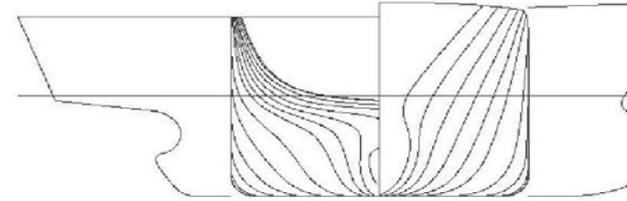


# El Proyecto del Buque

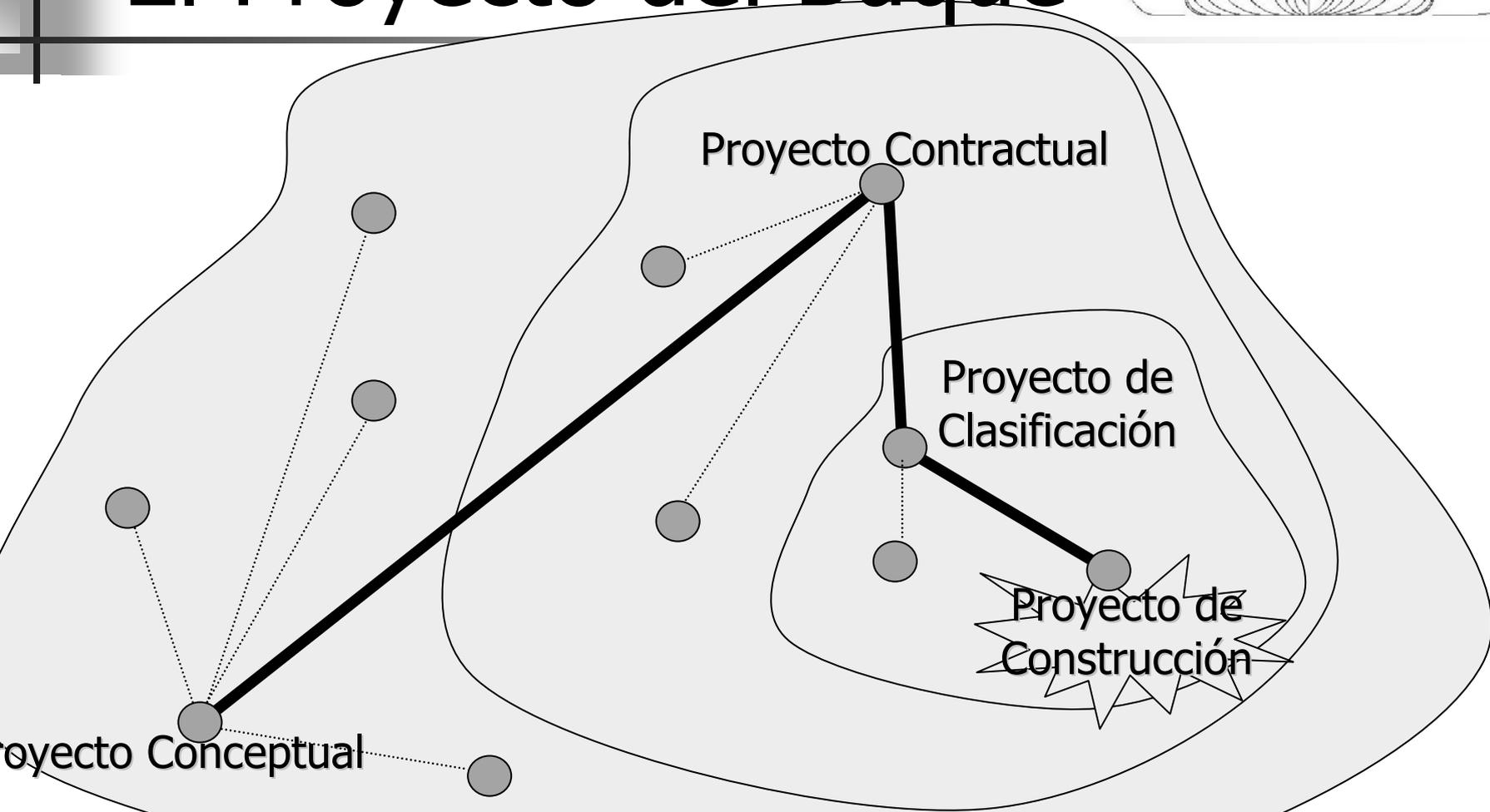
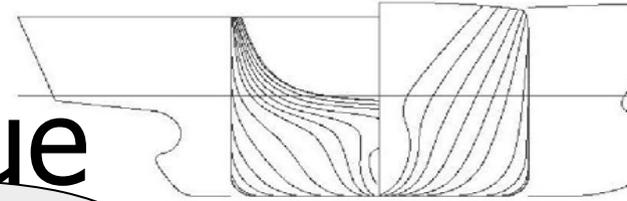
---

# Sumario



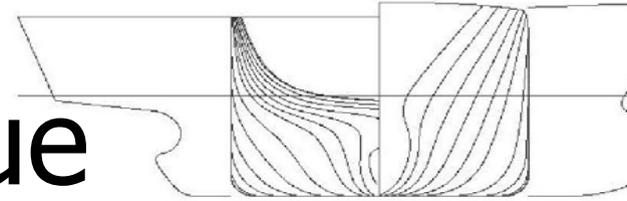
- Introducción
- El Proyecto del Buque
- El Proyecto Conceptual
- El Proyecto Contractual
- Conclusiones
- Bibliografía

# El Proyecto del Buque



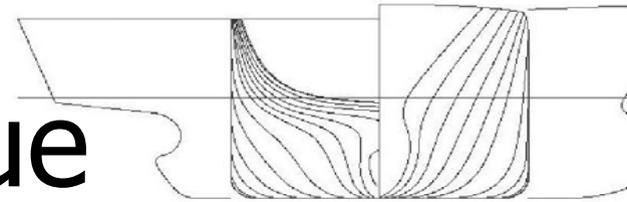
El proyecto del buque es iterativo

# El Proyecto del Buque



- El proyecto es un proceso iterativo
  - Dado que se busca que el diseño sea óptimo, es necesario definir un proceso iterativo, de manera que en cada paso las características del proyecto mejoren (en un sentido que debe definirse) a las anteriores, que se tomaron como punto de partida.
  - Algunas variaciones del diseño inicial, pueden conducir a obtener características peores, o que no cumplen con alguna de las especificaciones iniciales. Esto puede deberse a una inadecuada planificación del proceso de diseño, o al insuficiente conocimiento de alguno de los aspectos del proyecto.
  - Las herramientas utilizadas en el proceso deben ser adecuadas (precisión, complejidad, ...) a la situación en el proceso de diseño
- El proyecto es un proceso cíclico (red)
  - Como hemos visto, el proceso de diseño puede dividirse en fases, en función de la precisión de la definición del proyecto. Para conseguir los objetivos de cada una de esas fases, es necesario desarrollar los diferentes aspectos que componen el proyecto de un buque.
  - En algunos casos, el proceso iterativo puede sustituirse por un análisis de diferentes alternativas. Este tipo de actuación se lleva a cabo en múltiples ocasiones, cuando la complejidad del diseño imposibilita un desarrollo iterativo. Las conclusiones de este análisis llevarán a elegir la opción más óptima de entre las consideradas.

# El Proyecto del Buque



El proyecto del buque es iterativo  
(espiral de proyecto)

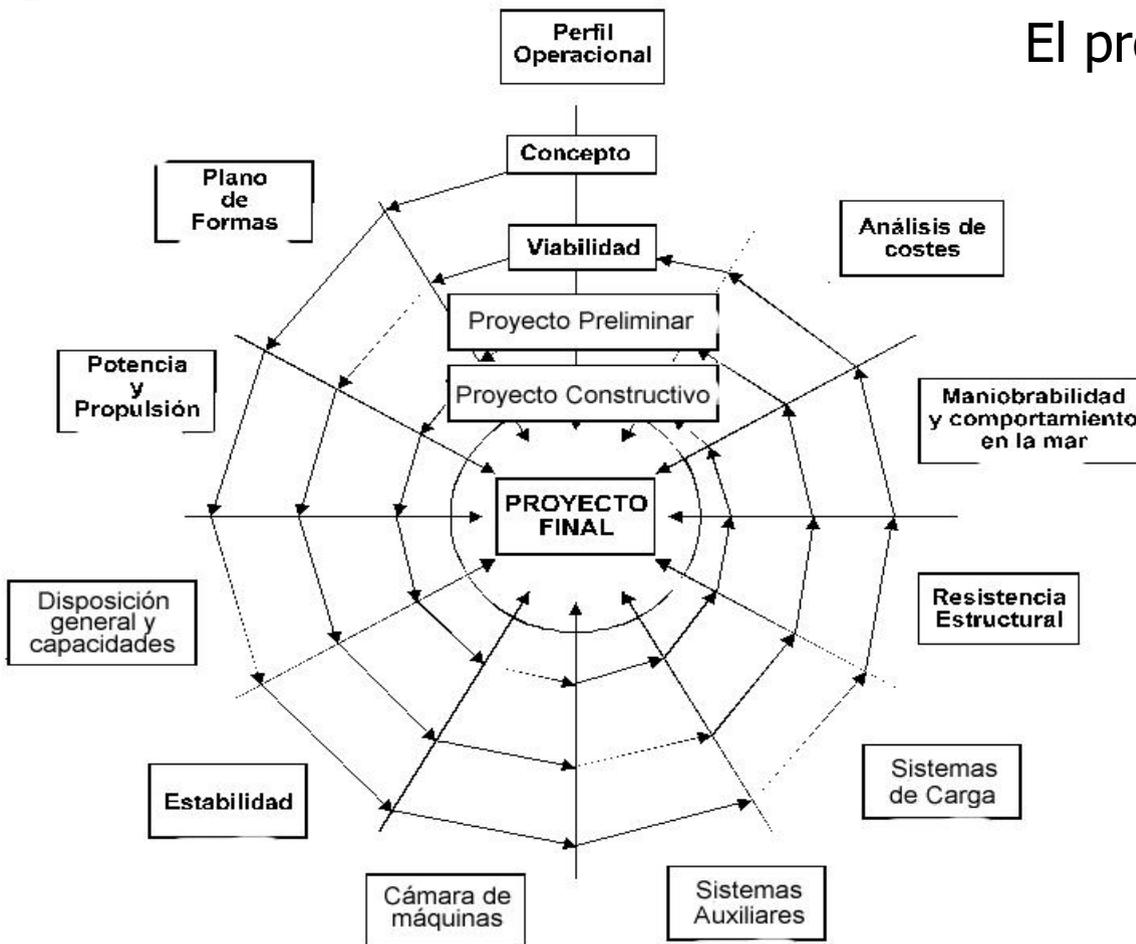
Ingeniería Concurrente

Aproximación sistemática al  
diseño integrado

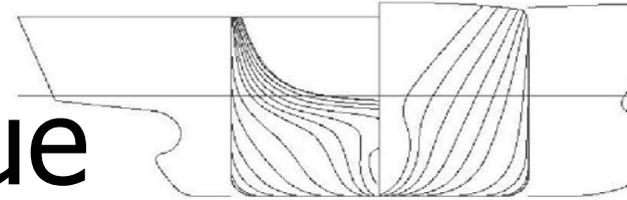
Enfoque que se plantea desde  
el inicio del proyecto

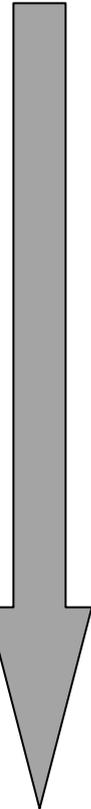
Cooperación y compartición de  
tareas

Respuesta a las expectativas  
del cliente

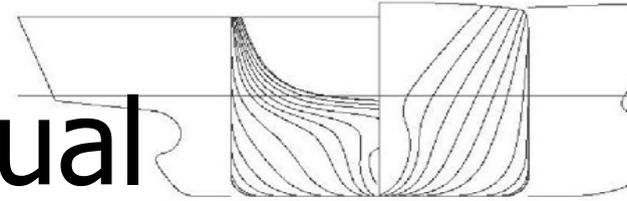


# El Proyecto del Buque



- 
- Proyecto Conceptual (Estudio de Viabilidad)
  - Proyecto Preliminar (Elaboración de la Oferta Económica del Constructor)
  - Proyecto Contractual (Soporte técnico al contrato)
  - Proyecto de Clasificación (Documentación para SSCC)
  - Proyecto Detallado o de Construcción (Desarrollo final del proyecto)

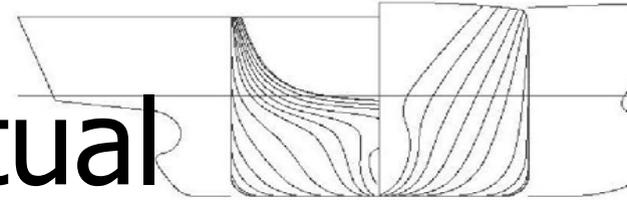
# El Proyecto Conceptual



- El objeto de la fase de Proyecto Conceptual es la determinación de la viabilidad del proyecto.
- Se parte de unos datos muy básicos (peso muerto, capacidad de carga, velocidad, dimensiones principales y sus relaciones, coeficientes de carena, ...) a partir de los cuales debe definirse una combinación de mayor rendimiento económico.
- Los resultados de este proceso son:
  - Determinación de la viabilidad o no del proyecto.
  - Estimación del coste de la obra (construcción y operación).
  - Definición de las especificaciones de la obra.



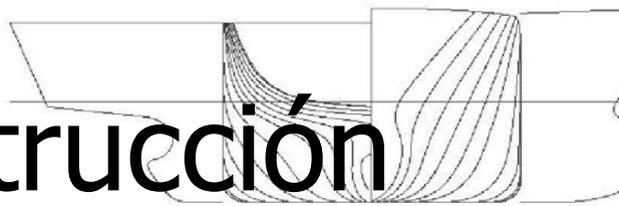
# El Proyecto Contractual



- El desarrollo de esta fase obedece a la necesidad de ofrecer soporte técnico al contrato de construcción del buque.
- Incorpora las actividades del proyecto encaminadas a comprobar que se cumplen los requerimientos impuestos, tanto comerciales como de seguridad, con márgenes adecuadas.
- El resultado de este proceso es el desarrollo de un contrato de construcción, que incluye:
  - Definición suficientemente precisa de las características de la obra (disposición general, potencia propulsora, potencia eléctrica, sistemas de carga, ...).
  - Definición de los costes de la obra.
  - Elaboración de la oferta económica del constructor.
  - Definición precisa de las diferentes calidades.



# El Proyecto de Construcción



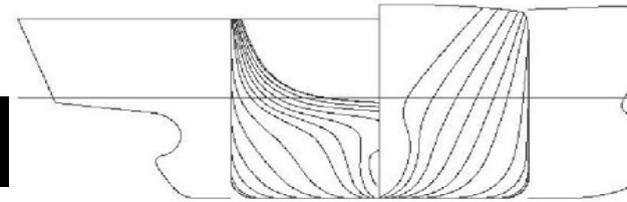
- El Proyecto Detallado o de Construcción incluye el desarrollo pleno del proyecto hasta la obtención de toda documentación que es necesaria para la construcción de la obra.
- El resultado de este proceso es:
  - Elaboración de todos los documentos que se requieren para la aceptación del inicio de la obra por parte de las autoridades, así como para la aprobación de la misma por parte de la Sociedad de Clasificación correspondiente (u otras entidades reguladoras).
  - Planificación y desarrollo del proceso constructivo.
  - Elaboración de planos detallados y otro tipo de documentos necesarios para apoyar el proceso constructivo.
  - Elaboración de documentación y manuales para el uso y mantenimiento de equipos y sistemas.



# El Proyecto Conceptual

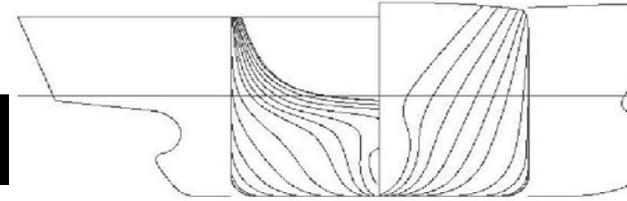
---

# Proyecto Conceptual



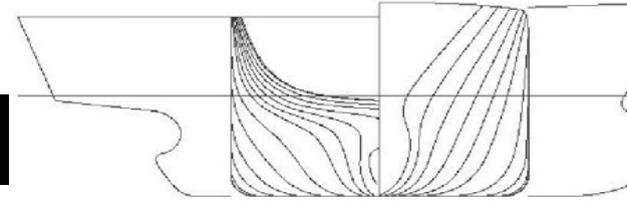
- **OBJETO:** El objeto de esta fase es la determinación de la viabilidad del proyecto.
- **DATOS:** Se parte de unos datos muy básicos (peso muerto, capacidad de carga, velocidad, dimensiones principales y sus relaciones, coeficientes de carena, ...) a partir de los cuales debe definirse una combinación de mayor rendimiento económico.
- **DESARROLLO:**
  - En el caso más general el análisis se hace para una flota de buques, dado un volumen de mercancías a transportar en unas rutas geográficas determinadas y teniendo en cuenta las limitaciones económicas de la inversión para cada opción.
  - Para cada opción se lleva a cabo una simulación, haciendo un cálculo de tiempos (simulación de movimientos, simulación de actividades de carga y generación de un calendario de flota), cálculos de capacidad (cantidad de carga y consumo de combustible) y cálculo de costes (coste de construcción, coste operacional de la flota e ingresos provenientes del flete).
- **RESULTADO:**
  - Determinación de la viabilidad o no del proyecto.
  - Estimación del coste de la obra (construcción y operación).
  - Definición de las especificaciones.

# Proyecto Conceptual



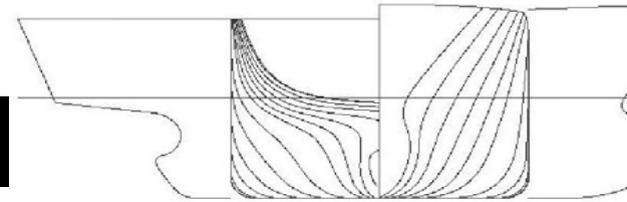
- El desarrollo del proyecto conceptual implica:
  - Estudio de mercado y predicción del flujo de carga entre pares de puertos en el área de navegación.
  - Análisis de puertos (congestión, tarifas, velocidad de manejo de carga, equipamiento, ...) y elección de rutas de navegación.
  - Llevar a cabo proyectos conceptuales para diferentes tipos de buques. Se puede partir inicialmente de las dimensiones principales, velocidad y una estimación del coste de construcción. A estos datos se les añade la experiencia del armador y diseñador y diferentes bases de datos.
  - Determinación de la configuración de la flota. Se analizarán diferentes alternativas de la configuración de la flota (número de buques de la flota para una velocidad, dado volumen de transporte anual requerido) para una ruta.
  - Optimización o elección de una banda (conjunto de configuraciones) óptima. Para ello se requiere la elección de la cifra de mérito (criterio de optimización) adecuada.
  - Estudios de sensibilidad. Análisis del efecto sobre la cifra de mérito de la variación de las diferentes variables.

# Proyecto Conceptual



- El resultado del desarrollo del proyecto conceptual es la especificación conceptual:
  - Número de buques
  - Vida útil
  - Rutas contempladas
  - Capacidad de carga
  - Peso muerto
  - Número de tripulantes y pasajeros
  - Sistema de manejo y almacenamiento de carga y su capacidad
  - Autonomía
  - Velocidad en pruebas a plena carga
  - Tipo de planta propulsora
  - Posibles factores limitativos (p.ej. limitaciones en calado)
  - Reglamentos nacionales aplicables y otras regulaciones a cumplir
  - Sociedad de Clasificación y cota a obtener

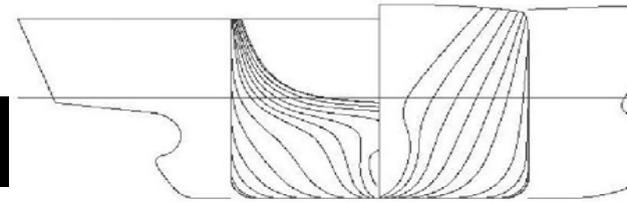
# Proyecto Conceptual



- Cifra de mérito: Criterio de optimización (decisión) para la elección de la mejor configuración. Los más comunes son:
  - Coste de Construcción mínimo. Es un criterio ventajoso para el astillero, aplicable cuando el buque ya está contratado o cuando se quiere hacer una oferta muy económica.
  - Inversión Total mínima (*coste de construcción + gastos del armador*). Es un criterio ventajoso para el armador si sólo le interesa minimizar el coste inicial.
  - Coste de Ciclo de Vida mínimo (*coste de construcción + gastos del armador + gastos operativos anuales actualizados*). Es un criterio del armador que tiene en cuenta los gastos operativos (pero no los ingresos).
  - Flete requerido mínimo. Es un criterio del armador que elige como mejor opción aquella que requiere el menor flete mínimo para comenzar a dar beneficio.  $\Sigma \text{Beneficio} = \Sigma \text{Flete} * \text{Carga\_Anual} - \Sigma \text{Gastos\_Anuales}$
  - Otras opciones más complejas que tienen en cuenta efectos como la amortización o el tiempo de recuperación de la inversión.



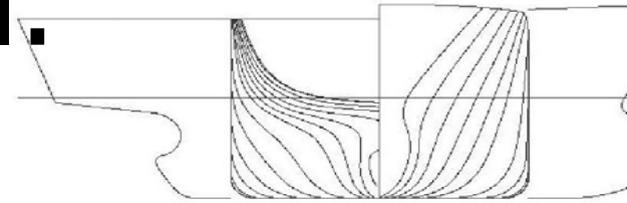
# Proyecto Conceptual



- Dimensionamiento básico
  - Un aspecto importante del desarrollo del proyecto conceptual es el dimensionamiento básico de las diferentes opciones analizadas
  - El proceso de dimensionamiento básico consiste en caracterizar, de manera aproximada el proyecto, mediante el cálculo estimativo de diferentes aspectos como:
    - Dimensiones principales
    - Coeficientes de forma
    - Volúmenes de tanques y desplazamiento
    - Potencia a instalar, autonomía y velocidad de proyecto
  - El dimensionamiento básico se suele basar en estudios estadísticos, fórmulas de base empírica y la experiencia del armador o diseñador
  - La estimación de la potencia a instalar, la autonomía y la velocidad de proyecto se estudiará en capítulos posteriores

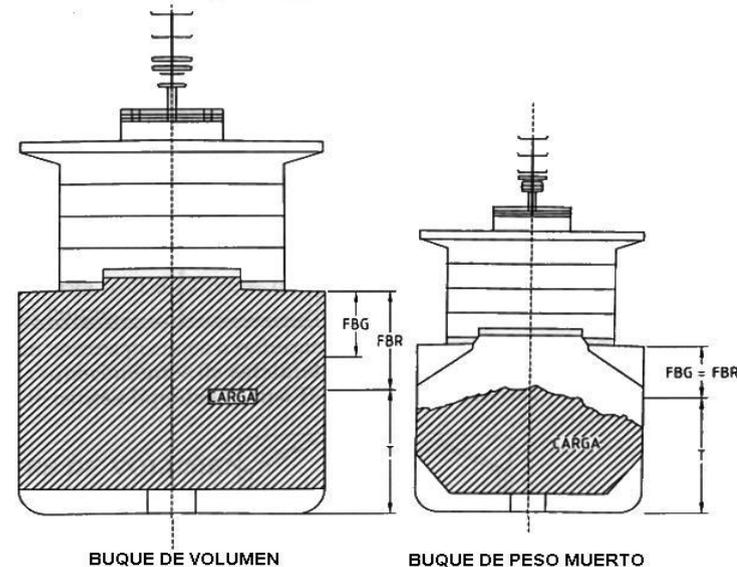


# Proyecto Conceptual: Dimensionamiento

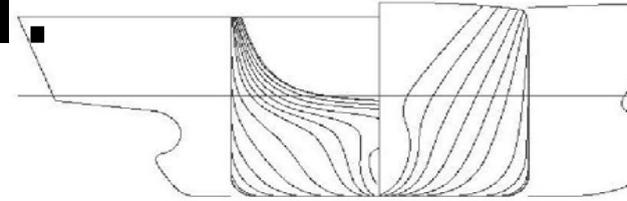


- El proyectista ha de lograr que el empuje o el volumen de la obra viva sea, como mínimo, igual al peso muerto más el resto de pesos inevitables para el buen funcionamiento del buque y que todo el volumen del buque permita cargar toda la carga y los restantes servicios del buque. Este condicionante divide a los buques en dos tipos principales: Buques de Peso Muerto y Buques de Volumen.
  - Buques de Peso Muerto. Denominaremos Buques de Peso Muerto a aquellos buques que, por transportar cargas muy densas o de bajo coeficiente de estiba, tienen como condicionamiento más restrictivo el peso muerto.
  - Buques de Volumen. Denominaremos Buques de Volumen a aquellos buques que, por transportar cargas ligeras o de alto coeficiente de estiba, tienen como condicionamiento más exigente el volumen de bodega de tanques de carga.

Nota: Se denomina peso muerto al peso de la carga, pasaje, tripulación, pertrechos y consumos, es decir, el resto del desplazamiento que no pertenece a la partida de peso en rosca.



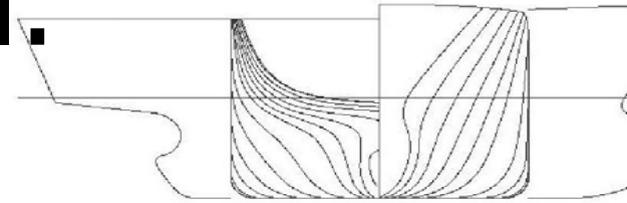
# Proyecto Conceptual: Dimensionamiento



- Además de los dos tipos anteriores, hay algunos casos que merecen una consideración especial.
  - Buques de Superficie. Existen cargas, que por la forma de envase o la forma de estiba se pueden manejar como cargas bidimensionales (cuando su altura es siempre constante) e incluso unidimensionales (altura y anchura constantes). Entre los primeros se encuentran los transportes de paletas o de coches y entre los segundos los transportes de tráileres (longitud de carril). Estos buques pueden incluirse dentro de los buques de volumen, pero tienen peculiaridades evidentes como el hecho de que su altura de entrepuentes sea constante.
  - Buques de Cargas Modulares. Como es el caso de los buques portacontenedores, cuyas dimensiones principales se varían en cantidades discretas, dependiendo de las dimensiones de los contenedores normalizados.
  - Buques para Transportes Especiales. Concebidos para transportar cargas muy especiales como barcazas, cargas muy pesadas, ...

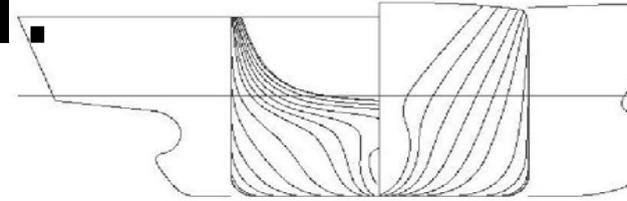


# Proyecto Conceptual: Dimensionamiento



- En general, son buques de peso muerto:
  - Graneleros de sólidos. Especialmente los transportes de carbón y mineral, con densidades superiores a  $1 \text{ Tm/m}^3$ .
  - Petroleros de crudo y productos, con densidades cercanas a la unidad.
  - Quimiqueros, con densidades superiores a la unidad.
  - Graneleros combinados (OBO = Ore-Bulk-Oil o Mineral-Grano-Petróleo y OO = Ore-Oil o Mineral-Petróleo).
- En general, son buques de volumen:
  - Cargueros y polivalentes. Los cargueros clásicos están en la frontera entre los buques de peso muerto y los de volumen. Sin embargo, los buques polivalentes han de estar preparados para poder transportar cargas muy ligeras y voluminosas.
  - Madereros.
  - Transportes de gas líquido (LNG = Liquefied Natural Gas y LPG = Liquefied Petroleum Gas).

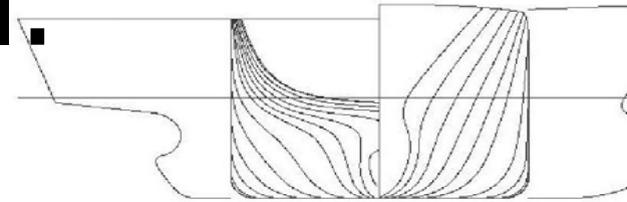
# Proyecto Conceptual: Dimensionamiento



- Una sistemática del proceso de dimensionamiento básico puede ser:
  - 1.- Realización de una base de datos de referencia, compuesta por buques existentes de características similares al objeto del proyecto.
  - 2.- Calcular los diferentes parámetros adimensionales básicos de los buques de la base de datos.
  - 3.- Elección de una variable principal de dimensionamiento (normalmente el volumen de carga o el peso muerto) definitoria del proyecto.
  - 4.- Establecer relaciones estadísticas (regresiones) que relacionen los diferentes parámetros adimensionales en función de la variable principal de dimensionamiento ( p.ej.  $L/B = f(\nabla_c^{1/3})$  ).
  - 5.- Estimar las dimensiones principales y coeficientes adimensionales básicos del buque objeto del proyecto mediante las regresiones obtenidas anteriormente.
  - 6.- Estimación del resto de dimensiones y parámetros del buque a partir de nuevas regresiones o mediante fórmulas de base empírica.
  - 7.- Calcular las dimensiones básicas del proyecto a partir de los parámetros adimensionales calculados. Para poder continuar el proceso de diseño, llegado a este punto sería conveniente conocer al menos los siguientes parámetros:
    - L, B, T, D
    - CB, CP, CM
    - $\nabla$ ,  $\Delta$ , DWT
    - V, BHP
  - 8.- Comprobación de los resultados obtenidos. Limitaciones de las elecciones y variable principal de dimensionamiento.



# Proyecto Conceptual: Dimensionamiento

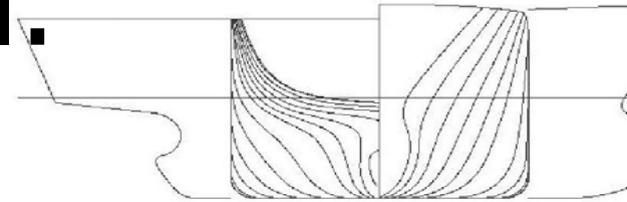


- 1.- Realización de una base de datos de referencia de buques similares al objeto del proyecto.

NOMBRE	LOA	LBP	B	T	D	DWT	AÑO	VOL.	VEL.	BHP
<i>ARCTIC I</i>	98.9	95.9	12.9	5.9	7.5	4233	1969	4544	12	4320
<i>IKAN DURI</i>	94.0	90.5	14.9	5.8	8.1	4260	1981	4104	14	3900
<i>JERSBEK-LASBEK</i>	91.7	89.0	14.2	5.7	7.1	3852	1982	3802	13	2450
<i>KOPEX</i>	100.0	98.0	16.0	6.2	7.9	5324	1979	6000	13	4000
<i>LUCY P.G.</i>	102.0	93.6	14.1	5.2	6.5	4080	1974	4741	13	2500
<i>MATAGRIFONE-MESSANA</i>	86.5	84.0	15.7	8.3	11.3	4470	1991	5050	13	3200
<i>NANCY ORR GAUCHER</i>	105.0	103.4	12.6	5.9	7.5	4675	1967	5000	13	4350
<i>NORDIC TIGER</i>	86.0	83.5	13.0	5.5	7.8	3889	1981	4312	12	1950
<i>POLISANI</i>	96.0	94.5	14.0	5.1	6.3	3506	1974	3355	14	2800
<i>PROOF GALLANT</i>	90.2	89.0	14.5	5.7	8.0	3726	1980	3778	12	2400
<i>REINBEK-RODENBEK</i>	91.7	89.5	14.0	5.7	7.3	3914	1982	3802	13	2450
<i>SARA THERESA</i>	82.7	81.5	13.4	6.1	7.6	3500	1974	3801	11	2400
<i>SARIBAY</i>	97.8	96.3	14.2	5.4	6.8	3660	1980	3841	13	2250
<i>STOLT MAPLEWOOD</i>	91.2	89.1	14.5	5.5	6.8	3560	1976	3738	11	3600
<i>TRANS BORG</i>	101.4	98.5	16.4	6.2	7.9	5280	1980	5550	13	3450
<i>TSUTA MARU N°1</i>	104.0	102.0	16.0	6.3	7.9	5495	1983	5385	13	3300
<i>UNITED TONY</i>	88.0	86.6	13.4	5.9	7.5	4165	1982	4861	12	1950

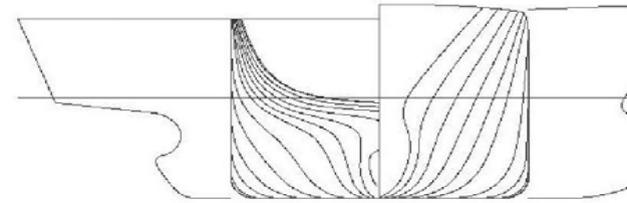
- 2.- Calcular los diferentes parámetros adimensionales básicos ( $L/B$ ,  $B/D$ ,  $T/D$ ,  $L/D$ ,  $C_B$ ,  $\Delta^{1/3}/L$ ) de las entradas de la base de datos anterior.
- 3.- Elección de una variable principal de dimensionamiento (normalmente el volumen de carga o el peso muerto) definitoria del proyecto. Esta variable debe elegirse teniendo en cuenta el tipo de buque (buque volumen, de peso muerto, de superficie, ...). Esta variable será utilizada como variable de predicción ( $X$ ) en las regresiones. Esta variable suele ser una especificación de proyecto o una variable conocida con suficiente precisión y considerada crítica para el dimensionamiento. Esta es la única variable independiente que se considera.

# Proyecto Conceptual: Dimensionamiento



- 4.- Establecer relaciones estadísticas (regresiones) que relacionen los diferentes parámetros adimensionales en función de la variable principal de dimensionamiento ( p.ej.  $L/B = f(\nabla_c^{1/3})$  ). Hay que tener en cuenta que las relaciones deben ser de igual dimensión física o sólo diferenciarse en un orden para que la regresión lineal sea válida (metros frente a metros o metros frente a una variable adimensional, por ejemplo).
- 5.- Estimar las dimensiones principales y coeficientes adimensionales básicos del buque objeto del proyecto a partir de las relaciones estadísticas obtenidas, teniendo en cuenta que el coeficiente de correlación debe ser suficientemente alto como para poder obtener una estimación creíble.
- 6.- Estimación del resto de relaciones adimensionales y parámetros de formas del buque a partir de nuevas regresiones o mediante fórmulas de base empírica. En el caso de elaborar nuevas regresiones, se ha de tener en cuenta que los errores cometidos por su uso pueden ser mucho mayores. Si para calcular los parámetros fuera necesario resolver un sistema de ecuaciones no lineal, para su resolución se estimarían unos valores iniciales y se resolvería el problema de manera iterativa.
- 7.- Calcular las dimensiones básicas del proyecto a partir de los parámetros adimensionales calculados. poder continuar el proceso de diseño, llegado a este punto sería conveniente conocer al menos los siguientes parámetros:
  - $L, B, T, D$
  - $CB, CP, CM$
  - $\nabla, \Delta, DWT$
  - $V, BHP$
- 8.- Comprobación de los resultados obtenidos. Algunos de los parámetros están ligados entre sí por relaciones geométricas. Es necesario comprobar que estas se cumplen y corregir la solución en otro caso.

# Dimensionamiento



- Si el  $\Delta$  (o peso muerto) es una variable crítica en el proyecto, la eslora se encuentra ligada con éste por la siguiente relación:

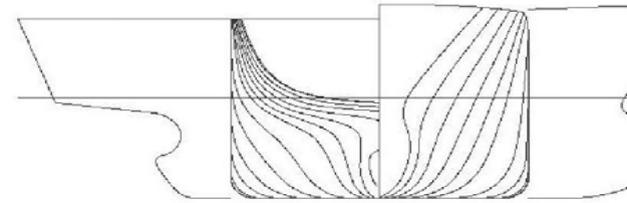
$$L = \left[ \frac{\Delta \cdot (L/B)^2 \cdot (B/D)}{r \cdot (1+s) \cdot C_B \cdot (T/D)} \right]^{1/3}$$

- $r$  : peso específico del agua
- $s$  : proporción del desplazamiento del forro del casco en comparación con el valor de trazado
- Si el  $\nabla$  es una variable crítica en el proyecto, la eslora se encuentra ligada con éste por la siguiente relación:

$$L = \left[ \frac{\nabla \cdot (L/B)^2 \cdot (B/D)}{C_{BD}} \right]^{1/3}$$

- $C_{BD}$  : Coeficiente de bloque al puntal de trazado
- NOTA: Estas relaciones son sólo definiciones no son nuevas fórmulas.

# Dimensionamiento

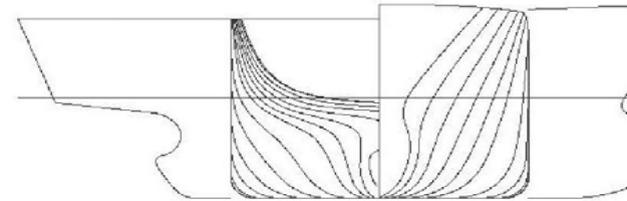


- Esquemas de estimación de las dimensiones principales del buque (a modo de ejemplo).

$$\left\{ \begin{array}{l} L = f(\nabla_c^{1/3}) = \frac{\nabla_c^{1/3}}{A_1} + A_2 \\ B = f(\nabla_c^{1/3}) = \frac{\nabla_c^{1/3}}{B_1} + B_2 \\ T = f(\nabla_c^{1/3}) = \frac{\nabla_c^{1/3}}{C_1} + C_2 \\ D = f(T) = \frac{T}{C_1} + C_2 \end{array} \right\} \Rightarrow C_B$$

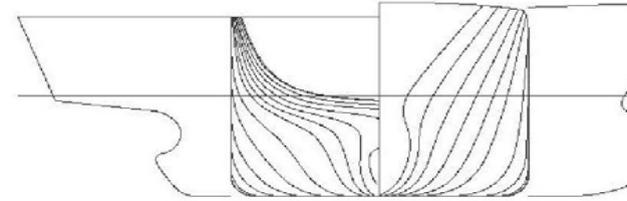
$$\left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{\Delta}{\rho}\right) = f[L^3] = \frac{L^3}{A_1} + A_2 \\ B = f\left[\left(\frac{\Delta}{\rho}\right)^{1/3}\right] = \frac{\left(\frac{\Delta}{\rho}\right)^{1/3}}{B_1} + B_2 \\ C_B = f\left[\left(\frac{\Delta}{\rho}\right)^{1/3}\right] = \frac{\left(\frac{\Delta}{\rho}\right)^{1/3}}{C_1} + C_2 \end{array} \right\} \Rightarrow T$$

# Dimensionamiento



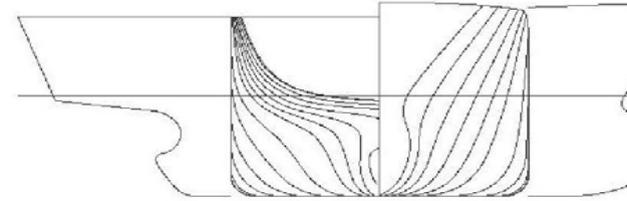
	Coste Construcción		Coste Operativo
	<i>Casco</i>	<i>Maquinaria</i>	
Incremento L	Se incrementa el peso de la estructura y por lo tanto el coste de construcción de manera muy importante.	Se reduce la potencia necesaria y los costes asociados, al menos para $F_n$ reducidos.	Se reduce el coste y el consumo de combustible.
Incremento B	Se incrementa el coste de construcción (pero de manera menos importante que con L).	Se incrementa la potencia y los costes asociados.	Se incrementa.
Incremento D y T	Se reduce el coste de construcción.	Se reduce la potencia y los costes asociados, si va asociado a una reducción de L.	Se reduce.
Incremento $C_B$	Forma más económica para incrementar el desplazamiento y el peso muerto.	Se aumenta la potencia. Por encima de cierta relación entre $F_n$ y $C_B$ se produce un muy importante aumento de la potencia necesaria. Existe una combinación de $C_B$ y $C_M$ de resistencia mínima.	Se incrementa.
Incremento $C_p$	No tiene una influencia significativa.	Se aumenta la potencia. Se considera el parámetro más definitorio de la resistencia al avance.	Se incrementa.

# Dimensionamiento



- Estimación de coeficientes de carena óptimos
  - $C_B$ : Fórmula de Alexander (influye en R y Vc)
$$C_B = K \cdot \frac{0.5 \cdot V}{[3.28 \cdot L_{PP}]^2} \quad 1.03 \leq K \leq 1.12$$
  - $C_M$ : Fórmula de Kerlen (influye en R)
$$C_M = 1.006 - 0.0056 \cdot C_B^{-3.56}$$
  - $C_p$ : Fórmula de Troost (influye drásticamente en R)
$$C_p = 1.2 - 2.12 \cdot F_n$$

# Dimensionamiento



- Estimación de otros parámetros de carena
  - LCC: Longitud del cuerpo cilíndrico (influye en los costes constructivos)

$$LCC = \left[ -658 + 1.607 \cdot C_B - 914 \cdot C_B^2 \right] \cdot L_{PP}$$

- $X_{CC}$ : Fórmula de Troost en % de la  $L_{pp}$  respecto a la cuaderna maestra (determina los trimados)

$$X_{CC} = 17.5 \cdot C_B - 12.5$$

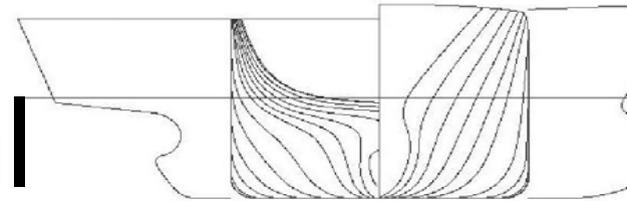
- $\alpha$ : Semiángulo de entrada en flotación (influye en R)

$$\alpha = 125.67 \cdot B / L_{PP} - 162.25C_P^2 + \\ + 234.32C_P^3 + 0.1551 \left[ X_{CC} + 6.8(T_A - T_F) / T \right]^3$$

# El Proyecto Contractual

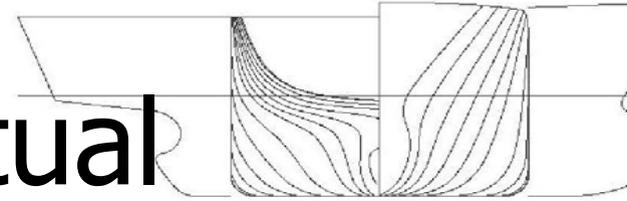
---

# Proyecto Contractual



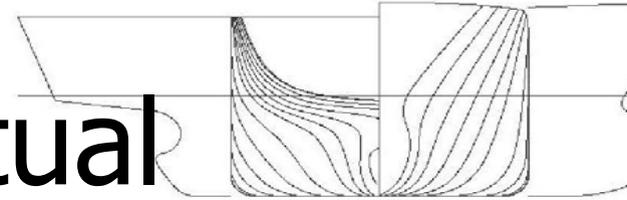
- El desarrollo de esta fase obedece a la necesidad de ofrecer soporte técnico al contrato de construcción del buque.
- Incorpora las actividades del proyecto encaminadas a comprobar que se cumplen los requerimientos impuestos, tanto comerciales como de seguridad, con márgenes adecuadas.
- El resultado de este proceso es el desarrollo de un contrato de construcción, que incluye:
  - Definición suficientemente precisa de las características de la obra (disposición general, potencia propulsora, potencia eléctrica, sistemas de carga, ...).
  - Definición de los costes de la obra.
  - Elaboración de la oferta económica del constructor.
  - Definición precisa de las diferentes calidades.

# El Proyecto Contractual



- El punto de partida de este proceso es normalmente un buque base (existente).
- El buque base servirá de guía para las primeras fases del proyecto.
- A partir de las características del buque base se pueden estimar aspectos críticos como estabilidad, francobordo, potencia, ...
- Las primeras estimaciones cambiarán necesariamente a medida que avance el proyecto.

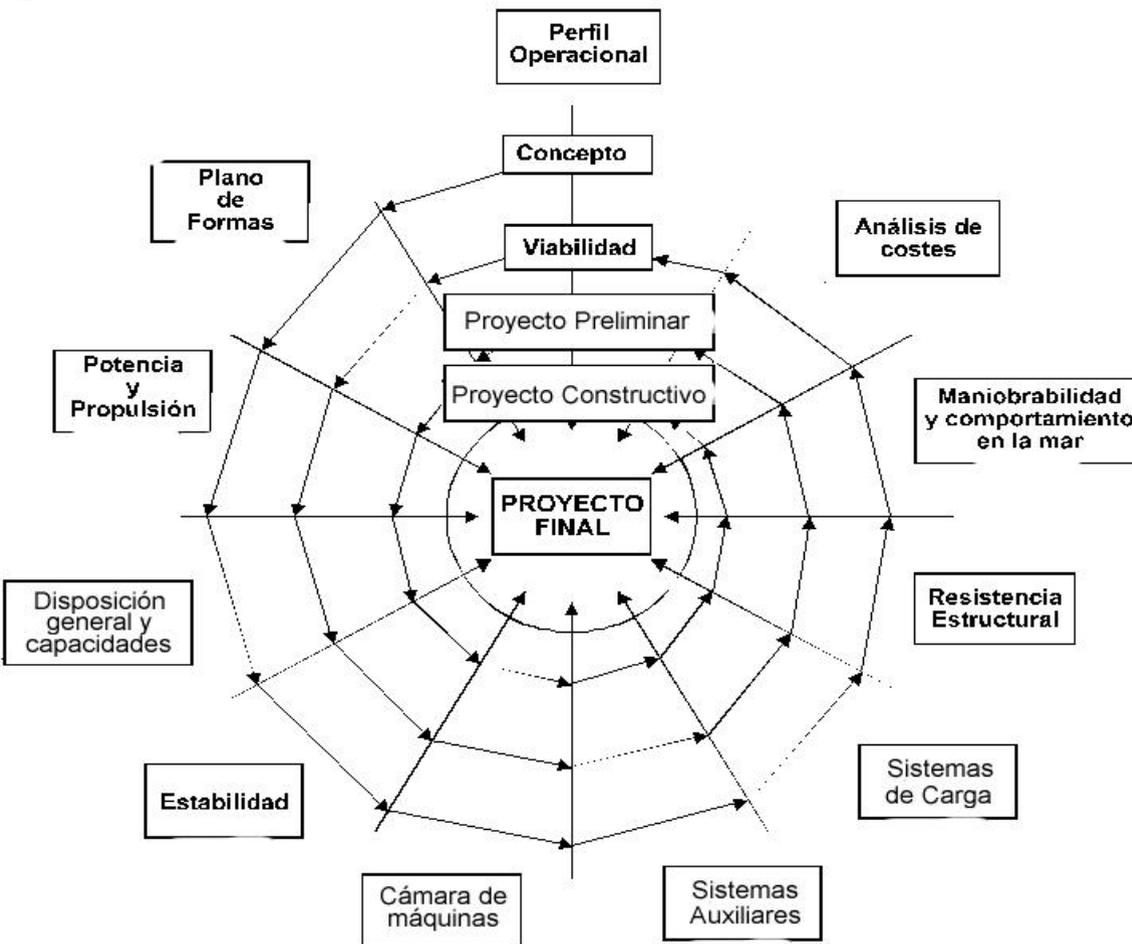
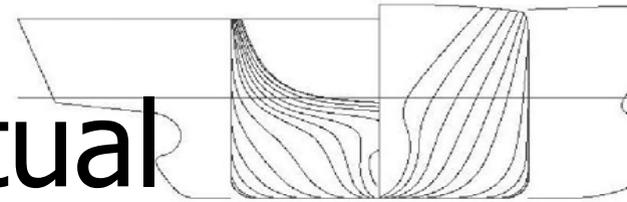
# El Proyecto Contractual



## Aspectos Principales del desarrollo del Proyecto Contractual

- **Cálculo de Potencia y Propulsión**
  - Estimación o cálculo de la potencia necesaria y de las características básicas del equipo propulsor y de maniobra.
- **Definición de Formas**
  - Se realiza el plano de formas del buque intentando cumplir, además de los requisitos de buen comportamiento hidrodinámico, otras características definidas.
- **Cálculo del peso en rosca y de la posición del centro de gravedad del buque.**
- **Compartimentado / Disposición General**
  - Es necesario disponer las cubiertas y mamparos como paso inicial para llevar a cabo la disposición general.
- **Definición de Capacidades y Cálculo del Arqueo**
  - Se definen las dimensiones de todos los tanques y se cubican.
  - Posteriormente se realiza el cálculo del arqueo y francobordo del buque.
- **Definición Estructural**
  - Diseño de la cuaderna maestra, en primer lugar, y definición posterior precisa de la estructura del buque.
- **Maniobrabilidad y Comportamiento en la Mar**
  - Se lleva a cabo un análisis de las características del buque respecto a su maniobrabilidad y comportamiento en la mar.
- **Definición de la Planta Propulsora y Otros sistemas del buque**
  - Se definen de manera concreta las características y disposición del equipo propulsor, así como el resto de sistemas del buque.
- **Estabilidad Intacto / Estabilidad en avería**
  - Es necesario definir las diferentes situaciones de carga para, posteriormente, llevar a cabo el análisis de la estabilidad para el buque intacto.
  - Se lleva a cabo un estudio de la estabilidad del buque ante averías.
  - Se analiza la resistencia longitudinal de la estructura.
- **Análisis de Costes.**
  - Se evalúan las magnitudes económicas (de entre las cuales, la principal es el presupuesto), al objeto de facilitar la toma de decisiones.

# El Proyecto Contractual



El orden concreto en el que se desarrolla la espiral de diseño depende de qué aspectos se consideren más críticos.

*Resistencia al Avance Crítica:*

- Diseño de Formas
- Estudio de Resistencia al Avance

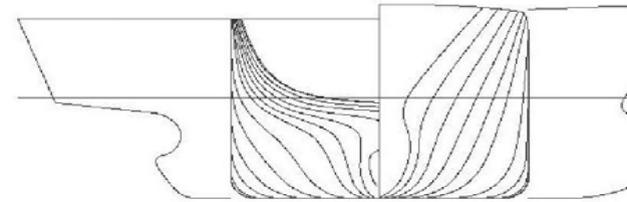
*Peso Muerto es Crítico:*

- Diseño Estructural Básico
- Cálculo del Peso en Rosca
- Situaciones de Carga

*Volumen de Carga es Crítico:*

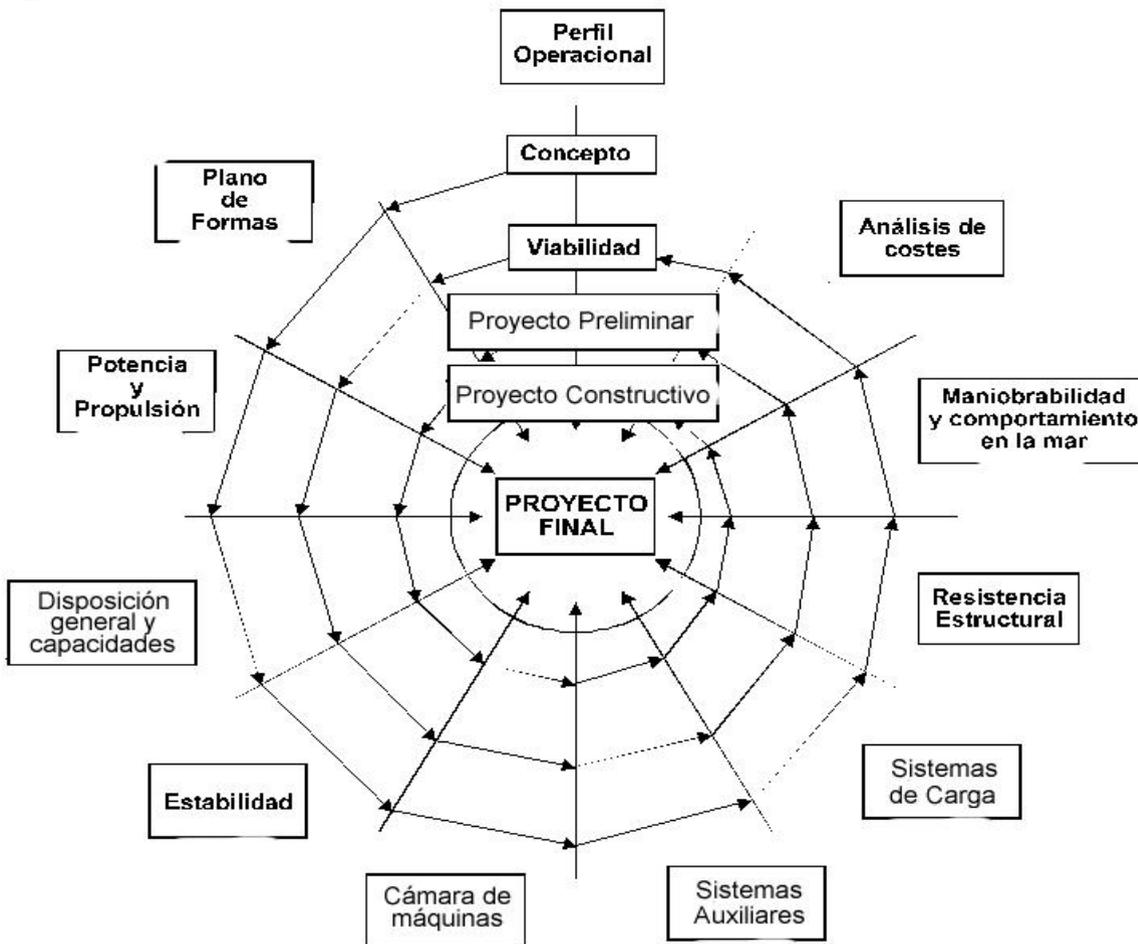
- Diseño de Formas
- Disposición General
- Cálculo de Volúmenes

# Conclusiones



## El Proyecto del Buque

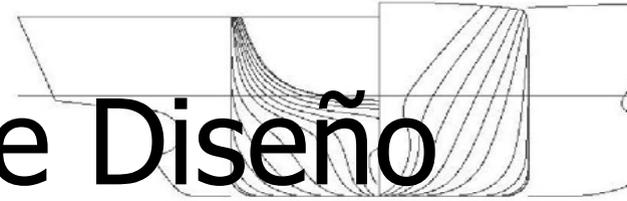
- Proyecto Conceptual (Estudio de Viabilidad)
- Proyecto Preliminar (Elaboración de la Oferta Económica del Constructor)
- Proyecto Contractual (Soporte técnico al contrato)
- Proyecto de Clasificación (Documentación para SSCC)
- Proyecto Detallado o de Construcción (Desarrollo final del proyecto)



# Particularidades y Recomendaciones de Diseño

---

# Particularidades y Recomendaciones de Diseño

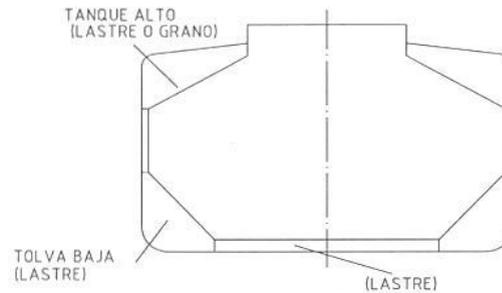
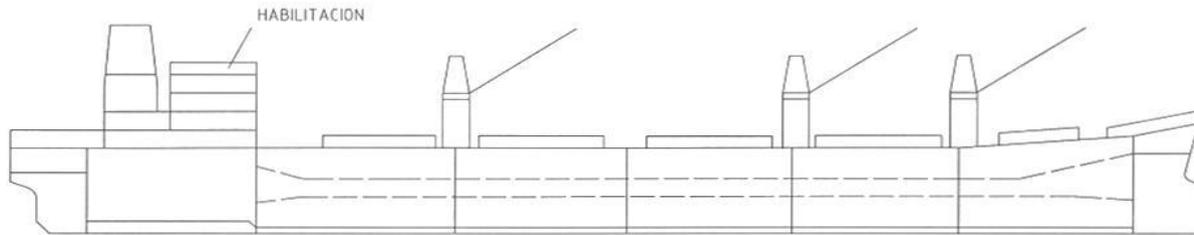
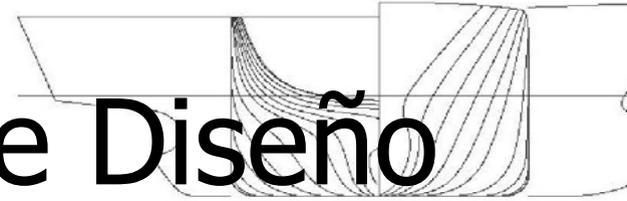


## ■ **Buques de Peso Muerto**

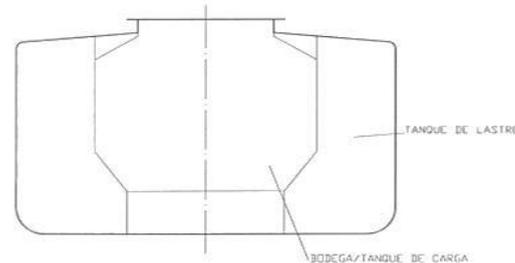
- El proyectista ha de lograr que el empuje o el volumen de la obra viva sea, como mínimo, igual al peso muerto más el resto de pesos inevitables para el buen funcionamiento del buque y que todo el volumen del buque permita ubicar toda la carga y los restantes servicios del buque. Este condicionante divide a los buques en dos tipos principales Buques de Peso Muerto y Buques de Volumen.
- Cuando la densidad aparente de la carga es alta, el peso muerto del buque es el condicionante más restrictivo. Podemos entonces decir en términos coloquiales que estos buques "no tienen problemas de capacidad". Por ello su condicionante principal es el calado.
- Los buques se proyectan para conseguir, con el mínimo volumen, el máximo calado (T), o lo que es lo mismo el mínimo francobordo permitido.
- En general, son buques de peso muerto:
  - Graneleros de sólidos. Especialmente los transportes de carbón y mineral, con densidades superiores a  $1 \text{ Tm/m}^3$ .
  - Petroleros de crudo y productos, con densidades cercanas a la unidad.
  - Quimiqueros, con densidades superiores a la unidad.
  - Graneleros combinados (OBO = Ore-Bulk-Oil o Mineral-Grano-Petróleo y OO = Ore-Oil o Mineral-Petróleo).



# Particularidades y Recomendaciones de Diseño



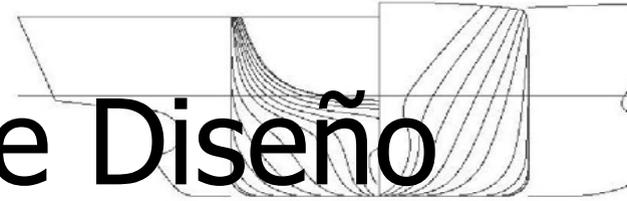
Graneleros de sólidos.  
Sección maestra.



Graneleros combinados . Sección maestra.

Buques de Peso Muerto:  
Graneleros de sólidos.

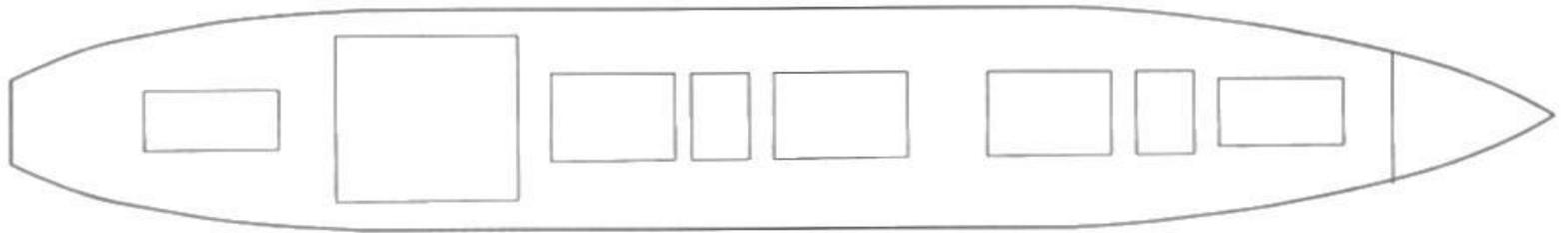
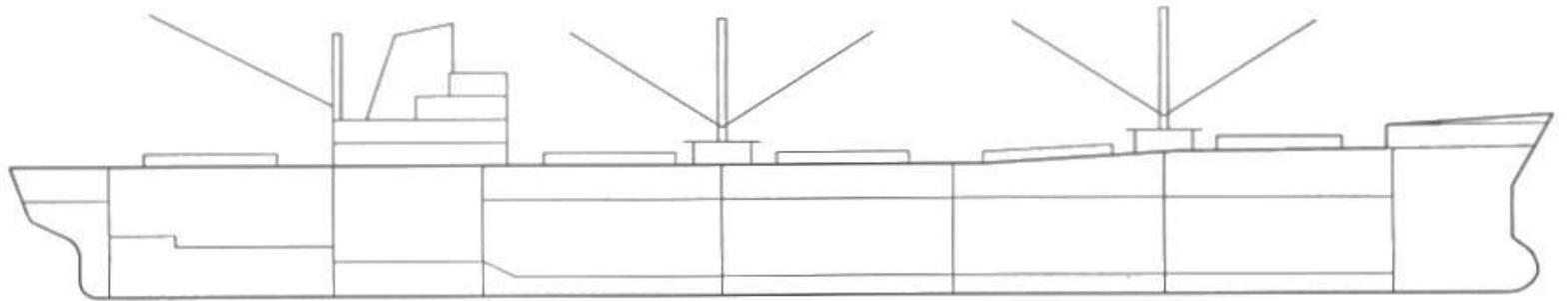
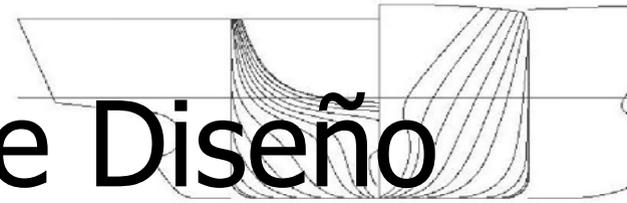
# Particularidades y Recomendaciones de Diseño



- **Buques de Volumen**
- Estos buques, por transportar cargas poco densas o de alto coeficiente de estiba, tienen como condicionamiento más exigente el volumen de bodegas o de tanques de carga.
- Podemos entonces decir en términos coloquiales que estos buques “sólo tienen problemas de capacidad”. La solución más económica del diseño consiste en aumentar el puntal del buque hasta conseguir el volumen de carga necesario.
- Estos buques se proyectan prescindiendo de los condicionantes de pesos/calado, es decir, haciendo caso omiso del francobordo, pero analizando con sumo cuidado los problemas de estabilidad del buque intacto, pues la solución de diseño consistente en aumentar el puntal está limitada por los requisitos de estabilidad del buque.
- Conviene por lo tanto controlar el valor de B/D por encima de un valor mínimo lo que puede obligar a aumentar L/B. En resumen, debe seguirse un proceso iterativo iniciado con el aumento de la dimensión “más económica” (D), corrigiendo las salidas de rango de B/D con aumentos de B y manteniendo L en el mínimo compatible con una explotación eficiente.
- En general, son buques de volumen:
  - Cargueros y polivalentes. Los cargueros clásicos están en la frontera entre los buques de peso muerto y los de volumen. Sin embargo, los buques polivalentes, han de estar preparados para poder transportar cargas muy ligeras y voluminosas.
  - Madereros.
  - Transportes de gas líquido (LNG = Liquefied Natural Gas y LPG = Liquefied Petroleum Gas). Los problemas de estos proyectos son muy específicos, debido sobre todo a las bajas temperaturas de transporte, que pueden llegar a  $-162^{\circ}\text{C}$ .



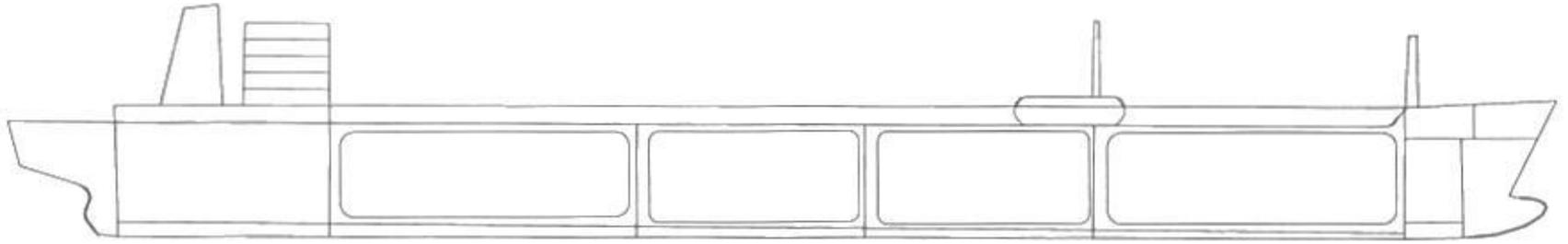
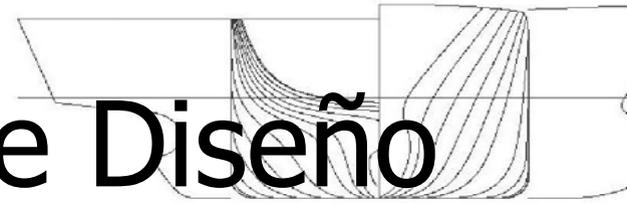
# Particularidades y Recomendaciones de Diseño



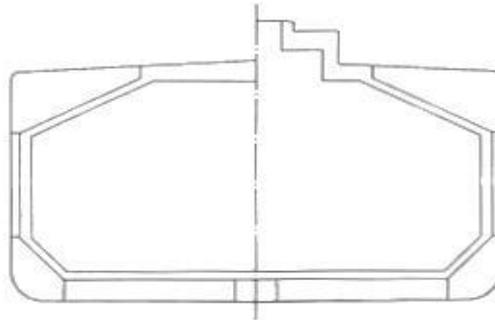
Cargueros.

Buques de Volumen:  
Cargueros

# Particularidades y Recomendaciones de Diseño

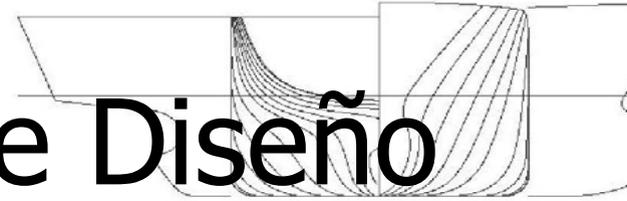


Buques de Volumen:  
Transporte GPL



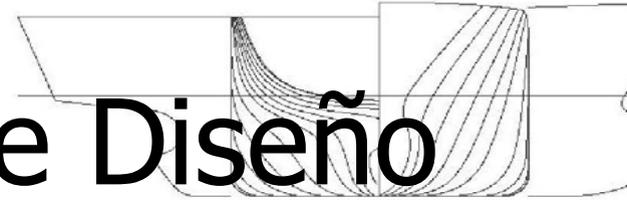
Transportes de gas licuado GPL.

# Particularidades y Recomendaciones de Diseño



- Restricciones. Las dimensiones principales (y otras características) del buque están sometidas a determinadas limitaciones que pueden ser específicas del astillero (por dimensiones de las gradas o diques de construcción) o genéricas (por el tráfico del buque).
  - Adicionalmente, se han de considerar las restricciones que pueden introducir los distintos reglamentos (Sociedades de Clasificación, Autoridades Nacionales u Organismos Internacionales).
  - Existen otras limitaciones, como el calado aéreo para el paso del buque bajo puentes, o para el astillero constructor producidas por obstáculos en el recorrido del buque durante la botadura o salida al mar.

# Particularidades y Recomendaciones de Diseño



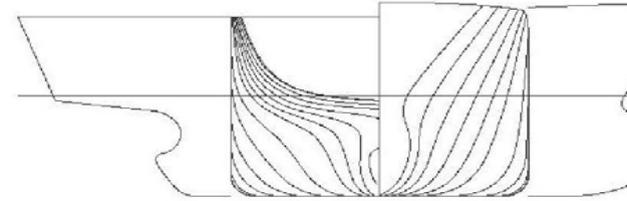
**LIMITACIONES DE LOS PRINCIPALES CANALES**

CANAL	CALADO	MANGA	ESLORA
Canal de Corinto	8,0	22,0	-
Canal de Kiel	9,5	32,5	235
Canal de Panamá	11,28	32,3	273
Canal de S.Lorenzo	7,92	23,1	222,5
Canal de Suez	17,07	47,85	-
Estrecho de Dover	23,0	-	-
Estrecho de Malaca	23,0	-	-

**CALADOS MÁXIMOS DE PUERTOS DE GRANELEROS**

PUERTO	Tmx	PUERTO	Tmx	PUERTO	Tmx	PUERTO	Tmx
Albany	11,50	Amberes	14,95	Amsterdam	15,00	Bahia Blanca	11,60
Baltimore	15,20	Brownsville	10,67	Buchanan	14,20	Buenos Aires	14,50
Bunbury	12,20	Cape Town	13,10	Charleston	11,73	Corpus Christi	12,20
Duluth	07,92	Durban	11,60	Galveston	12,20	Gdansk	15,00
Gdynia	11,35	Geraldton	13,50	Hampton Roads	10,67	Houston	12,20
Le Havre	15,50	Londres	12,50	Long Beach	15,20	Los Angeles	15,50
Mobile	13,71	Monrovia	13,71	Montreal	09,00	Port Cartier	11,60
Portland (AUS)	12,20	Porto Alegre	05,18	Puerto Ordaz	09,00	Quebec	15,30
Rio Grande	14,00	Rotterdam	19,81	Rouen	11,00	Santos	11,59
Seattle	22,00	Sydney (AUS)	11,60	Vancouver	20,80		
Barcelona	14,00	Bilbao	14,00	Cadiz	09,00	Gijón	14,00
Valencia	14,00	Vigo	17,00				

# Bibliografía



- El proyecto básico del buque mercante
  - R. Alvariño, J.J. Azpíroz y M. Meizoso. FEIN. Madrid 1997.
- Practical Ship Design. Volume 1.
  - D.G.M. Watson. Elsevier Ocean Eng. Book Series. Oxford 1998.