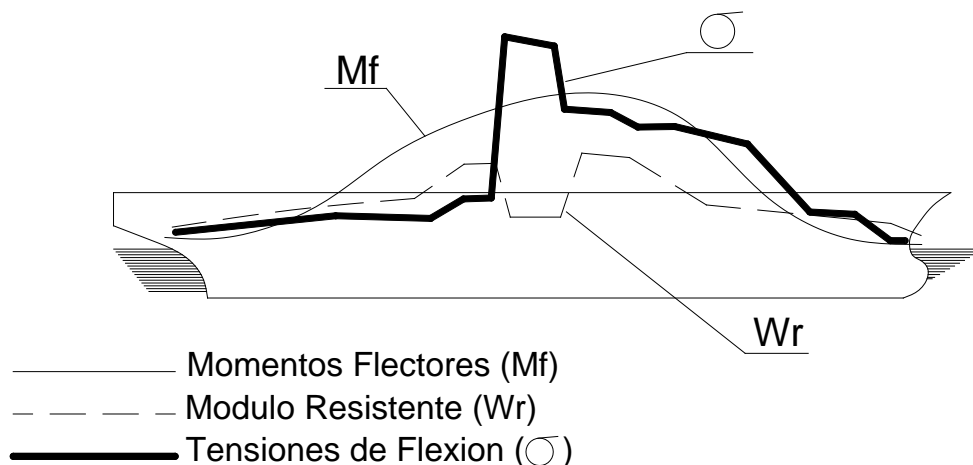


Figura 3.26: Diagrama del Momento Flector, Modulo Resistente y Tensión de Flexión

Hasta ahora estamos operando con un buque singular, un flotador paralelepipedico, que por su simplicidad constituye un buen modelo didáctico que nos ayuda en la clarificación de ciertos conceptos. Este modelo simple lo seguiremos utilizando, pero a medida que vayamos progresando en la asignatura, iremos contemplando a los buques en su realidad, con sus formas, cubiertas, mamparos, refuerzos, etc.

Si se emplea in criterio de tensiones para considerar la ecuación de la viga-buque, conviene que para cada condición de carga, se obtenga la curva de tensiones de trabajo (σ) a lo largo de la eslora, con valores para el fondo y la cubierta. Esto nos lleva a determinar las curvas de los módulos resistentes (Wr) a lo largo de la eslora (cubierta y fondo). Dividiendo las ordenadas de la curva de momentos flectores entre los correspondientes módulos resistentes, obtendríamos la curva de tensiones, en su distribución longitudinal. Los resultados obtenidos son tanto mas precisos cuantas mas secciones del buque se determinen. En la figura 3.26, se representa a estas curvas: las curvas de momentos flectores, módulos resistentes y

tensiones (estas dos últimas referidas a valores de la cubierta). Y esta operación debe repetirse para todas y cada una de las condiciones de carga que figuran en el manual de carga. Es evidente que el procedimiento aunque correcto, resulta engorroso, estando su mayor dificultad práctica, en la determinación de los módulos resistentes de las múltiples acciones del buque. Bien es cierto que hoy en día con el auxilio de la informática, se simplifica bastante la tarea.

Una vez que obtenemos los valores y distribución de las tensiones de flexión en los puntos más alejados de la fibra neutra (cubierta y fondo), podemos tomar decisiones en relación de los elementos cuyas tensiones de trabajo superan o bien resulten bajas en relación con las tensiones admisibles.

Un procedimiento alternativo al citado, consiste en usar un criterio de módulos resistentes. Criterio que usan todas las sociedades de clasificación.

Cuando se sigue un criterio de módulos resistentes, para determinar estos, es necesario definir previamente cuales son los elementos que constituyen y cuales no a la resistencia longitudinal. Las condiciones que los elementos estructurales deben cumplir para poder incluirse en el cálculo del módulo resistente, y ser considerados como efectivos en la resistencia longitudinal del buque. Estas condiciones son:

- 1.- Estar dispuestos en el buque en el sentido proa – popa.
- 2.- Tener una extensión en eslora importante.
- 3.- Ser continuo en el sentido longitudinal.
- 4.- Mantener un escantillón resistente.

La primera condición descarta una serie de elementos o sub – estructuras del buque: mamparos transversales, bulárcamas, varengas, cuadernas, puntales, etc.

Citemos en positivo, los componentes estructurales que si pueden ser incluidos:

Los envoltentes exterior: forro de costado, fondos y cubierta resistente, quilla, vagras, esloras, doble fondo, mamparos longitudinales, refuerzos longitudinales pertenecientes a cualquiera de los elementos longitudinales citados, etc.

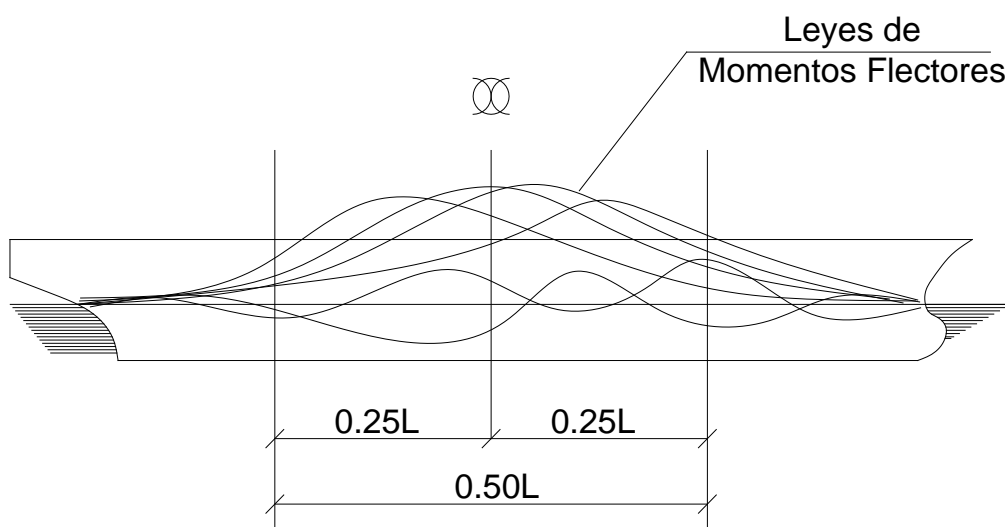


Figura 3.27: Leyes de Momentos Flectores

El segundo requerimiento impone una longitud mínima para que un componente, pueda ser considerado como contribuyente a la resistencia longitudinal. Una cubierta de superestructura al centro del buque que supere el 15% de la eslora y ocupe toda la manga es parcialmente efectiva. Pero superestructuras con extensiones menores o bien construcciones con menor manga no se consideran efectivas.

En la figura 3.27 se representa para un determinado buque las leyes de momentos flectores correspondientes a sus diferentes condiciones de carga, y podemos ver que los valores más elevados del momento flector se encuentran en el cuerpo central del buque.

La experiencia indica que en la mayoría de los casos esa zona esta entre el 35% de L y el 50% de L al centro del buque.

Todas las sociedades de clasificación fijan sus requerimientos en relación a esta cantidad en el 40% de L, lo que deja establecido desde el punto de vista de la clasificación, cual es la extensión y en qué lugar tiene que disponerse los elementos resistentes longitudinalmente activos: desde el 0.2L a popa de la maestra a 0.2L a proa de la misma. No obstante, estas mismas sociedades, también dejan una puerta abierta para tener un cuenta la posibilidad que pueda presentarse una sollicitación anormal fuera de la zona mencionada. Debe también aclararse, que no todos los buques tienen requerimientos de resistencia longitudinal, ya que los buques de menor eslora (inferior a 40 m), suelen carecer de exigencias de este tipo.

En relación con la tercera condición, esta expresa que no resulta admisible una interrupción de cualquier elemento longitudinalmente activo, ya que una discontinuidad haría que en la discontinuidad (interrupción) funcionase como una rotula, resultando inhábil a la acción del momento flector. Debe tenerse en cuenta que una interrupción no siempre tiene porque ser física, así el cruce de cualquier elemento estructural, que corta a un refuerzo longitudinal (aunque su unión se realice por soldadura), se considera como una falta de continuidad, ya que se produce una discontinuidad, en las características del material. Por tal razón los refuerzos longitudinales efectivos, cuando pasan a través de un mamparo transversal estanco, y con el fin de conseguir la estanqueidad sin producir esta interrupción, se recurre al artificio de las corbatas estancas. Como ejemplo d una subestructura del buque que no contribuye a la resistencia longitudinal debido a su interrupción física, podemos citar la zona de cubierta que queda entre las escotillas

de carga. En el caso de buques con pequeñas escotillas (petroleros) se establece que se puede considerar la plancha de cubierta intacta, si la pérdida de área de cubierta no es superior al 2% de la misma.

La cuarta condición se refiere al hecho de que si consideramos a un elemento como contributivo con un determinado escantillón o espesor, este debe mantenerse al menos en la zona que es establezca como de esfuerzos elevados, en el 40% de L al centro del buque.

En la figura 3.28 y 3.29, referidas a distintos tipos de buques, se indican con línea gruesa los elementos que contribuyen a la resistencia longitudinal.

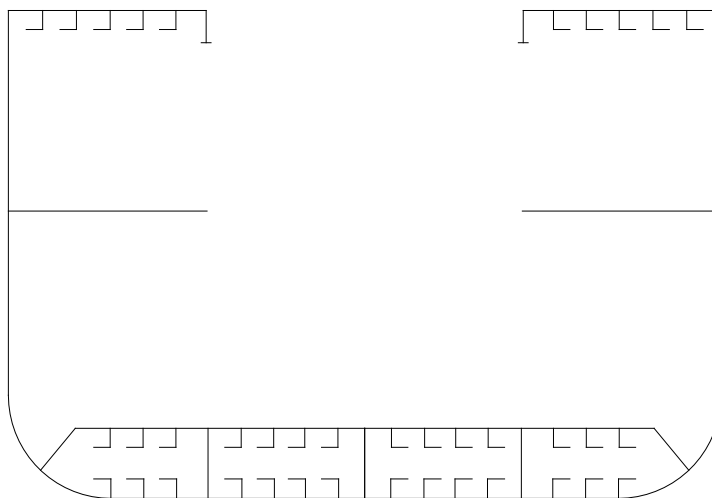


Figura 3.28: Buque de Carga General

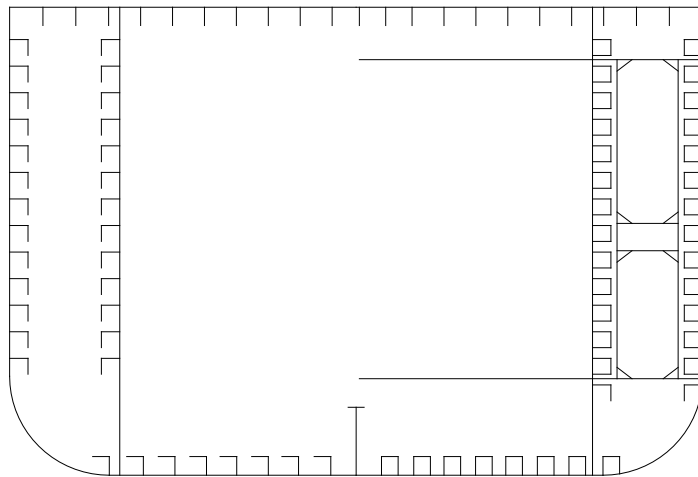


Figura 3.29: Buque Petrolero sin Doble Fondo

3.2 RESISTENCIA LONGITUDINAL DEL BUQUE EN OLAS

Una de las condiciones del océano que más afectan a los buques es el oleaje. La superficie de la mar presenta una gran variabilidad y en pocas horas puede pasar del estado de calma total al de agitación extrema en un temporal. La situación de aguas tranquilas constituye realmente una excepción, siendo frecuente que mares y océanos presenten algún nivel de olas. Desde hace tiempo que marinos y meteorólogos desarrollaron sus propias clasificaciones para definir los diferentes estados de la mar y los del viento en el mar. Tales clasificaciones se muestran en la figura 3.30 y 3.31.

Anteriormente se indicó que los buques deben analizarse en una situación que resulte lo más próxima a la realidad. Si en el capítulo anterior se efectuó el estudio de la flexión longitudinal del buque en un mar en calma, ahora se realizara en un mar con olas. El arquitecto naval cuando proyecta o decide cualquier aspecto

estructural del buque, debe situar mentalmente a este en un temporal, evitando influenciarse por una imagen apacible de la mar.

Si se observa con atención y durante cierto tiempo la superficie de la mar, se concluye que su aspecto además de ser cambiante nos resulta bastante confuso, dando la sensación que los movimientos de su superficie son irrepetibles. Realmente lo que estamos expresando es que sus movimientos no responden a un patrón de comportamiento estable.

Es un hecho conocido que las olas son originadas por la acción del viento. Unas veces el viento es coincidente con el oleaje en tiempo y espacio, mientras que en otras ocasiones el viento actuando en una zona remota provoca un estado de oleaje, y las olas que ahí se generan viajando a través del océano llegan a manifestarse en un lugar diferente al de su origen, en el que incluso puede no existir viento. A este estado de la mar activa pero sin viento presente, es lo que se conoce como mar de fondo, mar de leva o marejada. El sistema de transmisión de la energía del viento a la mar es hasta el momento desconocido, pero está probado que cuando el viento perturba la superficie de la mar, la intensidad de la perturbación depende de los siguientes factores:

- a) Velocidad del viento.
- b) Periodo de tiempo durante el cual el viento actúa.
- c) La extensión de la zona sobre la que sopla el viento, conocida como ``fetch``.

CODIGO	DENOMINACION	VELOCIDAD (m/s)
0	CALMA	0.2
1	VENTONILA	1.1
2	FLOJITO	2.5
3	FLOJO	4.3
4	BONANCIBLE	6.3
5	FRESQUITO	8.6
6	FRESCO	11.1
7	FRESCACHON	13.8
8	DURO	16.7
9	MUY DURO	19.9
10	TEMPORAL	23.3
11	BORRASCA	27.1
12	HURACAN	29.0

Figura 3.30: Código de Vientos según la Escala Beaufort

CODIGO	DENOMINACION	ALTURA DE OLA (m)
0	CALMA	0
1	RIZADA	0 - 0.1
2	MAREJADILLA	0.1 - 0.5
3	MAREJADA	0.5 - 1.25
4	FUERTE MAREJADA	1.25 - 2.5
5	MAR GRUESA	2.5 - 4.0
6	MUY GRUESA	4.0 - 6.0
7	ARBOLADA	6.0 - 9.0
8	MONTAÑOSA	9.0 - 14
9	ENORME	MAS DE 14

Figura 3.31: Código de Estados de la Mar

Estos factores no son los únicos, influyendo también otras circunstancias de segundo orden tales como:

d) La profundidad del mar.

e) Las mareas.

f) Los contornos de los cortes.

Durante años fueron numerosos los intentos realizados para encontrar una definición matemática de la superficie agitada de la mar, pero no fue hasta fechas recientes cuando se alcanzó tal posibilidad. Lo que se logró al aplicar métodos estadísticos a grandes series de observaciones efectuadas a la mar, llegándose a establecer unos modelos matemáticos de comportamiento que hoy permiten realizar estimaciones con elevada fiabilidad.

3.2.1 Olas Regulares e Irregulares.

Históricamente el desarrollo de la teoría de olas se inició empleando unas funciones matemáticas simples, cuya representación gráfica podía aproximarse a la forma general de las olas. Estas olas denominadas regulares, son funciones bidimensionales que se prolongan indefinidamente en la tercera dimensión. Es lo que se conoce como ondas de crestas prolongadas u olas regulares (figura 3.32). El modelo de olas regulares se corresponde con el de la superficie cilíndrica engendrada por una generatriz recta que se apoya en una curva con ondulaciones periódicas. La denominación de regulares obedece al hecho que son olas que no modifican su patrón con el tiempo, siendo la dirección de la prolongación perpendicular a la recta generatriz.

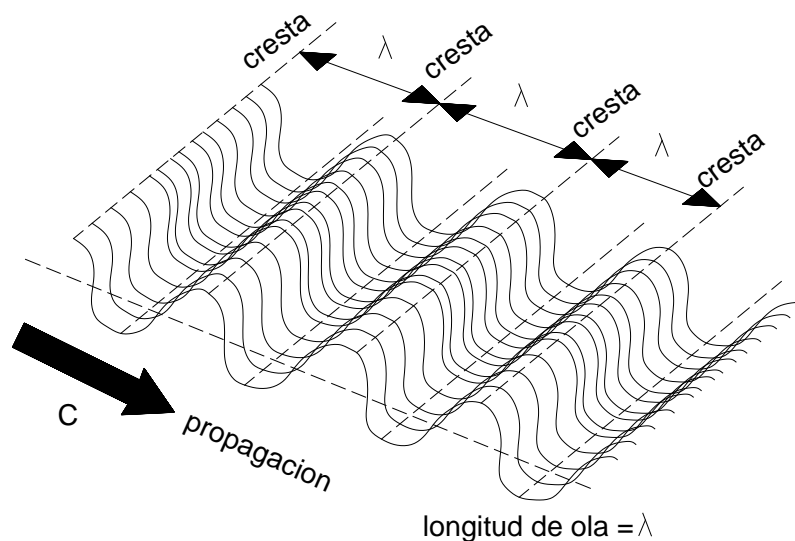


Figura 3.32: Olas Regulares

Las olas regulares son una idealización que resulta un tanto alejada de la realidad. Sin embargo serán objeto de atención y estudio, ya que constituyen la base de otros tipo de olas, las denominadas olas irregulares, con las que si se podrá crear unos modelos mucho mas ajustados a la realidad de la mar.

Dentro del grupo de olas regulares existen diferentes tipos: Airy, Stokes, ola solitaria, senoidal, etc, pero desde el punto de vista de la resistencia estructural de los buques, se consideraran bajo los siguientes aspectos:

La profundida del agua en la que se propagan.

El tipo de perfil de ola.

Según la profundidad del agua, las olas regulares se clasifican en:

Olas de aguas profundas ($d > \lambda/2$)

Olas de aguas intermedias ($(1/20)\lambda < d < \lambda/2$)

Olas de aguas someras ($d < (1/20)\lambda$)

Siendo:

λ = longitud de ola (distancia entre crestas inmediatas)

d= profundidad del agua.

Obviamente son las olas de aguas profundas aquellas que tienen un mayor interés desde el punto de vista de los buques.

Con respecto al perfil de ola, existen múltiples funciones que pueden definir a las olas regulares, las de mayor aplicación a los casos de unidades flotantes son:

- La ola troncoidal.

- La ola senoidal.

Ola Troncoidal:

La ola troncoidal fue la primera ola usada por los arquitectos navales con fines de proyecto, y concretamente para la realización de estudios de resistencia longitudinal en buques.

Es una ola geométrica cuyo perfil esta generado por un disco de radio (R) que gira sin deslizar sobre una recta N_0N , resultando el perfil de ola la trayectoria de un punto P perteneciente a este disco y situado a una distancia (r_0) del centro. Al disco se le supone una velocidad angular $w = d\theta/dt$. (Figura 3.33).

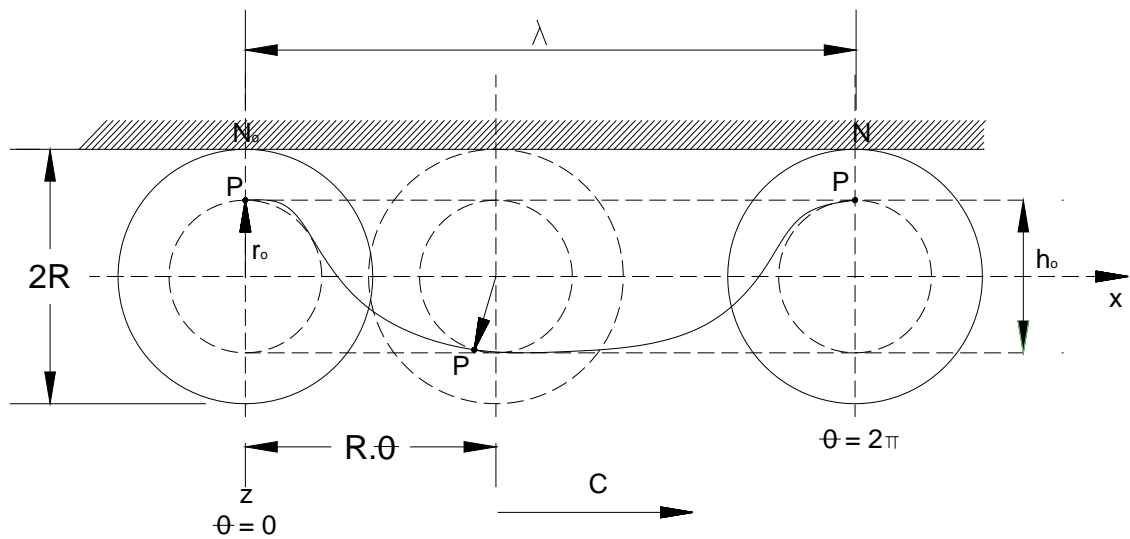


Figura 3.33: Ola Troncooidal

Se emplearan las siguientes denominaciones:

Altura de ola (altura cresta – seno) = $h_0 = 2r_0$

Longitud de ola = $\lambda = 2\pi R$

Las ecuaciones paramétricas de la ola troncooidal referidas a los ejes (x,z) de la figura 3.33, son:

$$x = \frac{\lambda \cdot \theta}{2\pi} - \frac{h_0 \cdot \text{sen}\theta}{2}$$

$$z = \frac{h_0}{2} \cdot \text{cos}\theta$$

Siendo θ el parámetro, y h_0 y λ las variables definitorias de la ola (altura y longitud).

Su representación puede verse en la figura 3.33, pudiendo apreciarse que se trata de una ola apuntada en las crestas y rebajada en los senos.

Para reducirla a una variable única (λ o h_0), se le asigno en un principio una relación entre su altura y su longitud dada por:

$$h_0 = \lambda/20$$

Que en años mas tarde y a propuesta de Lloyd's Register of Shipping, esta relación fue reconsiderada, y sustituida por:

$$h_0 = 1,1. \lambda^{0.5}$$

También se desarrollaron otras propuestas como la que presento Murray:

$$h_0 = 3,75. \lambda^{0.3}$$

Cualquiera de estas tres formulas se consideran validas, sin embargo cada una de ellas tiene una determinada banda de longitudes de ola en las que mejora su ajuste con la realidad de las mediciones.

El periodo T en función de la velocidad angular w esta expresada por:

$$T = 2\pi/w$$

Y la velocidad de propagación de la ola o celeridad (C) resulta:

$$C = \frac{\lambda}{T} = \frac{\lambda}{\frac{2\pi}{w}} = \lambda w / 2\pi$$

Resulta evidente que esta ola no es hidrodinámica, ya que no contiene ninguna condición relativa al fluido en el que se propaga (compresibilidad, densidad, viscosidad, etc.), para su definición se fijamos tan solo condiciones geométricas. Por tanto es una ola geométrica, que si deseamos referirla al mundo físico en el que

la fuerza de la gravedad es una dominante, es preciso incluirle los efectos que el campo gravitatorio ejerce sobre las partículas de agua, y relacionar las variables geométricas de la ola con la fuerza de la gravedad. Estas olas cuyas propiedades pasamos a considerar se denominan de olas de gravedad.

En la figura 3.34 se muestra en el punto P una partícula del fluido situada en la superficie de la mar, que suponemos en una ola troncoide, siendo el movimiento de esta partícula una rotación alrededor del punto P_0 , cuya velocidad es normal a P_0P y su valor es $= P_0P \cdot w$. la trocoide es perpendicular a P_0P . por otro lado la superficie de separación del aire y del mar es la isobara correspondiente a la presión atmosférica, y por tanto la resultante de ambas fuerzas, gravitatoria y centrífuga, tiene que ir según la dirección correspondiente a la normal a dicha isobara. En la misma figura se puede observar que los dos triángulos rayados, presentan semejanza geométrica, y por tanto cumple:

$$\frac{mg}{R} = \frac{mr_0w^2}{r_0}$$

$$w^2 = g/R$$

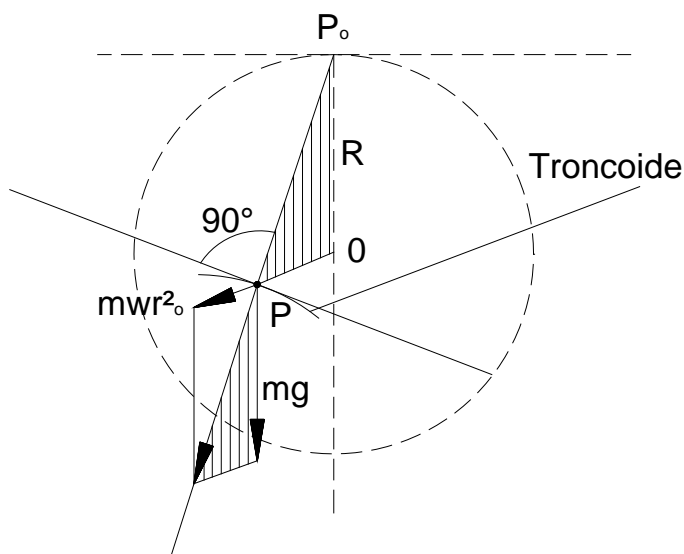


Figura 3.34: Movimiento de un punto en la Superficie del Mar

Y como $2\pi R = \lambda$, resulta $w^2 = 2\pi g/\lambda$

$$T^2 = 2\pi\lambda/g$$

Resultando la celeridad: $C^2 = g \cdot \lambda/2\pi$

También se puede demostrar que las partículas orbitan en círculos de radio (r), tal y como se indica en la figura 3.35. El círculo correspondiente a la superficie del mar, es de radio r_0 , el cual disminuye con la profundidad exponencialmente según la ley:

$$r = r_0 \cdot e^{-2\pi z/\lambda}$$

Que expresa matemáticamente la disminución del fenómeno del oleaje con la profundidad.

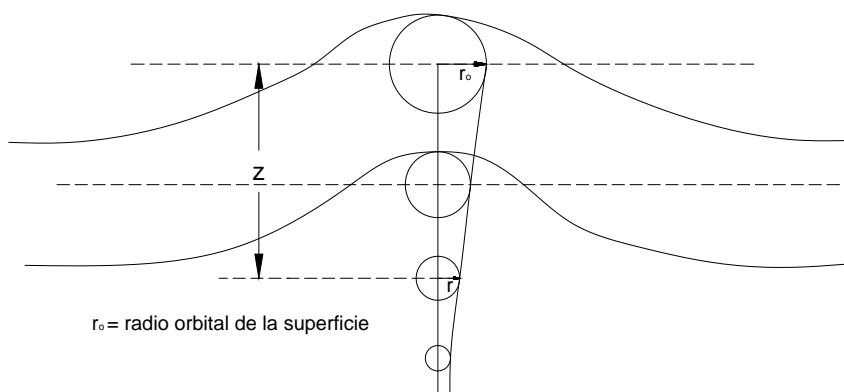


Figura 3.35: Radio Orbital en la Superficie

Ola Senoidal:

Esta ola tiene una expresión matemática más simple que la ola trocoidal, resultando por ello de más fácil manejo. Es una ola que tiene interés no solo como ola regular

aislada, sino también como una ola básica que sirve para la construcción de las olas irregulares.

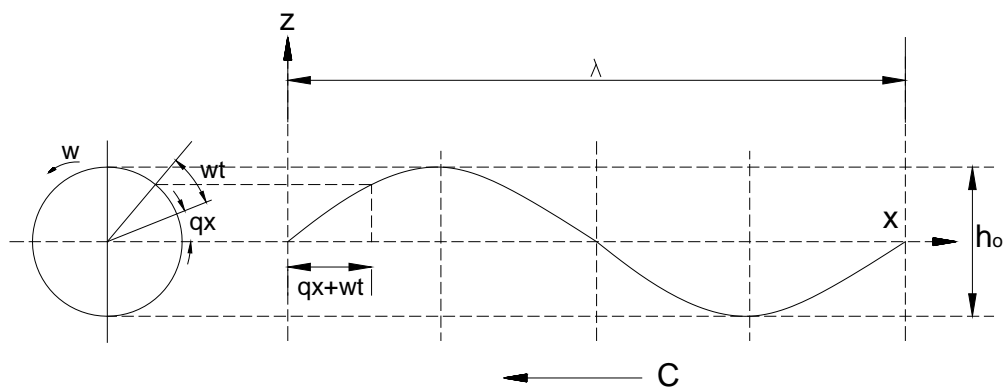


Figura 3.36: Ola Senoidal

Su ecuación es:

$$z = h_0/2 \cdot \text{sen} \left[\left(\frac{2\pi x}{\lambda} \right) + w \cdot t \right]$$

En la que:

h_0 = altura de ola = r_0

λ = longitud de ola

t = variable tiempo

x = variable de longitud, y qx = ángulo de fase

A la relación $2\pi/\lambda$ se le denomina número de ola, siendo $w = 2\pi/T$ la frecuencia de ola y $C = \lambda/T$ la celeridad.

Otros parámetros de este tipo de ola son:

$$T^2 = \frac{2\pi\lambda}{g}$$

$$w^2 = \frac{2\pi g}{\lambda}$$

$$c^2 = \frac{g\lambda}{2\pi}$$

Las partículas en este modelo de ola, al igual que en la ola troncooidal, se mueven en orbitas circulares cuyo radio disminuye con la profundidad (z) según la misma ley.

$$r = r_0 \cdot e^{-\left(\frac{2\pi z}{\lambda}\right)}$$

Esta ley se cumple para las olas de gravedad ya sean troncooidales o senoidales, y siempre que la profundidad de las aguas sean mayor que $\lambda/2$, es decir lo que se ha definido como olas de **aguas profundas**.

Cuando la profundidad es menor que $\lambda/2$, lo que sucede es que las orbitas de las partículas de agua en la ola, son elipses en lugar de círculos, y en este caso es el semieje vertical el que se reduce progresivamente con la profundidad, hasta el punto que a partir de cierta profundidad degenera en un segmento, resultando un movimiento de las partículas rectilíneo y oscilatorio, en el que su amplitud es el eje horizontal de la elipse, que se mantiene constante al variar la profundidad.

Así para una profundidad igual a la mitad de la longitud de ola, $z = (\lambda/2)$, se verifica

$$r = 0,02h_0 = 4\% \text{ de } r_0$$

Lo que nos da una indicación de la velocidad de reducción del radio orbital con la profundidad y consiguientemente la desaparición de los efectos de la superficie en la masa de agua del océano.

La presión hidrodinámica correspondiente a un punto situado a una profundidad (z) se puede calcular por la expresión:

$$p = \gamma \cdot r_0 \cdot e^{-\left(\frac{2\pi z}{\lambda}\right)} \cdot \text{sen} \left[\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right) + w \cdot t \right]$$

Siendo la energía por unidad de área = $\frac{\gamma \cdot h_0^2}{8}$

Es de destacar la relación existente entre la energía por unidad de área y la altura de la ola.

Olas Irregulares:

Estas olas formadas por una combinación de olas regulares permiten una representación más real del estado de la mar. Los parámetros de ola (h_w , λ , T, etc) son de naturaleza aleatoria y la herramienta adecuada para tratarlos es la estadística. La figura 3.37 presenta un perfil de ola, es como si hubiésemos obtenido una foto del perfil de ola correspondiente a ese instante. En ella se puede observar dos crestas y dos senos consecutivos, indicándose las alturas h_{w1} y h_{w2} . También se indican dos longitudes de ola como distancias entre dos intersecciones de la ola (de abajo – arriba) al cruzarse el perfil con la horizontal. En la Figura 3.38 se muestra un registro de alturas de ola, h_{w1} , h_{w2} , h_{w3} y los periodos, T_1 , T_2 , etc.

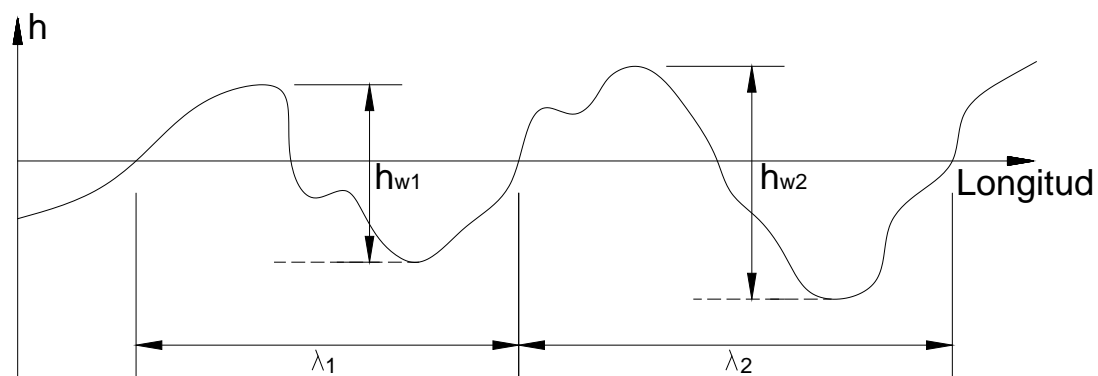


Figura 3.37: Perfil de Ola en un Instante

Si se aumenta la escala de tiempo, puede obtenerse más registros, supongamos por ejemplo 200, con la siguiente distribución:

ALTURAS (m)	N°	FRECUENCIA
0/1	6	$6/200 = 0.03$
1/2	12	$12/200 = 0.06$
2/3	23	$23/200 = 0.115$
3/4	47	$47/200 = 0.235$
.
.
.
9/10	11	$11/200 = 0.055$
10/11	5	$5/200 = 0.025$
11/12	3	$3/200 = 0.015$
	200	1.00

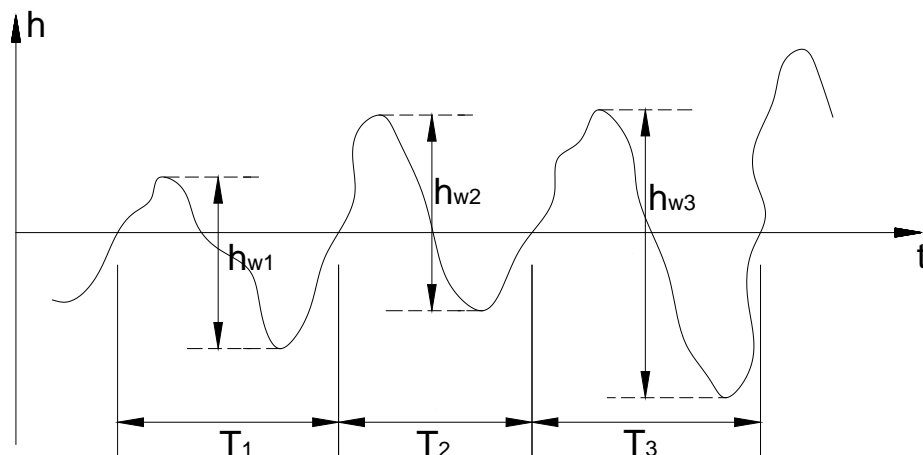


Figura 3.38: Registro de Altura de Ola – Tiempo

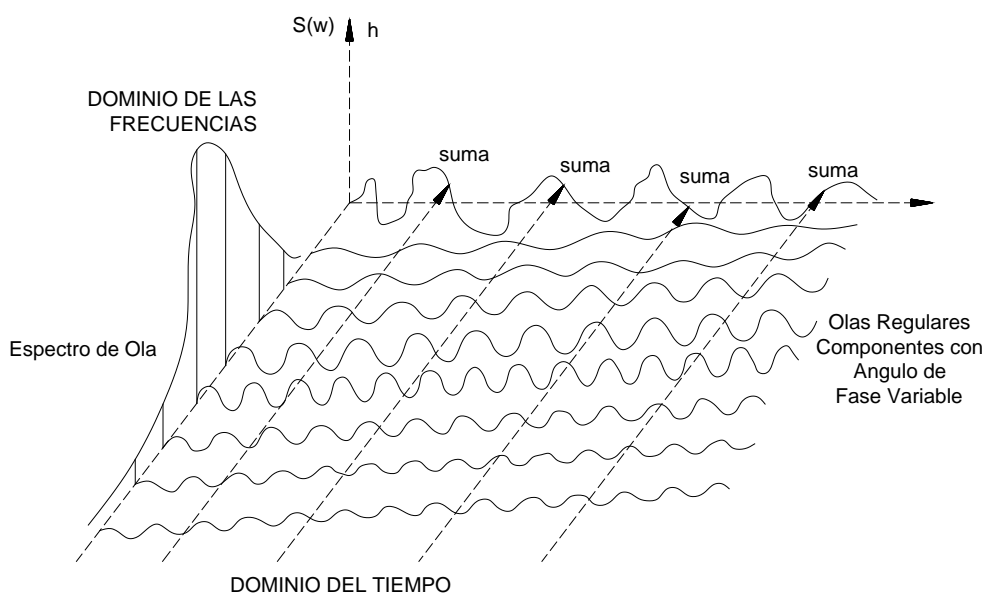


Figura 3.39: Dominio de la Energía por Unidad de Superficie

Si representamos las frecuencias en ordenadas y la altura de ola en abscisas, cuando el número de observaciones crece indefinidamente obtendríamos un gráfico como el de la figura 3.40. en dicha figura se indica la altura de ola más probable, la

altura de ola medio, y la altura de ola significativa (H_s) que es el valor medio del tercio de olas más altas.

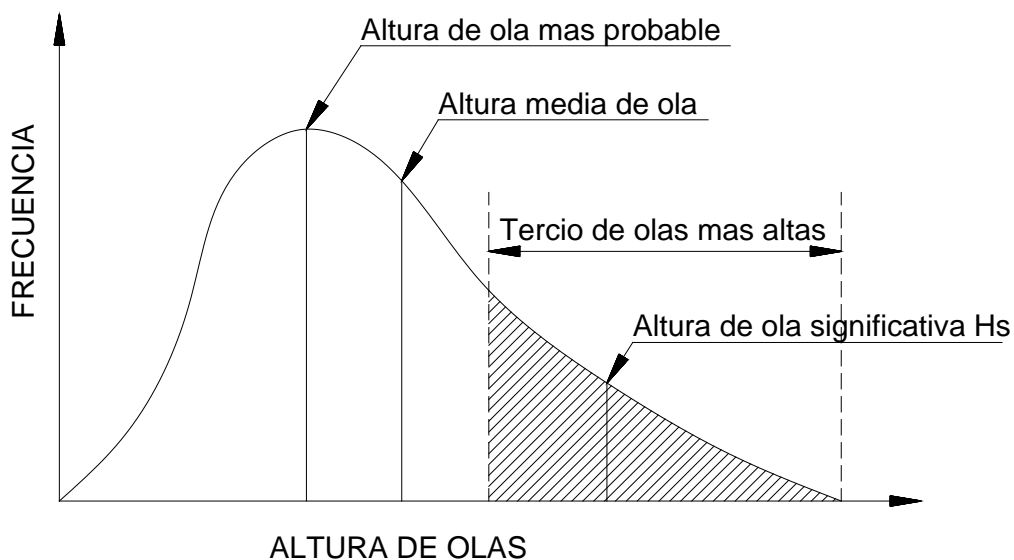


Figura 3.40: Altura de Olas

Si el gráfico anterior se hubiese realizado con periodos en lugar de altura de ola, al valor medio del periodo se le denomina periodo medio aparente (T).

La figura 3.39 representa un conjunto de olas regulares con ángulos de fase variables. Si se compone la altura de ola en un punto por combinación de olas componentes regulares sumando algebraicamente las alturas de ola, lo que se obtiene es la altura de la ola irregular correspondiente a ese punto, y si además lo hacemos en diferentes instantes (diferente t) se obtiene el gráfico plano indicado como dominio de la energía por unidad de superficie, que se corresponde con el de la figura 3.38.

3.2.2 El Buque en Equilibrio sobre la Ola

Un buque en el mar se encontrara a lo largo de su vida con olas de diferentes longitudes, diferentes alturas y provenientes de múltiples las direcciones. Con el fin de estudiar los efectos que las olas tienen sobre las sollicitaciones longitudinales, vamos a enunciar unas hipótesis simplificativas:

- 1.- Supondremos que las olas son regulares.
- 2.- Los trenes de olas avanzan en la dirección proa – popa del buque.
- 3.- Consideremos como ola más desfavorable para el buque, aquella que tiene una longitud (λ) igual a su eslora entre perpendiculares (L_{pp}).
- 4.- Supondremos al buque en equilibrio estático sobre la ola.

La elección de una ola regular obedece a una mayor facilidad expositiva y porque además facilita una mejor comprensión de las irregulares.

La segunda hipótesis, se justifica porque se elimina el momento de torsión y el momento de flexión resulta de mas fácil manejo, ya que solo queda reducido a una componente en la dirección babor/estribor, y que usualmente representamos abatida en el plano de crujía. También es la dirección más desfavorable, ya que en esa dirección la ola produce las mayores esfuerzos longitudinales.

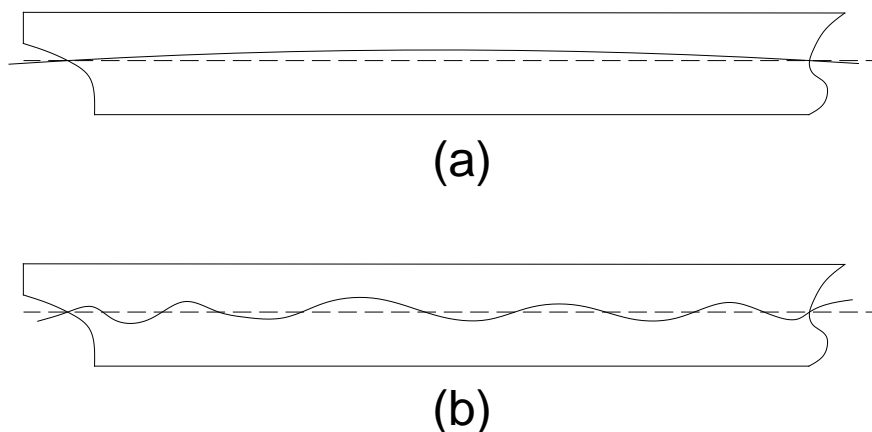


Figura 3.41: Longitudes de Olas

En cuanto a la tercera hipótesis, se puede indicar que si la longitud de ola es mucho mayor que la eslora del buque, la flotación del buque en esa ola se ve muy poco afectada en relación a la de aguas tranquilas, como se ve en la figura 3.41(a), por lo tanto el efecto de la ola sobre las solicitaciones es mínimo. Si por el contrario, la longitud de la ola es muy corta, el efecto sobre el momento flector tampoco es grande ya que la situación se aproxima a la de flotación en aguas tranquilas, como se ve en la figura 3.41(b). Está comprobado que la ola que resulta más desfavorable es la que tiene una longitud próxima a la eslora del buque. Resulta discutible que sea exactamente la de una longitud igual a la eslora entre perpendiculares, pero en todo caso es una ola de longitud muy próxima a esa dimensión (L_{pp}).

Respecto a la última hipótesis, lo que se está planteando no es más que sustituir un problema dinámico por uno estático, con lo cual estamos practicando una nueva aproximación al prescindir de las fuerzas de inercia. Tiene la evidente ventaja que lo que pierde en rigor se gana en simplicidad expositiva y facilidad de comprensión.

Una vez elegido el tipo de perfil de ola a usar, su longitud, y su dirección, para tener la ola completamente definida tan solo queda fijar su altura así como su situación relativa respecto del buque.

Altura de ola:

Las alturas de ola aceptadas por la generalidad para su aplicación a los cálculos de resistencia longitudinal son, la de la teoría troncooidal $h = \lambda/20$, la propuesta por Lloyd's Register of Shipping $h = 1.1 \cdot \lambda^{0.5}$ y la propuesta por Murray $h = 3.75 \lambda^{0.3}$. A las tres formulas se les considera una validez técnicas similar.

Situación de la ola relativa al buque:

De las infinitas posiciones que el buque puede tener respecto a la ola, consideraremos dos situaciones básicas, que son las que originan los mayores esfuerzos longitudinales.

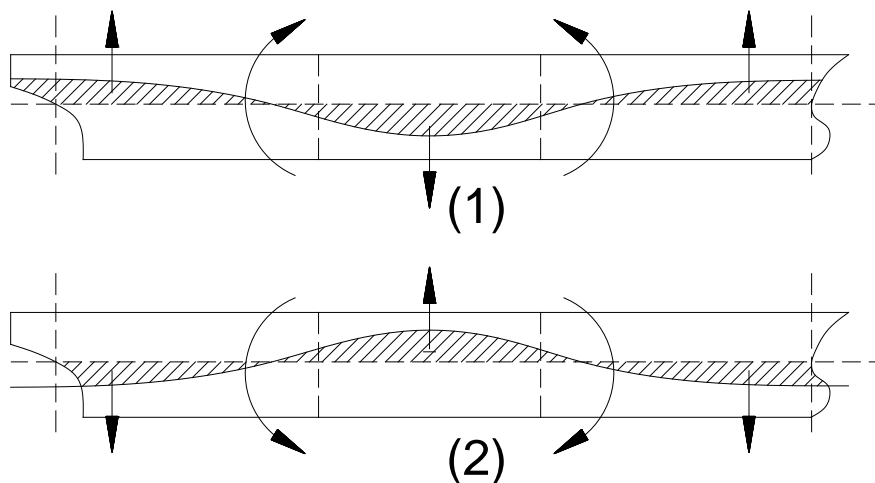


Figura 3.42: Situaciones de Olas

Situación 1.- Cresta sobre las perpendiculares de proa y popa

Situación 2.- Cresta al centro del buque.

La figura 3.42 es suficientemente ilustrativa y nos indica las zonas con suplemento y con defecto de empuje. En el caso 1 y causados por la ola, aparecen unos empujes adicionales en los extremos de proa y popa, y una disminución del empuje en el centro. Todo ello de lugar a que en las inmediaciones de la cuaderna maestra haya un incremento en el momento flector frontal, con un momento de arrufo, que se suma algebraicamente al momento flector resultante de aguas tranquilas que proviene de las leyes de pesos y empujes (cargas).

En el caso 2, la situación es opuesta y el momento flector frontal resultante en la maestra es negativo, momento de quebranto, que también se debe adicionar con su signo al momento flector resultante en ese punto pero en situación de aguas tranquilas.

Quiere esto decir que en ambos casos tenemos un momento flector, que se adicional al de aguas tranquilas: el causado por la ola, lo que podemos expresar.

$$Mf_{TOTAL} = Mf_{AGUAS\ TRANQUILAS} + Mf_{OLA}$$

Los valores del momento flector en aguas tranquilas y su distribución a lo largo de la eslora, se obtiene de las condiciones operativas de carga, siendo su valor tanto mas preciso cuando más minuciosas son los cálculos de las curvas de pesos y empujes. En cuanto al momento flector causado por la ola, obviamente dependerá del tipo de ola elegida y de su altura. Siempre se debe situar como flotación de equilibrio aquella que corresponda a la situación de carga que se analiza en aguas tranquilas, estando el buque adrizado y considerando ambas posiciones de la ola, la de arrufo (1) y la de quebranto (2).

$$Mf_{OLA} \quad \begin{array}{l} - Mf_{OLA}(\text{arrufo}) \\ - Mf_{OLA}(\text{quebranto}) \end{array}$$

Puesto que el $Mf_{OLA}(\text{arrufo}) \neq Mf_{OLA}(\text{quebranto})$, tenemos:

$$Mf_{TOTAL} = Mf_{A.T} + Mf_{OLA} = \begin{aligned} & - Mf_{TOTAL} = Mf_{A.T} + Mf_{OLA}(\text{arrufo}) \\ & - Mf_{TOTAL} = Mf_{A.T} + Mf_{OLA}(\text{quebranto}) \end{aligned}$$

Poniendo cada momento flector (Mf) con el su propio signo.

Desde el punto de vista de las tensiones, es el valor absoluto del Mf_{total} el valor de interés, sin embargo no se debe olvidar que desde el punto de vista de un análisis de pandeo es conveniente conocer cual es la mayor tensión de compresión.

Para un punto genérico (P) de la estructura longitudinal que diste (y) de la fibra neutra, la mayor tensión que se presenta en ese punto esta expresada por:

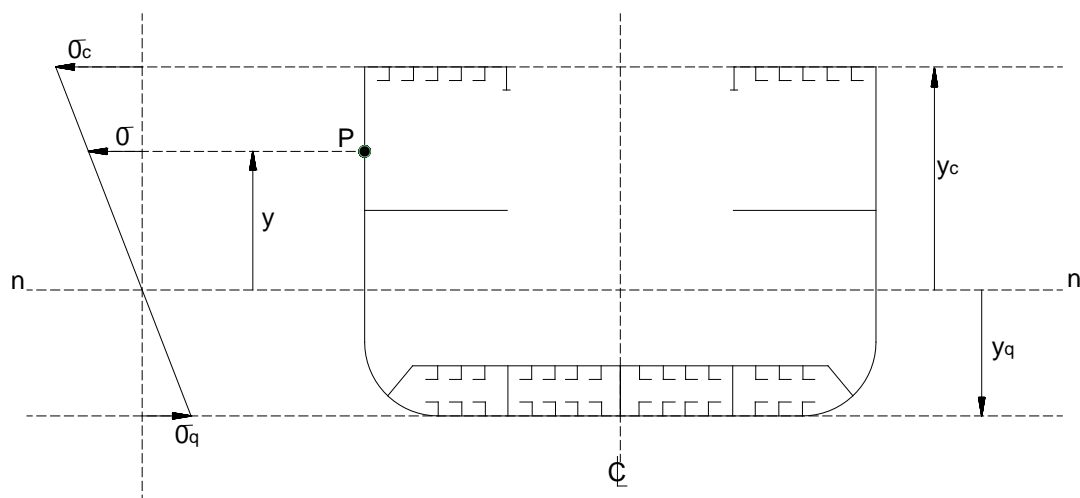


Figura 3.43 Distribución de Tensiones

$$\sigma = |Mf_{TOTAL}| \cdot \left(\frac{y}{I}\right)$$

Y en este punto genérico P y para esa condición de carga las tensiones máximas que se presentan oscilaran con el paso de la ola entre los valores extremos:

$$Mf_{TOTAL1} \cdot \left(\frac{y}{I}\right) \quad \text{y} \quad Mf_{TOTAL2} \cdot \left(\frac{y}{I}\right)$$

Las tensiones máximas se producirán en aquella sección del buque en la cual $|Mf_{TOTAL}|$ alcance su valor máximo, y dentro de esa sección, el punto de tensión máxima corresponderá al punto donde la distancia a la línea neutra resulta mayor, pudiendo ser (y) cualquiera de estos valores: la distancia desde la línea neutra hasta la quilla (y_q) o bien hasta el punto de crujía de la cubierta resistente más elevada (y_c).

En una viga de construcción civil se usa el concepto de modulo resistente como $W_r = I/y_{max}$, pero en el caso de la construcción naval y cuando nos referimos a la viga-buque, tradicionalmente se maneja lo que se conoce como modulo resistente a la quilla y modulo resistente a la cubierta, definidos como sigue:

$$w_c = W_{CUBIERTA} = \frac{I_{SECCION}}{Y_{Max.cubierta}}$$

$$w_c = W_{QUILLA} = \frac{I_{SECCION}}{Y_{Max.quilla}}$$

Correspondiendo unas tensiones en cubierta de arrufo y quebranto que son:

$$\sigma_{cubierta} = Mf_{TOTAL1}/w_c \quad y \quad \sigma_{cubierta} = Mf_{TOTAL2}/w_c$$

Y las correspondientes en el fondo o quilla son:

$$\sigma_{quilla} = Mf_{TOTAL1}/w_q \quad y \quad \sigma_{quilla} = Mf_{TOTAL2}/w_q$$

Para dimensionar adecuadamente la viga-buque para la resistencia longitudinal, se deben analizar las condiciones de carga operativas del "manual de carga", observando cual de ellas causa un mayor momento flector total, y dimensionar la estructura del buque para esa condición de carga, dando a la viga-buque el modulo resistente que corresponda a la tensión máxima admisible en la flexión longitudinal.

Las otras condiciones al tener una sollicitación del momento flector menor, no deben presentar ningún problema, ya que aunque la sección del buque sea otra dentro del cuerpo cilíndrico, tiene el mismo modulo resistente por razones de uniformidad del escantillonado longitudinal, el cual debe mantenerse en toda la zona central del buque.

Puede resultar interesante realizar el cálculo por separado, por un lado, empleando el momento flector en aguas tranquilas y por el otro, el momento flector causado por las olas, ya que estos dos momentos tienen dependencias distintas. Así el momento flector causado por las olas depende de las formas del buque, de su tamaño y del tipo de ola elegido, mientras que el momento flector en aguas tranquilas tan solo depende de las distribuciones de pesos y empujes (condición de carga).

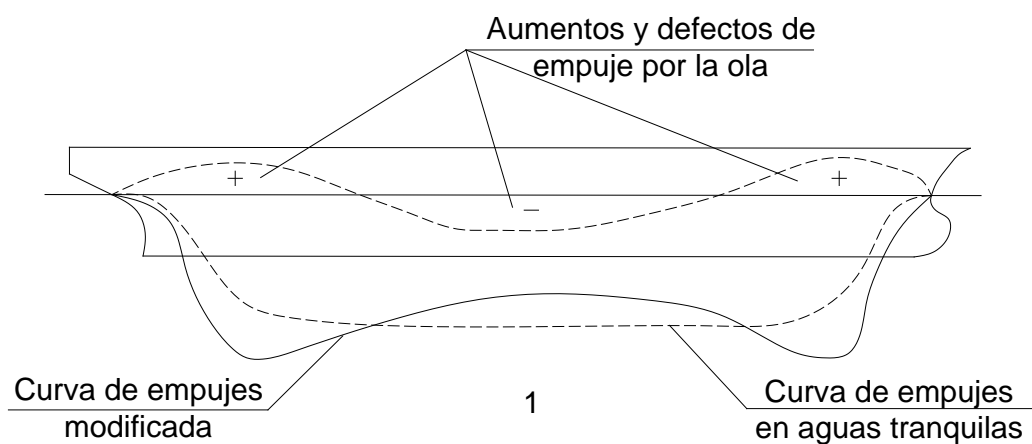


Figura 3.44: Curva de Empujes en Arrufo

A partir del cálculo de $Mf_{TOTAL} = Mf_{AGUAS\ TRANQUILAS} + Mf_{OLA}$, y dividir ambos miembros por $W_c = \left(\frac{I}{y_{max\ cubierta}}\right)$ o $W_Q = \left(\frac{I}{y_{max\ quilla}}\right)$, resultan las tensiones máximas

en cubierta y quilla respectivamente, descompuestas en su parte de aguas tranquilas y de ola.

$$\sigma = \sigma_{AT.} + \sigma_{OLA} \text{ (arrufo)}$$

$$\sigma = \sigma_{AT.} + \sigma_{OLA} \text{ (quebranto)}$$

$\sigma_{AT.}$, σ_{OLA} (arrufo) o σ_{OLA} (quebranto), tienen su propio signo.

Las figuras 3.44 y 3.45 nos presentan el efecto de la ola en la alteración que sufre la curva de empujes, según que la situación de la ola corresponda a una posición de arrufo (1) o de quebranto (2).

Lo expuesto para los momentos flectores puede ser generalizado para las fuerzas cortantes:

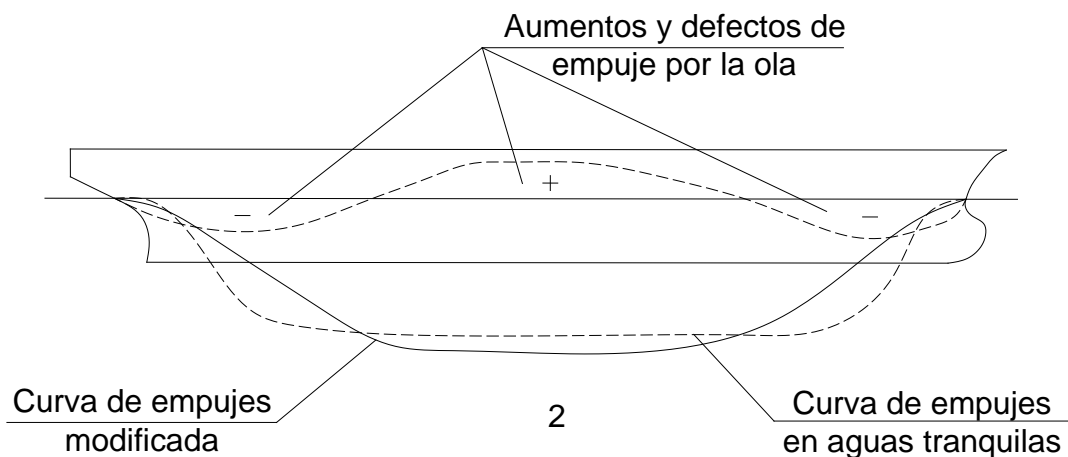


Figura 3.45: Curva de Empujes en Quebranto

$$Q_{TOTAL} = Q_{AT.} + Q_{OLA}$$

Que para cada una e las posiciones de la ola nos da:

$$Q_{TOTAL} = Q_{AT.} + Q_{OLA} \text{ (arrufo)}$$

$$Q_{TOTAL} = Q_{A.T.} + Q_{OLA} \text{ (quebranto)}$$

Debiendo aplicar cada fuerza cortante con su respectivo signo. Estas ecuaciones se corresponden con las ecuaciones relativas a los momentos flectores.

Por tanto la sección del buque con mayor tensión de cortadura es probablemente la de mayor $|Q|$, y aplicando el principio de superposición de efectos y la metodología expuesta anteriormente:

$$\tau_{total} = \tau_{aguas\ tranquilas} + \tau_{ola}$$

3.3 Tratamiento aplicado por las Sociedades de Clasificación a la Resistencia Longitudinal: Procedimiento I.A.C.S

El procedimiento de cálculo de la resistencia longitudinal de los buques en olas expuesto anteriormente, no ofrece una garantía de certeza en los resultados por la causa que estos se obtienen como unos supuesto sobre la ola que son excesivamente simplificadores de la realidad del buque en la mar. Por consiguiente debemos tomar por cierto escepticismo los resultados obtenidos y considerarlos como aproximaciones. A pesar de ello las Sociedades de Clasificación concedieron a estos resultados un importante valor relativo, siendo admitidos como validos a los efectos de realizar comparaciones entre la estructura longitudinal de buques similares que operan bajo condiciones análogas.

Supóngase que para un cierto buque se determinan las solicitaciones en aguas tranquilas, cálculos fiables si se realizan con rigor, y luego se le añaden las solicitaciones producidas por la ola, que como se indico están afectados por los supuestos de la metodología: altura y tipo de la ola, equilibrio estático, etc.

A continuación, aplicando la teoría de vigas, determinamos la mayor tensión que se produce y donde se produce. En el paso siguiente se comprueba que el valor obtenido no supera la tensión máxima admisible que se haya establecido. Si no la supera, aceptamos el resultado del análisis y damos por buena la estructura longitudinal. En caso contrario se efectuarían correcciones.

Apliquemos una visión crítica al proceso anterior: puede ocurrir que la tensión obtenida no corresponda a la que en realidad se presenta en el punto en cuestión, resultando tan solo una aproximación. Pero tal valor no deja de ser una referencia de utilidad. Supóngase que el buque así calculado opera con unos buenos resultados estructurales a lo largo de su vida operativa. ¿Podría deducirse que un buque similar, prestando un servicio análogo, con una tensión máxima calculada por el mismo procedimiento, y tal que esta sea igual o menor que la obtenida para el buque de referencia, tendrá en su resistencia longitudinal un resultado igualmente satisfactorio?. Evidentemente la respuesta es afirmativa, ya que el conjunto calculado & comparación, da un resultado correcto aun cuando sus valores cuantitativos pueden ser tan solo aproximados.

Todas las Sociedades de Clasificación tienen para resistencia longitudinal su propio estándar de cálculo, y aunque hasta hace pocos años existían diferencias en la metodología seguida por cada sociedad, esta diferencia era solo una apariencia, ya que los procedimientos resultaban concordantes en el fondo y tan solo diferentes en la forma. En la actualidad existe un método común o método I.A.C.S (International Association of Classification Societies), que se expone a continuación.

Calculo de los Momentos Flectores y de las Tensiones de Flexión

A todo buque de transporte, se exige que en su sección maestra posee un modulo resistente mínimo, debiendo el material longitudinal efectivo de esta buque mantener constante su escantillones en toda la zona del 0,4 L al centro del buque. Lo que equivale a que el modulo en esa zona permanece constante:

La expresión del modulo mínimo es:

$$z_{min} = f_1 \cdot k_L \cdot C_1 \cdot L^2 \cdot B \cdot (C_B + 0.7) \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

Siendo:

f_1 = un factor de servicio que para aguas protegidas es 0.5, en viajes cortos es 0.8 y para un servicio oceánico no restringido es 1.

k_L = coeficiente del material en resistencia longitudinal (según el tipo de acero) y cuyo valor para el acero dulce naval es 1.

C_1 = coeficiente de ola función de la eslora.

$C_1 = 4.11$	$30 \leq L < 45 \text{ m}$
$= 16.33(L/100)^2 - 15.47(L/100) + 7.77$	$45 \leq L < 95 \text{ m}$
$= 10.75 - \left(\frac{300-L}{100}\right)^{1.5}$	$95 \leq L \leq 300 \text{ m}$
$= 10.75$	$300 < L < 350 \text{ m}$
$= 10.75 - \left(\frac{L-350}{150}\right)^{1.5}$	$350 \leq L \leq 500 \text{ m}$

Siendo L eslora en m, B manga en m, y c_B el coeficiente de bloque. Todos ellos definidos de acuerdo al reglamento de la sociedad correspondiente.

Por exigencia de rigidez longitudinal en la viga-buque, se requiere en su sección maestra una inercia transversal mínima respecto la línea neutra, expresada por:

$$I_{min} = \frac{3L \cdot (|M_f|)}{k_L \cdot \sigma_{adm L}} \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

Cuando no se disponen de condiciones de carga en aguas tranquilas, el momento flector máximo que puede soportar la viga-buque resulta ser:

$$|M_f|_{max} = z_{min} \cdot \sigma_{adm L}$$

Y con este valor de momento flector máximo admisible se puede determinar I_{min} .

El diagrama de flujo de la figura 3.46 nos indica el proceso que se suele seguir para el cálculo de la resistencia longitudinal de un buque cuando se carecen de condiciones de carga, y también vale para el caso en el cual se obliga al buque a cumplir estrictamente con el modulo mínimo requerido por la Sociedad de clasificación.

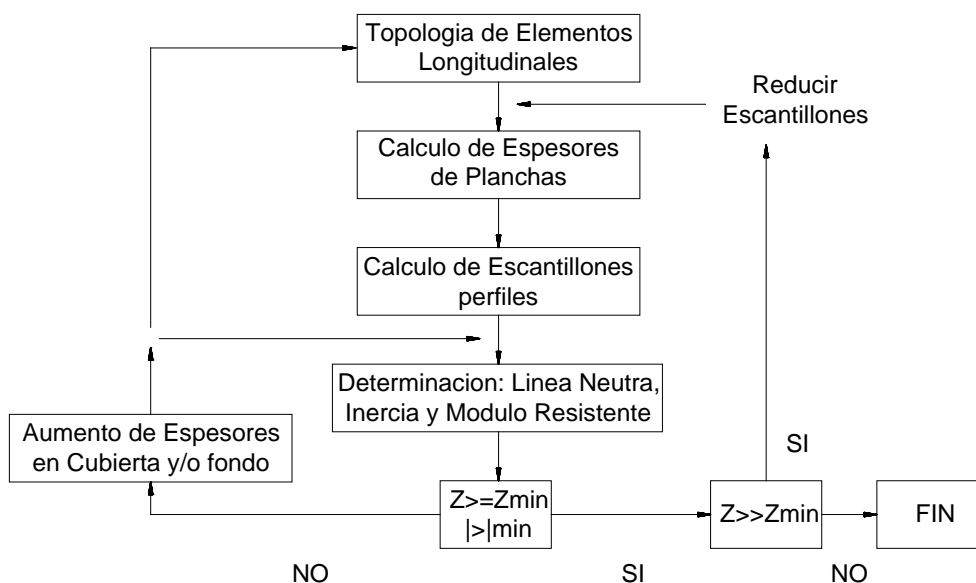


Figura 3.46: Cálculo de Resistencia sin Condiciones de Carga

Etapas de proceso:

1.- Topología de los elementos longitudinales: constituye el diseño de la estructura longitudinal con indicación de todos sus elementos: planchas y perfiles. Aquí se toman decisiones importantes desde el punto de vista estructural, tales como elegir las clases de todos los refuerzos longitudinales y la disposición de traqueado de las planchas.

2.- Empleando los reglamentos de la Sociedad de Clasificación o bien efectuando un cálculo directo de planchas, se determinan los espesores de todas las tracas.

3.- Igual con los refuerzos longitudinales efectivos.

4.- Con todo el material longitudinal efectivo, se calcula su línea neutra, inercia real y modulo resistente real.

5.- Se afecta la comparación entre el modulo resistente real y el exigido como mínimo. Así como de la inercia transversal respecto de la línea neutra.

El propio diagrama resulta auto explicativo y tan solo añadiremos unas aclaraciones relativas al proceso:

A) Resulta penoso la búsqueda de un ajuste exacto del modulo real (Z_{real}) del buque a la cifra estipulada como valor mínimo (Z_{min}), por lo que un modulo real igual $1.03 \cdot Z_{min}$, un 3% mayor que el mínimo se considera una aproximación adecuada a aplicar en los ejercicios. En la practica el ajuste es mayor.

B) La reducción de escantillones se aplica cuando Z_{real} es mayor que Z_{min} . Aplicando los factores de reductores $Z_{min} / Z_{cubierta}$ a los elementos estructurales por encima de la línea neutra y Z_{min} / Z_{fondo} para los que estén por debajo de la misma. En teoría podríamos estar iterando sucesivamente, pero teniendo en cuenta que en

la realidad los espesores van a saltos de 0.5 en 0.5 mm, para planchas y para perfiles en lo que indica el catalogo correspondiente es el sentido común el que nos indica el fin del proceso iterativo.

C) El criterio de signos que indica IACS está indicado en el grafico (A) de la figura 3.49.

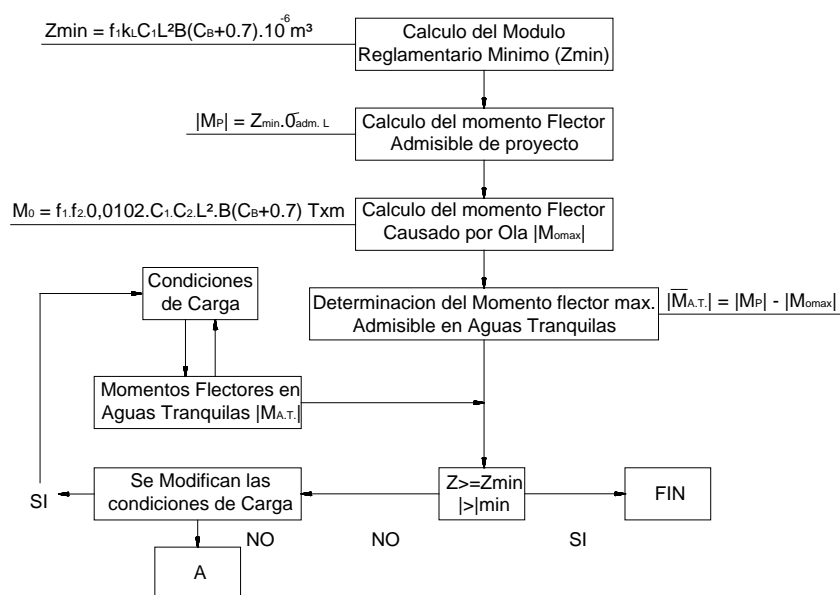


Figura 3.47: *Calculo de Resistencia con Condiciones de Carga*

Una de las mejores aportaciones de la I.A.C.S. al cálculo de las solicitaciones longitudinales, es la determinación de los momentos flectores y las fuerzas cortantes en la ola. Empecemos con el momento flector sobre la ola, cuyo valor se calcula por la expresión:

$$M_{O \max} = 0,0102 \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot L^2 \cdot B \cdot (C_B + 0.7) T x_m$$

En la que:

C_1 y f_1 tienen el mismo significado que en el calculo del modulo minimo.

C_2 = factor de distribución del momento flector en la ola es 1 en la sección maestra, y para cualquier otra sección se obtiene su valor de la figura 3.49 (B).

f_2 = factor del momento flector sobre la ola, que es determinada para dos situaciones:

$f_2 = -1,1$ para la situación a arrufo.

$f_2 = \frac{1,9x C_B}{C_B + 0,7}$ para la situación de quebranto.

La distribución del momento flector de la ola a lo largo de la eslora, se hace aplicando un factor de corrección C_2 al valor hallado de M_{0max} , factor que depende de la posición del punto en la eslora ver figura 3.49 (B).

El diagrama de flujo de la figura 3.49 resulta auto explicativo. Si todas las condiciones de carga arrojan un momento flector en aguas tranquilas tal que:

$$|M_{A.T.}| \text{ es menor que } |\overline{M_{A.T.}}|$$

Nos encontramos en el caso de una respuesta (SI) en el diagrama de flujo de la figura 3.47 y por tanto no existe problema alguno, el buque resulta aceptable con el modulo mínimo exigido por I.A.C.S.

De otra cuestión diferente se trata si las condiciones de carga presentan un momento flector en aguas tranquilas $M_{A.T}$ que supera al momento flector admisible en aguas tranquilas determinado por la formula 5.6 como se indica en el diagrama de flujo de la figura 3.47, primeramente se intentara, si ello es posible un reajuste de las condiciones de carga, redistribuyendo la carga, o los combustibles, etc. Si no es posible reducir ese momento flector elevado, entonces es imprescindible dotar al

buque de un nuevo modulo de resistencia capaz de soportar ese elevado momento flector de proyecto que designaremos como M'_p .

Este nuevo M'_p será igual a la suma del máximo momento flector que se obtenga en las condiciones de carga más el de la ola:

$$|M'_p| = |M_{A.T} + M_0| \text{ en arrufo o quebranto o lo que es igual } |M'_p| = |M_{A.T} + M_{0max}|$$

Siendo el nuevo modulo resistente mínimo:

$$Z'_{min} = \frac{|M_{A.T} + M_{0max}|}{\sigma_{adm} L}$$

Una vez efectuado el cálculo de escantillonado indicando es el diagrama de la figura 3.46, obtendremos de acuerdo a lo que indica la figura 3.43, un modulo de la cubierta Z cubierta, y otro en el fondo o quilla Z quilla. Por consiguiente ninguno de estos módulos puede resultar menor que Z' min, por tanto:

$$z_{cubierta} \geq Z'_{min} \quad \text{y} \quad z_{quilla} \geq Z'_{min}$$

Presentándose la casuística que se indica en el diagrama de flujo de la figura 3.48, a la que se le aplican las siguientes soluciones generales.

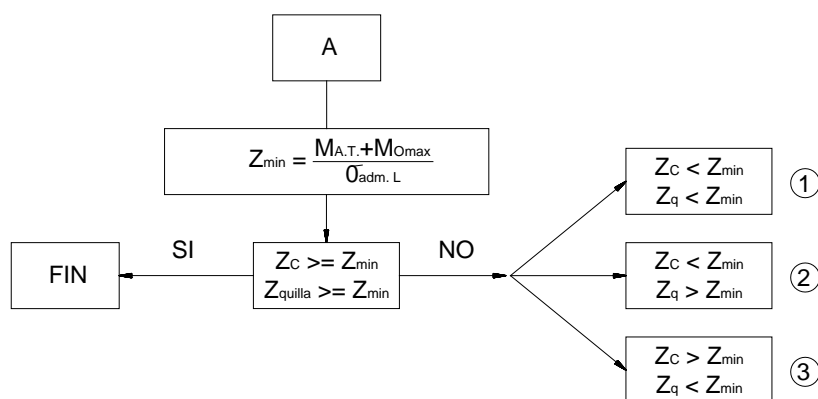
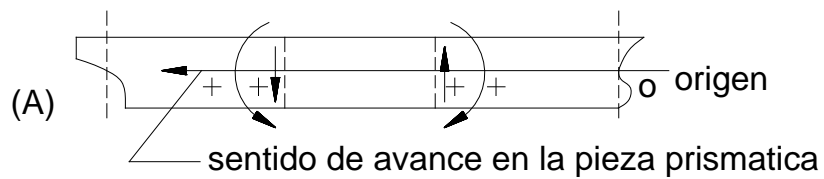


Figura 3.48: Diagrama comparativo de Z_{min}

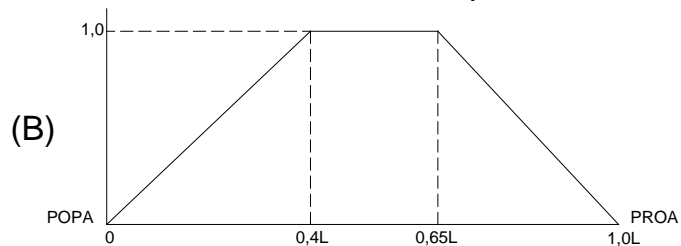
Caso 1.- Se aumenta espesores en cubierta y/o fondo hasta ajustar el de menor exigido. Obviamente el aumento de espesores más eficaz es aquel que aporta menor aumento de peso, y por consiguiente menor área de material longitudinal efectivo, lo que se logra disponiendo razonablemente el incremento de espesores en los puntos más alejados d la línea neutra.

Caso 2.- Este es el caso mas frecuente y el aumento de espesor se realiza sobre la plancha de cubierta, debiendo verificar las modificaciones en el modulo de fondo al producirse variaciones de posición en la línea neutra.

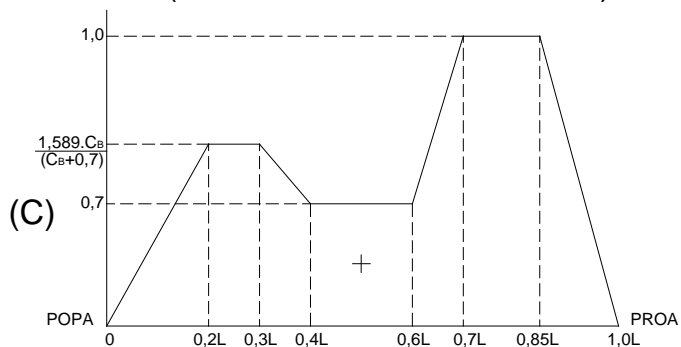
Caso 3.- Este es un caso bastante infrecuente, ya que lógicamente los espesores del fondo son superiores a los de cubierta, y muchas veces la estructura longitudinal del fondo es mucho más poderosa que la de cubierta, como ocurre en los casos que existe doble fondo. En ambos casos la línea neutra se sitúa por debajo de la línea del semipuntal.



Factor de Distribucion del Momento
Flector M_0 Causado por la Ola



Factor de Distribucion k_1
(Fuerzas Cortantes de la Ola)



Factor de Distribucion k_1
(Fuerzas Cortantes de la Ola)

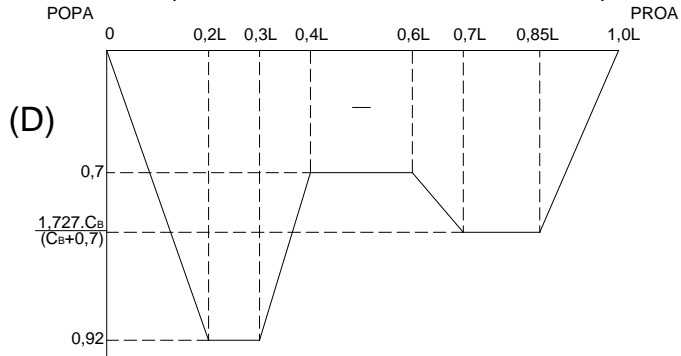


Figura 3.49: Criterio de Signos de I.A.C.S.

CAPÍTULO IV

DISEÑO DEL GRIFO FLOTANTE MARITIMO

El proyecto se origina por el requerimiento de la empresa “INVERSIONES JOCYMAS S.R.L.” de contar con un grifo flotante marítimo que pueda almacenar 12000 galones de diesel D2 con el fin de surtir a las naves de la zona de Sechura en el norte del país.

Se ha tomado en consideración las normas técnicas dictadas por DICAPI, haciéndose un primer diseño el cual ha sufrido variaciones hasta llegarse al diseño final, todo esto aplicándose las reglas de la sociedad clasificadora ABS.

Se han elaborado los siguientes planos:

4.1.-Plano de Líneas de forma:

Plano en donde se da a conocer las características generales de la barcaza como eslora, manga y puntal, curva de bao pudiéndose apreciar la forma de la nave.

Se tomaron como referencia modelos de diseños aprobados. Esto sirvió como punto de inicio para darle forma al Grifo Flotante, el que se han considerado los requerimientos del propietario.

(plano N°1).

4.2.- Plano de curvas hidrostáticas y cruzadas:

Generadas las líneas de forma del Grifo Flotante, se hallaron las curvas hidrostáticas (plano N°2) de todos los elementos correspondientes a la condición de carenas rectas calculadas en función de la forma del buque y las curvas transversales de estabilidad (curvas cruzadas) que representan los brazos adrizantes GZ para las distintas inclinaciones transversales (Plano N°3).

(Plano N°2).

(Plano N°3).

4.3.- Plano de disposición General:

La forma del casco de la barcaza en el plano de disposición general (plano N°4) es generada en base al plano de líneas de forma (plano N°1), los datos restantes son tomados de acuerdo a diseños existentes siendo:

- En la cubierta principal se cuenta con el manifold de achique, manifold de carga y descarga del tanque de combustible y bitas de amarre.
- La caseta se halla situada en el centro de la nave, la cual puede albergar a 2 tripulantes, contando con una cocina, servicios higiénicos, dormitorio, oficina, almacén y sala de surtidores.
- Todos los accesos a los compartimientos bajo la cubierta principal, están dotados con tapas de escotillas de cierre estanco.
- El grifo flotante marítimo cuenta con un compartimentado bajo cubierta, siendo: pique de proa, tanques de combustible y pique de popa.
- Los tanques de uso propio a bordo son los siguientes: un tanque de combustible diario, dos tanques de agua potable y uno de agua salada.

(Plano N°4)

4.4.- Plano de estructura General:

El plano de estructura General (plano N°5) se ha elaborado tomando en consideración los diseños existentes de grifos flotantes marítimos así como de la sociedad clasificadora ABS, dando como resultando un diseño transversal con las siguientes características:

- El escantillonado de Las cuadernas son de ángulos de 100x40x6.4 mm con un espaciamiento entre ellas no mayor a los 500 mm.
- Se tienen cuatro (04) mamparos transversales y un (01) longitudinales de plancha de 6.4 mm, dando origen a los compartimentos de pique de proa, tanques comerciales de combustibles y pique de popa, siendo estancos de acuerdo al diseño, lo cual permite que en caso de avería e inundación de alguno de los compartimentos, el grifo flotante marítimo siga flotando.

(Plano N°5)

4.5.- Plano de cuadernas y mamparos, detalles de unión escotillas.

En el plano de cuadernas y mamparos (plano N°6) se representa la geometría de las cuadernas más representativas de cada compartimiento, así mismo el escantillonado, su ubicación en el plano de estructura general.

(Plano N°6)

4.6 Sistema de carga y descarga de combustible:

El sistema de carga y descarga de combustible consiste en lo que respecta al Grifo Flotante de una brida de acoplamiento universal a través de la cual el tanque cisterna de la nave de suministro, abastece a presión el combustible diesel, este vía línea de válvulas de distribución (manifold) se distribuye las seis líneas de carga de tanques de almacenamiento de combustible, se tiene además dos líneas de succión para los dos surtidores. Las líneas de carga se usan en algunas oportunidades para la descarga de combustible.

(plano N°7)

4.7.- Curvas de Bonjean:

Es otra forma de hallar el volumen sumergido del buque es utilizado las curvas de Bonjean. Sobre el plano longitudinal del buque se sitúan un número de cuadernas o secciones transversales a intervalos comunes. Junto a cada cuaderna esta la curva de áreas de su sección a diferentes calados.

Plano 8

4.8 Plano de Detalle de Soldadura:

En el plano de detalle de soldadura (plano N°9) se representa las diferentes uniones de elementos estructurales aplicándose soldadura por arco eléctrico manual con electrodo metálico revestido.

Los pasos de raíz y acabado se utilizan electrodos marca OERLIKON del grupo celulósico CELLOCORD P clase AWS E 6010, así también CELLOCORD AP clase AWS E 6011, por ser eficientes en todas las posiciones de soldadura.

En las zonas de resistencia mayor se utilizan electrodos del grupo de bajo hidrogeno para revestimientos simples como SUPERCITO clase AWS E 7018 que permiten obtener una penetración mediana, propiedades excepcionales mecánicas con depósitos de alta calidad.

Plano 9

4.9 Plano del Sistema de Achique:

El tendido del sistema de achique está constituido por cuatro (04) canastillas de succión ubicadas en el pique de proa y popa, que llegan al tubo múltiple (manifold) que cumplen la función de succionar las aguas que ingresan a dichos espacios bajo cubierta.

El tubo múltiple (manifold) está conectado a la bomba autocebante para la descarga al mar, la que a su vez suministra agua de las tomas de mar para los sistemas de contraincendios, sanitario y baldeo.

Plano 10

4.10.- Plano del Sistema Eléctrico:

El sistema eléctrico está diseñado para generar y abastecer de energía a todos los sistemas a bordo, como son alumbrados, navegación, comunicación.

El diseño comprende un generador de corriente alterna con una potencia de 12 HP (8.9 Kw) a 220V, la cual es rectificadora a corriente continua, esta se centraliza en el tablero principal, de allí se distribuye a los tableros de surtidores, equipos electrónicos, luces de navegación, alumbrado y otros.

Plano 11

4.11.- Plan de Seguridad:

El plan de seguridad permite ubicar en forma precisa y rápida los diferentes equipos de emergencia ante cualquier emergencia a bordo, para obtener una respuesta rápida ante estas.

En el plan de seguridad se han tomado en consideración los requerimientos de acuerdo a las normas internacionales de seguridad de la vida humana en el mar, que también han sido consideradas en las normas de OSINERGMIN.

4.12.- Estudio de capacidades de tanques:

Se midieron las medidas geométricas de los tanques: agua potable, agua salada y combustible, se halla el ullaje (merma), y sondaje de estos para luego realizar el estudio del compartimento, variación del centro de gravedad longitudinal y transversal a diferentes niveles de llenado de dichos tanques (Anexo 1).

4.13.- Prueba de inclinación del grifo marítimo:

El grifo flotante marítimo fue sometido a dicha prueba bajo las normas nacionales vigentes, para determinar el desplazamiento del buque en rosca, centro de gravedad longitudinal y centro de gravedad vertical y transversal, lo que ha permitido posteriormente evaluar su estabilidad estática y dinámica. Cabe mencionar que este estudio se realizara con asistencia de la computadora (simulación) a través de programa de diseño naval denominado hidromax. (Anexo 2)

4.14.- Calculo de la Línea Máxima de Carga:

El procedimiento consiste en:

1.- Se toma como eslora (L) el 96% de la eslora total en una línea de flotación situada a una distancia de la quilla igual al 85% del puntal de trazado (D).

$$\text{Puntal Moldeado (D)} = 1.80 \text{ m}$$

En el Plano de DISPOSICION - GENERAL con Puntal de 2.95 m (85% D) trazamos la Eslora, que resulta:

$$\text{Eslora de Flotación} = 10.00 \text{ m}$$

Eslora para calculo de Francobordo Básico (96% eslora Total de Flotación)

$$L = 9.60 \text{ m}$$

2.- obteniendo el francobordo básico

Del cuadro cada para obtener el francobordo básico

$$\text{Francobordo Básico} = 185 \text{ mm}$$

3.- Corrección por Puntal

En nuestro caso el puntal es menor que el estándar, es por eso que no habrá reducción aplicable al francobordo.

4.- Altura de superestructura y caseta cerrada.

Altura estándar de superestructura y caseta = 180 m

Altura Real de la Superestructura = 2.00 m

Por lo tanto no hay aumento en la longitud efectiva.

5.- Altura estándar de Saltillo.

En nuestro caso no tenemos saltillo

6.- Corrección por superestructura o caseta

No se tendrá corrección por superestructura porque las superestructuras que no son cerradas no tendrán longitud efectiva.

7.- Corrección por Arrufo

De acuerdo al cuadro N° 1.4 $L = 9.60 \text{ m}$ se genera el cuadro N° 3.14, N°3.15

Cuadro N°3.14

Arrufo estándar:

Estaciones	Ordenada mm	Factor	Sumatoria
PP _P	330	1	330
1/6 L de PP _P	146.52	3	439.56
1/3 L de PP _P	36.96	3	110.88
0	0	1	0
1/3 L de PP _R	73.92	3	221.76
1/6 L de PP _R	293.04	3	879.12
PP _R	660	1	660
			2641.32 mm ²

Área estándar de Arrufo es: $(3R/8) \times 2.64$

Cuadro N°3.15

Arrufo Real

Estaciones	Ordenada mm	Factor	Sumatoria
PP _P	0	1	0
1/6 L de PP _P	0	3	0
1/3 L de PP _P	0	3	0
0	0	1	0
1/3 L de PP _R	0	3	0
1/6 L de PP _R	0	3	0
PP _R	0	1	0
			0 mm ²

Área Real de Arrufo es: $(3R/8) \times 4.35$

Por tanto:

Area Real < Area Estandar

No se reducirá el francobordo

Cuadro N°3.16

El cuadro resumen

RESUMEN DE CALCULOS		
FRANCOBORDO BASICO =	185	mm
CORRECCION POR PUNTAL =	0	mm
CORRECCION POR CASETA =	0	mm
CORRECCION POR ARRUFO =	6.79	mm
CORRECCION POR SALTILLO =	0	mm
FRANCOBORDO CALCULADO = 191.79 mm		

El francobordo hallado es 191.79 mm cumple con las normas actuales.

Se puede concluir que la nave cumple con las exigencias mínimas de estabilidad estática y dinámica indicadas en las normas nacionales.

CAPÍTULO V

REGLAS DE CÁLCULO DEL ESCANTILLONADO

5.1 CALCULO DEL MODULO RESISTENTE Y INERCIA MINIMO

Determinación de la curva de pesos:

1.- Calculo de peso del acero longitudinal:

Incluye:

forros, esloras, vagras, mamparo longitudinal, peso de la Soldadura y otros

Peso del material longitudinal es 11.2 Ton

Además su centro de gravedad en rosca es:

$X_{GML} = 0.01 \text{ m}$ respecto a la sección media.

Entonces reemplazando en la formula:

$$H = \frac{P_L}{L} = \frac{11.2}{9.6} = 1.166 \text{ Ton/m}$$

$$h_{popa} = \left(\frac{P_{ML}}{L} \right) \cdot \left(0.6 + 54 \cdot \frac{x_{GML}}{7} \cdot L \right) = 0.7 \text{ Ton/m}$$

$$h_{popa} = \left(\frac{P_{ML}}{L}\right) \cdot \left(0.6 - 54 \cdot \frac{x_{GML}}{7} \cdot L\right) = 0.7 \text{ Ton/m}$$

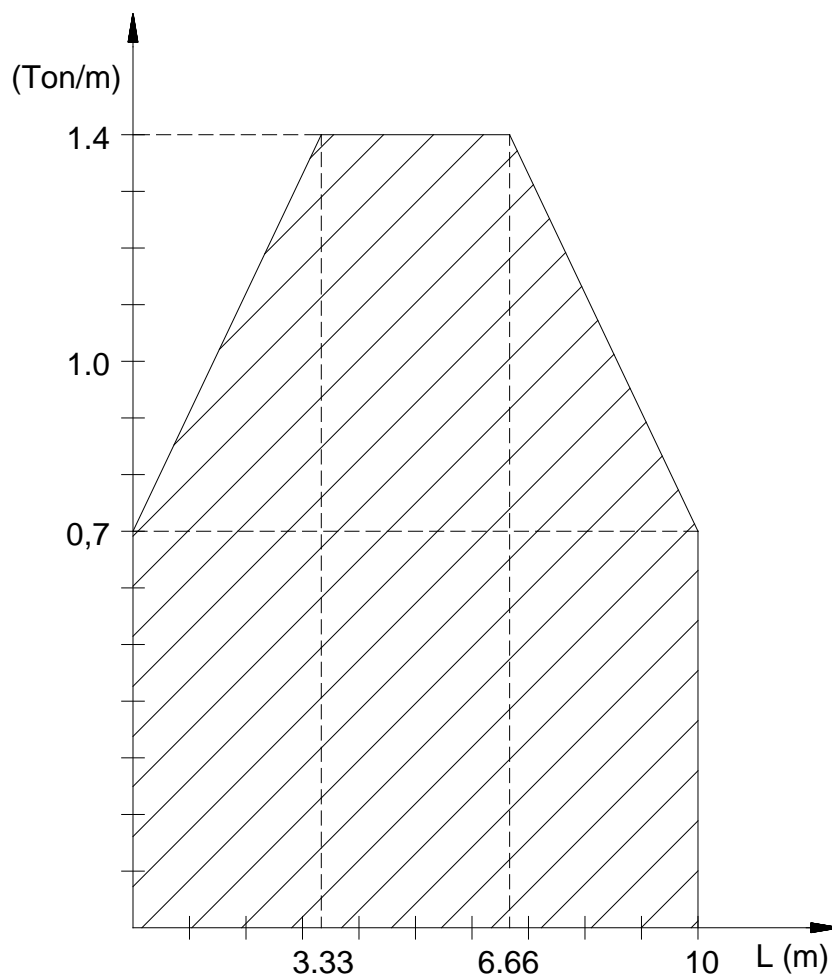


Figura 5.1: Distribución de Peso del Material Longitudinal

2.- Cálculo de peso del acero vertical:

Incluye los pesos totales de las cuerdas.

Peso del material vertical es 2.50 Ton.

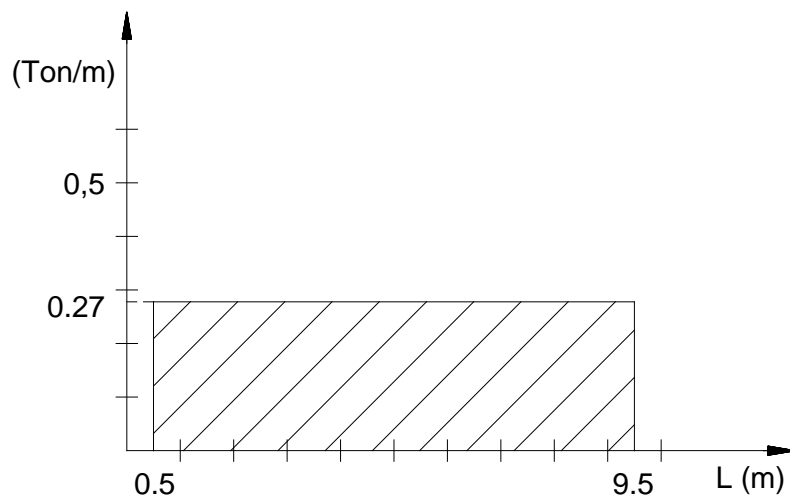


Figura 5.2: Distribución de Pesos del Material Transversal

3.- Calculo de peso del mamparo transversal:

Peso del mamparo = 0.68 Ton.(c/u)

Peso del espejo = 0.31 Ton.(c/u)

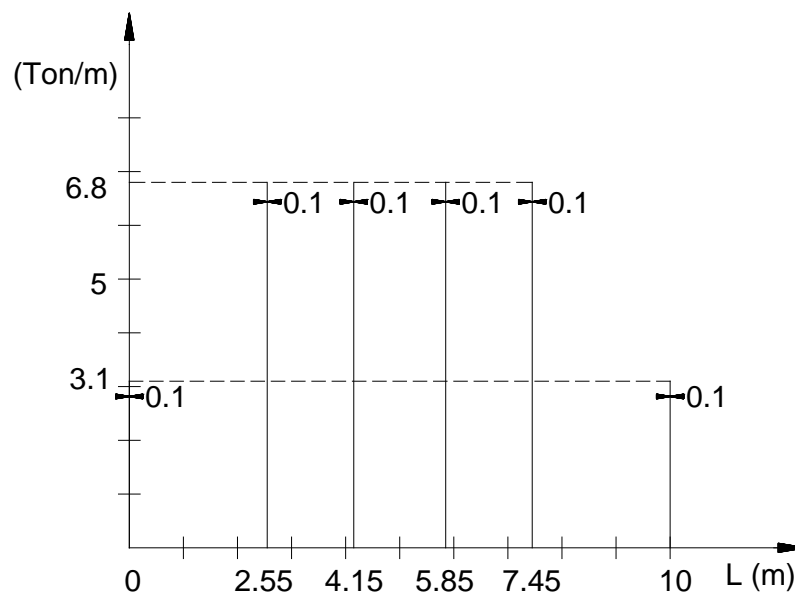


Figura 5.3: Distribución de Pesos del Mamparo Transversal

4.- Calculo de peso de la caseta:

Peso total de la caseta = 5.8 Ton.

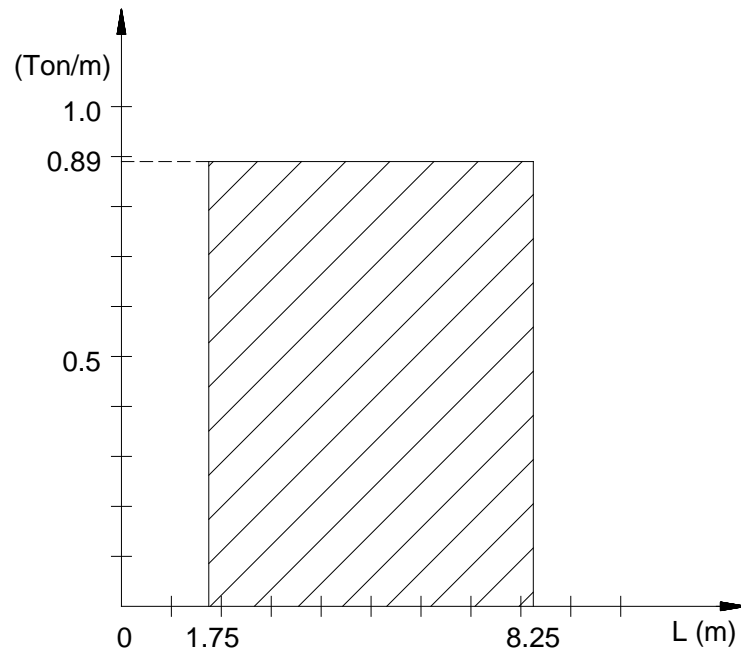


Figura 5.4: Distribución de Pesos de la Caseta

5.- Calculo del peso muerto:

Peso:

$$T_{1y2} = 12.612 \text{ Ton}$$

$$T_{3y4} = 13.388 \text{ Ton}$$

$$T_{5y6} = 12.612 \text{ Ton}$$

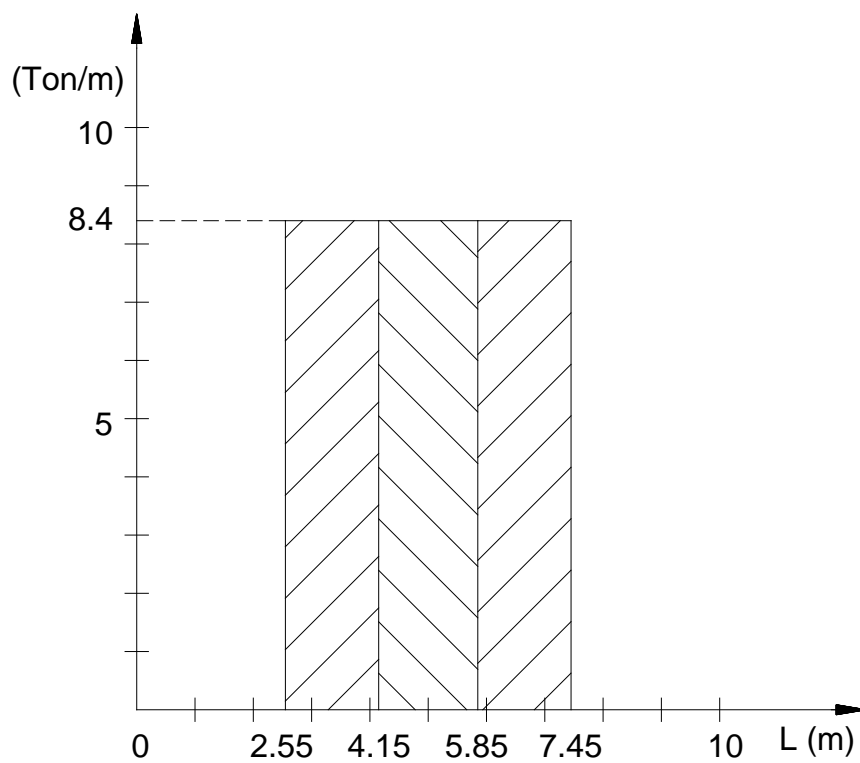


Figura 5.5: Distribución del Peso Muerto

Finalmente sumando las graficas:

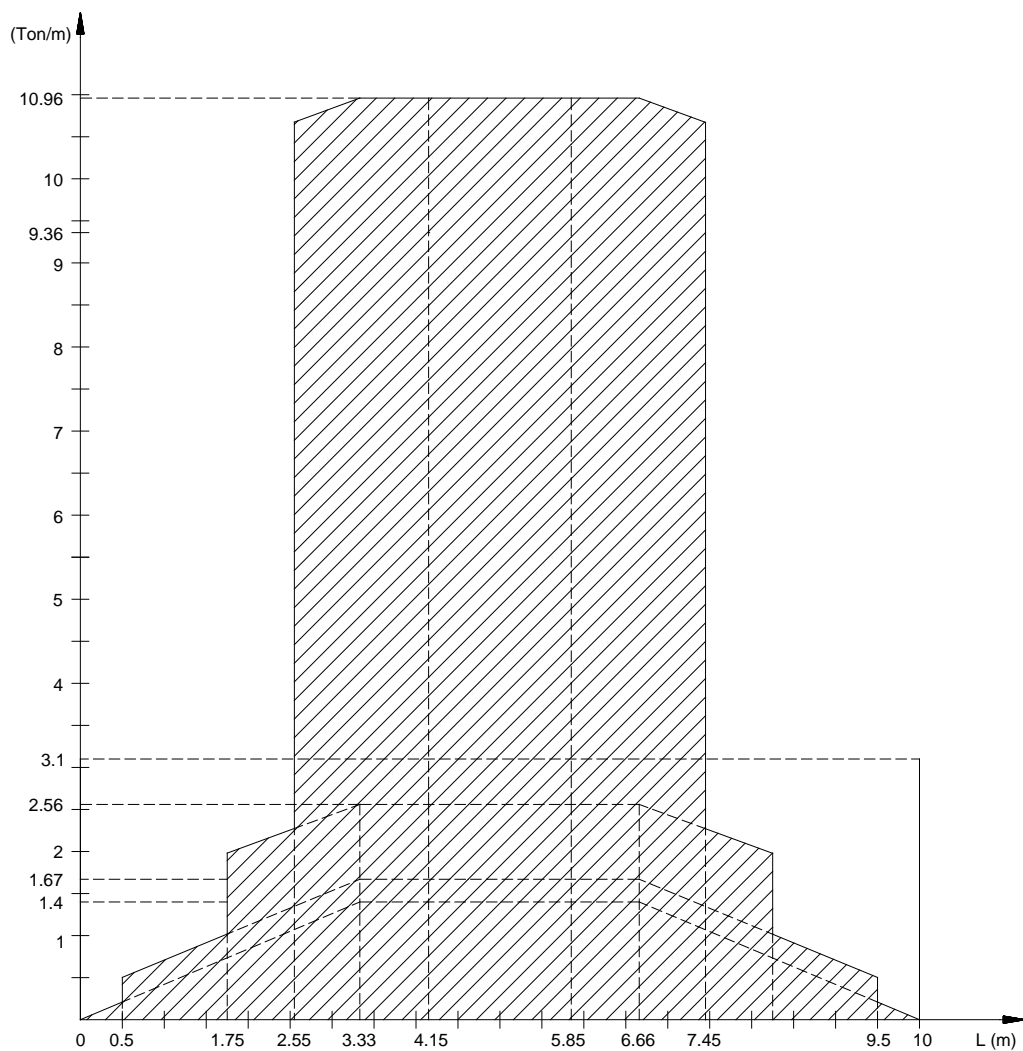


Figura 5.6: Curva de Pesos

Determinación de la curva de empujes:

Desplazamiento a plena carga es de 62 Ton.

En las curvas hidrostáticas para 62 Ton el calado es de 1.2979 m

Además su centro de carena se encuentra a 5 m con respecto a popa.

Del acta de estabilidad y trimado a 100% de carga el centro de gravedad es 4.983 m con respecto a popa.

Recordar que la sección media está a 5.2 m con respecto a popa.

Entonces:

$$x_g = 0.217$$

$$x_{co} = 0.2$$

$$V = \frac{\Delta}{\rho} = \frac{62 \text{ Ton}}{1.025 \text{ Ton/m}^3} = 60.487 \text{ m}^3$$

$$L_{pp} = 9.6 \text{ m}$$

I = momento de inercia de la flotación respecto al eje transversal.

$$I = \frac{5.2 \times 10^3}{12} = 433.33 \text{ m}^3$$

Reemplazando en la formula:

$$t \approx \frac{(x_g - x_{co})}{I} \times V \times L_{pp}$$

$$t \approx \frac{(0.217 - 0.2)}{433.33} \times 60.487 \times 9.6$$

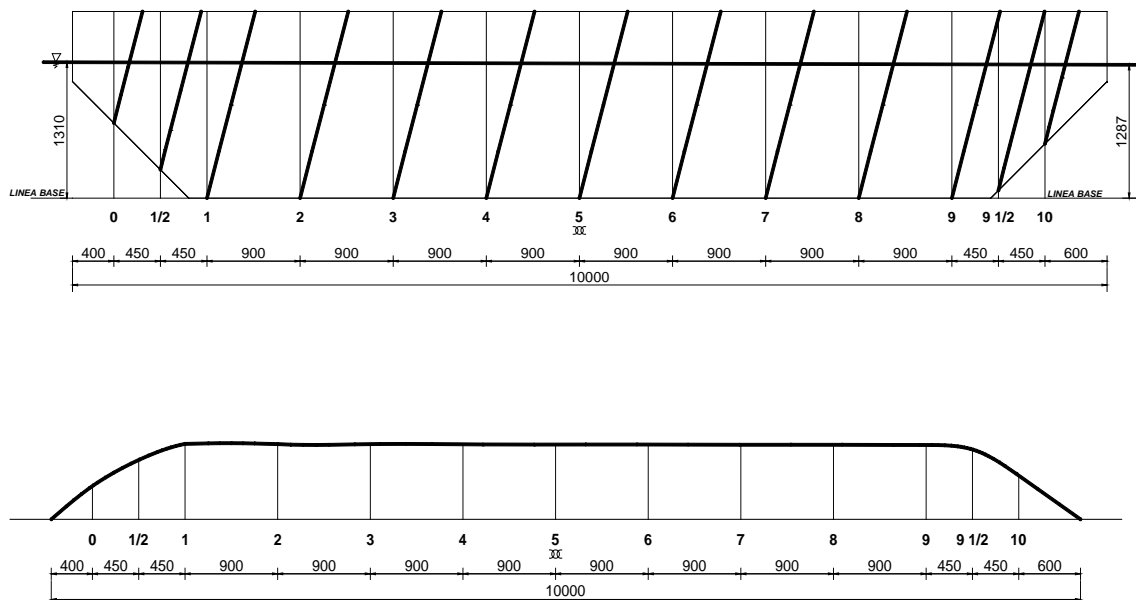
$$t \approx 0.02278 \text{ m}$$

Entonces:

$$t'_{pp} \approx t_m + \left(\frac{t}{2}\right) \approx 1.2979 + 0.01139 = 1.3093$$

$$t'_{pr} \approx t_m - \left(\frac{t}{2}\right) \approx 1.2979 - 0.01139 = 1.2865$$

De la curva de Bonjean se grafica con los calados hallados t'_{pp} y t'_{pr}



De la grafica se puede hallar:

$$C'_1 = 4.9815$$

$$V = 60.0757 \text{ m}^3$$

Lo que resulta: $\Delta' = 61.577 \text{ Ton}$

Haciendo las correcciones:

Por desplazamiento:

$$\frac{\Delta - \Delta'}{T.P.C.I.} = \frac{62 - 60.07569}{0.5319} = 3.617 \text{ cm}$$

$$= 0.03612 \text{ m}$$

Por asiento:

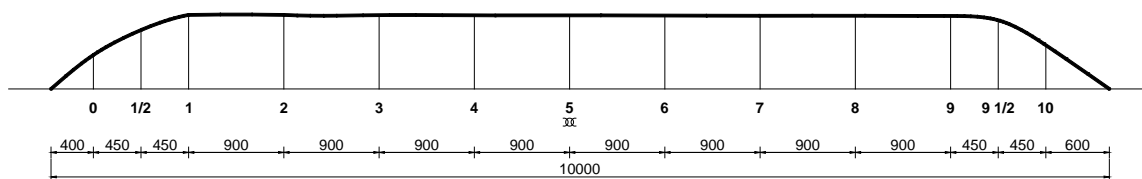
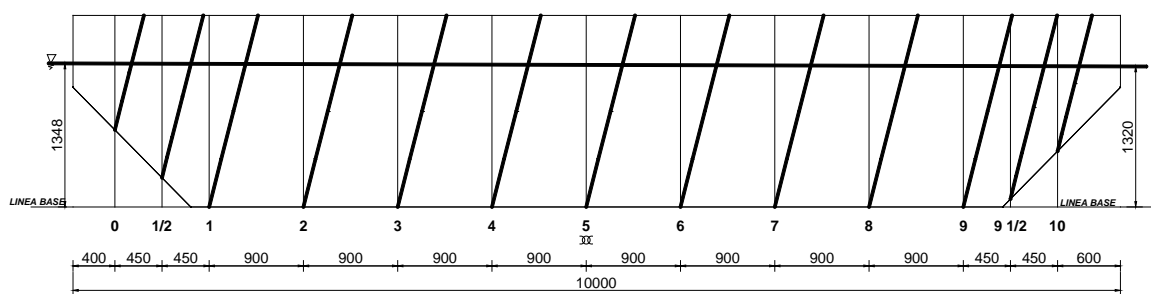
$$\frac{\Delta(x'_{c1} - x_{c1})}{M.C.A.C.} = \frac{62(0.21845 - 0.217)}{0.5319} = 0.178379 \text{ cm}$$

$$= 0.001783 \text{ m}$$

Entonces:

$$t_{pp} = 1.309 + 0.036 + 0.0017 \rightarrow t_{pp} = 1.347 \text{ m}$$

$$t_{pr} = 1.309 + 0.036 - 0.0017 \rightarrow t_{pr} = 1.3202 \text{ m}$$



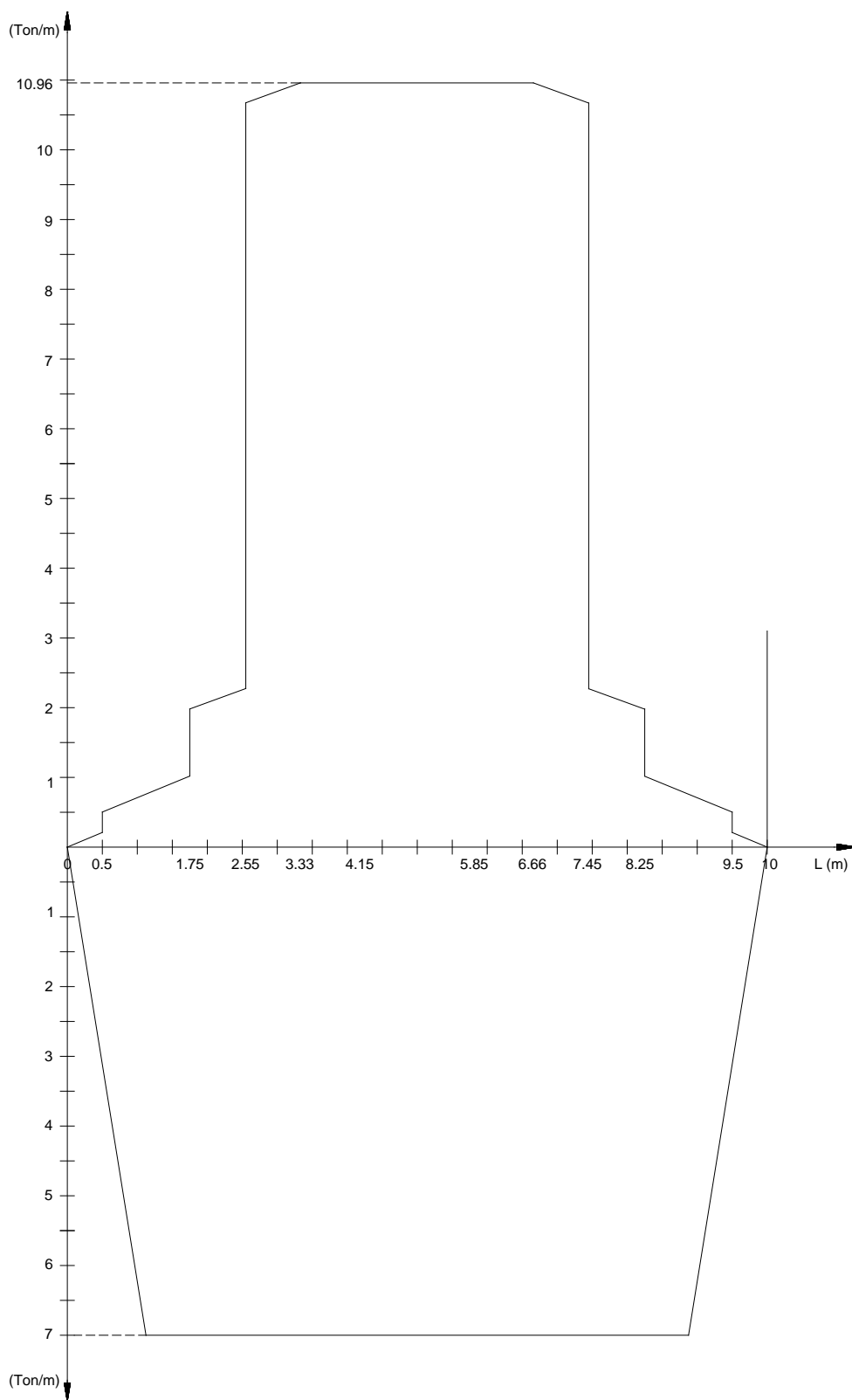


Figura 5.7: Curva de Pesos y Empujes

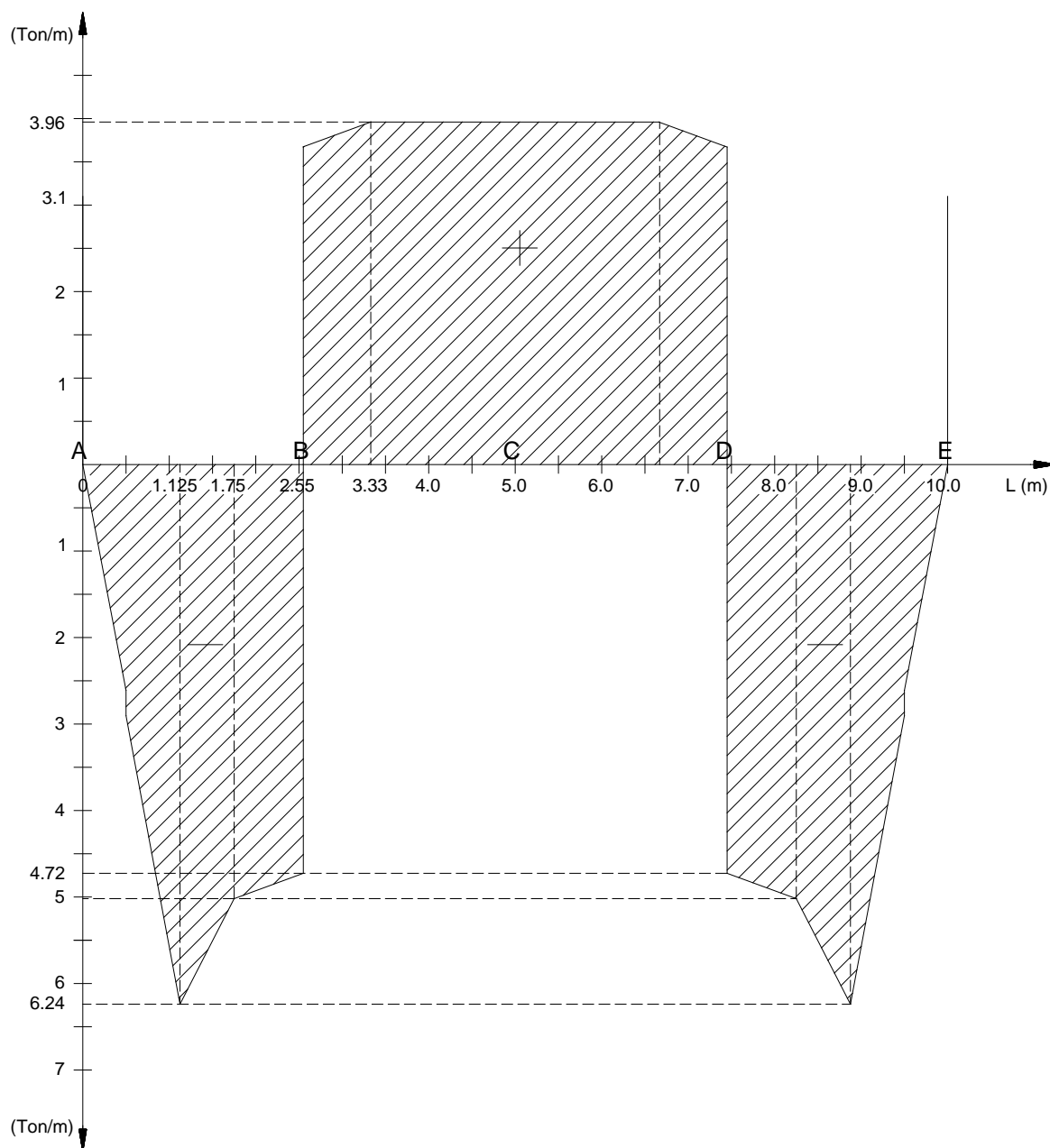


Figura 5.8: Curva de Cargas

Sea Q la fuerza cortante y M el momento flector:

$$Q_C = 0 \text{ Ton}$$

$$Q_D = - \left[\frac{(4.72 + 5)}{2} * 0.8 + \frac{5 + 6.24}{2} * 0.625 + \frac{6.24 * 1.125}{2} \right] + 3.1 * 0.1$$

$$Q_D = -10.601 \text{ Ton}$$

$$M_C = - \left[(1.67 * 3.96) * 0.835 + (3.675 * 0.78) * 2.06 + \frac{(0.285 * 0.78)}{2} * 1.93 + (3.1 * 0.1) * 4.95 \right] + \left[(4.72 * 0.8) * 2.85 + \frac{(0.28 * 0.8)}{2} * 2.983 + (5 * 0.625) * 3.563 + \frac{(0.625 * 1.24)}{2} * 3.66 + \frac{(6.24 * 1.125)}{2} * 4.44 \right]$$

$$M_C = -13.177 + 39.232$$

$$M_C = 26.055 \text{ Tonxm (arrufo)}$$

$$M_D = \left[(4.72 * 0.8) * 0.4 + \frac{(0.28 * 0.8)}{2} * 0.266 + (5 * 0.625) * 1.113 + \frac{(0.625 * 1.24)}{2} * 1.008 + \frac{(6.24 * 1.125)}{2} * 1.8 \right] - (3.1 * 0.1) * 2.5$$

$$M_D = 10.952 \text{ Tonxm (arrufo)}$$

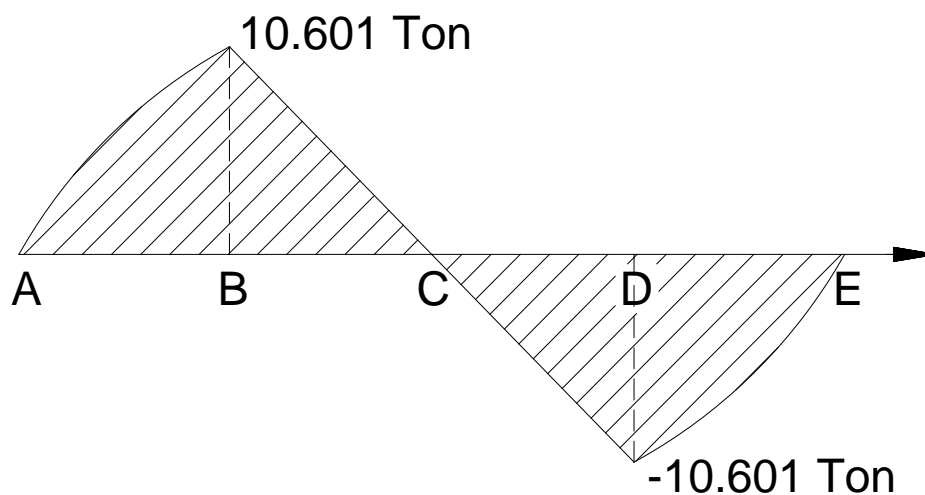


Figura 5.9: Diagrama de Fuerzas Cortantes

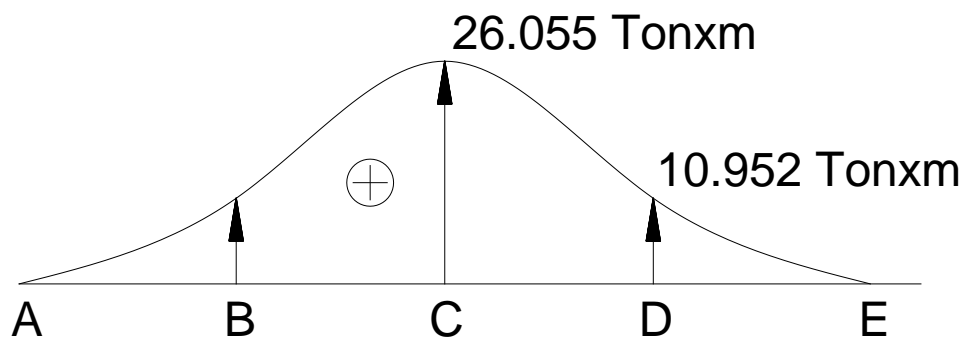


Figura 5.10: Diagrama de Momentos Flectores

Calculo de los Esfuerzos:

Paso 1: calcular el momento de inercia del buque transversalmente.

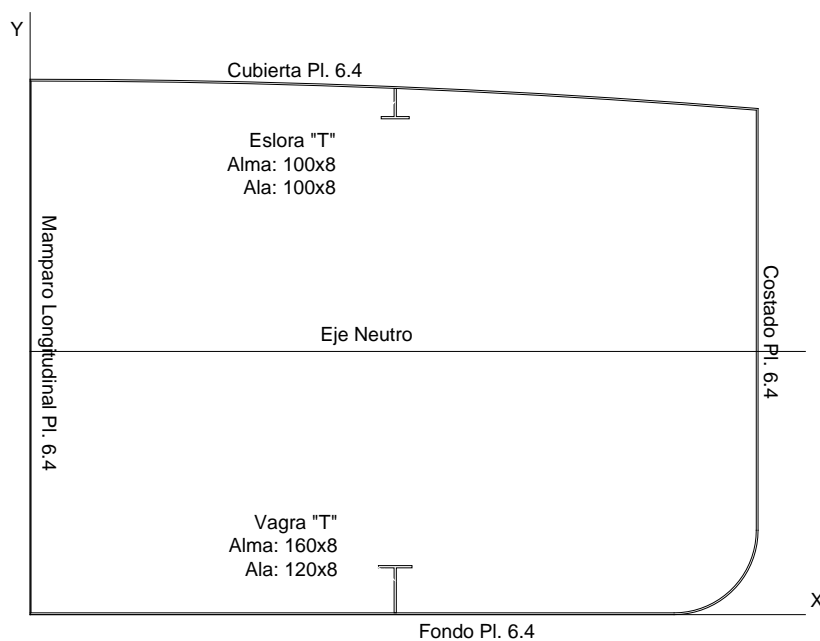


Figura 5.11: Vista Transversal

Analizaremos la media manga del buque, inicialmente tomaremos todos los valores con respecto al origen de coordenadas:

	A (mm ²)	y (mm)	A*y (mm ³)	A*y*y (mm ⁴)	I _{propia} (mm ⁴)
Mamparo long. 6,4 mm	6060.80	947.00	5739577.60	5435379987.20	7288576872.71
Pl. cubierta 6,4 mm	16637.20	1866.21	31048501.47	57943002197.40	57958975263.27
Pl. casco 6,4 mm	12585.40	827.49	10414278.41	8617700823.59	12451005331.07
Pl. fondo 6,4 mm	14720.00	3.20	47104.00	150732.80	200977.07
Eslora	1600.00	1794.31	2870888.48	5151250415.37	5153087586.74
Vagra	2240.00	122.40	274176.00	33559142.40	40165649.07
Sumatoria	53843.40		50394525.96	77181043298.76	82892011679.93

Eje Neutro (d)	935.9462027
I _{xx}	160073054978.69
Y _{cubierta}	969
Y _{fondo}	935
I (cm²-m²)	2258.129795

Ad ²	47166565206
I _x	112906489772.52
I _x (total)	2.25813E+11
Sm _{cubierta}	233037130.6
SM _{quilla}	241511208.1
SM_{cubierta} (cm²-m)	2330.371306
SM_{quilla} (cm²-m)	2415.112081

La inercia es:

$$I_{real} = 2258.129795 \text{ cm}^2 - \text{m}^2$$

$$I_{real} = 0.226 \text{ m}^4$$

Modulo resistente de la viga buque:

$$W_{cubierta} = W_{real} = 2330.371306 \text{ cm}^2 - \text{m} = 0.233 \text{ m}^3$$

$$W_{quilla} = 2415.112081 \text{ cm}^2 - \text{m} = 0.242 \text{ m}^3$$

Como es una flexión pura sabemos que la máximo esfuerzo se produce en la fibra más alejada del eje neutro (en nuestro caso se produce en cubierta) :

$$\sigma = \frac{Mf}{W}$$

Donde:

Mf = Momento flector

W = Modulo resistente

$$\sigma = \frac{26.055 \text{ Tonxm}}{0.233 \text{ m}^3} = 111.824 \text{ Ton/m}^2$$

$$\sigma = 11.182 \text{ kg/cm}^2$$

Calculo del modulo mínimo según I.A.C.S:

$$W_{min} = f_1 \cdot k_L \cdot C_1 \cdot L^2 \cdot B \cdot (C_B + 0.7) \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

Donde:

$$f_1 = 1 ; k_L = 1 ; L = 9.6 \text{ m} ; B = 5.2 \text{ m} ; C_b = 0.93 ; C_1 = 4.11$$

Reemplazando:

$$W_{min} = 1 * 1 * 4.11 * 9.6^2 * 5.2 * (0.93 + 0.7) * 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$W_{min} = 0.0032 \text{ m}^3$$

Entonces igualando:

$$W_{real} > W_{min} \quad \text{CUMPLE}$$

Calculo de la inercia mínima:

$$I_{min} = \frac{3L \cdot (|M_f|)}{k_L \cdot \sigma_{adm L}} \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

Donde:

$$\sigma_{adm L} = 264919.05 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_f = M_{A.T} + M_{o max}$$

$$M_{o max} = 0,0102 \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot L^2 \cdot B \cdot (C_b + 0.7) \text{ Txm}$$

Donde:

$$f_1 = 1 ; f_2 = -1.1 \text{ para arrufo} ; k_L = 1 ; C_1 = 4.11 ; C_2 = 1 ; L = 9.6 \text{ m} ; B = 5.2 \text{ m} ;$$

$$C_b = 0.93$$

Reemplazando:

$$|M_{o max}| = 0.0102 * 1.1 * 4.11 * 1 * 9.6^2 * 5.2 * (0.93 + 0.7) \text{ Txm}$$

$$|M_{o max}| = 36.022 \text{ Txm}$$

$$|M_f| = |M_{A.T}| + |M_{o max}|$$

$$|M_f| = 26.055 + 36.022$$

$$|M_f| = \mathbf{62.077 \text{ Txm}}$$

Reemplazando:

$$I_{min} = \frac{3L \cdot (|M_f|)}{k_L \cdot \sigma_{adm L}} \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_{min} = \frac{3 * 9.6 * 62.077}{1 * 264919.05} x 10^{-5} m^4$$

$$I_{min} = 6.748 x 10^{-8} m^4$$

Entonces igualando:

$$I_{real} > I_{min} \quad \text{CUMPLE}$$

5.2 CALCULO DEL ESCANTILLONADO (ABS)

Cuadro 1: Módulo resistente de la cuaderna maestra

$$SM_R = KSM_b$$

$$SM_b = C_1 \cdot C_2 \cdot L^2 \cdot B(C_b + 0.7)$$

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	VALOR
Factor de Momento Torsor en aguas tranquilas(K)	K	1.00
Eslora de la barcaza	L	9.6
Factor en función de a la longitud	C1	4.11
Constante	C2	1.00E-02
Manga de la barcaza	B	5.2
Coeficiente de bloque	C _B	0.93
	SMb [cm2-m]	32.105
Módulo resistente de la sección maestra	SMR [cm2-m]	32.105

Cuadro 2: Momento de inercia de la cuaderna maestra

$$I = 0.03SM_R \cdot L$$

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	VALOR
Constante		0.03
Módulo resistente de la cuaderna maestra	SMR	32.11
Eslora de clasificación	L	9.6
Momento de Inercia de la cuaderna maestra	I [cm2 -m2]	9.2463

Cuadro 3: Planchas de costado

Dentro de 0.4L desde la Secc. Media

$$t = 0.07L + 0.007s \text{ para } L \leq 150 \text{ m.}$$

$$t = 0.03L + 0.007s + 6.0 \text{ para } L > 150 \text{ m}$$

Para 0.1L desde los extremos

$$t = 0.055L + 0.007s + 1 \text{ para } L \leq 76 \text{ m.}$$

$$t = 0.015L + 0.01s + 2.2 \text{ para } L > 76 \text{ m.}$$

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	VALOR
Constante de fórmula	Cte.	0.055
Constante de fórmula	Cte.	0.015
Separación entre cuadernas [mm]	s	500
Eslora de Clasificación	L	9.6
Planchas de Costado - Popa	.t3 [mm.]	5.03

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	VALOR
Constante para estructura longitudinal	Cte.	0.07
Constante para estructura longitudinal	Cte.	0.03
Separación entre cuadernas [mm]	s	425
Eslora de Clasificación	L	9.6
Planchas de Costado - Centro	.t [mm.]	3.65

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	VALOR
Constante de fórmula	Cte.	0.055
Constante de fórmula	Cte.	0.015
Separación entre cuadernas [mm]	s	500
Eslora de Clasificación	L	9.6
Planchas de Costado - Proa	.t2 [mm.]	5.03

Cuadro 4: Planchas de fondo

Dentro de 0.4L desde la Secc. Media

$$t = 0.045L + 0.007s + 1.8 \text{ para } L \leq 123\text{m.}$$

$$t = 0.08L + 0.007s - 2.5 \text{ para } L > 123\text{m.}$$

Para 0.1L desde los extremos

$$t = 0.055L + 0.007s + 1 \text{ para } L \leq 76\text{m.}$$

$$t = 0.015L + 0.01s + 2.2 \text{ para } L > 76\text{m.}$$

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	VALOR
Constante de fórmula	Cte.	0.055
Constante de fórmula	Cte.	0.015
Separación entre cuernas [mm]	s	500
Eslora de Clasificación	L	9.6
Planchas de Fondo – Popa	.t1 [mm]	5.03

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	VALOR
Constante de fórmula	Cte.	0.045
Constante de fórmula	Cte.	0.08
Separación entre cuernas [mm]	s	425
Eslora de Clasificación	L	9.6
Planchas de Fondo – Centro	.t [mm]	5.96

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	VALOR
Constante de fórmula	Cte.	0.055
Constante de fórmula	Cte.	0.015
Separación entre cuernas [mm]	s	500
Eslora de Clasificación	L	9.6
Planchas de Fondo – Proa	.t 2[mm]	5.03

Cuadro 5: Planchas reforzada en proa (fondo y costado inmerso)

$$t_1 = 0.055L + 0.01s + 1 \text{ para } L \leq 110\text{m}$$

$$t_1 = 0.085L + 0.01s - 2.3 \text{ para } L > 110\text{m.}$$

$$t_2 = 0.05L + 0.009s + 1$$

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	VALOR
Constante de fórmula	Cte.	0.055
Constante de fórmula	Cte.	0.01
Separación entre cuadernas [mm]	s	500
Eslora de Clasificación	L	9.6
Espesor de Plancha de fondo en proa	.t1	
Plancha reforzada en Proa – Fondo	.t1 [mm.]	6.53

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	VALOR
Constante de fórmula	Cte.	0.05
Constante de fórmula	Cte.	0.009
Separación entre cuadernas [mm]	s	500
Eslora de Clasificación	L	9.6
Espesor de plancha de costado dentro de 0.4L de la Secc. Media	.t	3.65
Espesor de Plancha de costado bajo línea de flotación en proa	.t2	
Plancha reforzada en Proa - Costado Inmerso	.t2[mm.]	5.98

Cuadro 6: Planchas de cubierta

Estructura Transversal	Estructura Longitudinal
$\left. \begin{aligned} t_1 &= 0.009s + 2.4 \text{ para } s \leq 760 \\ t_1 &= 0.006s + 4.7 \text{ para } s > 760 \\ t_2 &= \frac{s(L + 48.76)}{26L + 8681} \end{aligned} \right\} \text{ para } L \leq 91.5$	$\begin{aligned} t_1 &= 0.009s + 2.4 \text{ para } s \leq 760 \\ t_1 &= 0.006s + 4.7 \text{ para } s > 760 \\ t_2 &= \frac{s(L + 48.76)}{26L + 8681} \text{ para } L \leq 183\text{m} \\ t_2 &= \frac{24.83s}{1615.4 - 1.1L} \text{ para } L > 183\text{m} \end{aligned}$
$\left. \begin{aligned} t_1 &= 0.01s + 2.3 \text{ para } s \leq 760\text{mm} \\ t_1 &= 0.0066s + 4.9 \text{ para } s > 760\text{mm} \\ t_2 &= \frac{s(L + 45.73)}{25L + 6082} \end{aligned} \right\} \text{ para } 91.5 < L \leq 185\text{m}$	$t_3 = 0.03L + 0.0036s + 2.8$

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	VALOR
Constante de fórmula	Cte.	0.055
Constante de fórmula	Cte.	0.01
Separación entre cuadernas [mm]	s	500
Eslora de Clasificación	L	9.6
Espesor de cubierta dentro de 0.4L	.t1	
Espesor de cubierta dentro de 0.4L	.t2	
Espesor de cubierta en 0.1L desde los extremos	.t3	
Planchas de Cubierta dentro de 0.4 L	.t1 [mm]	6.90
Planchas de Cubierta dentro de 0.4 L	.t2 [mm]	3.27
Planchas de Cubierta a 0.1L desde los extremos	.t3 [mm]	4.89

Cuadro 7: Espesor de planchas de mamparo

$$0.05L \leq S_1 \leq 0.05L + 3.66 \text{ para } L \leq 122\text{m} \quad S = 0.153L + 3.81 \text{ m} \quad \text{for } L < 122 \text{ m}$$

$$10 \leq S_1 \leq 0.08L \text{ para } L \geq 122\text{m} \quad = 0.048L + 16.61 \text{ m} \quad \text{for } L \geq 122 \text{ m}$$

$$t = sk \cdot \sqrt{qh} / c + 1.5 \text{ mm}$$

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	M.COL.pr	M01	M02	M03	M04	M.COL.pp
Eslora de Clasificación	L	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6
Dist. entre refuerzos [mm]	S	325	325	325	325	325	325
Factor por material	Q	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Factor de aspecto	K	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Limite de Fluencia del mat.	Y	235.00	235.00	235.00	235.00	235.00	235.00
Dist. del borde inf. a la cubierta	H	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90
Constante de formula	C	254	290	290	290	290	254
Dist. Máxima entre mamparo	S	0.5 - 4.16	1.304	1.304	1.304	1.304	1.304
Espesor de la Planchas de Mamparo	.ti	3.26	3.04	3.04	3.04	3.04	3.26

Cuadro 8: Módulo de sección de los refuerzo de mamparos

$$SM = 7.8chsl^2Q \text{ cm}^3$$

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	VALOR
Constante de fórmula	c	0.56
Distancia entre refuerzos [m]	s	0.33
Distancia desde la mitad de l a la cubierta [m]	h	0.95
Longitud no soportada [m]	l	1.85
Factor por esfuerzos del material	Q	1
Módulo resistente del refuerzo PPL de Mamparos	SM	4.62

Cuadro 9: Módulo de sección de los ref. De mamparos

$$SM = 4.74chs\ell^2Q \text{ cm}^3$$

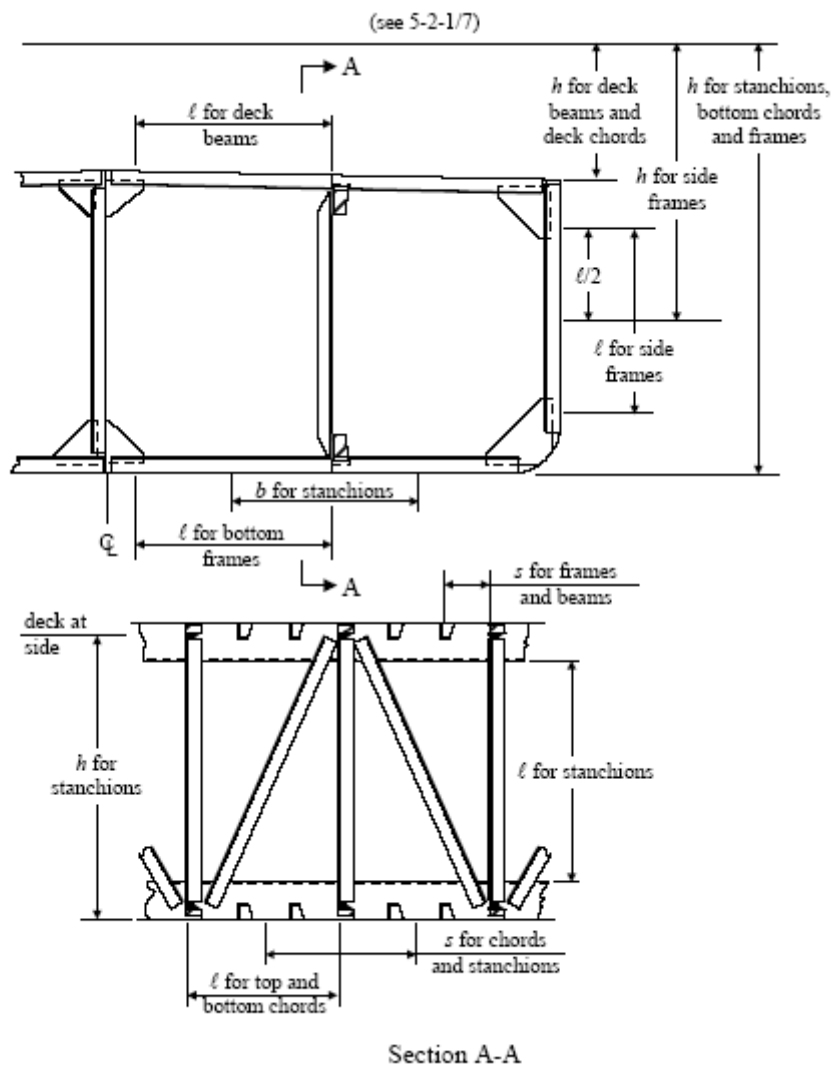
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	VALOR
Constante de fórmula	c	1
distancia entre refuerzos horizontales	s	1.90
Distancia desde la mitad de s a la cubierta	h	0.9
Longitud no soportada	l	0.43
Factor por esfuerzos del material	Q	1
Módulo resistente del refuerzo auxiliar de Mamparos	SM	1.46

Cuadro 10: Módulo de sección de estructura principal

$$SM = 7.8chs\ell^2 \text{ cm}^3$$

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	VALOR
Constante para estructura de cubierta	.c1	1
Cosntante para estructura de costado	.c2	1.25
Constante para estructura de fondo	.c3	1.25
Presión para baos [m]	.h1	1.22
Presión para cuadernas [m]	.h2	2.12
Presion para estructura de fondo [m]	.h3	3.02
Separación entre cuadernas [m]	s	0.5
Luz entre apoyos estruc.de cubierta	l1	1.3
Luz entre apoyos estruc.de costado	l2	0
Luz entre apoyos estruc.de fondo	l3	1.3
Módulo de sección estruct, ppl de cubierta	SMd	
Módulo de sección estruct, ppl de Costado	SMs	
Módulo de sección estruct. Ppl de fondo	SMb	
Módulo de Sección de Estructura Principal Cubierta	SMd [cm3]	8.04
Módulo de Sección de Estructura Principal Costado	SMs [cm3]	0
Módulo de Sección de Estructura Principal Fondo	SMb [cm3]	24.88

Gráfico 1: Estructura transversal

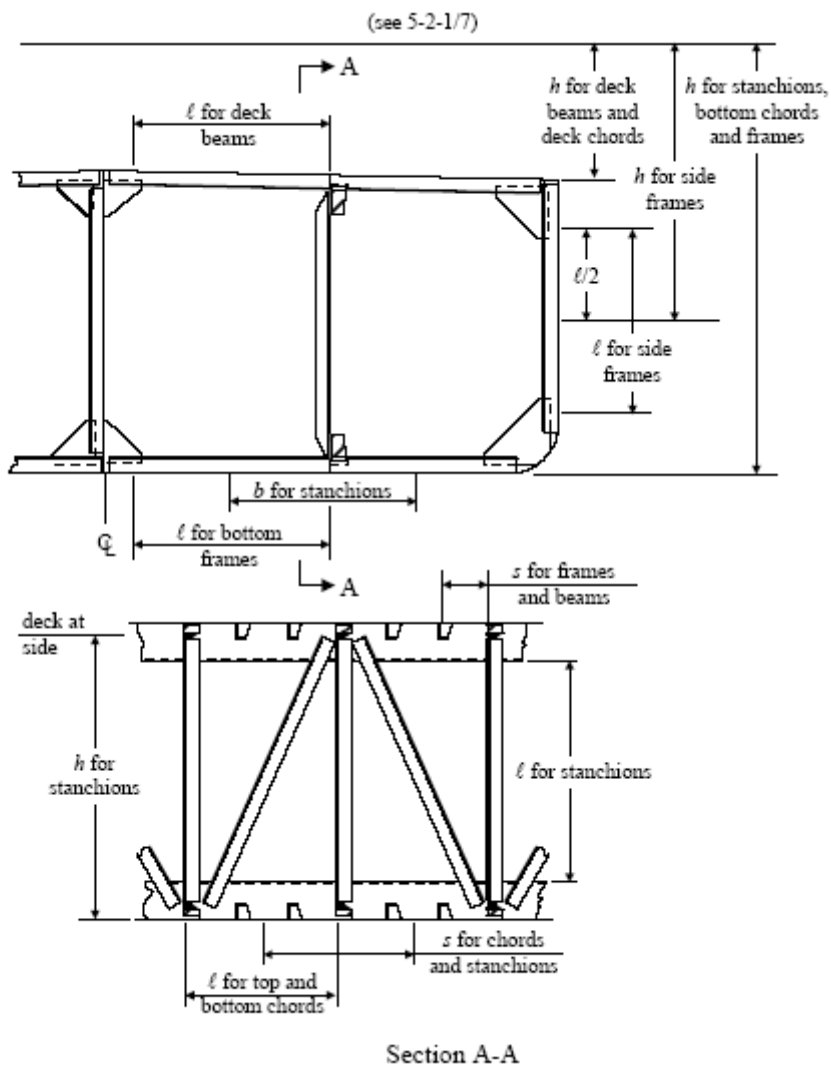


Cuadro 12: Módulo de secc. de estructura auxiliar - esloras, vagras y palmejar

$$SM = 4.74chs\ell^2 \text{ cm}^3$$

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	VALOR
Constante de fórmula	.c	1.5
Altura de Presión para esloras	.h1	1.22
Altura de Presión para vagras	.h2	3.02
Altura de Presión para palmejar	.h3	2.12
Separación entre elementos auxiliares (esloras, vagras)	s	1.3
Separación entre elementos palmejares	.s3	1.8
Longitud no soportada de eslora	l1	1.6
Longitud no soportada de vagra	l2	1.6
Longitud no soportada de palmejar	l3	0
Módulo de sección Eslora	SM1	
Módulo de sección Vagra	SM2	
Módulo de sección Palmejar	SM3	
Módulo de Sección de Estructura Auxiliar Eslora	SM1 [cm³]	28.86
Módulo de Sección de Estructura Auxiliar Vagra	SM2 [cm³]	71.45
Módulo de Sección de Estructura Auxiliar Palmejar	SM2 [cm³]	0

Gráfico 2: Estructura transversal



Fuente: ABS

CAPÍTULO VI

TECNOLOGÍA DE LA FABRICACIÓN

Las siguientes son las actividades necesarias para la fabricación del Grifo Flotante.

6.1 Programación de Actividades:

6.2 Construcción del Grifo:

6.2.1 Construcción del casco.

6.2.2 Construcción de la caseta.

6.3 Arenado y pintado del casco:

6.3.1 Preparación del casco y arenado:

6.3.2 Aplicación de capas de pintura e anti incrustante.

6.4 Instalación de los Sistemas:

6.4.1 Sistema de achique y contra incendio.

6.4.2 Sistema eléctrico.

6.4.3 Sistema de carga y descarga de combustible.

6.5 Lanzamiento:

6.5.1 Lanzamiento de la unidad.

6.1 Programación de actividades:

El programa de construcción del Grifo Flotante Marítimo permite organizar las actividades para lograr en los plazos establecidos la consecución del objetivo. Con este programa de actividades se da a conocer en forma previa lo que se hará en obra. Una vez que se ha completado la elaboración lógica del proyecto se establece una programación de actividades del mismo.

La forma de asignar el tiempo de duración de una actividad se basa en la manera más eficiente para terminar de acuerdo con los recursos disponibles. Luego que se estima la duración de todas las actividades del proyecto se procede al cálculo de la duración total del mismo y a la determinación de las fechas próximas de realización de cada actividad.

Recordemos que en muchos casos, en los proyectos no se puede definir la fecha exacta de la determinación de un trabajo, pero si se puede definir el tiempo más probable en que el trabajo se puede terminar según experiencias anteriores y su juicio sobre la carga actual de los recursos disponibles. Sin embargo siempre hay imprevistos que pueden adelantar o atrasar la fecha de finalización de la obra.

6.2 Construcción del Grifo Flotante Marítimo:

En el proceso de la construcción del Grifo Flotante se ha conceptuado el orden lógico de la ejecución del mismo.

6.2.1 Construcción del casco:

Se tiene:

-Instalación de la cama, consiste en colocar los muertos de de concreto armado de medidas de 0.4x0.4x0.6 metros con espaciamentos entre ellos en sentido de proa hacia popa, tomado en consideración la ubicación de los mamparos transversales.

- Se instalan los mamparos longitudinales, los cuales llevan soldados los refuerzos verticales en ``L`` de 100x40x6.4 mm. con una separación que varia de 360, 400, 425,470 y 500.

- La instalación de los mamparos transversales consiste en ubicarlos de acuerdo al plano de estructuras (plano 000) en las posiciones de M6, M14, M10 y M18 respectivamente, los que previamente han sido habilitados y reforzados con 12 platinas de 75x6.4, 2 atezadores en ``T`` de 100x100x8, de acuerdo al plano, estos tienen un espaciamiento continuo de 325 mm.

Cabe mencionar que se apuntalaran exteriormente estos con tubos provisionales de 3 pulgadas de diámetro, para respetar la geometría de diseño.

- Se instalan sobre la quilla las cuadernas de acuerdo al plano de estructuras, empezando del centro hacia los extremos.

- Sobre la quilla se instalan los mamparos longitudinales, los cuales llevan soldados los refuerzos verticales en ``L`` de 100x40x6.4 mm. con una separación que varía de 360, 400, 425,470 y 500.
- Se coloca posteriormente el forro de fondo de 6.4 milímetros de espesor el cual ha sido habilitado, con biseles de 60 grados, se aplican los cordones de soldadura eléctrica por electrodo revestido ASME E6011, ASME E6013, utilizándose la técnica de paso ciego.
- Se instalan las vagras de forma en ``T``, con medidas de 160x120x8 mm, estando ubicadas a 1300 mm de crujía.
- Se instala el forro de acero naval del casco con un espesor de 6.4 mm de espesor indicado en los planos de estructura general.
- Para la instalación de la cubierta principal se utilizan planchas de acero naval como en toda la estructura, con espesores de 6.4 mm, estas será reforzadas con esloras en "T" de 100x100x8 mm.

6.2.2 construcción de la caseta:

Consiste:

- Instalación de las cuadernas con un espaciamiento entre ellas de proa a popa de 500 mm con ``L`` de 60x40x6.4 mm.
- Instalación de los baos de medidas de 60x40x 6.4 mm con cartelas de unión de 150x150x6.4 mm
- Instalación de forro exterior y cubierta de caseta, con espesores de 6.4 mm,

6.3 Arenado y pintado del casco:

6.3.1 Preparación para el arenado

La superficie exterior e interior del casco así como todos los elementos estructurales son arenados bajo una presión, lográndose eliminar las capas de óxido, producto del efecto la exposición del material a al medio ambiente.

6.3.2 Aplicación de capas de pintura

Después del arenado se aplica inmediatamente una capa de base anticorrosiva, posteriormente se aplica una capa de pintura.

Finalmente se le aplica una capa de pintura anti incrustante (antifouling) a toda la obra viva, la cual permitirá la no aparición de elementos extraños al casco como son los moluscos y otros.

6.4 Instalación de Sistemas:

6.4.1 Sistema de Achique:

Está constituido por cuatro (04) canastillas de succión tanto el pique de proa como en popa, esto con la finalidad de poder expulsar todos el contenido de agua que pudiera haber ingresado a estos compartimientos. Las líneas de succión van a parar al tubo múltiple (manifold) de 4 pulgadas de diámetro de material SCH 80, el cual está conectado a las bombas autocebantes, estas a su vez tienen conexión directa a las tomas de mar que entre otras funciones sirven para los sistemas de contraincendios, sanitario y baldeo.

6.4.2 Sistema Eléctrico:

El sistema eléctrico está diseñado para generar y abastecer de energía a todos los sistemas a bordo, como son alumbrados, navegación, comunicación.

El diseño comprende un generador de corriente alterna con una potencia de 12 HP (8.9 Kw) a 220V, la cual es rectificadora a corriente continua, esta se centraliza en el tablero principal, de allí se distribuye a los tableros de surtidores, equipos electrónicos, luces de navegación, alumbrado y otros.

Tablero de surtidores:

- Luz de alumbrado en el tablero
- Surtidor 1
- Surtidor 2

Tablero de equipos electrónicos:

- Alarma del motor del grupo electrógeno
- Equipo de comunicación de frecuencia HF
- Radio VHF

Tablero de luces de navegación:

- Luz de tope.
- Luz de situación babor (rojo).
- Luz de situación estribor (verde).
- Luz de popa (blanca).
- Luz de fondeo (blanca).

Tablero de luces de alumbrado:

- Tomacorriente de caseta
- Alumbrado interior y exterior de caseta
- Reflectores de cubierta principal
- Reflectores pirata

6.4.3 Sistema de carga y descarga de combustible:

El sistema de carga y descarga de combustible consiste en lo que respecta al Grifo Flotante de una brida de acoplamiento universal a través de la cual el tanque cisterna de la nave de suministro, abastece a presión el combustible diesel, este vía línea de válvulas de distribución (manifold) se distribuye las seis líneas de carga de tanques de almacenamiento de combustible, se tiene además dos líneas de succión para los dos surtidores. Las líneas de carga se usan en algunas oportunidades para la descarga de combustible.

6.5 Lanzamiento**6.5.1 Lanzamiento de la unidad:**

Construido el casco en su totalidad, se programa su lanzamiento al agua.

Se levantara el casco a sesenta centímetros del nivel del piso mediante gatas distribuidas uniformemente en el área del fondo del grifo flotante marítimo.

Entre la luz de los calzos y el fondo de la barcaza, se colocaran vigas de madera de 12x12 pulgadas. Estas vigas llevaran grasa y el casco se asentara en la grasa de las vigas. En estas condiciones y con ayuda de cargadores frontales, el casco será

movido sobre la superficie de las vigas engrasadas, provocando movimientos de pivoteo, mediante los cuales, se desplazara gradualmente hacia la orilla donde encontrara la pendiente, donde igualmente con vigas engrasadas, el casco por u peso propio resbalara hasta ingresar al agua y cuya flotabilidad, le permitirá mantenerse a flote en su posición normal.

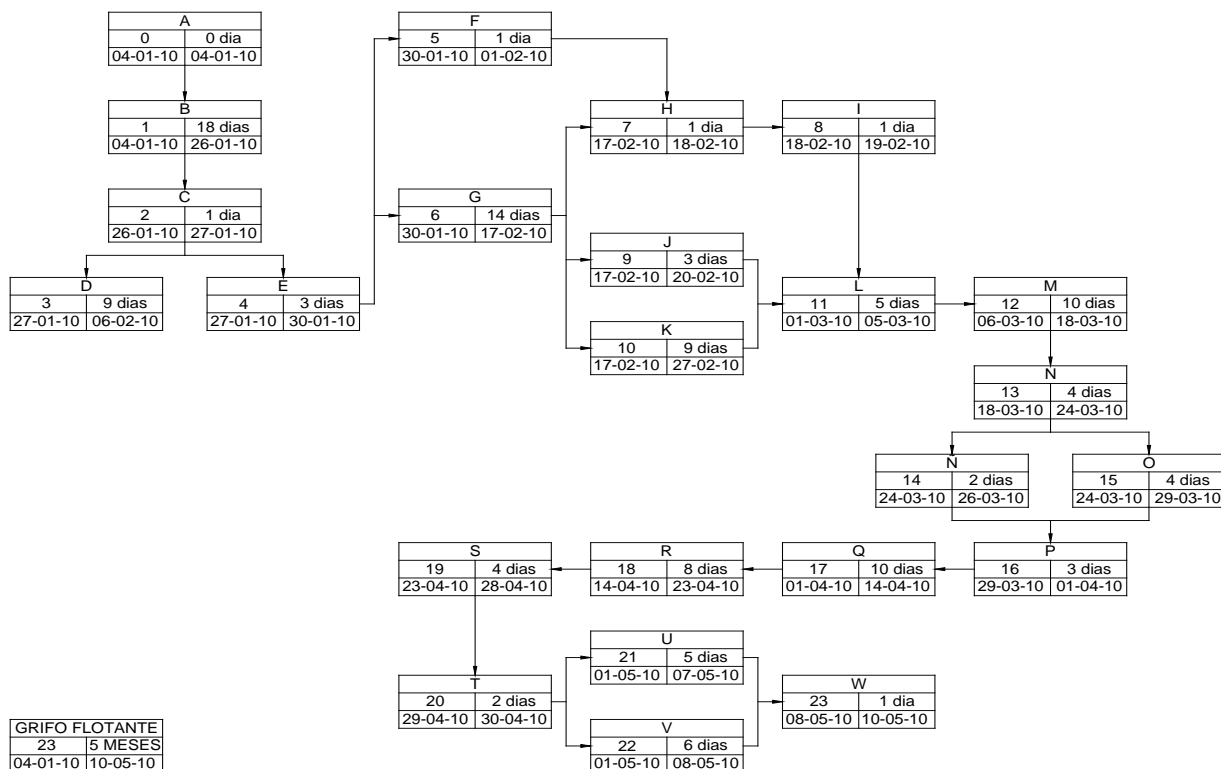


Figura 6.1: Flujo Pert de la Construcción del Grifo Flotante

El sistema de flujo del proceso de construcción del grifo (PERT) tiene amplia aplicación por la forma de calcular la duración de la actividad de la construcción, por lo que este sistema se emplea para planificar el proyecto a fin de alcanzar el objetivo con el éxito deseado.

El método indicado no resuelve los problemas por si solo sino que relaciona todos los factores del problema de manera que representa una perspectiva más clara para la ejecución de la construcción del grifo marítimo flotante.

La función de la dirección estará caracterizada por las decisiones que se deben tomar y a su vez estas decisiones estarán acompañadas desde luego de la incertidumbre, sobre todo cuando el objetivo no tiene precedentes.

Los beneficios derivados de la aplicación de este método en el proyecto de construcción del grifo flotante marítimo permite un mejor ordenamiento y balanceo que redundan en su ejecución de manera más eficiente, y en menos tiempo; el beneficio es poseer en un solo documento la imagen general de todo el proyecto, lo cual evita las omisiones, identifica las contracciones en la planeación de las actividades, facilitando una logística ordenada y oportuna.

CAPÍTULO VII

EVALUACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA

De acuerdo a lo propuesto se elabora el estudio técnico económico de la inversión realizada en el desarrollo del proyecto.

En la actualidad, el comercio marítimo se ha incrementado considerablemente en el Puerto de Piura por lo que se ha reconocido la gran oportunidad de negocio al desarrollar el proyecto de construcción del Grifo Flotante Marítimo en dicho zona.

La evaluación de un proyecto de inversión se realiza mediante el proceso de medición de su valor, el cual se basa en la comparación de los beneficios que se generan en el desarrollo de la actividad económica del Grifo Flotante con los gastos en que se incurrieron para el diseño y la fabricación.

7.1 Objetivo:

Lograr un resultado óptimo en la fabricación del Grifo Flotante, para ello se debe especificar el sustento tanto técnico y económico aplicado dentro del mismo, esto significa que se tomaran en cuenta los costos explícitos e implícitos necesarios para la fabricación de este Grifo Flotante Marítimo, los cuales deberán ser recuperados

en el menor tiempo posible. Por otro lado, se tomarán en consideración tanto los parámetros de diseño naval, así como los requerimientos del propietario.

7.2 Conceptos Contables:

En este Capítulo se aplicarán conceptos técnicos económicos, es decir, se darán resultados de acuerdo a la información actualizada de los costos en los astilleros de construcción naval.

Se comienza definiendo un astillero como la empresa destinada a la construcción y reparación de buques de cualquier tonelaje en puerto, playa, costa o río. Teniendo en cuenta que la actividad industrial que desarrolla tiene por finalidad la fabricación de un producto, es decir que los costos necesarios para el desarrollo de dicha actividad debe ser cubierta por el producto, como son los costos incurridos en las compras de materia prima, pago mano de obra y en las diferentes actividades de producción o costos indirectos de fabricación.

Los elementos que componen el costo de un producto son: materia prima, mano de obra y costos indirectos de fabricación.

Costo: Es el valor sacrificado para producir bienes o servicios con la posibilidad de obtener beneficios presentes o futuros. Cuando hablemos de costo nos referimos a los desembolsos y deducciones causadas por el proceso de fabricar o prestar un bien o servicio.

Gastos: son las deducciones causadas por la administración del negocio como es el caso del sueldo del gerente, el sueldo del contador, pago de alquiler de oficina, el pago de los servicios de luz y agua.

Ingreso: Cualquier partida u operación que afecte los resultados de una empresa aumentando las utilidades o disminuyendo las pérdidas. No debe utilizarse como

sinónimo de entradas en efectivo, ya que éstas se refieren exclusivamente al dinero en efectivo o su equivalente que se recibe en una empresa sin que se afecten sus resultados. Para determinar el costo de un producto debemos tener en cuenta la materia prima que se utiliza, la mano de obra y los costos indirectos de fabricación.

Materia prima: Son los materiales que se usan en la producción y pueden ser divididos en:

- **Materia prima directa (MPD):** es el que puede ser identificado y asociado fácilmente con el producto, representa el principal costo en materiales.
- **Materia prima indirecta (MPI):** se utiliza también en la fabricación del producto pero son materiales directos.

Mano de obra directa (MOD): es la que puede ser identificada y asociada fácilmente con el producto. Por ejemplo el sueldo de un operario de una máquina herramienta.

Mano de obra indirecta (MOI): Es la que se emplea en la elaboración de un producto pero no se considera como mano de obra directa. Por ejemplo el sueldo del personal administrativo en una empresa.

Costos indirectos de fabricación (CIF): Agrupa costos indirectos de materia prima y de mano de obra y otros indirectos que no pueden identificarse fácilmente con los productos. Cuando me refiero a otros costos como el alquiler del taller, la energía eléctrica, etc.

El precio final (PF) de la construcción, se hallara a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{PF} = \text{MPD} + \text{MOD} + \text{CIF}$$

MPD: Costo de materia prima directa

MOD: Costo de mano de obra directa

CIF: Costo indirecto de fabricación

7.3 Descripción de los materiales:

El Grifo Flotante está constituido íntegramente de acero. Los elementos estructurales y forro serán de acero ASTM-A131. Es un acero de bajo porcentaje de carbono hipo-eutectoide utilizado en la industria naval. Sus características mecánicas y composición química están expresadas en la designación A 131/A 131M – 01 de las normas ASTM.

Las principales dimensiones son:

Casco fondo:	(6.4 mm)
Casco costado:	(6.4 mm)
Cubierta principal:	(6.4 mm)
Caseta:	(5mm)
Mamparos transversales:	(6.4 mm)
Cuaderna:	L 100 x 40 x 6.4 mm
Baos:	L 60 x 40 x 6.4 mm
Varengas:	L 100 x 40 x 6.4 mm

Toda la estructura se encuentra debidamente reforzada por medio de perfiles de plancha dobladas, platinas y cartelas íntegramente soldadas.

7.4 Presupuesto:

El presupuesto, se define como la previsión de gastos e ingresos para la realización de un proyecto en un determinado lapso de tiempo¹, con el cual se debe desarrollar el diseño y construcción del Grifo Flotante marítimo. En la cuadro N01 se detallaran los materiales y servicios que se utilizaran antes, durante y después del diseño, construcción y pruebas de lanzamiento del Grifo Flotante marítimo.

CUADRO N01 LISTADO DE MATERIALES

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	METRADO	PRECIO S/.	PARCIAL S/.
1	Trabajos Iniciales				13,329.00
1.1	Diseño de Planos	Día	18	80.00	1,440.00
1.2	Estadía en el Astillero	Día	116	60.00	6,960.00
1.3	Transporte de Materiales a la obra	Glb.	95	10.60	1,007.00
1.4	Traslado del Grifo Flotante al mar	Glb.	370	10.60	3,922.00
2	Mano de Obra				18,360.00
2.1	Caldereros	Días	102	120.00	12,240.00
2.2	Ayudantes	Días	102	60.00	6,120.00
3	Obra en Metal Mecánica				171,345.00
3.1	Casco				123,080.00
3.1.1	Planchaje (Fondo, Costado y Cubierta)	kg.	7,660	8.50	65,110.00
3.1.2	Mamparos	kg.	3,195	8.50	27,157.50
3.1.3	Cuadernas, Baos y Varengas	kg.	2,250	8.50	19,125.00
3.1.4	Refuerzos Longitudinales de Costado (Fondo y Cubierta)	kg.	610	8.50	5,185.00
3.1.5	Refuerzos de Mamparo	kg.	765	8.50	6,502.50
3.2	Superestructura				

					35,020.00
3.2.1	Planchaje	kg.	3,410	8.50	28,985.00
3.2.2	Refuerzos	kg.	710	8.50	6,035.00
3.3	Accesorios de Cubierta				11,120.00
3.3.1	Bitas	Und.	6	550.00	3,300.00
3.3.2	Tanques(Inc. Escalas)	kg.	920	8.50	7,820.00
3.4	Poste de Alumbrado				2,125.00
3.4.1	Poste de Alumbrado	kg.	250	8.50	2,125.00
4	Instalaciones Hidráulicas				71,145.83
4.1	Sistema de Aquique y Contraincendio				27,442.80
4.1.1	Válvula de Swing Check de 3"Ø	Und.	6	1,130.00	6,780.00
4.1.2	Válvula Angular de 3"Ø	Und.	5	1,100.00	5,500.00
4.1.3	Manifold 4"Ø	kg.	250	8.50	2,125.00
4.1.4	Válvula Compuerta recta 3"Ø	Und.	8	840.00	6,720.00
4.1.5	Filtro de 3"Ø	Und.	2	800.00	1,600.00
4.1.6	Bomba Autocebante	Und.	2	550.00	1,100.00
4.1.7	Reducción Concéntrica de 3"Ø a 2"Ø	Und.	1	8.40	8.40
4.1.8	Válvula Compuerta recta de 2"Ø	Und.	1	230.00	230.00
4.1.9	Válvula de Swing Check de 2"Ø	Und.	1	617.00	617.00
4.1.10	Reducción Concéntrica de 2"Ø a 1 1/2"Ø	Und.	1	1.40	1.40
4.1.11	Válvula Angular Globo de 1 1/2"Ø	Und.	2	788.00	1,576.00
4.1.12	Tubería de acero 3"Ø	m.	30	33.00	990.00
4.1.13	Tubería de acero 2"Ø	m.	5	22.00	110.00
4.1.14	Tubería de acero 1 1/2"Ø	m.	5	17.00	85.00
4.2	Sistema de Agua Potable y Sanitario				5,481.20
4.2.1	Válvula de Bola 1"Ø	Und.	5		

				89.00	445.00
4.2.2	Válvula de Bola 1/2"Ø	Und.	3	42.00	126.00
4.2.3	Grifería	Und.	3	30.00	90.00
4.2.4	Lavadero	Und.	3	45.00	135.00
4.2.5	Válvula Compuerta recta 3"Ø	Und.	2	840.00	1,680.00
4.2.6	Válvula de Swing Check de 3"Ø	Und.	2	1,130.00	2,260.00
4.2.7	Inodoro	Und.	2	85.00	170.00
4.2.8	Válvula de Bola 3/4"Ø	Und.	1	60.00	60.00
4.2.9	Tubería de acero 3"Ø	m.	10	33.00	330.00
4.2.10	Tubería de acero 1"Ø	m.	15	10.00	150.00
4.2.11	Tubería de acero 1/2"Ø	m.	8	4.40	31.290
4.3	Sistema de Combustible				1,874.76
4.3.1	Válvula de Globo Cierre Rápido 1/2" Ø	Und.	1	42.40	42.40
4.3.2	Filtro Doble 1/2" Ø	Und.	2	697.78	1,395.56
4.3.3	Válvula de Globo 1/2" Ø	Und.	2	198.60	397.21
4.3.4	Tubo de Acero 1/2" Ø	m.	9	4.40	39.60
4.4	Sistema de Trasvase				16,887.07
4.4.1	Manifold 8"Ø	kg.	300	8.50	2,550.00
4.4.2	Brida 8"Ø	Und.	44	219.62	9,663.28
4.4.3	Brida 4"Ø	Und.	16	46.90	750.38
4.4.4	Tubo de Acero SCH - 60 4" Ø	m.	55	71.33	3,923.41
4.5	Maquinarias y equipos				19,460.00
4.1.28	Surtidores	Und.	2	9,730.00	19,460.00
5	Instalaciones eléctricas				21,265.00
1.28	Alimentación y Distribución				20,625.00
1.28.1	Grupo Electrónico 10HP	Und.	1		

				6,000.00	6,000.00
1.28.2	Cableado	m.	195	75.00	14,625.00
1.29	Equipos Complementarios				640.00
1.28.5	Luminaria Exterior	Und.	8	80.00	640.00
6	Arenado				4,949.96
6.1	Casco				3,538.76
6.1.1	Arenado al metal blanco de forro exterior e interior	m ²	152	14.00	2,134.16
6.1.2	Arenado al metal blanco de mamparo longitudinal y transversal	m ²	31	14.00	432.04
6.1.3	Arenado al metal blanco de cuadernas	m ²	45	14.00	625.63
6.1.4	Arenado al metal blanco de vagras y esloras	m ²	10	14.00	134.75
6.1.5	Arenado al metal blanco de refuerzos de mamparos	m ²	15	14.00	212.19
6.2	Superestructura				1,411.20
6.2.1	Arenado al metal blanco de Superestructura	m ²	101	14.00	1,411.20
7	Pintura				7,071.38
7.1	Casco				5,051.308
7.1.1	Pintado con sistema epoxicoamida de forro exterior e interior	m ²	152	20.00	3,048.80
7.1.2	Pintado con sistema epoxicoamida de mamparo longitudinal y transversal	m ²	31	20.00	617.20
7.1.3	Pintado con sistema epoxicoamida de cuadernas	m ²	45	20.00	893.75
7.1.4	Pintado con sistema epoxicoamida de vagras y esloras	m ²	10	20.00	192.50
7.1.5	Pintado con sistema epoxicoamida de refuerzos de mamparos	m ²	15	20.00	303.13
7.2	Superestructura				2,016.00
7.2.1	Pintado con sistema epoxicoamida de Superestructura	m ²	101	20.00	2,016.00
8	Pruebas				6,900.00
8.1	Prueba neumática de estanqueidad en compartimientos del casco	Glb.	1	3,200.00	3,200.00
8.2	Prueba hidrostática a tuberías y válvulas	Glb.	1	1,200.00	1,200.00
8.3	Inspección de soldaduras mediante tintes	m.	125		

penetrantes			20.00	2,500.00
-------------	--	--	-------	----------

Costo directo		314,366.17
Gastos generales (12%)		37,723.94
Utilidades (10%)		31,436.62
-----		-----
Sub-total		383,526.73
Impuesto general a las		72,870.08
-----		-----
Total presupuesto (Miles de Soles)	S/.	456,396.81
Tipo de Cambio		2.84
Total presupuesto (Dólares Americanos)	\$	160,703.10

Son: Cuatrocientos cincuenta y seis mil trescientos noventa y seis con 81/100 nuevos soles

Fuente: Tipo de Cambio Vigente a Enero 2010 - Portal Web SUNAT

Como la construcción del grifo flotante marítimo se realizará a requerimiento del propietario se asume que el total de la inversión requerida será asumida con los recursos propios del propietario. Por lo tanto,, el proyecto requerirá una Inversión Total de S/. 456,396.81 Miles de Nuevos Soles y al tipo de cambio 2.84 para Enero del 2010, el proyecto esta valorizado en \$ 160,703.10 Dólares Americanos.

Es importante señalar que los costos de operación y mantenimiento están constituidos básicamente por los salarios de la tripulación, transporte del petróleo, pintado, calibrado y otras actividades para la operación y mantenimiento.

CUADRO N02 Costo de operación y mantenimiento:

Sueldo 4 ayudantes	S/. 6,000.00
Transporte	S/. 750.00
Mantenimiento	S/. 700.00
Costo Fijo Mensual	S/. 7,450.00
Costo Fijo Anual	S/. 89,400.00

Asumiendo que la actividad comercial del grifo será de Lunes a Domingo las 24 horas, se requerirán 4 ayudantes los cuales se turnaran para desempeñar sus labores (Mañana y Noche), siendo su remuneración mes/hombre S/. 1500 y el costo mensual total S/. 6000.

7.5 Análisis de Financiamiento:

Como se mencionó al inicio de este Capítulo la inversión total que requiere el proyecto será cubierta en un 100% por los recursos propios del mismo propietario, por lo cual descartamos la posibilidad de la obtención de un financiamiento externo. Sin embargo, es importante contar con un plan de financiamiento para el proyecto, ya que es de vital importancia para la optimización de los recursos financieros disponibles. Y sobre todo contar con un plan que nos permitiría prevenir cualquier tipo de externalidad negativa que impida la realización o culminación del proyecto en cuestión, por lo cual se debe tener la seguridad que el banco podrá auxiliar al propietario satisfaciendo las necesidades de efectivo a corto plazo que requiera en el momento que lo necesite.

Para poder obtener una fuente de financiamiento acorde con las expectativas del proyecto, se debe pensar en optar por una de las fuentes de financiamiento más común: **El financiamiento Bancario**, debido a que ofrece la mayor capacidad de financiamiento y servicios posible para la realización de este tipo de proyectos. Por tal motivo, la elección de un financiamiento bancario merece un análisis cuidadoso.

El siguiente cuadro nos muestra las 3 entidades bancarias más importantes que brindan garantía al cliente:

Entidad Financiera	Financiamiento	Tasa de Interés - Moneda	
		Nacional	Extranjera
Banco de Crédito Perú	Largo Plazo	19.50%	23.75%
HSBC Perú	Largo Plazo	24.00%	24.00%
BBVA Perú	Largo Plazo	29.00%	19.00%

Fuente: Portales web de Cada entidad Financiera.

Donde se puede concluir, que la mejor opción de financiamiento es el Banco de Crédito del Perú, ya que ofrece una tasa de interés relativamente baja a comparación de las otras entidades, lo cual permite trazar un plan más factible en caso se decida realizar un financiamiento.

7.6 Cronograma de actividades:

7.6.1 Diagrama de FLUJO PERT:

Un **Flujo Pert** es un diagrama semejante a un diagrama de flujo, que muestra la secuencia de actividades que se necesitan para terminar un proyecto y el tiempo o costos asociados con cada actividad. Se compone de 3 elementos:

- Los **eventos** son los puntos finales que representan la terminación de actividades principales.
- Las **actividades** representan el tiempo o recursos que se requieren para progresar de un evento al siguiente.
- La **ruta crítica** es la secuencia de eventos más larga, más consumidora de tiempo de eventos y actividades de una red **Pert**.

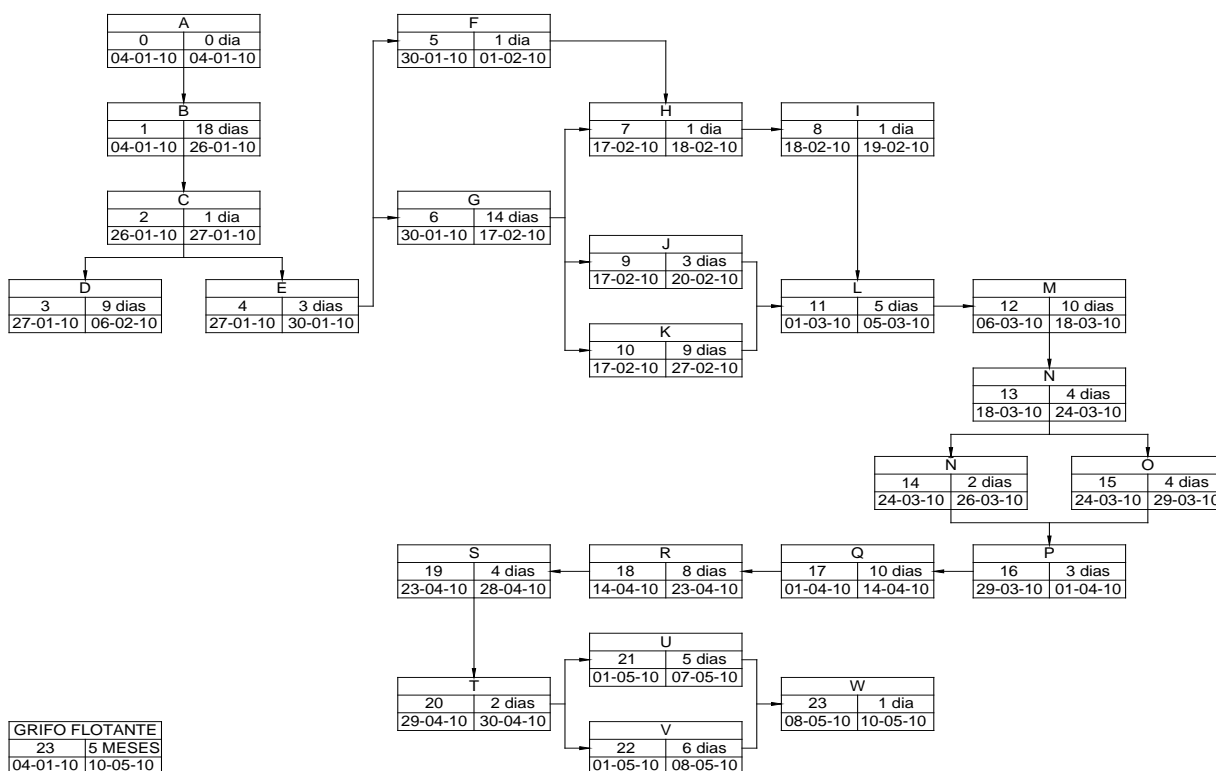


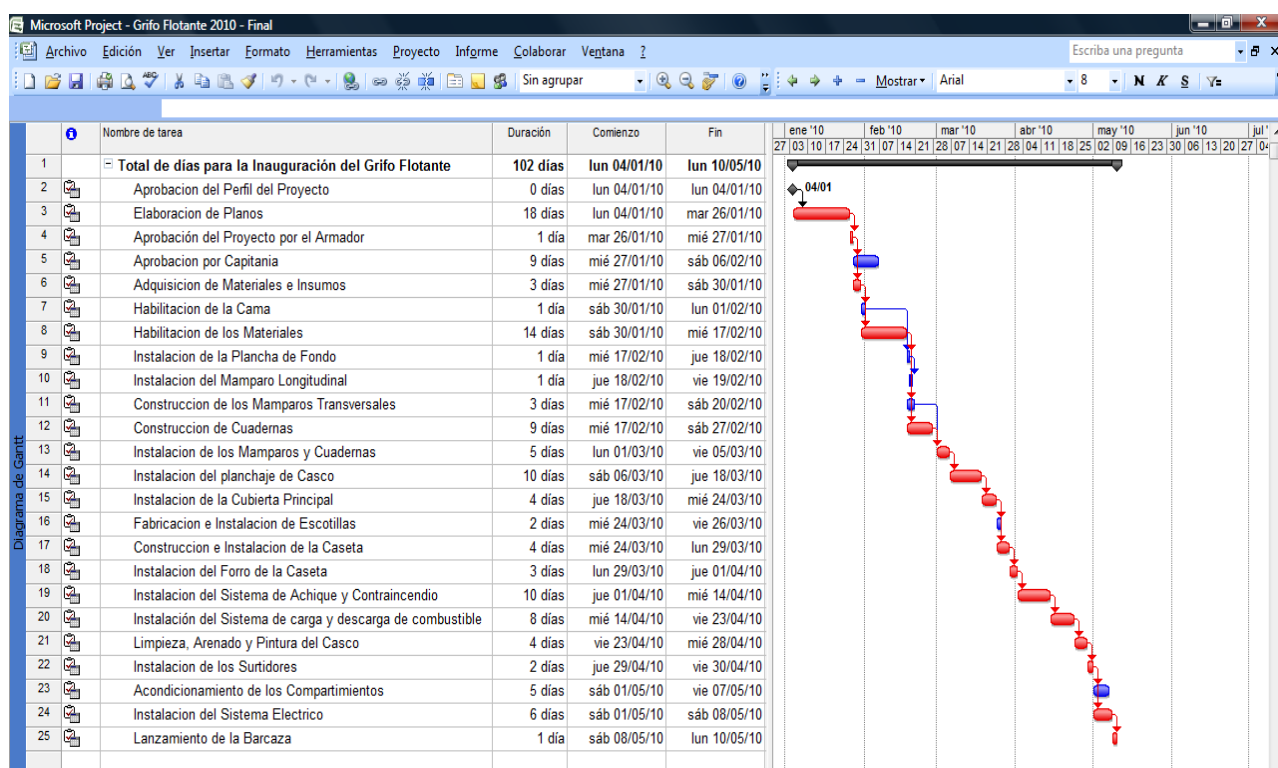
Diagrama de Flujo Pert Grifo Flotante Marítimo

Se puede apreciar la secuencia de las 23 actividades que se requerirán en el proceso de diseño y construcción del Grifo Flotante, desde la actividad inicial a la final, representadas por una letra del abecedario con su respectiva numeración. Todas las actividades se delimitan por un periodo y una fecha.

Para poder apreciar la ruta crítica de dichas actividades se elaborara el diagrama e Gantt usando el programa MS Project 2007 el cual nos sirve en la realización de este proyecto de inversión.

7.6.2 Diagrama de Gantt:

Es la forma habitual de presentar el plan de ejecución de un proyecto, recogiendo en las filas la relación de actividades a realizar y en las columnas la escala de tiempos que estamos manejando, mientras la duración y situación en el tiempo de cada actividad se representa mediante una línea dibujada en el lugar correspondiente.



Ms Project 2007' Diagrama de Gantt.

Se tiene que tener en cuenta que por la dimensiones del Grifo Flotante Marítimo, la duración del proyecto será aproximadamente 5 meses. Se inició el proyecto el 4 de Enero del 2010 y termino el 10 de Mayo del 2010.

Se elaboró un cronograma de trabajo con cada una de las actividades que se dio cumplimiento durante la construcción, en donde podemos observar que el proyecto se desarrolló durante 5 meses.

Para la adquisición de los materiales, se tiene que se han iniciaron los trámites con varios meses de anticipación al inicio del proyecto, de tal manera que estuvieron disponibles en almacén antes de que se comience la construcción del Grifo Flotante.

7.7 Evaluación Económica:

Como se mencionó en un principio la parte más importante de este Capítulo es la evaluación económica donde se analizaran los flujos proyectados para determinar la viabilidad del proyecto y su rentabilidad en el tiempo, para ello se realizara un estado de ganancias y pérdida proyectada con el cual se podrán obtener los flujos proyectados, durante 10 años.

Se obtuvo el tiempo de vida útil del Grifo Flotante Marítimo, mediante el análisis de diversos proxy con características similares. Llegando a la conclusión que tendría 15 años de vida útil y presenta un valor residual del 10% del costo del Grifo Flotante.

Cálculo de la depreciación:

Costo	S/. 456,396.81
Valor Residual	S/. 45,639.68
Vida	15 años
Depreciación	S/. 27,383.81

Por lo que el valor de depreciación del Grifo Flotante Marítimo es de S/. 27,383.81 miles de nuevos soles.

7.7.1 Estado de Ganancias y Pérdidas Y Flujo de Caja Proyectado²:

Previa a la realización del Estado de Ganancias y pérdidas se tendrá en cuenta la siguiente información:

- Según el análisis de actividad comercial se ha estimado que el periodo de abastecimiento del Grifo Flotante se realizara cada 2 meses.
- Precio de venta del combustible es de \$ 3.5 por galón.
- Precio de costo del combustible (Petróleo), junto con los costos adicionales de transporte, administración y otros es de \$ 2.12 por galón.

Cantidad:	12000	Galones
Conversión:	1 Barril =	42 Galones
Precio del Petróleo:	\$ 89.00	
Tipo de Cambio:	1 Dólar =	2.84 Soles
Precio de Venta:	9.94	Soles
Precio de Compra:	6.532	Soles

Como el tiempo de recarga y compra de combustible será cada 2 meses se obtendrán los siguientes cálculos, los cuales se usarán en el Estado de Ganancias y Pérdidas:

Descripción	2 meses	1 mes
Ingreso Venta	19,280.00	59,640.00
Costo insumo	78,384.00	39,192.00
Ganancia Comercial	40,896.00	20,448.00

² Se trabajara todos los valores en Miles de Nuevos Soles, teniendo en cuenta el tipo de cambio vigente a Enero del 2010 (1 Dólar = 2.84 Soles).

El Estado de Ganancias y pérdidas y el flujo de caja descontado serán proyectados para 10 años, se asume lo siguiente:

- El ingreso por ventas presenta un crecimiento de 5% Anual.
- El costo de insumos presenta un crecimiento de 8% Anual.
- El costo fijo y la depreciación de mantienen constantes.
- Se ha tomado como tasa de impuesto a la renta del 30%, sobre las utilidades.
- La tasa de descuento base utilizada es de 10%.
- La inversión total es de S/. 456,396.81 Miles de Nuevos Soles.

PERIODOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos por ventas		715,680.00	751,464.00	789,037.20	828,489.06	869,913.51	913,409.19	959,079.65	1,007,033.63	1,057,385.31	1,110,254.58
Egresos		587,087.81	624,712.13	665,346.39	709,231.40	756,627.21	807,814.68	863,097.15	922,802.22	987,283.69	1,056,923.68
- Costos de Insumo		470,304.00	507,928.32	548,562.59	592,447.59	639,843.40	691,030.87	746,313.34	806,018.41	870,499.88	940,139.87
- Costos Fijo		89,400.00	89,400.00	89,400.00	89,400.00	89,400.00	89,400.00	89,400.00	89,400.00	89,400.00	89,400.00
- Depreciacion		27,383.81	27,383.81	27,383.81	27,383.81	27,383.81	27,383.81	27,383.81	27,383.81	27,383.81	27,383.81
Utilidad antes de impuestos		128,592.19	126,751.87	123,690.81	119,257.66	113,286.30	105,594.51	95,982.50	84,231.41	70,101.62	53,330.90
Impuestos (30%)		38,577.66	38,025.56	37,107.24	35,777.30	33,985.89	31,678.35	28,794.75	25,269.42	21,030.49	15,999.27
UTILIDAD NETA		90,014.53	88,726.31	86,583.56	83,480.36	79,300.41	73,916.16	67,187.75	58,961.99	49,071.14	37,331.63
FLUJO DE CAJA											
Inversión	-456,396.81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Utilidad neta		90,014.53	88,726.31	86,583.56	83,480.36	79,300.41	73,916.16	67,187.75	58,961.99	49,071.14	37,331.63
+ Depreciacion		27,383.81	27,383.81	27,383.81	27,383.81	27,383.81	27,383.81	27,383.81	27,383.81	27,383.81	27,383.81
FLUJO A DESCONTAR	-456,396.81	117,398.34	116,110.12	113,967.37	110,864.17	106,684.22	101,299.96	94,571.56	86,345.80	76,454.94	64,715.44

Se aprecia que los todos los flujos son positivos lo cual es un buen indicador, a su vez se observa que a partir del 8vo periodo la utilidad neta y los flujos comienzan a decrecer, y es debido a la presencia de Rendimientos a Escala Decrecientes los cuales se presentan en todo negocio comercial.

7.7.2 Análisis Económico:

a) Valor Actual Neto:

La tasa de descuento utilizada es de 10 % y representa el costo de oportunidad del capital. El VNA (Valor Neto Actual) es la sumatoria del valor presente de los 10 flujos analizados y al considerar los costos iniciales para la construcción del proyecto se obtiene el Valor Actual Neto que es la diferencia entre el VNA y el valor de la Inversión.

Se obtuvo que el VNA es de S/. 117,244.60 Mil Nuevos soles, siendo positivo y mayor que cero, lo que nos indica que debe aceptarse el proyecto ya que genera rentabilidad.

Tasa de descuento	10%
Inversión	456,396.81
VNA	633,641.41
VAN	S/. 177,244.60

b) Tasa interna de Retorno:

La TIR del proyecto es 19%, siendo positiva y mayor que la tasa de descuento 10%, lo que asegura la rentabilidad del proyecto por lo cual debe aceptarse la realización del mismo.

c) Relación Beneficio Costo:

La Relación Beneficio Costo del proyecto es 1.4, siendo mayor a 1, lo que significa que este proyecto aporta mayores beneficios a los costos que implicaron su realización y mide la magnitud en que lo hace, con lo cual se confirma nuevamente que debe aceptarse el proyecto.

En conclusión por cada sol invertido se obtienen 40 céntimos de ganancia, lo cual garantiza la rentabilidad del proyecto.

d) Periodo de Recuperación de la Inversión:

Periodo	Flujo Anual	Flujo Acumulado
0	- 456,396.81	-
1	117,398.34	117,398.34
2	116,110.12	233,508.46
3	113,967.37	347,475.83
4	110,864.17	458,340.00
5	106,684.22	565,024.23
6	101,299.96	666,324.19
7	94,571.56	760,895.75
8	86,345.80	847,241.54
9	76,454.94	923,696.49
10	64,715.44	988,411.92

Se aprecia que en la columna de flujo acumulado que, en el periodo 4 se supera la inversión realizada. Por lo tanto,, se puede decir que se recupera el total de la inversión en 4 años y 2 meses aproximadamente.

7.8 Análisis de Sensibilidad:

Se ha asumido una tasa de descuento que puede variar entre 8% a 18% lo cual demuestra que el proyecto es medianamente sensible a variaciones de la tasa de descuento, Por lo tanto, el análisis toma en consideración una tasa de descuento de 10%

CONCLUSIONES

- 1.- El presente diseño está sustentado en la aplicación de la teoría del buque
- 2.- El Grifo Flotante Marítimo cumple con los requerimientos de estabilidad estática y dinámica
- 3.- El proyecto tiene aplicación directa por haber sido el Grifo Flotante Marítimo fabricado, y puesto en servicio.
- 4.- El diseño ha sido sometido a la evaluación estructural, cumpliendo con los requerimientos de cálculo estructural longitudinal, así como con las reglas de clasificación de la American Bureau Shipping (ABS).
- 5.- En el proyecto se ha considerado las exigencias de OSINERGMIN, por no estar sujeto a las normas del MARPOL.
- 6.- El estudio técnico económico da como resultado que el VAN es de S/. 117,244.60 Mil Nuevos soles, siendo positivo y mayor que cero, por generar rentabilidad, de otro lado se recupera el total de la inversión en 4 años y 2 meses.

BIBLIOGRAFIA

1. BONILLA DE LA CORTE, Antonio. "Teoría del Buque". Cádiz, España 691p. 1979.
2. OLIVELLA PUIG, Joan. "Teoría del Buque – Flotabilidad y Estabilidad" Barcelona, España 275p. 2001.
3. American Bureau of Shipping. "Reglas para la construcción y Clasificación de Buques de Acero". Houston, USA. Edición 2003.
4. OTERO RIVERA, CARLOS. "Calculo de Estructuras Marinas (II)". La Coruña, España 503p. 2001.
5. DICAPI. Resolución Directoral. Normas. "Prueba de Estabilidad".
6. DICAPI. Resolución Directoral. Normas. "Línea de Máxima Carga".
7. OMI. "MARPOL". Londres, Reino Unido. Edición 2006
8. Internet. es.wiktionary.org/wiki/presupuesto
9. Internet. www.monografias.com/
10. www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/diaggantaleja

VOCABULARIO DE TÉRMINOS USADOS

ABS: American Bureau of Shipping.

Adrizar: Enderezar o poner en situación vertical al buque.

Asiento: diferencia entre calados de popa y de proa.

Buque: toda construcción naval principal destinada a navegar, cualquiera que sea su clase y con un arque bruto mayor 74.48, incluidas sus partes integrantes y partes accesorias, tales con aparejos, repuestos, pertrechos, maquinas, instrumentos, y accesorios que sin formar partes de la estructura misma de la naves, se emplean en su servicio tanto en el medio acuático como en el puerto.

Al convenio internacional sobre arqueo de buques, 1969. (Arqueo pag 19).

Buque en Rosca: Se le llama así al desplazamiento del buque completamente construido y con los fluidos en circulación en sus instalaciones, tales como, agua en calderas, condensadores, etc., y aceite de lubricación.

Calado: Profundidad media de un rio navegable, puerto, fondeadero, etc. Distancia vertical desde la quilla hasta la superficie del agua.

Carena: La obra viva del casco de un buque.

DICAPI: Dirección General de Capitanías y Guardacostas.

Escora: Desviación o inclinación que adopta un buque por efecto de la estiba de la carga, por la fuerza del viento o cualquier otra causa.

Estabilidad: Propiedad peculiar de los buques bien contruidos y bien cargados de resistir a las fuerzas que intentan hacerlos inclinar.

Flotabilidad: Es la propiedad que gozan ciertos cuerpos sumergidos en un líquido en determinadas condiciones de aflorar a la superficie.

Francobordo: distancia vertical entre la cubierta superior estanca y la línea de máxima carga. Todos los buques tienen un límite de carga, sobrepasado el cual pierden sus cualidades marineras. Este límite viene indicado en el costado mediante un disco cruzado por una línea horizontal que señala el máximo calado autorizado. Es el llamado “disco de francobordo” o “marca Plimsoll”.

OMI: Organización Marítima Internacional.

Obra viva: la parte del casco que va bajo el agua, o sea desde la línea de máxima carga hacia abajo.

ANEXOS

ANEXO 1

Capacidades de tanques y bodegas.

Tank Calibrations - TQ. AGUA POTABLE PR. BR.

Fluid Type = Relative Density = 1

Trim = 0 m (+ve by stern)

Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m ³	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
0.600	0.000	100.0	0.373	0.373	3.610	-0.925	4.250	0.000
0.588	0.012	98.0	0.366	0.366	3.610	-0.925	4.244	0.000
0.575	0.025	95.8	0.358	0.358	3.610	-0.925	4.237	0.019
0.550	0.050	91.7	0.342	0.342	3.610	-0.925	4.225	0.019
0.525	0.075	87.5	0.326	0.326	3.610	-0.925	4.212	0.019
0.500	0.100	83.3	0.311	0.311	3.610	-0.925	4.200	0.019
0.475	0.125	79.2	0.295	0.295	3.610	-0.925	4.187	0.019
0.450	0.150	75.0	0.280	0.280	3.610	-0.925	4.175	0.019
0.425	0.175	70.8	0.264	0.264	3.610	-0.925	4.162	0.019
0.400	0.200	66.7	0.249	0.249	3.610	-0.925	4.150	0.019
0.375	0.225	62.5	0.233	0.233	3.610	-0.925	4.137	0.019
0.350	0.250	58.3	0.218	0.218	3.610	-0.925	4.125	0.019
0.325	0.275	54.2	0.202	0.202	3.610	-0.925	4.112	0.019
0.300	0.300	50.0	0.187	0.187	3.610	-0.925	4.100	0.019
0.275	0.325	45.8	0.171	0.171	3.610	-0.925	4.087	0.019
0.250	0.350	41.7	0.155	0.155	3.610	-0.925	4.075	0.019
0.225	0.375	37.5	0.140	0.140	3.610	-0.925	4.062	0.019
0.200	0.400	33.3	0.124	0.124	3.610	-0.925	4.050	0.019
0.175	0.425	29.2	0.109	0.109	3.610	-0.925	4.037	0.019
0.150	0.450	25.0	0.093	0.093	3.610	-0.925	4.025	0.019
0.125	0.475	20.8	0.078	0.078	3.610	-0.925	4.012	0.019
0.100	0.500	16.7	0.062	0.062	3.610	-0.925	4.000	0.019
0.075	0.525	12.5	0.047	0.047	3.610	-0.925	3.987	0.019
0.050	0.550	8.3	0.031	0.031	3.610	-0.925	3.975	0.019
0.025	0.575	4.2	0.016	0.016	3.610	-0.925	3.962	0.019
0.006	0.594	1.0	0.004	0.004	3.610	-0.925	3.953	0.019

Tank Calibrations - TQ. AGUA POTABLE PR. ER.

Fluid Type = Relative Density = 1
 Trim = 0 m (+ve by stern)

Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m ³	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
0.600	0.000	100.0	0.373	0.373	3.610	0.925	4.250	0.000
0.588	0.012	98.0	0.366	0.366	3.610	0.925	4.244	0.000
0.575	0.025	95.8	0.358	0.358	3.610	0.925	4.237	0.019
0.550	0.050	91.7	0.342	0.342	3.610	0.925	4.225	0.019
0.525	0.075	87.5	0.326	0.326	3.610	0.925	4.212	0.019
0.500	0.100	83.3	0.311	0.311	3.610	0.925	4.200	0.019
0.475	0.125	79.2	0.295	0.295	3.610	0.925	4.187	0.019
0.450	0.150	75.0	0.280	0.280	3.610	0.925	4.175	0.019
0.425	0.175	70.8	0.264	0.264	3.610	0.925	4.162	0.019
0.400	0.200	66.7	0.249	0.249	3.610	0.925	4.150	0.019
0.375	0.225	62.5	0.233	0.233	3.610	0.925	4.137	0.019
0.350	0.250	58.3	0.218	0.218	3.610	0.925	4.125	0.019
0.325	0.275	54.2	0.202	0.202	3.610	0.925	4.112	0.019
0.300	0.300	50.0	0.187	0.187	3.610	0.925	4.100	0.019
0.275	0.325	45.8	0.171	0.171	3.610	0.925	4.087	0.019
0.250	0.350	41.7	0.155	0.155	3.610	0.925	4.075	0.019
0.225	0.375	37.5	0.140	0.140	3.610	0.925	4.062	0.019
0.200	0.400	33.3	0.124	0.124	3.610	0.925	4.050	0.019
0.175	0.425	29.2	0.109	0.109	3.610	0.925	4.037	0.019
0.150	0.450	25.0	0.093	0.093	3.610	0.925	4.025	0.019
0.125	0.475	20.8	0.078	0.078	3.610	0.925	4.012	0.019
0.100	0.500	16.7	0.062	0.062	3.610	0.925	4.000	0.019
0.075	0.525	12.5	0.047	0.047	3.610	0.925	3.987	0.019
0.050	0.550	8.3	0.031	0.031	3.610	0.925	3.975	0.019
0.025	0.575	4.2	0.016	0.016	3.610	0.925	3.962	0.019
0.006	0.594	1.0	0.004	0.004	3.610	0.925	3.953	0.019

Tank Calibrations - TQ. AGUA SALADA

Fluid Type = Relative Density = 1.025
Trim = 0 m (+ve by stern)

Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m ³	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
0.600	0.000	100.0	0.367	0.376	5.447	0.000	4.250	0.000
0.588	0.012	98.0	0.359	0.368	5.447	0.000	4.244	0.000
0.575	0.025	95.8	0.352	0.360	5.447	0.000	4.237	0.019
0.550	0.050	91.7	0.336	0.345	5.447	0.000	4.225	0.019
0.525	0.075	87.5	0.321	0.329	5.447	0.000	4.212	0.019
0.500	0.100	83.3	0.306	0.313	5.447	0.000	4.200	0.019
0.475	0.125	79.2	0.290	0.298	5.447	0.000	4.187	0.019
0.450	0.150	75.0	0.275	0.282	5.447	0.000	4.175	0.019
0.425	0.175	70.8	0.260	0.266	5.447	0.000	4.162	0.019
0.400	0.200	66.7	0.245	0.251	5.447	0.000	4.150	0.019
0.375	0.225	62.5	0.229	0.235	5.447	0.000	4.137	0.019
0.350	0.250	58.3	0.214	0.219	5.447	0.000	4.125	0.019
0.325	0.275	54.2	0.199	0.204	5.447	0.000	4.112	0.019
0.300	0.300	50.0	0.183	0.188	5.447	0.000	4.100	0.019
0.275	0.325	45.8	0.168	0.172	5.447	0.000	4.087	0.019
0.250	0.350	41.7	0.153	0.157	5.447	0.000	4.075	0.019
0.225	0.375	37.5	0.138	0.141	5.447	0.000	4.062	0.019
0.200	0.400	33.3	0.122	0.125	5.447	0.000	4.050	0.019
0.175	0.425	29.2	0.107	0.110	5.447	0.000	4.037	0.019
0.150	0.450	25.0	0.092	0.094	5.447	0.000	4.025	0.019
0.125	0.475	20.8	0.076	0.078	5.447	0.000	4.012	0.019
0.100	0.500	16.7	0.061	0.063	5.447	0.000	4.000	0.019
0.075	0.525	12.5	0.046	0.047	5.447	0.000	3.987	0.019
0.050	0.550	8.3	0.031	0.031	5.447	0.000	3.975	0.019
0.025	0.575	4.2	0.015	0.016	5.447	0.000	3.962	0.019
0.006	0.594	1.0	0.004	0.004	5.447	0.000	3.953	0.019

Tank Calibrations - TQ. COMBUSTIBLE DARIO

Fluid Type = Relative Density = 0.85
Trim = 0 m (+ve by stern)

Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m ³	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
0.574	0.000	100.0	0.189	0.161	5.382	-0.513	3.147	0.000
0.562	0.012	98.0	0.185	0.158	5.382	-0.513	3.141	0.000
0.550	0.024	95.8	0.181	0.154	5.382	-0.513	3.135	0.008
0.525	0.049	91.5	0.173	0.147	5.382	-0.513	3.123	0.008
0.500	0.074	87.1	0.165	0.140	5.382	-0.513	3.110	0.008
0.475	0.099	82.8	0.157	0.133	5.382	-0.513	3.098	0.008
0.450	0.124	78.4	0.148	0.126	5.382	-0.513	3.085	0.008
0.425	0.149	74.0	0.140	0.119	5.382	-0.513	3.072	0.008
0.400	0.174	69.7	0.132	0.112	5.382	-0.513	3.060	0.008
0.375	0.199	65.3	0.124	0.105	5.382	-0.513	3.047	0.008
0.350	0.224	61.0	0.115	0.098	5.382	-0.513	3.035	0.008
0.325	0.249	56.6	0.107	0.091	5.382	-0.513	3.022	0.008
0.300	0.274	52.3	0.099	0.084	5.382	-0.513	3.010	0.008
0.275	0.299	47.9	0.091	0.077	5.382	-0.513	2.998	0.008
0.250	0.324	43.6	0.082	0.070	5.382	-0.513	2.985	0.008
0.225	0.349	39.2	0.074	0.063	5.382	-0.513	2.973	0.008
0.200	0.374	34.8	0.066	0.056	5.382	-0.513	2.960	0.008
0.175	0.399	30.5	0.058	0.049	5.382	-0.513	2.947	0.008
0.150	0.424	26.1	0.049	0.042	5.382	-0.513	2.935	0.008
0.125	0.449	21.8	0.041	0.035	5.382	-0.513	2.922	0.008
0.100	0.474	17.4	0.033	0.028	5.382	-0.513	2.910	0.008
0.075	0.499	13.1	0.025	0.021	5.382	-0.513	2.897	0.008
0.050	0.524	8.7	0.016	0.014	5.382	-0.513	2.885	0.008
0.025	0.549	4.4	0.008	0.007	5.382	-0.513	2.873	0.008
0.006	0.568	1.0	0.002	0.002	5.382	-0.513	2.863	0.008

Tank Calibrations - TQ. COMBUSTIBLE 01

Fluid Type = Relative Density = 0.85
 Trim = 0 m (+ve by stern)

Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m ³	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
1.800	0.000	100.0	7.418	6.306	3.350	-1.295	0.903	0.000
1.764	0.036	98.0	7.269	6.178	3.350	-1.295	0.885	0.000
1.700	0.100	94.4	7.004	5.954	3.350	-1.295	0.853	1.992
1.600	0.200	88.8	6.591	5.602	3.350	-1.294	0.803	1.992
1.500	0.300	83.3	6.177	5.250	3.350	-1.294	0.753	1.992
1.400	0.400	77.7	5.763	4.898	3.350	-1.293	0.703	1.992
1.300	0.500	72.1	5.349	4.547	3.350	-1.293	0.653	1.992
1.200	0.600	66.5	4.935	4.195	3.350	-1.292	0.603	1.992
1.100	0.700	60.9	4.521	3.843	3.350	-1.292	0.553	1.992
1.000	0.800	55.4	4.108	3.491	3.350	-1.291	0.503	1.992
0.900	0.900	49.8	3.694	3.140	3.350	-1.290	0.453	1.992
0.800	1.000	44.2	3.280	2.788	3.350	-1.288	0.403	1.992
0.700	1.100	38.6	2.866	2.436	3.350	-1.287	0.353	1.992
0.600	1.200	33.1	2.452	2.084	3.350	-1.285	0.303	1.992
0.500	1.300	27.5	2.038	1.733	3.350	-1.281	0.253	1.992
0.400	1.400	21.9	1.625	1.381	3.350	-1.277	0.203	1.992
0.300	1.500	16.3	1.211	1.029	3.350	-1.269	0.152	1.992
0.200	1.600	10.8	0.798	0.678	3.350	-1.254	0.101	1.953
0.100	1.700	5.3	0.391	0.332	3.350	-1.228	0.051	1.821
0.020	1.780	1.0	0.074	0.063	3.350	-1.186	0.010	1.579

Tank Calibrations - TQ. COMBUSTIBLE 02

Fluid Type = Relative Density = 0.85
 Trim = 0 m (+ve by stern)

Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m ³	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
1.800	0.000	100.0	7.418	6.306	3.350	1.295	0.903	0.000
1.764	0.036	98.0	7.269	6.178	3.350	1.295	0.885	0.000
1.700	0.100	94.4	7.004	5.954	3.350	1.295	0.853	1.992
1.600	0.200	88.8	6.591	5.602	3.350	1.294	0.803	1.992
1.500	0.300	83.3	6.177	5.250	3.350	1.294	0.753	1.992
1.400	0.400	77.7	5.763	4.898	3.350	1.293	0.703	1.992
1.300	0.500	72.1	5.349	4.547	3.350	1.293	0.653	1.992
1.200	0.600	66.5	4.935	4.195	3.350	1.292	0.603	1.992
1.100	0.700	60.9	4.521	3.843	3.350	1.292	0.553	1.992
1.000	0.800	55.4	4.108	3.491	3.350	1.291	0.503	1.992
0.900	0.900	49.8	3.694	3.140	3.350	1.290	0.453	1.992
0.800	1.000	44.2	3.280	2.788	3.350	1.288	0.403	1.992
0.700	1.100	38.6	2.866	2.436	3.350	1.287	0.353	1.992
0.600	1.200	33.1	2.452	2.084	3.350	1.285	0.303	1.992
0.500	1.300	27.5	2.038	1.733	3.350	1.281	0.253	1.992
0.400	1.400	21.9	1.625	1.381	3.350	1.277	0.203	1.992
0.300	1.500	16.3	1.211	1.029	3.350	1.269	0.152	1.992
0.200	1.600	10.8	0.798	0.678	3.350	1.254	0.101	1.953
0.100	1.700	5.3	0.391	0.332	3.350	1.228	0.051	1.821
0.020	1.780	1.0	0.074	0.063	3.350	1.186	0.010	1.579

Tank Calibrations - TQ. COMBUSTIBLE 03

Fluid Type = Relative Density = 0.85

Trim = 0 m (+ve by stern)

Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m ³	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
1.800	0.000	100.0	7.876	6.694	5.000	-1.295	0.903	0.000
1.764	0.036	98.0	7.717	6.559	5.000	-1.295	0.885	0.000
1.700	0.100	94.4	7.436	6.321	5.000	-1.295	0.853	2.116
1.600	0.200	88.8	6.997	5.947	5.000	-1.294	0.803	2.116
1.500	0.300	83.3	6.558	5.574	5.000	-1.294	0.753	2.116
1.400	0.400	77.7	6.118	5.200	5.000	-1.293	0.703	2.116
1.300	0.500	72.1	5.679	4.827	5.000	-1.293	0.653	2.116
1.200	0.600	66.5	5.239	4.454	5.000	-1.292	0.603	2.116
1.100	0.700	60.9	4.800	4.080	5.000	-1.292	0.553	2.116
1.000	0.800	55.4	4.361	3.707	5.000	-1.291	0.503	2.116
0.900	0.900	49.8	3.921	3.333	5.000	-1.290	0.453	2.116
0.800	1.000	44.2	3.482	2.960	5.000	-1.288	0.403	2.116
0.700	1.100	38.6	3.043	2.586	5.000	-1.287	0.353	2.116
0.600	1.200	33.1	2.603	2.213	5.000	-1.285	0.303	2.116
0.500	1.300	27.5	2.164	1.839	5.000	-1.281	0.253	2.116
0.400	1.400	21.9	1.725	1.466	5.000	-1.277	0.203	2.116
0.300	1.500	16.3	1.285	1.093	5.000	-1.269	0.152	2.116
0.200	1.600	10.8	0.847	0.720	5.000	-1.254	0.101	2.075
0.100	1.700	5.3	0.415	0.353	5.000	-1.228	0.051	1.935
0.020	1.780	1.0	0.078	0.067	5.000	-1.186	0.010	1.678

Tank Calibrations - TQ. COMBUSTIBLE 04

Fluid Type = Relative Density = 0.85

Trim = 0 m (+ve by stern)

Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m ³	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
1.800	0.000	100.0	7.876	6.694	5.000	1.295	0.903	0.000
1.764	0.036	98.0	7.717	6.559	5.000	1.295	0.885	0.000
1.700	0.100	94.4	7.436	6.321	5.000	1.295	0.853	2.116
1.600	0.200	88.8	6.997	5.947	5.000	1.294	0.803	2.116
1.500	0.300	83.3	6.558	5.574	5.000	1.294	0.753	2.116
1.400	0.400	77.7	6.118	5.200	5.000	1.293	0.703	2.116
1.300	0.500	72.1	5.679	4.827	5.000	1.293	0.653	2.116
1.200	0.600	66.5	5.239	4.454	5.000	1.292	0.603	2.116
1.100	0.700	60.9	4.800	4.080	5.000	1.292	0.553	2.116
1.000	0.800	55.4	4.361	3.707	5.000	1.291	0.503	2.116
0.900	0.900	49.8	3.921	3.333	5.000	1.290	0.453	2.116
0.800	1.000	44.2	3.482	2.960	5.000	1.288	0.403	2.116
0.700	1.100	38.6	3.043	2.586	5.000	1.287	0.353	2.116
0.600	1.200	33.1	2.603	2.213	5.000	1.285	0.303	2.116
0.500	1.300	27.5	2.164	1.839	5.000	1.281	0.253	2.116
0.400	1.400	21.9	1.725	1.466	5.000	1.277	0.203	2.116
0.300	1.500	16.3	1.285	1.093	5.000	1.269	0.152	2.116
0.200	1.600	10.8	0.847	0.720	5.000	1.254	0.101	2.075
0.100	1.700	5.3	0.415	0.353	5.000	1.228	0.051	1.935
0.020	1.780	1.0	0.078	0.067	5.000	1.186	0.010	1.678

Tank Calibrations - TQ. COMBUSTIBLE 05

Fluid Type = Relative Density = 0.85

Trim = 0 m (+ve by stern)

Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m ³	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
1.800	0.000	100.0	7.418	6.306	6.650	-1.295	0.903	0.000
1.764	0.036	98.0	7.269	6.178	6.650	-1.295	0.885	0.000
1.700	0.100	94.4	7.004	5.954	6.650	-1.295	0.853	1.992
1.600	0.200	88.8	6.591	5.602	6.650	-1.294	0.803	1.992
1.500	0.300	83.3	6.177	5.250	6.650	-1.294	0.753	1.992
1.400	0.400	77.7	5.763	4.898	6.650	-1.293	0.703	1.992
1.300	0.500	72.1	5.349	4.547	6.650	-1.293	0.653	1.992
1.200	0.600	66.5	4.935	4.195	6.650	-1.292	0.603	1.992
1.100	0.700	60.9	4.521	3.843	6.650	-1.292	0.553	1.992
1.000	0.800	55.4	4.108	3.491	6.650	-1.291	0.503	1.992
0.900	0.900	49.8	3.694	3.140	6.650	-1.290	0.453	1.992
0.800	1.000	44.2	3.280	2.788	6.650	-1.288	0.403	1.992
0.700	1.100	38.6	2.866	2.436	6.650	-1.287	0.353	1.992
0.600	1.200	33.1	2.452	2.084	6.650	-1.285	0.303	1.992
0.500	1.300	27.5	2.038	1.733	6.650	-1.281	0.253	1.992
0.400	1.400	21.9	1.625	1.381	6.650	-1.277	0.203	1.992
0.300	1.500	16.3	1.211	1.029	6.650	-1.269	0.152	1.992
0.200	1.600	10.8	0.798	0.678	6.650	-1.254	0.101	1.953
0.100	1.700	5.3	0.391	0.332	6.650	-1.228	0.051	1.821
0.020	1.780	1.0	0.074	0.063	6.650	-1.186	0.010	1.579

Tank Calibrations - TQ. COMBUSTIBLE 06

Fluid Type = Relative Density = 0.85

Trim = 0 m (+ve by stern)

Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m ³	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
1.800	0.000	100.0	7.418	6.306	6.650	1.295	0.903	0.000
1.764	0.036	98.0	7.269	6.178	6.650	1.295	0.885	0.000
1.700	0.100	94.4	7.004	5.954	6.650	1.295	0.853	1.992
1.600	0.200	88.8	6.591	5.602	6.650	1.294	0.803	1.992
1.500	0.300	83.3	6.177	5.250	6.650	1.294	0.753	1.992
1.400	0.400	77.7	5.763	4.898	6.650	1.293	0.703	1.992
1.300	0.500	72.1	5.349	4.547	6.650	1.293	0.653	1.992
1.200	0.600	66.5	4.935	4.195	6.650	1.292	0.603	1.992
1.100	0.700	60.9	4.521	3.843	6.650	1.292	0.553	1.992
1.000	0.800	55.4	4.108	3.491	6.650	1.291	0.503	1.992
0.900	0.900	49.8	3.694	3.140	6.650	1.290	0.453	1.992
0.800	1.000	44.2	3.280	2.788	6.650	1.288	0.403	1.992
0.700	1.100	38.6	2.866	2.436	6.650	1.287	0.353	1.992
0.600	1.200	33.1	2.452	2.084	6.650	1.285	0.303	1.992
0.500	1.300	27.5	2.038	1.733	6.650	1.281	0.253	1.992
0.400	1.400	21.9	1.625	1.381	6.650	1.277	0.203	1.992
0.300	1.500	16.3	1.211	1.029	6.650	1.269	0.152	1.992
0.200	1.600	10.8	0.798	0.678	6.650	1.254	0.101	1.953
0.100	1.700	5.3	0.391	0.332	6.650	1.228	0.051	1.821
0.020	1.780	1.0	0.074	0.063	6.650	1.186	0.010	1.579

ANEXO 2

ACTA DE ESTABILIDAD Y TRIMADO

Condición en Rosca: 0% consumibles, 0% de carga.

Nro.	Item	Descrip.	Desplaz. Y Pesos t.
------	------	----------	------------------------

ALISTADO EN ROSCA	21.9
--------------------------	-------------

1	VIVERES + TRIPULACION		0
2	TQ. AGUA POTABLE PR. BR.	0%	0
3	TQ. AGUA POTABLE PR. ER.	0%	0
4	TQ. AGUA SALADA	0%	0
5	TQ. COMBUSTIBLE DARIO	0%	0
6	TQ. COMBUSTIBLE 01	0%	0
7	TQ. COMBUSTIBLE 02	0%	0
8	TQ. COMBUSTIBLE 03	0%	0
9	TQ. COMBUSTIBLE 04	0%	0
10	TQ. COMBUSTIBLE 05	0%	0
11	TQ. COMBUSTIBLE 06	0%	0

21.9

Centro de Gravedad			FS MON. t m
C.G.L. Desde Ex Pp m	C.G.V. Desde LB. m	C.G.T. Desde L.C. m	

5.010	1.350	0.000	0
--------------	--------------	--------------	----------

0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

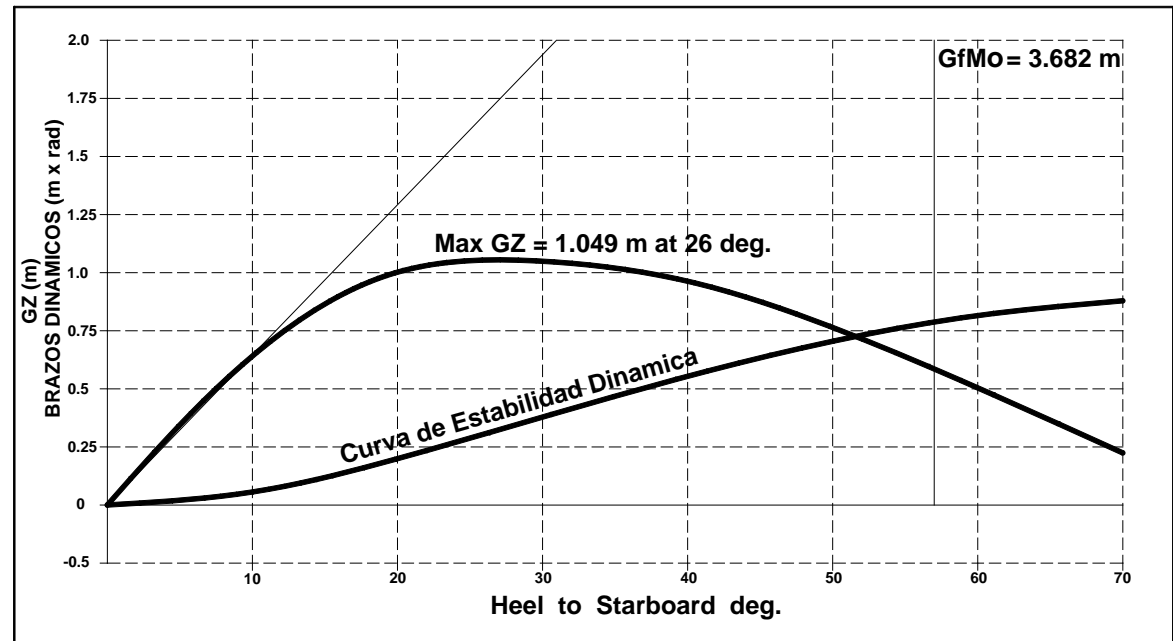
LCG=5.010	VCG=1.350	TCG=0.000	0
------------------	------------------	------------------	----------

FS corr.=0
VCG fluid=1.35

Draft Amidsh. m	1.110
Displacement tonne	52.020
Heel to Starboard degrees	-0.100
Draft at FP m	1.100
Draft at AP m	1.120
Draft at LCF m	1.110
Trim (+ve by stern) m	0.020
WL Length m	9.977
WL Beam m	5.200
Wetted Area m ²	68.785
Waterpl. Area m ²	51.697
Prismatic Coeff.	0.881
Block Coeff.	0.873
Midship Area Coeff.	0.992
Waterpl. Area Coeff.	0.996
LCB from zero pt. m	4.982
LCF from zero pt. m	4.995
KB m	0.581
KG fluid m	1.266
BMt m	2.288
BML m	8.395
GMt corrected m	1.603
GML corrected m	7.710
KMt m	2.869
KML m	8.976
Immersion (TPc) tonne/cm	0.530
MTc tonne.m	0.418
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	1.455
Max deck inclination deg	0.100
Trim angle (+ve by stern) deg	0.100

	OMI	ACTUAL
Area de 0° a 30°	0.055 m-rad	0.39 m-rad
Area de 0° a 40°	0.09 m-rad	0.567 m-rad
Area de 30° a 40°	0.03 m-rad	0.177 m-rad
Angulo a GZ _{max}	25 °	26 °
Brazo Adrizante a 30°	0.2 m	1.049 m
GM	0.35 m	3.682 m

CONDICION: EN ROSCA



CURVA DE ESTABILIDAD ESTATICA

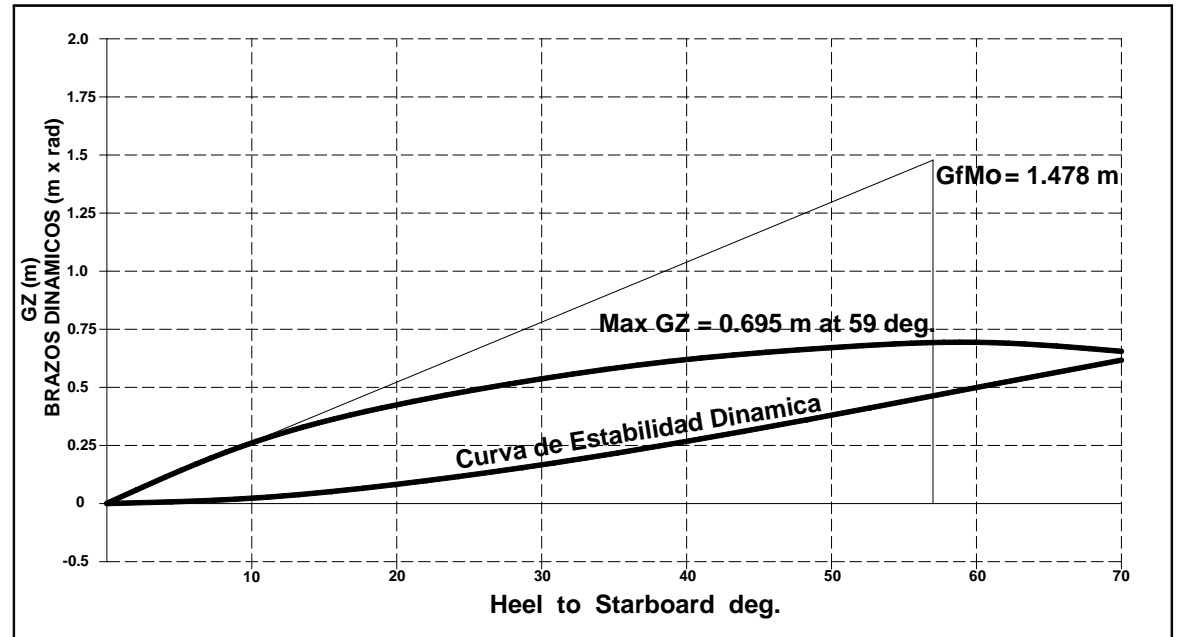
Condición de Trabajo: 100% consumibles, 100% de carga.

Nro.	Item	Descrip.	Desplaz. Y Pesos t.	Centro de Gravedad			FS MON. t m
				C.G.L. Desde Ex Pp m	C.G.V. Desde LB. m	C.G.T. Desde L.C. m	
ALISTADO EN ROSCA			21.9	5.010	1.350	0.000	0
1	VIVERES + TRIPULACION	1	0.200	2.580	2.400	0.000	0
2	TQ. AGUA POTABLE PR. BR.	100%	0.373	3.610	4.250	-0.925	0
3	TQ. AGUA POTABLE PR. ER.	100%	0.373	3.610	4.250	0.925	0
4	TQ. AGUA SALADA	100%	0.376	5.447	4.250	0.000	0
5	TQ. COMBUSTIBLE DARIO	100%	0.161	5.382	3.147	-0.513	0
6	TQ. COMBUSTIBLE 01	100%	6.306	3.350	0.903	-1.295	0
7	TQ. COMBUSTIBLE 02	100%	6.306	3.350	0.903	1.295	0
8	TQ. COMBUSTIBLE 03	100%	6.694	5.000	0.903	-1.295	0
9	TQ. COMBUSTIBLE 04	100%	6.694	5.000	0.903	1.295	0
10	TQ. COMBUSTIBLE 05	100%	6.306	6.650	0.903	-1.295	0
11	TQ. COMBUSTIBLE 06	100%	6.306	6.650	0.903	1.295	0
			62.0	LCG=4.983	VCG=1.132	TCG=-0.001	0
				FS corr.=0 VCG fluid=1.132			

Draft Amidsh. m	1.30
Displacement tonne	61.99
Heel to Starboard degrees	-0.10
Draft at FP m	1.29
Draft at AP m	1.31
Draft at LCF m	1.30
Trim (+ve by stern) m	0.03
WL Length m	10.00
WL Beam m	5.20
Wetted Area m ²	74.36
Waterpl. Area m ²	51.92
Prismatic Coeff.	0.90
Block Coeff.	0.89
Midship Area Coeff.	0.99
Waterpl. Area Coeff.	1.00
LCB from zero pt. m	4.98
LCF from zero pt. m	5.00
KB m	0.68
KG fluid m	1.13
BMt m	1.93
BML m	7.13
GMt corrected m	1.48
GML corrected m	6.68
KMt m	2.61
KML m	7.82
Immersion (TPc) tonne/cm	0.53
MTc tonne.m	0.43
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	1.60
Max deck inclination deg	0.20
Trim angle (+ve by stern) deg	0.10

	OMI	ACTUAL
Area de 0° a 30°	0.055 m-rad	0.170 m-rad
Area de 0° a 40°	0.09 m-rad	0.271 m-rad
Area de 30° a 40°	0.03 m-rad	0.101 m-rad
Angulo a GZ _{max}	25 °	59 °
Brazo Adrizante a 30°	0.2 m	0.695 m
GM	0.35 m	1.478 m

CONDICION: EN TRABAJO



CURVA DE ESTABILIDAD ESTATICA

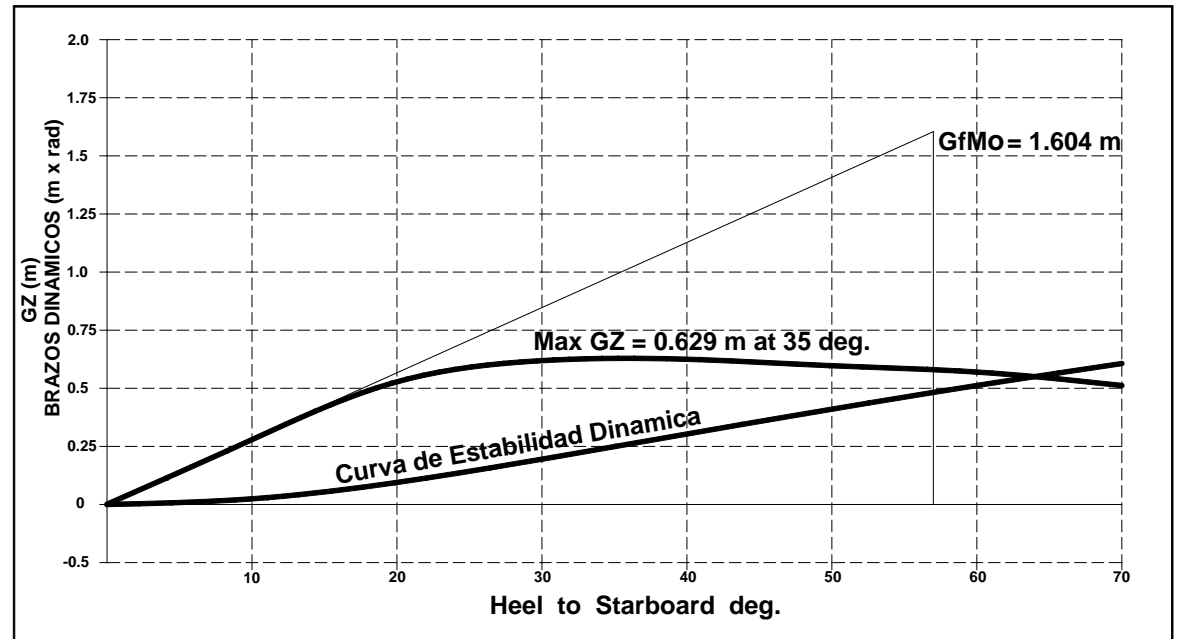
Condición de Trabajo: 75% consumibles, 75% de carga.

Nro.	Item	Descrip.	Desplaz. Y Pesos t.	Centro de Gravedad			FS MON. t m
				C.G.L. Desde Ex Pp m	C.G.V. Desde LB. m	C.G.T. Desde L.C. m	
ALISTADO EN ROSCA			21.9	5.01	1.35	0	0
1	VIVERES + TRIPULACION	1	0.2	2.58	2.4	0	0
2	TQ. AGUA POTABLE PR. BR.	75%	0.2798	3.61	4.175	-0.925	0.019
3	TQ. AGUA POTABLE PR. ER.	75%	0.2798	3.61	4.175	0.925	0.019
4	TQ. AGUA SALADA	75%	0.282	5.447	4.175	0	0.019
5	TQ. COMBUSTIBLE DARIO	75%	0.1206	5.382	3.075	-0.513	0.008
6	TQ. COMBUSTIBLE 01	75%	4.729	3.35	0.679	-1.293	1.992
7	TQ. COMBUSTIBLE 02	75%	4.729	3.35	0.679	1.293	1.992
8	TQ. COMBUSTIBLE 03	75%	5.021	5	0.679	-1.293	2.116
9	TQ. COMBUSTIBLE 04	75%	5.021	5	0.679	1.293	2.116
10	TQ. COMBUSTIBLE 05	75%	4.729	6.65	0.679	-1.293	1.992
11	TQ. COMBUSTIBLE 06	75%	4.729	6.65	0.679	1.293	1.992
			52.02	LCG=4.983	VCG=1.030	TCG=-0.001	12.264
				FS corr.=0.236			
				VCG fluid=1.266			

Draft Amidsh. m	1.11
Displacement tonne	52.02
Heel to Starboard degrees	-0.1
Draft at FP m	1.1
Draft at AP m	1.12
Draft at LCF m	1.11
Trim (+ve by stern) m	0.02
WL Length m	9.977
WL Beam m	5.2
Wetted Area m ²	68.785
Waterpl. Area m ²	51.697
Prismatic Coeff.	0.881
Block Coeff.	0.873
Midship Area Coeff.	0.992
Waterpl. Area Coeff.	0.996
LCB from zero pt. m	4.982
LCF from zero pt. m	4.995
KB m	0.581
KG fluid m	1.266
BMt m	2.288
BML m	8.395
GMt corrected m	1.603
GML corrected m	7.71
KMt m	2.869
KML m	8.976
Immersion (TPc) tonne/cm	0.53
MTc tonne.m	0.418
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	1.455
Max deck inclination deg	0.1
Trim angle (+ve by stern) deg	0.1

	OMI	ACTUAL
Area de 0° a 30°	0.055 m-rad	0.199 m-rad
Area de 0° a 40°	0.09 m-rad	0.308 m-rad
Area de 30° a 40°	0.03 m-rad	0.109 m-rad
Angulo a GZ _{max}	25 °	35 °
Brazo Adrizante a 30°	0.2 m	0.629 m
GM	0.35 m	1.604 m

CONDICION: EN TRABAJO



CURVA DE ESTABILIDAD ESTATICA

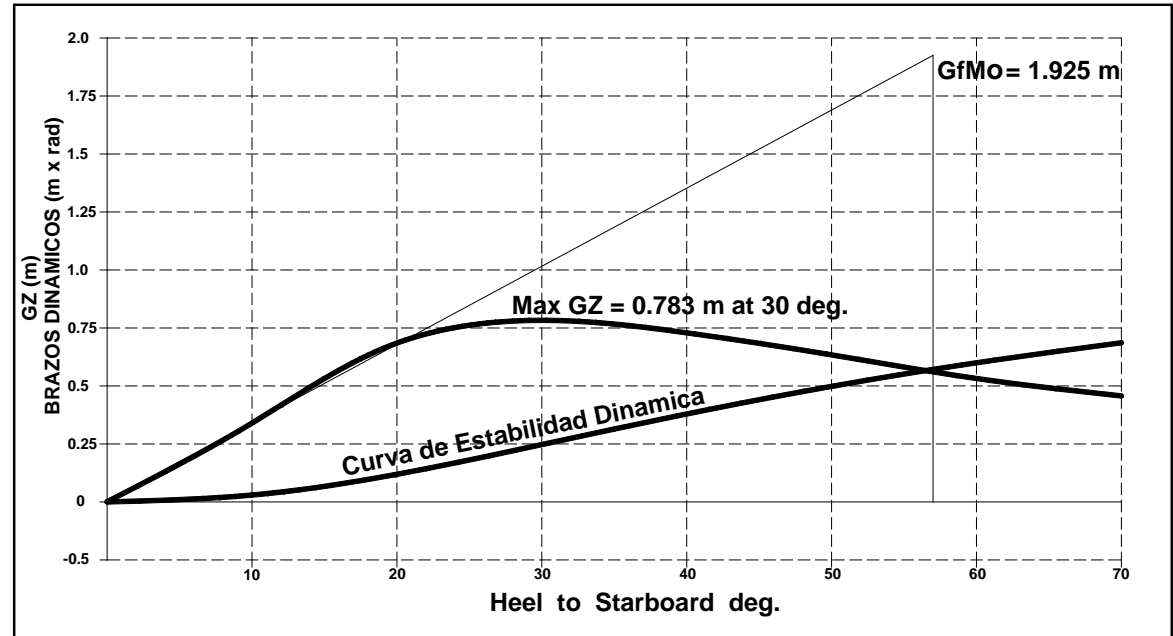
Condición de Trabajo: 50% consumibles, 50% de carga.

Nro.	Item	Descrip.	Desplaz. Y Pesos t.	Centro de Gravedad			FS MON. t m
				C.G.L. Desde Ex Pp m	C.G.V. Desde LB. m	C.G.T. Desde L.C. m	
ALISTADO EN ROSCA			21.9	5.01	1.35	0	0
1	VIVERES + TRIPULACION	1	0.2	2.58	2.4	0	0
2	TQ. AGUA POTABLE PR. BR.	50%	0.1865	3.61	4.1	-0.925	0.019
3	TQ. AGUA POTABLE PR. ER.	50%	0.1865	3.61	4.1	0.925	0.019
4	TQ. AGUA SALADA	50%	0.188	5.447	4.1	0	0.019
5	TQ. COMBUSTIBLE DARIO	50%	0.0804	5.382	3.004	-0.513	0.008
6	TQ. COMBUSTIBLE 01	50%	3.153	3.35	0.455	-1.29	1.992
7	TQ. COMBUSTIBLE 02	50%	3.153	3.35	0.455	1.29	1.992
8	TQ. COMBUSTIBLE 03	50%	3.347	5	0.455	-1.29	2.116
9	TQ. COMBUSTIBLE 04	50%	3.347	5	0.455	1.29	2.116
10	TQ. COMBUSTIBLE 05	50%	3.153	6.65	0.455	-1.29	1.992
11	TQ. COMBUSTIBLE 06	50%	3.153	6.65	0.455	1.29	1.992
			42.05	LCG=4.984	VCG=0.984	TCG=-0.001	12.264
				FS corr.=0.292			
				VCG fluid=1.276			

Draft Amidsh. m	0.918
Displacement tonne	42.05
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	0.909
Draft at AP m	0.927
Draft at LCF m	0.919
Trim (+ve by stern) m	0.018
WL Length m	9.593
WL Beam m	5.2
Wetted Area m ²	63.222
Waterpl. Area m ²	49.769
Prismatic Coeff.	0.896
Block Coeff.	0.886
Midship Area Coeff.	0.99
Waterpl. Area Coeff.	0.998
LCB from zero pt. m	4.983
LCF from zero pt. m	4.99
KB m	0.478
KG fluid m	1.276
BMt m	2.723
BML m	9.266
GMt corrected m	1.926
GML corrected m	8.469
KMt m	3.201
KML m	9.744
Immersion (TPc) tonne/cm	0.51
MTc tonne.m	0.371
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	1.413
Max deck inclination deg	0.1
Trim angle (+ve by stern) deg	0.1

	OMI	ACTUAL
Area de 0° a 30°	0.055 m-rad	0.252 m-rad
Area de 0° a 40°	0.09 m-rad	0.385 m-rad
Area de 30° a 40°	0.03 m-rad	0.133 m-rad
Angulo a GZ _{max}	25 °	30 °
Brazo Adrizante a 30°	0.2 m	0.783 m
GM	0.35 m	1.925 m

CONDICION: EN TRABAJO



CURVA DE ESTABILIDAD ESTATICA

Condición de Trabajo: 25% consumibles, 25% de carga.

Nro.	Item	Descrip.	Desplaz. Y Pesos t.	Centro de Gravedad			FS MON. t m
				C.G.L. Desde Ex Pp m	C.G.V. Desde LB. m	C.G.T. Desde L.C. m	

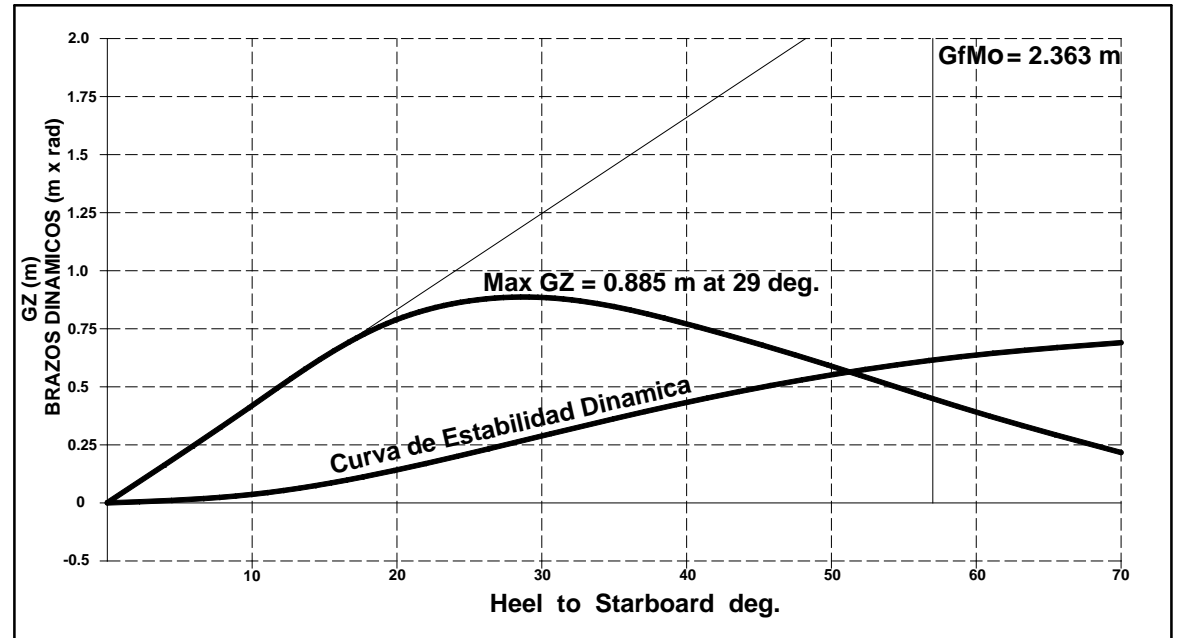
ALISTADO EN ROSCA				5.01	1.35	0	0
1	VIVERES + TRIPULACION	1	0.2	2.58	2.4	0	0
2	TQ. AGUA POTABLE PR. BR.	25%	0.0933	3.61	4.025	-0.925	0.019
3	TQ. AGUA POTABLE PR. ER.	25%	0.0933	3.61	4.025	0.925	0.019
4	TQ. AGUA SALADA	25%	0.094	5.447	4.025	0	0.019
5	TQ. COMBUSTIBLE DARIO	25%	0.0402	5.382	2.932	-0.513	0.008
6	TQ. COMBUSTIBLE 01	25%	1.576	3.35	0.23	-1.28	1.992
7	TQ. COMBUSTIBLE 02	25%	1.576	3.35	0.23	1.28	1.992
8	TQ. COMBUSTIBLE 03	25%	1.674	5	0.23	-1.28	2.116
9	TQ. COMBUSTIBLE 04	25%	1.674	5	0.23	1.28	2.116
10	TQ. COMBUSTIBLE 05	25%	1.576	6.65	0.23	-1.28	1.992
11	TQ. COMBUSTIBLE 06	25%	1.576	6.65	0.23	1.28	1.992

32.07	LCG=4.985	VCG=1.045	TCG=-0.001	12.264
		FS corr.=0.382		
		VCG		
		fluid=1.427		

Draft Amidsh. m	0.719
Displacement tonne	32.07
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	0.711
Draft at AP m	0.726
Draft at LCF m	0.719
Trim (+ve by stern) m	0.014
WL Length m	9.19
WL Beam m	5.2
Wetted Area m ²	57.499
Waterpl. Area m ²	47.674
Prismatic Coeff.	0.913
Block Coeff.	0.903
Midship Area Coeff.	0.99
Waterpl. Area Coeff.	0.998
LCB from zero pt. m	4.984
LCF from zero pt. m	4.993
KB m	0.372
KG fluid m	1.427
BMt m	3.418
BML m	10.677
GMt corrected m	2.363
GML corrected m	9.622
KMt m	3.791
KML m	11.049
Immersion (TPc) tonne/cm	0.489
MTc tonne.m	0.321
RM at 1 deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	1.323
Max deck inclination deg	0.1
Trim angle (+ve by stern) deg	0.1

	OMI	ACTUAL
Area de 0° a 30°	0.055 m-rad	0.295 m-rad
Area de 0° a 40°	0.09 m-rad	0.441 m-rad
Area de 30° a 40°	0.03 m-rad	0.146 m-rad
Angulo a GZ _{max}	25 °	29 °
Brazo Adrizante a 30°	0.2 m	0.885 m
GM	0.35 m	2.363 m

CONDICION: EN TRABAJO



CURVA DE ESTABILIDAD ESTATICA

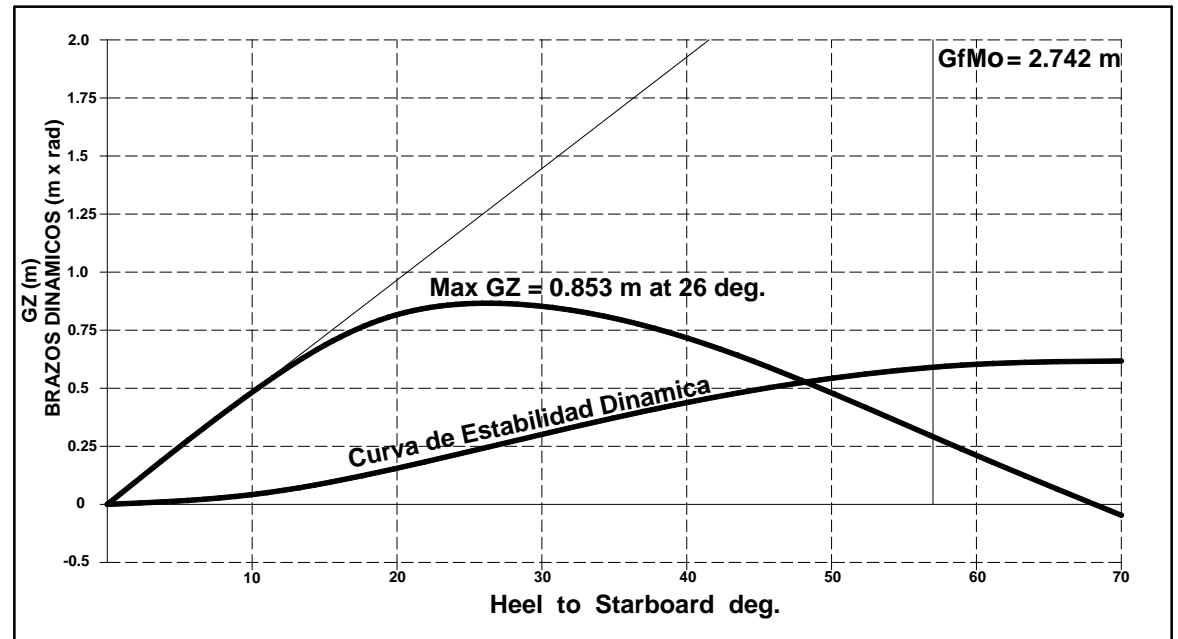
Condición de Trabajo: 10% consumibles, 10% de carga.

Nro.	Item	Descrip.	Desplaz. Y Pesos t.	Centro de Gravedad			FS MON. t m
				C.G.L. Desde Ex Pp m	C.G.V. Desde LB. m	C.G.T. Desde L.C. m	
ALISTADO EN ROSCA			21.9	5.01	1.35	0	0
1	VIVERES + TRIPULACION	1	0.2	2.58	2.4	0	0
2	TQ. AGUA POTABLE PR. BR.	10%	0.0373	3.61	3.98	-0.925	0.019
3	TQ. AGUA POTABLE PR. ER.	10%	0.0373	3.61	3.98	0.925	0.019
4	TQ. AGUA SALADA	10%	0.0376	5.447	3.98	0	0.019
5	TQ. COMBUSTIBLE DARIO	10%	0.0161	5.382	2.889	-0.513	0.008
6	TQ. COMBUSTIBLE 01	10%	0.6301	3.35	0.094	-1.251	1.992
7	TQ. COMBUSTIBLE 02	10%	0.6301	3.35	0.094	1.251	1.992
8	TQ. COMBUSTIBLE 03	10%	0.669	5	0.094	-1.251	2.116
9	TQ. COMBUSTIBLE 04	10%	0.669	5	0.094	1.251	2.116
10	TQ. COMBUSTIBLE 05	10%	0.6301	6.65	0.094	-1.251	1.992
11	TQ. COMBUSTIBLE 06	10%	0.6301	6.65	0.094	1.251	1.992
			26.09	LCG=4.987	VCG=1.185	TCG=0.000	12.264
				FS corr.=0.47			
				VCG fluid=1.655			

Draft Amidsh. m	0.595
Displacement tonne	26.09
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	0.589
Draft at AP m	0.601
Draft at LCF m	0.595
Trim (+ve by stern) m	0.012
WL Length m	8.942
WL Beam m	5.2
Wetted Area m ²	54.038
Waterpl. Area m ²	46.388
Prismatic Coeff.	0.925
Block Coeff.	0.913
Midship Area Coeff.	0.988
Waterpl. Area Coeff.	0.998
LCB from zero pt. m	4.985
LCF from zero pt. m	4.994
KB m	0.307
KG fluid m	1.655
BMt m	4.089
BML m	12.093
GMt corrected m	2.742
GML corrected m	10.745
KMt m	4.396
KML m	12.4
Immersion (TPc) tonne/cm	0.476
MTc tonne.m	0.292
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	1.248
Max deck inclination deg	0.1
Trim angle (+ve by stern) deg	0.1

	OMI	ACTUAL
Area de 0° a 30°	0.055 m-rad	0.31 m-rad
Area de 0° a 40°	0.09 m-rad	0.449 m-rad
Area de 30° a 40°	0.03 m-rad	0.139 m-rad
Angulo a GZ _{max}	25 °	26 °
Brazo Adrizante a 30°	0.2 m	0.853 m
GM	0.35 m	2.742 m

CONDICION: EN TRABAJO



CURVA DE ESTABILIDAD ESTATICA

