



Universidad de Oviedo

ESCUELA SUPERIOR DE LA MARINA CIVIL DE GIJÓN

Trabajo Fin de Máster

OPERACIONES DE CARGA, DESCARGA Y
ESTIBA EN BUQUES GRANELEROS

Para acceder al Título de Máster Universitario en

NÁUTICA Y GESTIÓN DEL TRANSPORTE MARÍTIMO

Autor/a: Eric Iglesias Fernández

Tutor/a: Roberto Álvarez Bucetas

Junio - 18

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN _____ pág.

1.1. Descripción del trabajo

1.2. Objetivo

CAPÍTULO 2. CARGA A GRANEL _____ pág.

2.1. Carga a granel

2.1.1. Carga seca

2.1.2. Carga húmeda

2.1.3. Características importantes de la carga a granel

2.2. Buques Graneleros

2.2.1. Características principales

2.2.2. Clasificación de Graneleros atendiendo al tonelaje

2.2.3. Clasificación de Graneleros atendiendo a su carga

CAPÍTULO 3. ESTIBA DE LA CARGA _____ pág.

3.1. Concepto de estiba

3.2. Objetivos

3.3. Factor de Estiba

3.4. Distribución de pesos (esfuerzos)

3.5. Métodos de distribución de la carga

3.6. Estabilidad

3.6.1. Conceptos clave

3.6.2. Francobordo y líneas de carga

3.6.3. Criterios de estabilidad

3.6.4. La estabilidad en buques graneleros

3.7. Reglas Unificadas de IACS para graneleros

CAPÍTULO 4. PLAN DE CARGA Y ESTIBA _____ (X)

4.1. Estudio y recopilación de información previa a preparar el plan de carga

4.2. Elaboración del plan de estiba y planes de carga y/o descarga.

CAPÍTULO 5. EQUIPOS DE CARGA _____ (X)

4.1 Equipos de carga de puerto

4.2. Equipos de carga del buque

4.3. Equipos de carga/descarga de la Terminal EBHI del Musel

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES (X)

LISTA DE IMÁGENES (X)

BIBLIOGRAFÍA (X)



Figura 1. Buque Granelero “Los Angeles” de 300 m de eslora

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción del trabajo

El transporte a granel es una de las modalidades de transporte por mar más antiguas. Se tienen registros de transporte de grano de África a Europa en buques especiales durante el Imperio Romano y este tipo de transporte fue evolucionando llegando a la revolución industrial donde repuntó especialmente con el transporte de carbón. La principal razón de que a lo largo del tiempo los graneleros se fuesen imponiendo a otras clases de barco para el transporte de carga a granel seca es el gran ahorro de embalaje que supone y las facilidades que ofrece a la hora de cargar y descargar la mercancía.

En este trabajo se parte explicando qué es la carga a granel y que tipos existen, tratando en concreto las cargas más usuales cuando hablamos de transporte a granel por vía marítima. También se hace referencia a las construcciones de barco más comunes para el transporte de esta carga. A continuación, se pasa a desarrollar el concepto de estiba y como este se aplica a este tipo de mercancía, dando unas pinceladas de los conceptos de estabilidad y esfuerzos, y como estos se aplican a la misma. Se termina con una compilación de los principales sistemas y maquinaria utilizadas para el manejo de la mercancía a granel en operaciones de carga y descarga.

1.2. Objetivo

En este trabajo de fin de máster se pretende profundizar en los aspectos que respectan a la carga, descarga y estiba de mercancías a granel en buques graneleros en busca de conseguir una mejor comprensión global de su funcionamiento, consiguiendo con esto poder discernir las ventajas e inconvenientes que ofrece este sector tan importante del transporte marítimo, así como conocer los pormenores de este tipo de barcos.

El trabajo esta enfocado a un público lector constituido por alumnos en últimos años de carrera, graduados en prácticas o que realizan el master, aunque también esta enfocado a todos aquellos profesionales que no estén familiarizados con los temas que se enumeraron anteriormente y que vertebran este trabajo, con los que se espera una aproximación a las particularidades de esta modalidad de transporte.

CAPÍTULO 2. CARGA A GRANEL

2.1. Carga a granel

No se podría profundizar en el sistema de transporte marítimo a granel sin antes explicar y definir las particularidades de la propia mercancía que se transporta en este tipo de buques. En los próximos apartados se explicarán las características principales de esta carga así como los tipos en los que se divide y cuales son los graneles más usuales en el transporte de mercancías por mar.

La carga a granel se define como *“un conjunto de bienes o materiales que poseen características homogéneas y se transportan sin empaquetar, ni embalar, en grandes cantidades, en donde el propio medio de transporte ejerce a modo de recipiente”*. Esta mercancía se divide en dos grandes tipos: la carga seca o sólida y la carga líquida. A continuación, se procederá a explicar en detalle estos dos tipos aunque en lo que refiere al trabajo de fin de master nos centraremos en la carga seca, ya que es el tipo de granel que se transporta en los buques graneleros, mientras que la líquida a granel se lleva en buques petroleros, gaseros o quimiqueros, buques que tienen sus propias particularidades a la hora de estibar, cargar o descargar sus cargas.

2.1.1. Carga seca

La principal diferencia entre las cargas a granel, a parte del propio estado físico de la mismas, es la complejidad del manejo que requieren cada una de ellas. La carga de granel sólido es la más sencilla y común en el sector.

Es usual encontrar en informes como los publicados por la UNCTAD ver dividido el transporte de carga seca a granel en dos categorías:

- Los cinco graneles sólidos principales:

La diferencia que existe entre la cantidad de millones de toneladas que se transporta de estos cinco graneles secos no solo iguala sino que, en los últimos años supera a la cantidad de toneladas que se mueve del resto de graneles, es por esta razón que se les ha otorgado una sección propia a la hora de hacer estimaciones de cómo avanza el transporte de graneles. Componen esta lista:

- Carbón: Como se introducía al comienzo del trabajo el carbón ha sido uno de los principales graneles secos que se han transportado desde que comenzó la revolución industrial con el auge de la máquina de vapor, la cual precisaba de este material para su alimentación y funcionamiento.

A la hora de transportarlo hay que tener en cuenta ciertas propiedades del mismo ya que, según especifica el “Código de prácticas de seguridad para cargas sólidas a granel” de la OMI, algunos carbones pueden ser susceptibles a autocalentarse, lo que podría dar lugar a una combustión espontánea. Por lo que hay que mantener un cierto control sobre la temperatura así como de la atmósfera en las bodegas midiendo concentraciones de metano u oxígeno.



Figura 2. Descarga de carbón de un buque granelero

- Mineral de hierro: El mineral de hierro es el granel seco con mayor volumen de comercio por año dentro de los principales, por encima del carbón y el grano. Este se encuentra en la naturaleza en forma de rocosa, generalmente mezclado con otros minerales y después de ser procesado por diversos procesos industriales, se vende a empresas siderúrgicas. Su principal categorización está relacionada con su tamaño y calidad. En términos de tamaño, normalmente nos encontramos con los "finos de mineral de hierro" con un tamaño granular de hasta 10 mm y los "terrones de mineral de hierro" con un tamaño superior a 10 mm.

Los factores principal a tener en cuenta a la hora de cargar este material son la alta densidad del material y que se debe mantener un control sobre la humedad de la mercancía. También se considerará a la hora de cargarlo el peligro de que se levante polvo del material que pueda dañar maquinaria al depositarse o ser inhalado por un trabajador.

-
- Grano: es el nombre que se utiliza para designar a las semillas comestibles de varias plantas también conocidas como cereales, algunos ejemplos son el trigo o cebada, aunque también se incluyen productos como el maíz y el arroz. La mayor parte del grano que se transporta por mar corresponde al trigo y al maíz. Muchos de estos cereales también se transportan tras ser molidos en forma de harina como el trigo.

El grano presenta dos características fundamentales: la primera es que la mayoría de los granos tienen un ángulo de reposo (ángulo de deslizamiento) de unos 20° con respecto a la horizontal, lo que significa que si el barco se balancea más de 20° la carga se desplazará. Si esto sucede, el barco puede desarrollar una escora, si los balances continúan en una situación así el grano podría continuar desplazándose hasta provocar zozobra. La segunda es que con el paso del tiempo el grano se va asentando en las bodegas dejando más espacio del que se dejó al ser cargado en la parte superior de las mismas lo que facilita que se puedan dar corrimientos de carga.



Figura. 3 Bodega cargada con finos de mineral de hierro



Figura. 4 Carga de grano

- Bauxita/Alúmina: se trata de una roca formada por el desgaste tanto de rocas de silicato (granito/basalto) como de rocas carbonadas (caliza/dolomita). Tras un cierto tratamiento de separación se extrae de ella la alúmina con la que se fabrica el aluminio. En el transporte marítimo nos encontramos el transporte de ambas materias, la prima y la semiprocesada.

La Bauxita esta sujeta a un fenómeno llamado "separación dinámica" recientemente identificado, que se da cuando hay un exceso de humedad en la carga. En esas condiciones, pueden formarse fangos líquidos (agua y sólidos finos) sobre el material sólido. El consiguiente efecto de las

superficies libres debidas a la agitación del líquido podría afectar considerablemente a la estabilidad del buque.¹ En cuanto a la alúmina, esta no comparte el fenómeno de la bauxita pero igualmente se debe mantener un control sobre la humedad. Además en cargas/descargas se debe tener especial cuidado con proteger las vías respiratorias ya que genera mucho polvo en suspensión, tóxico.

- Roca de fosfato: se trata de una materia prima compuesta por varios minerales de la que se pueden extraer varios materiales, pero destaca entre ellos el propio fosfato. Este se utiliza principalmente en la industria del fertilizante. Además de los fertilizantes fosfatados para la agricultura, el fósforo procedente de la roca de fosfato también se utiliza en complementos alimenticios, conservantes alimentarios, agentes anticorrosivos, cosméticos, fungicidas, cerámica, tratamiento de aguas y metalurgia. Es transportado generalmente triturado en rocas pequeñas que varían del color marrón claro al blanco.² De los cinco graneles más importante este es el menos importante como se puede apreciar en la Fig.7.



Figura. 5 Cargamento de alúmina

Figura 6. Carga de roca de fosfato



¹ IMO, «Nueva advertencia sobre los peligros del transporte de bauxita por vía marítima».

² «Phosphates and Superphosphates - Cargo Handbook - the world's largest cargo transport guidelines website».

	2015	2016	Percentage change 2015–2016
Five major bulks	3 121	3 172	1.6
<i>of which:</i>			
Iron ore	1 364	1 410	3.4
Coal	1 142	1 140	-0.2
Grain	459	476	3.7
Bauxite/alumina	126	116	-7.9
Phosphate rock	30	30	1.0
Minor bulks	1 706	1 716	0.6
<i>of which:</i>			
Steel products	406	404	-0.5
Forest products	346	354	2.3
Total dry bulks	4 827	4 888	1.3

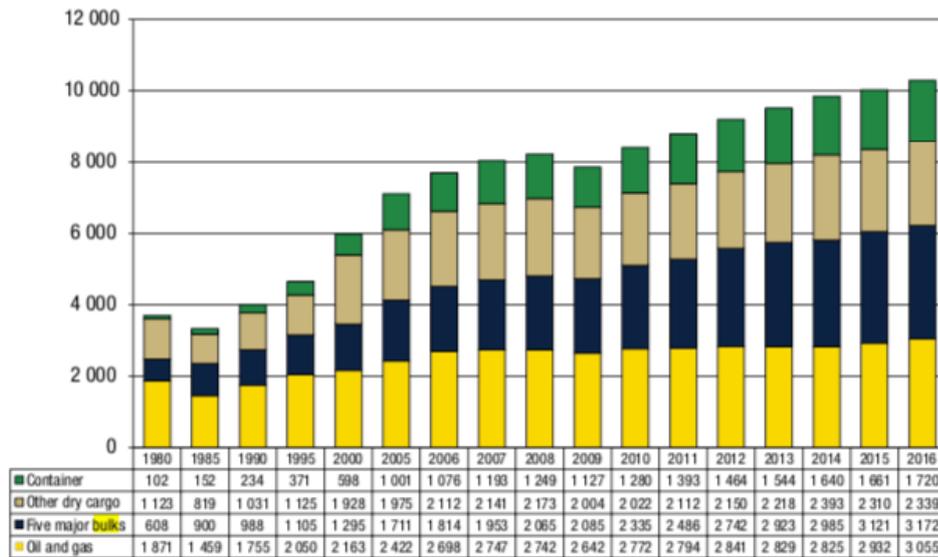
Source: UNCTAD secretariat calculations, based on data from Clarksons Research, 2017d.

Figura 7. Tabla del comercio de granel seco 2015-2016 (en millones de toneladas)

- Otros graneles

En esta categoría se agrupa el resto de graneles sólidos, denominados “secundarios”, que se transportan por vía marítima. Entre toda la variedad de hasta 30 mercancías diferentes, se puede realizar una subdivisión en 7 grupos:

- Minerales a granel (arena, grava, caliza, sal, cobre, etc.)
- Productos forestales (Virutas de madera, pulpa o serrín)
- Fertilizantes (Materias en bruto del sulfuro y potasio)
- Productos químicos (fertilizantes, plástico en gránulos, resina o polvo, fibras sintéticas, etc.)
- Productos del acero y hierro
- Productos manufacturados (cemento, clinker, etc.)
- Otras cargas (Transporte mixto a pequeña escala de productos químicos y para la industria de construcción en bruto)



Sources: *Review of Maritime Transport*, various issues. For 2006–2016, the breakdown by cargo type is based on data from Clarksons Research, *Shipping Review and Outlook* and *Seaborne Trade Monitor*, various issues.

Figura 8. Comercio marítimo internacional, 1980-2016 (millones de toneladas cargadas)

2.1.2. Carga húmeda

Los graneles líquidos son un tipo de mercancía que requiere unas construcciones de barco muy particulares y diferente a la de los buques graneleros, los buques tanque. Dentro de los propios buques tanque atendiendo a la carga específica que llevarán podemos identificar más subgrupos.

Los principales graneles líquidos que se transportan son:

- Hidrocarburos: derivados del petróleo que se transportan en buques cisterna denominados “petroleros”.
- Gas natural licuado (LNG): Gas natural procesado para ser transportado en forma líquida. Es la mejor alternativa para que rentabilizar el transporte a reservas remotas y aisladas, donde no es económico llevar el gas al mercado directamente ya sea por gasoducto. Es transportado en buques especiales llamados metaneros o simplemente gaseros..
- Productos químicos: Transportados en los denominados buques quimiqueros. Varían desde sustancias corrosivas como los ácidos, inflamables como distintos tipos de alcoholes o incluso productos de alimentación como aceite vegetal.

2.1.3. Características importantes de la carga a granel

Asentamiento de la carga:

Casi todas las cargas a granel sufren este fenómeno, aunque la intensidad de los efectos depende del tipo de carga que se transporte. Esto ocurre cuando quedan espacios con aire entre los granos cargados en la bodega del buque, con el paso del tiempo debido principalmente al peso y la fricción la carga se irá asentando eliminando esos espacios. Esto se traduce en la aparición de superficies libres entre la carga y el techo de la bodega. Si a todo lo anterior sumamos movimientos del buque producidos por malas condiciones climatológicas es muy probable que se produzcan corrimientos de la carga generando escoras.

Por este motivo se realiza siempre que sea posible el enrasado de la carga, dejando el menor espacio libre en la bodega que se pueda conseguir a fin de minimizar los mencionados espacios libres que se generarán.

Ángulo de reposo:

Se denomina ángulo de reposo de un montículo de granel sólido al ángulo formado entre el copete y la horizontal de la base, cuando el material se estabiliza por sí mismo. Al acumular granel sólido sobre un plano, éste queda apilado en forma de cono. El ángulo formado entre la generatriz del cono y su base se denomina ángulo de reposo.

En el transporte de gráneles por mar, este valor es de fundamental importancia pues tiene relación con el efecto que tenga un corrimiento de carga a la estabilidad transversal de la embarcación.

Factores que disminuyen el ángulo de reposo:

- Menor tamaño de la partícula.
- Menor rugosidad de la superficie de la partícula.
- Mayor esfericidad de la partícula.
- Menor humedad de la pila.
- Mayor homogeneidad de la pila.



Figura 9. Ángulo de reposo en una pila de grano.

2.2. Buques Graneleros

Como se viene introduciendo en este trabajo se focalizará la atención en los buques de transporte de carga a granel en concreto sólido denominados “buques graneleros”

2.2.1. Características principales

Este tipo de buque es también conocido por la palabra inglesa bulkcarrier, están diseñados para cargar lo máximo de cualquier tipo de carga a granel, desde pesado mineral hasta ligero grano. Son fácilmente identificables por tener una única cubierta corrida con varias bodegas y sus escotillas (normalmente impares) y unas correderas a ambos lados por donde corren las tapas de las escotillas. Disponen de doble fondo interior alto, cuya cubierta forma el plan de la bodega que recibe el cargamento. Se refuerzan las vagras y las varengas para dar al casco una mayor resistencia estructural.

A pesar de que los buques de carga a granel se han utilizado desde el siglo XIX, su definición no aparece hasta la convención SOLAS de 1999, sin embargo en los últimos años se han añadido nuevas interpretaciones a la definición oficial. El SOLAS proporciona la definición de buque granelero en el capítulo IX del Convenio:

“Buque que, en general, se construye con una sola cubierta, tanques en la parte superior de los costados y tanques laterales tipo tolva en los espacios de carga y destinado principalmente al transporte de carga seca a granel, incluso tipos como los mineraleros y los buques de carga combinada”.

2.2.1.2. Corte Transversal de un granelero

Los barcos graneleros tienen el puente y la sala de máquinas a popa con el fin de tener las bodegas libres de todo obstáculo. Si la máquina estuviese en el centro, las bodegas perderían capacidad debido al necesario túnel de la hélice. Las principales características de los graneleros son:

- Ausencia de medios de carga y descarga por lo general, aunque algunos buques pueden tener medios propios de descarga (grúas).
- Casco sencillo con doble fondo.
- Grandes bodegas de carga
- Amplias tapas de escotilla para facilitar la estiba así como las operaciones de carga y descarga. Las tapas de escotillas son de acero y de apertura transversal con cierres de seguridad y estancas.
- Tanques laterales de pantoque y superiores.
- Ventiladores de bodegas.

- Carecen de entrepuentes para disponer de amplios espacios de carga.³

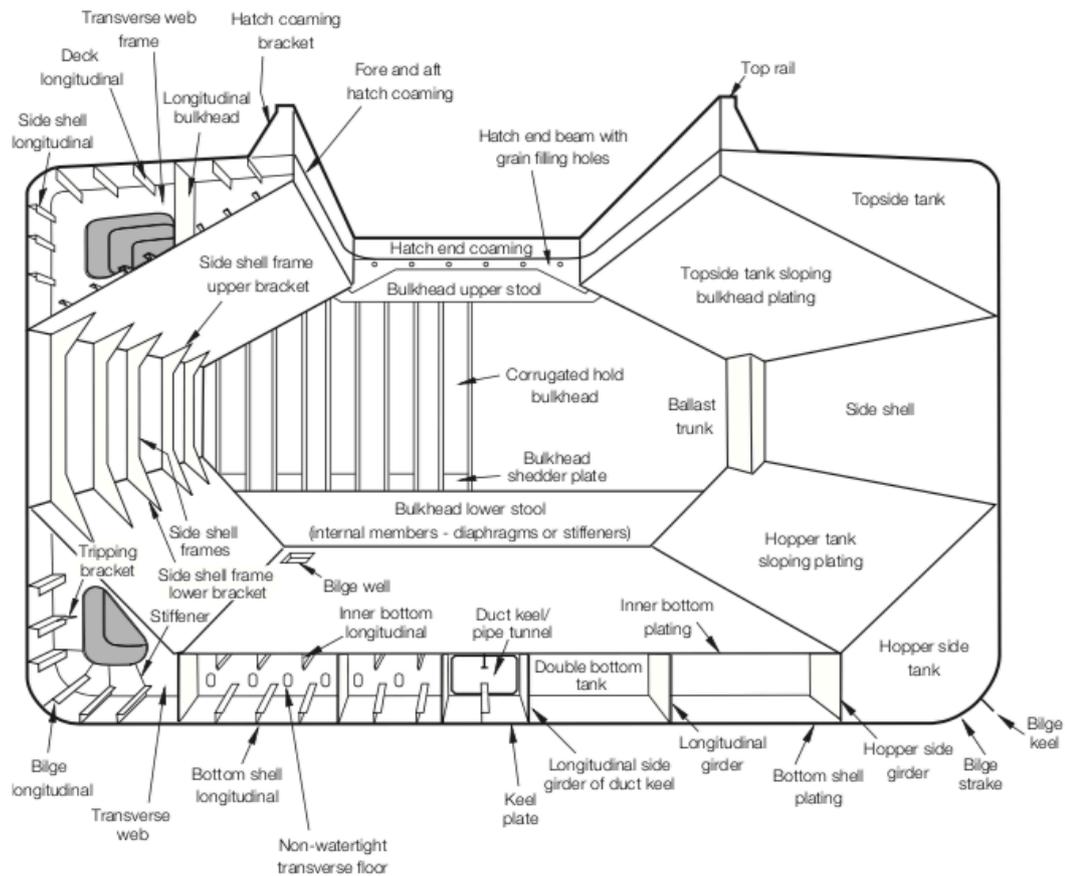


Figura 10. Corte transversal de la bodega de un granelero

En la figura 9 podemos ver el corte de una bodega de un granelero estándar. Estas bodegas son los espacios del buque donde se estibarán la carga a granel. Se enumeran de proa a popa, siendo la número uno la que se encuentra más a proa. Normalmente suele ser una bodega sencilla sin obstrucciones, debido a que se va a cargar mineral o grano y si hubiese obstrucciones dificultaría en gran medida el proceso de estiba.

El diseño de las bodegas en forma de “U” se usa para que, al caer el grano, se deslice hacia el fondo de la bodega. En su interior nunca se pueden dar estructuras que formen ángulos rectos, pues estos harían que el grano se depositara en ellas.

Es común que cuando se transporten cargas pesadas, se forre el plan de bodega con un entarimado de tabloncillos gruesos de madera, colocados a modo de tope. Esto recibe el nombre de “Soleras”.

³ Roberto Bucetas, «Transporte de cargas solidas a granel».

2.2.2. Clasificación de Graneleros atendiendo al tonelaje

Podemos encontrarnos con varias clasificaciones de los buques graneleros aunque la utilizada con más frecuencia es la del tonelaje de peso muerto:

- **Handysize**

Se trata del tamaño de buque granelero más común. En esta clase de buques se encuadran desde las 10.000 a las 40.000 TPM. Se emplean principalmente en tráficos entre puertos con restricción de tamaño o de calado, estos buques suelen tener un calado de hasta 10 metros y un máximo de 5 bodegas de carga.

Se utilizan normalmente en cargas de propósitos generales. En la mayoría de los casos están equipados con grúas, por lo que pueden cargar y descargar en puertos que carecen de grúas u otros sistemas de manejo de carga. En comparación con los graneleros más grandes, los Handysize llevan una variedad más amplia de tipos de carga (productos de acero, granos, minerales metálicos, fosfatos, cemento, troncos, etc.).

Los graneleros handysize se construyen principalmente en China y Japón con el 97% de la cartera de pedidos (en número) para este tipo de buques.



Figura 11. Buque Handysize Berge Shari.

- **Handymax**

Los graneleros Handymax se parecen en diseño a los graneleros Handysize, con sus habituales 5 bodegas y 4 grúas, solo que de mayor tamaño. Este tipo de buques tienen una eslora que no suele superar los 200m. Las capacidades de este tipo de buques oscilan entre 40.000-50.000 TPM. Como se mencionaba anteriormente generalmente poseen cinco bodegas y suelen estar equipados con grúas para la carga y descarga.

Estos barcos se utilizan para cargas menos voluminosas, incluso teniendo en cuenta la combinación de diferentes cargas en diferentes bodegas. En general tienen capacidad de auto-carga, por lo que es más fácil de usar en los puertos con infraestructura limitada. Igual que en el caso de los handysize, la mayor parte de estos barcos se construyen en China (70%) y Japón (27%).



Figura 12. Buque Handymax Bunum Wisdom.

- **Supramax**

Se trata de un tamaño importante que ha ganado popularidad desde 2001. Estas embarcaciones oscilan entre 50.000 y 60.000 TPM (en ocasiones llegando a las 63.000 TPM), suelen tener cinco bodegas de carga y grúas de cubierta al igual que las categorías anteriores, y la mayoría de las embarcaciones están equipadas con cuchara propia. La mayoría de este tipo de graneleros están siendo entregados recientemente con doble casco.

Los buques Supramax son muy populares entre los embarcadores de carga seca debido a su mayor capacidad de carga y flexibilidad en el manejo de la carga a bordo. Su tamaño favorable les permite comerciar en una gama mucho más amplia de puertos y terminales del mundo.



Figura 13. Buque Supramax Clipper Triton.

- **Panamax**

Los buques “Panamax” poseen esta denominación debido a que están diseñados con las dimensiones máximas, en particular la manga máxima, que pueden pasar a través del Canal de Panamá (Dimensiones máx. de un buque para transitar por el canal de Panamá son: eslora 289,5 m, manga 32,3 m y calado en agua dulce tropical 12,04 m).

Los buques Panamax por lo general tienen siete bodegas y, en la práctica, no más de 225 metros de eslora para cumplir con las restricciones de longitud impuestas por muchas terminales de carga. Son buques que van desde los 60.000 a las 90.000 TPM. Esta categoría de buque se emplea ampliamente en el transporte de grandes cargas a granel como el carbón, cereales, bauxita y mineral de hierro.



Figura 14. Buque Panamax Chris de Chandris (Hellas).

La creciente prevalencia de barcos del tamaño máximo se está convirtiendo en un problema para el canal. El paso de un barco Panamax supone una delicada operación en la que se debe manejar al buque con mucho cuidado, alargando los tiempos de estancia de estos barcos en las esclusas, y obligando a que el paso se realice con luz solar. Además,

dos barcos Panamax no se pueden cruzar con seguridad por el corte de Gaillard, obligando a establecer un sistema de preferencias de paso en el corte. A partir de estos tamaños deja de ser común que los graneleros lleven grúas.

- **Capesize**

El término Capesize describe un buque de más de 100.000 TM, que es demasiado grande para el Canal de Panamá o del Canal de Suez y deben navegar a través del Cabo de Buena Esperanza y el Cabo de Hornos. Muchos de estos buques oscilan entre las 100.000 y 200.000 TPM. Pueden llegar a los 16,5 metros de calado en su condición de máxima carga, estos buques pueden ser aceptados en pocos puertos del mundo y están dedicados al comercio de mineral de hierro y carbón. Los capesize de 120.000 TPM son usualmente denominados Handycape o Minicape.

Un granelero Capesize estándar tiene alrededor de 175.000 TPM, aunque se han construido buques más grandes (normalmente dedicados a transporte de minerales). Las grandes dimensiones y gran calado de estos buques significan que sólo los mayores terminales de aguas profundas pueden darles cabida. Estos buques se construyen principalmente en China (57%), Corea del Sur (22%) y Japón (20%).



Figura 15. Buque Capemax Marijeannie de Chandris (Hellas).

- **VLOC/VLCB**

Los términos VLOC (Very Large Ore Carrier) y VLBC (Very Large Bulk Carrier) son utilizados para describir graneleros que transportan mineral o granel y que superan las 200.000 TPM. Estos buques también suelen encontrarse bajo la clasificación de Valemax o Chinamax. Siendo los de la categoría Valemax ligeramente mayores que los de la categoría Chinamax que rondan los 380.000-400,000 TPM.

Los barcos Valemax son una flota de buques de mineral muy grandes (VLOC) de dominio o arrendados por la empresa minera brasileña Vale SA para llevar el mineral de hierro de Brasil a los puertos europeos y asiáticos Superan levemente las 400.000 TPM.

Los Chinamax tienen unas medidas máximas de 24 m de calado, 65 m de manga y 360 m de eslora. Se trata de un estándar que les permite llegar a varios puertos de China. Inicialmente estaban concebidos para trasladar grandes cargamentos de mineral de hierro de Brasil a China y son los mayores graneleros que se encuentran actualmente en servicio.



Figura 16. Buque tipo Valemax Vale Brasil, el granelero más grande del mundo.

2.2.3. Clasificación de Graneleros atendiendo a su carga

- **Carga combinada**

Este tipo de buques puede cargar tanto carga solida a granel como líquida, siempre y cuando no carguen ambas en el mismo viaje. Requieren un diseño especial y son muy costosos, a parte del mantenimiento que requiere la limpieza de bodegas al pasar de una carga a otra. Era común encontrarlos en la década de los setenta donde comprendían el 43% de la flota de graneleros, pero han disminuido considerablemente en número desde los noventa, comprendiendo en la actualidad solo un 5%. El propósito de estos buques es que el buque pueda adaptarse a cargar la carga más beneficiosa para la naviera.

- **Tipo Open Hatch**

Los graneleros de tipo “open hatch”, generalmente de tamaño Handysize o Handymax, están especialmente diseñados para el transporte de madera unitarizada y unidades de pulpa de madera. Estas cargas se transportan mejor en bodegas rectangulares con grandes escotillas, de banda a banda, dónde los tanques de alimentación han sido sustituidos por tanques laterales. Normalmente, llevan grúas bien convencionales o de pórtico.

Los costados son dobles formando doble casco como también lo son los mamparos transversales. En los buques de mayor tamaño se dispone de una eslora dispuesta en crujía que divide los huecos de la escotilla en dos partes y que sirve de mamparo.⁴

- **Self-dischargers (auto-descargantes)**

Un bulker autodescargable, se llama así por el equipamiento interno que posee basado en cintas transportadoras. La instalación de estas permite la descarga más rápida de las cargas del granelero, agilizando así todo el proceso.

- **BIBO**

Acrónimo de “Bulk In, Bulk out/Bags Out” (Entrada a Granel, Salida a granel/Salida en Sacos); este tipo de graneleros especializados en el transporte de Azúcar blanco cargan la carga a granel y una vez dentro del buque se puede procesar y unitarizarla en sacos de 50 kg o mantenerla a granel.

- **Granelero “Gearless”**

Se trata de los graneleros que no poseen equipamiento para la descarga o manejo de la carga a bordo como grúas o cintas transportadoras. Suelen ser buques de gran tamaño, cuya ruta solo incluye puertos que cuentan con instalaciones y equipamiento para la carga y

⁴ «Transportes Marítimos especiales y estiba».

descargar de su mercancía. Y dado que son pocos los puertos que ofrecen este tipo de instalaciones, automáticamente se establece un límite en el número de escalas realizadas por un granelero sin este equipamiento.

- **Conbulk**

Ciertos graneleros preparados y equipados para poder transportar contenedores, en ocasiones combinados con granel. El doble fondo y las tapas de escotilla se encuentran reforzados a fin de sostener el peso extra, y cuentan con las piezas llamadas “fundamentos” dónde acoplar los conos para la estiba y sujeción de los contenedores. Así como elementos para el trincaje de estos.

Otros datos que los distinguen de los graneleros convencionales es la forma de caja de sus bodegas, ajustada para el tamaño de los contenedores; las grúas que portan en cubierta, adecuadas para el manejo de los mismos y que estos buques suelen navegar a una velocidad ligeramente superior.

- **Cementerros**

Estos buques poseen sistemas de aireación de las bodegas, cuyos planes son de lona o poliéster e inclinados hacia el centro, para poder fluidificar el cemento con el objeto de llevarlo a tornillos sinfín horizontales y verticales y desde aquí a una bomba neumática que lo impelerá hacia tierra. La carga se realiza mediante aerodeslizadores cerrados en cubierta y abiertos en el interior de la bodega para el reparto de la carga en su interior.⁵

⁵ «Transportes Marítimos especiales y estiba».

CAPÍTULO 3. ESTIBA DE LA CARGA

3.1. Concepto de estiba

Se define como estiba al arte de colocar la carga abordo para ser transportada con la máxima seguridad para el buque y para la tripulación. En la estiba es esencial la optimización del volumen disponible, evitar que se produzcan averías en la carga y el buque y tratar de reducir al mínimo las demoras en los puertos de carga y descarga.

La distribución y colocación de mercancías a bordo debe realizarse de tal forma que la estructura del buque no sufra, que este quede con suficiente estabilidad y en unas condiciones óptimas para que el buque pueda navegar de forma segura en las peores condiciones de mar y viento que se puedan dar durante la travesía.

Una estiba deficiente de la carga puede conllevar averías y comprometer la seguridad del buque y a su tripulación, poniendo además en riesgo al medio marino.

3.2. Objetivos

Los principales objetivos que se intentan conseguir mediante una buena estiba de la carga son:

- Maximizar la seguridad del buque: esta seguridad se garantiza trabajando sobre los siguientes aspectos que serán tratados en profundidad en próximos apartados del trabajo:
 - La estabilidad del buque
 - Escora y distribución de pesos
 - Calados
- Protección de la carga frente a daños: Durante el tránsito se pueden dar una serie de circunstancias que puedan afectar a la seguridad de la carga, principalmente por las siguientes razones: estiba inadecuada, distribución desigual, manejo de la carga por medios mecánicos sin el debido cuidado (carretillas elevadoras), contaminación de la carga, ventilación inadecuada, control inadecuado de la temperatura de cargas refrigeradas...
- Seguridad de tripulación y estibadores: Si se lleva a cabo una correcta estiba de la mercancía se facilitará una posterior manipulación de ella con ciertas garantías de seguridad para las personas que intervengan en los procesos de carga y descarga (estibadores y dotación del buque). Es por ello que cuando se planifica la estiba se tiene en cuenta la circulación de las personas y el acceso a los medios de seguridad y salvamento del buque. Las zonas poco seguras son acordonadas, la iluminación debe ser la adecuada y también se colocan señales de advertencia donde se crea necesario, entre otras medidas a tomar.

3.4. Factor de estiba

El factor de estiba, también conocido como coeficiente de estiba, volumen de obstrucción, o FE, es un parámetro utilizado comúnmente para calcular la cantidad de una mercancía a transportar o almacenar. Puede también ser definido como la relación que existe entre el volumen ocupado y el peso de una determinada carga. A través de este índice, es posible determinar la cantidad de carga que puede estibarse en los espacios de carga de los diversos medios de transporte.

Generalmente, las características de peso se miden en toneladas métricas y las de volumen en metros cúbicos. Sin embargo, es importante considerar que no todos los países utilizan el mismo sistema métrico decimal, por lo que en países como Inglaterra o EE.UU. el peso se mide en toneladas largas y el volumen en pies cúbicos (sistema inglés). Esta relación que existe entre el peso y volumen de las mercancías, resulta en un factor diferente para cada modo de transporte.⁶

Dentro de la trasportación marítima de mercancías, el factor de estiba representa una unidad variable, debido a **tres factores principalmente**:

1. La influencia que en ella tiene el prensado de los productos
2. La modalidad de su embalaje
3. La perfección de su estiba

En el transporte marítimo, el concepto de factor de estiba estipula que 1 tonelada de agua dulce ocupa 1 metro cúbico de volumen.

Para esto, las unidades pueden ser:

- **FE métrico**= volumen en m³ / peso en toneladas métricas
- **FE inglés**= volumen ft³ / peso en toneladas largas

Por lo tanto, la equivalencia del sistema métrico decimal al inglés sería:

$$\text{FE (m}^3 \text{ /Tm)} = \text{FE (ft}^3 \text{ /LongTon)} \mathbf{35.84}$$

3.4. Distribución de pesos (esfuerzos)

- Distribución vertical de pesos: El objetivo es que los pesos se distribuyan a bordo para que la estabilidad sea positiva durante toda la navegación. Cuando se estiban las mercancías más pesadas en planes de bodega, los buques tienen un exceso de estabilidad y será entonces un buque “rígido” (también conocido como “stiff ship”). Por otra parte, si en vez de en los planes de bodega estas cargas pesadas se estiban en los entrepuentes de

⁶ «El factor de estiba y su importancia dentro de la carga de mercancías».

cubierta se reduce la estabilidad, es entonces un buque “blando” (conocido como “tender ship”).

Un buque rígido tiene un periodo de doble balance pequeño, provocando oscilaciones violentas e irregulares. Resulta muy incómodo y es especialmente peligroso para la tripulación en condiciones de mal tiempo. En casos en los que la rigidez de la estabilidad del buque sea muy pronunciada, los balances podrían ser tan violentos que llegarían a causar daños en el buque que pueden causar vibraciones y posibles corrimientos de carga. Los buques blandos tienen un periodo de doble balance alto, son también incómodos pero mucho menos que los balances en casos de rigidez.

- Distribución longitudinal de pesos: La planificación de la carga se realiza de forma que el buque quede con unos calados apropiados para tener una buena maniobrabilidad y no sobrepasando la línea de máxima carga que limite según la fecha y zona/s por la/s que transcurra la navegación en un determinado viaje. A todo lo anterior hay que sumarle las restricciones de calado de puertos de carga, descarga y recalada.

Para todo lo anterior es importante prestar atención a la distribución longitudinal de pesos ya que afectan directamente al asiento del buque, así como a los esfuerzos cortantes y momentos flectores, siendo estos últimos los que originan las condiciones de arrufo y quebranto.

Generalmente cuando se embarca un cargamento completo se hace la estiba para navegar en aguas iguales o ligeramente apopado, evitando siempre un asiento aproante, ya que el buque gobernaría peor y habría más posibilidades de que con mal tiempo embarcara agua por proa. Cuando se realiza una carga parcial del buque se navega con asiento apopante, de forma que la hélice siempre este totalmente sumergida. La carga debe repartirse de la forma más uniforme posible, de este modo los momentos flectores y esfuerzos cortantes estén dentro de los límites máximos permitidos durante todas las fases del viaje. Cuando se estiba la carga mayormente en el centro del buque, se produce la condición de arrufo (sagging) de forma que el calado en el medio es mayor que el calado medio en los extremos, por lo contrario, si se cargan mayormente los extremos y hay poca carga en el centro, se produce la condición de quebranto (hogging). Un arrufo o quebranto excesivo puede originar graves daños o grietas en la estructura del buque, de echo esta ha sido la causa de que algunos buques se hayan partido en dos.

Es sabido que hace años algunos capitanes cargaban conscientemente el buque en quebranto con cargas pesadas, para provocar que el buque se doblara adoptando permanentemente esta condición. De este modo podían conseguir, para futuras cargas, un calado en el medio menor para así, poder cargar más el buque. Eso podía llegar a ocurrir

cuando los buques eran más pequeños por construcción y debido a que estos busques tenían unos altos márgenes de seguridad que los actuales.

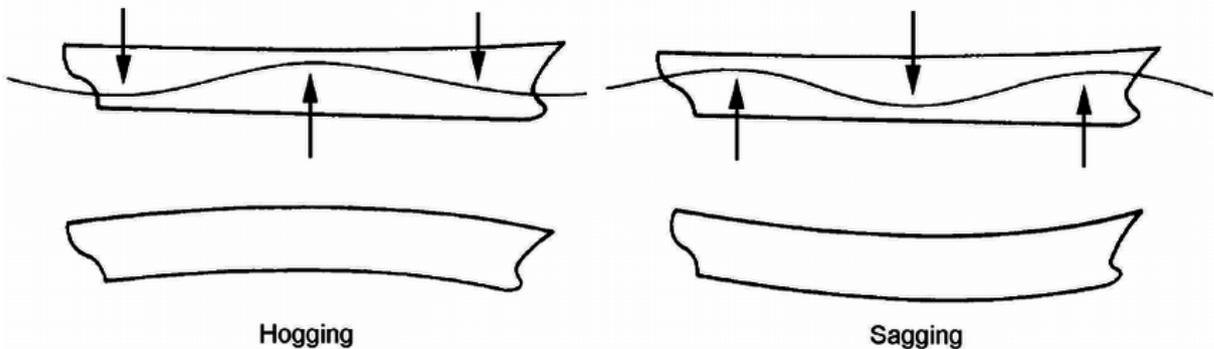


Figura 17. Efectos de Quebranto (hogging) y Arrufo (sagging).

- Distribución transversal de los pesos: En el caso de la estiba transversal de la carga se intentará repartir simétricamente a ambos lados de la línea central, para evitar de esta manera escoras durante operaciones de carga y descarga y mantener durante las mismas el buque adrizado en todo momento. Dependiendo de la carga, se comenzará a cargar partiendo de la línea central y se irá estibando hacia las bandas o bien, se comenzará en una banda, luego en la otra y así simultáneamente hacia el centro.

3.5. Métodos de distribución de la carga

Es muy importante hacer que las cargas a granel se distribuyan adecuadamente por todo el buque de modo que la estructura no esté nunca sometida a esfuerzos excesivos y el propio buque tenga un grado suficiente de estabilidad. Para lograr esto efectivamente será necesario, sin embargo, que el expedidor facilite al capitán la información pertinente acerca de la materia que se vaya a embarcar, por ejemplo, factor de estiba, datos acerca del corrimiento de la carga, dificultades especiales, etc.

Carga completa homogénea (Homogeneous hold loading)

Este método de distribución de carga trata de repartir de forma uniforme la carga en todas las bodegas. Esta distribución de carga, en general, está permitida para todo tipo de graneleros. Pese a que suele ser utilizada principalmente para el transporte de cargas ligeras (de baja densidad), como el carbón y los cereales. También es útil, en cargas pesadas (de alta densidad) como el mineral de hierro.

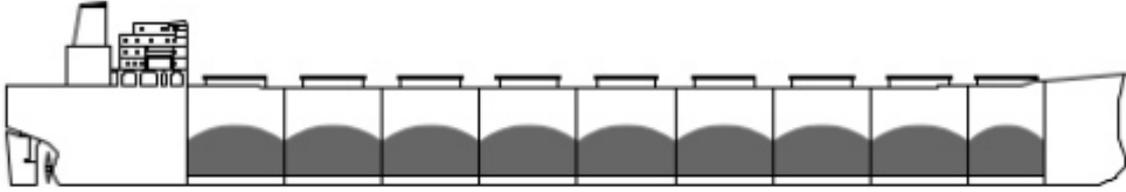


Figura 18. Carga completa homogénea en buque de 9 bodegas.

Carga completa en bodegas alternas (Alternate hold loading)

Utilizado en cargas pesadas, como el mineral de hierro. Es común que los grandes graneleros estiben carga de alta densidad en bodegas con números impares, manteniendo las bodegas restantes vacías. Este tipo de distribución de la carga elevará el centro de gravedad del buque, mejorando la estabilidad del buque. Cuando la carga de alta densidad se estiba en bodegas alternas, el peso de la carga transportada en cada bodega es aproximadamente el doble del que se transporta en una distribución homogénea de la carga.

Para soportar el embarque de la carga pesada en las bodegas, la estructura local necesita ser especialmente diseñada y reforzada. Es importante señalar que las bodegas que permanecen vacías, con este tipo de distribución de carga, no han sido reforzadas para el transporte de cargas pesadas con una distribución no homogénea.

Los graneleros que deseen usar este método de distribución de carga deben ser aprobados por su sociedad de clasificación.

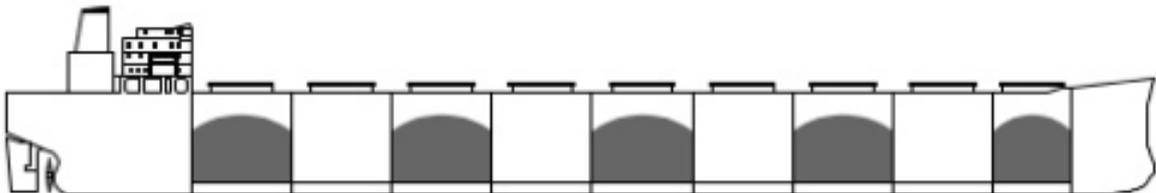


Figura 19. Carga completa en bodegas alternas en buque de 9 bodegas.

Carga en bloques (Block Loading)

El método de carga en bloque se refiere a la estiba de la carga en bloques de dos o más bodegas adyacentes, yendo vacías a su vez las bodegas adyacentes a estas.

Para que las cargas puedan ser transportadas en bloques, la cubierta transversal y la estructura de doble fondo deben ser especialmente diseñadas y reforzadas, y el buque debe estar aprobado para ello por su sociedad de clasificación. La carga en bloques da lugar a mayores tensiones en la estructura localizada en la zona de la cubierta transversal y en estructuras de doble fondo, así como mayores esfuerzos cortantes en los mamparos transversales entre las bodegas con carga en bloques. El peso de la carga que puede

transportarse en el bloque de bodegas de carga debe tenerse especialmente en cuenta en función del calado del buque y de la capacidad de la estructura. En general, la carga que puede transportarse en bloques es mucho menor que la suma de la capacidad total de carga de las bodegas individuales en la condición de calado máximo.

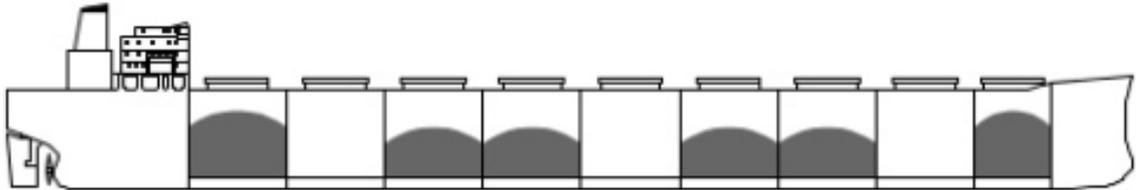


Figura 20. Carga en bloques en buque de 9 bodegas.

Carga parcial (Part loading)

Cuando un buque está distribuido con carga parcial, la carga transportada es inferior a la capacidad total de carga del buque. Por lo tanto, es probable que el calado de navegación del buque sea inferior al calado máximo de diseño. El peso de la carga en cada bodega debe estar adecuadamente soportado por el empuje hacia arriba de la flotabilidad que actúa sobre el armazón inferior. Una reducción del calado del buque provoca una reducción del empuje ascendente de la flotabilidad en el casco inferior para contrarrestar la fuerza descendente ejercida por la carga en la bodega. Por lo tanto, cuando un buque está parcialmente cargado con un calado reducido, puede ser necesario reducir la cantidad de carga transportada en cualquier bodega.

Las condiciones de carga en bloques y de carga parcial no suelen describirse en el manual de carga del buque, a menos que se solicite especialmente que se tengan en cuenta en el diseño del buque.

3.6. Estabilidad

La estabilidad de los buques es un área de estudio centrado en cómo se comporta un buque en el mar, tanto en aguas tranquilas como con olas, tanto intacto como con daños. Los cálculos de estabilidad se centran en el centro de gravedad, el centro de flotabilidad y el metacentro de los buques y en la forma en que éstos interactúan.

3.6.1. Conceptos clave

A continuación se procederá a recordar una serie de conceptos fundamentales de la estabilidad con los que trabajaremos usualmente en los procedimientos de carga y descarga y en la preparación del “passage planning”.

Calados y Asiento:

Se denomina **calado** a *“la distancia vertical entre un punto de la línea de flotación y la línea base o quilla, incluido el espesor del casco. En caso de no estar incluido, se obtendrá el llamado calado de trazado”*. Los calados más importantes del buque son:

- Calado de proa (Cpr), calado medido en la perpendicular de proa.
- Calado de popa (Cpp), calado medido en la perpendicular de popa.
- Calado medio (Cm), es la semisuma de los calados de proa y popa.

Llamamos **asiento** (Trim), a la diferencia que existe entre el calado de proa y el calado de popa, representado por la letra “A”, este puede ser

- Positivo cuando $C_{pp} > C_{pr}$. El buque cuanta con mayor calado en popa que en proa y se dice que el buque está apopado.
- Negativo cuando $C_{pp} < C_{pr}$. El buque cuanta con mayor calado en proa que en popa y se dice que el buque está aproado.
- Mismos calados $C_{pp} = C_{pr}$. El buque esta en aguas iguales “even keel”.

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

La variación del asiento se denomina alteración y se produce por un traslado de pesos a bordo, se representa con la letra A y será positiva si es apopante y negativa si es aproante.

$$A = A_f - A_i.$$

Desplazamiento

El desplazamiento de un buque (Δ) se define como “*el volumen sumergido por el peso específico del agua en que flota, y representa el peso del agua desplazada por este volumen (Principio de Arquímedes).*”⁷

Podemos distinguir:

- **Desplazamiento en rosca** “Lightweight”: Es el peso del buque construido sin ningún peso adicional (es decir, sin combustible, pertrechos, tripulación y bodegas de carga vacías).
- **Desplazamiento en lastre**: Peso del buque en rosca sumándole el peso del combustible, tripulación y pertrechos, sin carga en las bodegas.
- **Desplazamiento en carga**: Desplazamiento en lastre sumándole el peso de la carga que se tiene a bordo.
- **Desplazamiento máximo**: Peso que alcanza el buque cuando está sumergido hasta la línea de máxima carga.
- **Tonelaje de peso muerto (TPM) o Deadweight tonnage (DWT)**: La diferencia entre el desplazamiento máximo y el desplazamiento en rosca,

Centro de gravedad

Llamamos centro de gravedad, al punto de aplicación del conjunto de pesos que conforman el buque y se representa con la letra “G”. Este punto queda reflejado en las tres dimensiones espaciales del mismo. Las cuales son: ·

- **KG**, en inglés VCG (vertical center of gravity): Coordenada vertical, se mide desde la línea base hacia arriba.
- **XG**, en inglés LCG (Longitudinal center of gravity): Coordenada longitudinal, se mide desde la cuaderna maestra o perpendicular media hacia popa (negativa) o proa (positiva).
- **LcG**: Coordenada transversal, se mide desde el plano de crujía o sección longitudinal medida hacia babor (negativa) o hacia estribor (positiva).

Si estudiamos cada una de las dimensiones vemos que KG viene determinada en general por la experiencia de la estabilidad y son valores de los que disponen todos los buques en su libro de estabilidad o en las curvas hidrostáticas. En el caso de la coordenada XG se determina observando los calados. Por último, la coordenada LcG se busca que sea cero ya que esto significaría que el buque está adrizado.

⁷ «Desplazamiento (náutica)».

Metacentro

El metacentro (M) es el punto de intersección de las líneas verticales trazadas desde el centro de carena (C) a pequeños ángulos de escora consecutivos, y se puede equiparar a un eje central cuando el buque está inclinado a pequeños ángulos de escora. Su altura se mide desde el punto de referencia (K) y, por consiguiente, se denomina KM.

Altura metacéntrica

Se define así al segmento \overline{GM} . Es la ubicación relativa de dos puntos importantísimos para definir el equilibrio de un cuerpo flotante. El primer punto es el centro de gravedad (G) y el otro el metacentro transversal inicial con ordenadas KG y KM respectivamente. Si tomamos como origen de las coordenadas a la línea base tendremos que:

$$\overline{GM} = \overline{KM} - \overline{KG}$$

El GM influye directamente en el periodo de balanceo (Rolling). El barco será más estable con valores altos de GM. En los graneleros se tiende a buscar una estabilidad algo más elevada que en otro tipo de buques (esto varía según que carga), siempre teniendo en cuenta que si la estabilidad es más elevada de la cuenta la navegación puede ser muy incómoda.

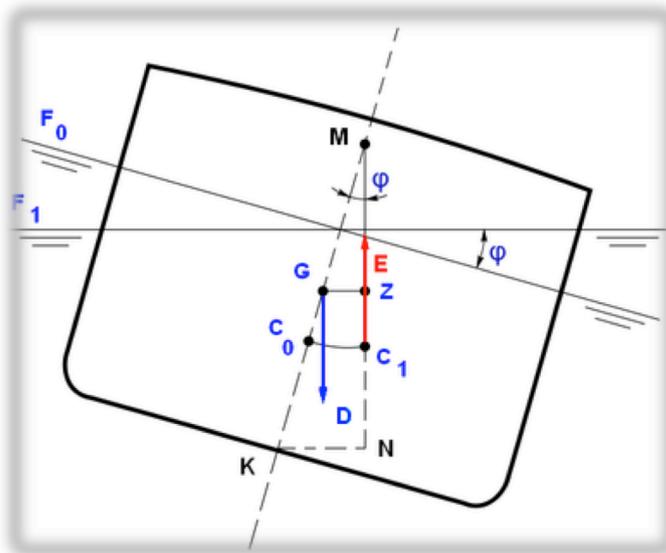


Figura 21. Altura metacéntrica.

Una de las maneras más fáciles para calcular el GM de forma bastante aproximada es con la fórmula del “periodo del doble balance”, definida como el tiempo que tarda el buque en realizar un balance completo. Tanto esta medición como el consiguiente cálculo del GM suelen hacerse al salir de puerto, ya que el movimiento del mar suele ser menor y de esta forma obtener valores más aproximados. Va dada por la siguiente fórmula:

$$GM = \frac{f^2 * M^2}{T^2}$$

siendo:

f= factor dependiente del buque y la condición de carga

M= Manga

T= Periodo de balance

GZ (brazo adrizante)

El GZ es el parámetro el cual muestra el valor numérico de la separación del par de fuerzas que va a adrizar el buque, es decir, el valor en el que el buque vuelve a su posición de equilibrio. El centro de gravedad (G) del buque ejerce un efecto notable sobre el brazo adrizante (GZ) y, por consiguiente, sobre la capacidad del buque de volver a la posición de adrizado. Cuanto más bajo se encuentre el centro de gravedad (G), mayor será el valor del brazo adrizante (GZ).

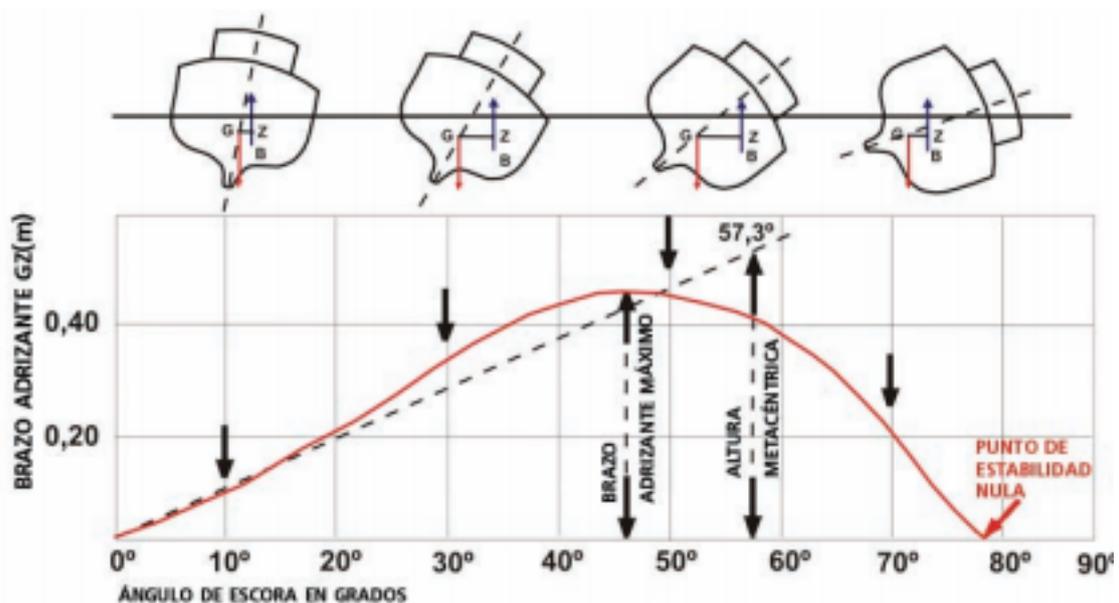


Figura 22. Curva de estabilidad.

3.6.2. Francobordo y líneas de carga⁸

El Convenio internacional de líneas de carga, 1966 y su protocolo de 1988, revisado en 2003, dividieron el mapamundi en zonas con diferente línea de carga atendiendo al tipo de agua que nos encontraremos en cada una de ellas, con el fin de poner en conocimiento

⁸ Eric Iglesias, «Guía bilingüe para la preparación de un plan de ruta».

de los marinos qué aguas transitarán en una determinada travesía y preparar el barco adecuadamente.

Las líneas de carga son una medida legal para evitar accidentes a causa de sobrecarga en el buque. La sobrecarga, en múltiples ocasiones, hace que el buque navegue con bajo francobordo y problemas de flotabilidad. Como dicha flotabilidad se ve afectada por el tipo y densidad del agua por el que navegue el barco, no se puede considerar la imposición de un único límite de francobordo para todos los buques.

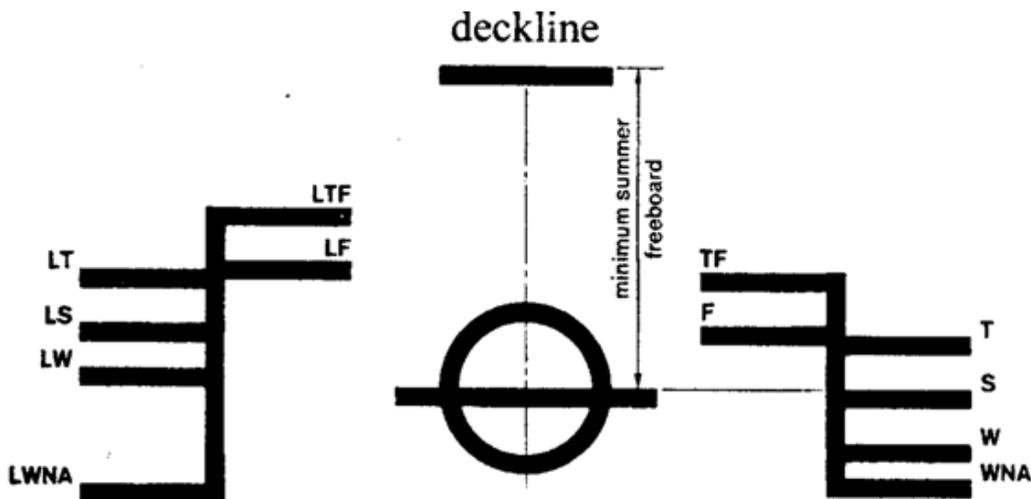


Figura 23. Disco de Plimsoll.

Por ello, a finales del siglo XIX, se empezó a utilizar la marca de francobordo o disco de Plimsoll, creado en 1875. Dibujado en un costado del buque haciendo coincidir el centro del disco con el centro de su eslora, consta de varios elementos entre los que cabe destacar, concretamente para este apartado, las líneas de carga.

En la fig. se pueden observar dos grupos de líneas de carga. Las del lado izquierdo de la imagen son los equivalentes de las del derecho pero correspondientes a buques madereros. También podemos apreciar una serie de letras que indican distintas condiciones de navegación.

TF	Agua Dulce Tropical
F	Agua Dulce
T	Tropical
S	Verano
W	Invierno
WNA	Invierno Atlántico Norte

3.6.3. Criterios de estabilidad

Para garantizar que los buques naveguen bajo un cierto grado de seguridad se impusieron una serie de mínimos que debían cumplir, estos mínimos no fueron establecidos por los operadores, puesto que podrían estar influenciados por intereses comerciales, en los que la seguridad del buque no suele tenerse en cuenta. Son las administraciones de los países la que se encarga de mantener una regulación adaptando las directrices de la OMI.

En el caso de los buques graneleros, estos tienen sus propios criterios de estabilidad, que pueden ser encontrados en las prescripciones del Código internacional para el transporte sin riesgo de grano a granel, adoptado mediante la resolución MSC.23(59). De las que se puede subrayar lo siguiente:

“Todo buque que transporte grano a granel cumplirá, durante todo el viaje con los criterios mínimos de estabilidad sin avería que se indican a continuación, tras haber tenido en cuenta los momentos escorante debidos al corrimiento del grano:

- el ángulo de escora debido al corrimiento de grano no excederá de 12° o en el caso de los buques construidos el 1 de enero de 1994, o posteriormente del ángulo de inmersión del borde de la cubierta, si éste es menor;*
- en el diagrama de estabilidad estática el área neta o residual comprendida entre la curva de brazos escorante y la de brazos adrizantes hasta el ángulo de escora en que sea máxima la diferencia entre las ordenadas de ambas curvas, o un ángulo de 40° o el ángulo de inundación (φ_1) el que de éstos sea menor, no será inferior en ninguna condición de carga a 0.075 metros rad; y*
- la altura metacéntrica inicial, después de tener en cuenta los efectos de superficie libre de los líquidos contenidos en los tanques, no será inferior a 0,30 metros.*

Antes de cargar grano a granel el capitán deberá demostrar, si así lo exige el Gobierno Contratante del país en que se halle el puerto de carga que el buque puede cumplir en todas las etapas del viaje los criterios de estabilidad prescritos en la presente sección.

Después de embarcar la carga, el capitán se cerciorará de que el buque está adrizado antes de hacerse a la mar.⁹

⁹ González, «Estabilidad del Buque I».

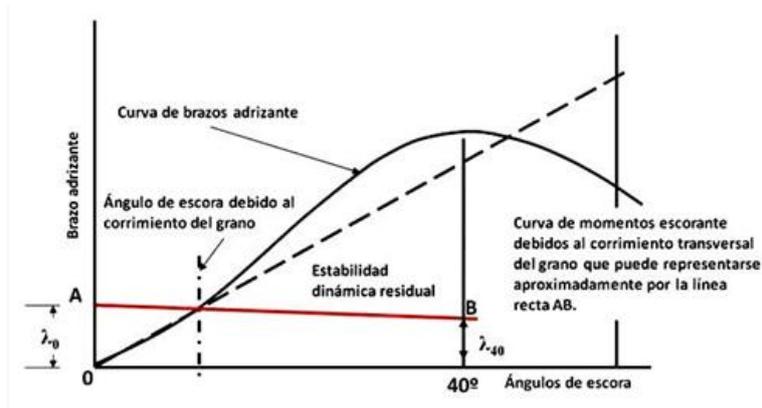


Figura 24. Diagrama de estabilidad.

Donde:

$$\lambda_0 = \frac{\text{Mto. Volumétrico escorante supuesto debido al corrimiento transversal}}{\text{Factor de estiba} * \text{Desplazamiento}}$$

3.6.4. La estabilidad en buques graneleros

En 2001, tras la investigación del caso del “Derbyshire” se registraron distintas deficiencias en los graneleros “Capesize” de la época. Era muy típica la construcción de estos buques con francobordos tipo B-60 (tipo de construcción caracterizado por incrementar la reducción del francobordo hasta un 60% de la diferencia total entre los valores de los francobordo básicos), por lo que las posibilidades de fallo en escotillas de proa se incrementaba.

Estos estudios se tradujeron en un conjunto de enmiendas promulgadas por la OMI cuyo objetivo era aumentar la seguridad de estos graneleros. Una de estas enmiendas fue la obligación del “Castillo de Proa” en la construcción de los buques posteriores (Protocolo de ICLL14 de 1988).

Existen varios problemas referentes a la estabilidad del buque en el transporte de cargas a granel, uno de ellos es que con el paso del tiempo ciertas cargas van aposentándose generando superficies libres en la bodega. Si a lo anterior le sumamos algún tipo de movimiento u oscilación transversal en el buque durante la travesía podría resultar en pequeños corrimientos del granel hacía una determinada banda generando con el tiempo una escora permanente hacía esa banda. Esa escora a su vez podría generar riesgos de pérdida de estabilidad, inundación por embarque de agua por aperturas o escotillas de cubierta, daños en el lado escorado de cubierta, etc.

Es por todo lo anterior, que los graneleros deben cumplir los criterios de estabilidad durante toda la duración del viaje. Comprobando por ejemplo, antes de salir a la mar de cumplir con los requisitos del Convenio Internacional de Líneas de Carga.

Si los cálculos llegasen a mostrar que el barco podría experimentar una pérdida de estabilidad a lo largo del viaje, se deberían llevar a cabo ajustes para mejorar la estabilidad del mismo. Estos ajustes podrían ser, por ejemplo;

- Redistribuir ciertos pesos que se encuentren localizados en la parte baja del buque, ya que es donde más efecto pueden tener sobre la estabilidad del buque.
- Reorganizar el contenido de los tanques de combustible y/o lastre (para reducir el efecto de superficies libres de estos).
- En casos en los que no sea suficiente y sea imperativamente necesario se podría reducir la cantidad de carga transportada. Se entiende que esta sería una de las últimas medidas a tomar por los intereses económicos.

3.7. Reglas Unificadas de IACS para graneleros

“La siniestralidad registrada por los buques graneleros, debida a fallos estructurales, entre los años 1989 a 1994, llevó a las Sociedades de Clasificación miembros de IACS a reforzar los requisitos reglamentarios y a IMO a establecer unas medidas de seguridad adicionales.

El esfuerzo realizado mereció la pena. Entre 1995 y 2004 las pérdidas de buques se redujeron a la mitad, pasando de 18 a 9 buques por año. La participación de las averías estructurales en el total de las causas de siniestros pasó del 40% al 29%. La mayoría de los fallos se producían en las estructuras de los costados. Sin embargo, la profusión de normativa y, en algunos casos, la poca justificación de algunas exigencias, ha obligado a la comunidad marítima a replantearse el marco reglamentario con vistas a una mayor eficacia y facilidad de cumplimiento. Se vio la necesidad de establecer un conjunto coherente y justificado de requisitos estructurales para el diseño y la vida del buque en servicio.”¹⁰

1. Se establece la vida de diseño en 25 años, de modo que la estructura de un bulkcarrier, con un mantenimiento adecuado, no tiene que sufrir considerables renovaciones de acero en esos años.

2. Se introducen nuevos criterios de resistencia estructural límite del buque viga y unas condiciones de carga unificadas en cuanto a la posibilidad de carga en bodegas alternas y al peso específico de la carga.

¹⁰ Luis Guerrero, «Nuevas Reglas Unificadas de IACS para graneleros».

3. En lo relativo a la fatiga, los buques sin restricciones de zona de navegación se calculan para las condiciones más severas, que son las del Atlántico Norte, durante 25 años.

4. Se han incrementado los esfuerzos de cálculo debidos a la mar, tanto en estructura como en escotillas, así como los esfuerzos locales y globales por inundación de bodegas, tanto en bulkcarriers de casco sencillo como en los de doble casco.

5. Para garantizar la facilidad de acceso e inspección de la estructura y de la pintura, las CSR han establecido unos medios de acceso consistentes, en esencia, en escaleras o plataformas para acceder al 25% de las cuadernas en la zona de carga, así como unos medios portátiles para las restantes cuadernas.

6. Los sobreespesores por corrosión se han establecido para cada zona de la estructura a partir de la experiencia conjunta de las Sociedades de Clasificación.

7. Se han desarrollado unos estándares para pintura que serán obligatorios en el momento en que IMO los haga entrar en vigor (en diciembre de 2006). Están basados en normas TSCF para 15 años y definen la selección, preparación y aplicación de la pintura, pero no incluyen la inspección por parte de la Sociedad de Clasificación.

8. Las CSR incluyen referencias y extractos de recomendaciones IACS que determinan estándares de calidad de ejecución, por ejemplo de desalineaciones en soldadura. Estas recomendaciones no son obligatorias cuando se decide aplicar otras normas nacionales u otros criterios aceptados por el sector naval.

9. La aplicación de las nuevas CSR conlleva un incremento en el peso de acero del 4 al 6% respecto a las reglas de 2004 y de un 8 a un 10% respecto a las anteriores a esa fecha, lo que se traduce en buques más robustos y seguros.

CAPÍTULO 4. PLAN DE CARGA Y ESTIBA

4.1. Estudio y recopilación de información previa a preparar el plan de carga.

El funcionamiento seguro de los graneleros depende de que, durante los ciclos de carga, descarga, lastrado y deslastrado, no se superen los esfuerzos admisibles. Se Informará a las instalaciones portuarias con suficiente antelación de las secuencias de carga y descarga y otras cuestiones operativas, a fin de preparar el buque para una planificación de la estiba de la carga segura.

La terminal costera debe proporcionar al buque la siguiente información:

1. Antes de embarcar la carga a granel, el expedidor deberá declarar las características y densidad de la carga, el factor de estiba, el ángulo de reposo, las cantidades y las propiedades especiales de la misma.
2. Disponibilidad de la carga y cualquier requisito especial para la secuenciación de las operaciones de carga.
3. Características del equipo de carga o descarga, incluido el número de grúas que se utilizarán, así como sus especificaciones, algunas de las cuales podrían ser, velocidades nominales y máximas de carga y descarga de cada una de ellas.
4. Profundidad mínima del agua a lo largo del atraque y en los canales navegables.
5. Densidad del agua en el atraque.
6. Restricciones de la corriente de aire en el puesto de atraque.
7. Calado máximo de navegación y calado mínimo para maniobras seguras permitidas por la autoridad portuaria.
8. La cantidad de carga que queda en la cinta transportadora y que será cargada a bordo del buque después de que éste haya dado una señal de parada de la carga.
9. Requisitos/procedimientos de la terminal para el cambio de atraque.
10. Restricciones portuarias locales, por ejemplo, requisitos de abastecimiento de combustible y deslastrado, etc.

El enrase de la carga es un requisito obligatorio para algunas cargas, especialmente cuando existe el riesgo de que la carga se desplace o cuando pueda producirse la licuefacción. Se recomienda enrasar la carga en todas las bodegas con el fin de minimizar el riesgo de desplazamiento de la misma.

Es importante que el capitán del buque sea consciente de los efectos nocivos de las cargas peligrosas así como de cualquier requisito especial de transporte de carga. A su vez, capitán, oficiales de cubierta, fletadores y estibadores deben estar familiarizados con los

códigos pertinentes de la OMI (por ejemplo, el Código de prácticas de seguridad para cargas sólidas a granel, el Código de prácticas de la OMI para la seguridad de las operaciones de carga y descarga de graneleros y el Convenio SOLAS).

4.2. Elaboración del plan de estiba y planes de carga y/o descarga.

Exceder los límites permisibles especificados en el manual de carga aprobado del buque conducirá a sobreesfuerzos en la estructura del buque y los que con el tiempo pueden acabar convirtiéndose en daños críticos en la estructura del casco. La cantidad y el tipo de carga que se transportará y el viaje previsto determinarán el plan de estiba propuesto para la carga de salida y/o lastre. El oficial a cargo siempre debe consultar el manual de carga para asegurarse de que la distribución de la carga sea la adecuada, cumpliendo con los límites impuestos en el embarque estructural.

Hay dos etapas en el desarrollo de un plan seguro para el embarque o desembarque de la carga:

- a) **Etapas 1:** Dada la travesía prevista, la cantidad de carga y/o lastre que se va a transportar, así como los límites estructurales y operacionales impuestos, se establecerá una condición de salida segura, conocida como el plan de estiba.
- b) **Paso 2:** Dadas las condiciones de llegada del buque y conociendo las condiciones de salida (plan de estiba) a alcanzar, elaborar un plan de carga o descarga seguro que satisfaga los límites estructurales y operativos impuestos.

En caso de que la carga deba distribuirse de forma diferente a la descrita en el manual de carga del buque, se realizarán siempre cálculos de esfuerzo y desplazamiento para cerciorarse que el buque cumple durante todo el viaje que va a realizar con lo siguiente,:

- a) Los esfuerzos cortantes y los momentos flectores a lo largo de la eslora del buque están dentro de los límites admisibles de la navegación marítima.
- b) Si se da el caso, el peso de la carga en cada bodega y, cuando se adopte el método de carga en bloques, los pesos de la carga en dos bodegas sucesivas se encuentren dentro de los límites de calado permitidos para el buque. Estos pesos incluyen la cantidad de agua de lastre transportada en la tolva y en los tanques de doble fondo de la/s bodega/s.
- c) No se exceda el límite de carga en el techo del tanque y otros límites pertinentes.

El consumo de combustible del buque durante el viaje debe tenerse en cuenta al realizar estos cálculos de esfuerzo y desplazamiento.

Al derivar un plan para las operaciones de carga, el oficial a cargo debe tener en consideración también la operación de lastrado/deslastrado para asegurar:

- a) Sincronización correcta con la operación de carga/descarga.
- b) Que la velocidad de lastre/deslastrado se tenga especialmente en cuenta en relación con la velocidad de carga y los límites estructurales y operativos impuestos.
- c) Que el lastrado y el deslastrado de cada par de tanques simétricos de babor y estribor se efectúen simultáneamente.

Durante la etapa de planificación de las operaciones de carga, los cálculos de tensión y desplazamiento deben llevarse a cabo en pasos incrementales acordes con el número de llenados y la secuencia de carga de la operación propuesta para garantizar que:

1. Los esfuerzos cortantes (SWSF, Still Water Shear Forces) y momentos flectores en aguas tranquilas (SWBM, Still Water Bending Moment) a lo largo de la eslora del buque se encuentran dentro de los límites permisibles del puerto.
2. Si se da el caso, el peso de la carga en cada bodega y, cuando se adopte el método de carga en bloques, los pesos de la carga en dos bodegas adyacentes se encuentren dentro de los límites de calado permitidos para el buque. Estos pesos incluyen la cantidad de agua de lastre transportada en la tolva y en los tanques de doble fondo de la/s bodega/s.
3. No se exceda el límite de carga en el techo del tanque y otros límites relevantes.
4. En la condición final de salida, el SWSF y el SWBM a lo largo de la eslora del buque se encuentran dentro de los límites de esfuerzo admisibles para el tránsito por el mar.

Durante la elaboración del plan de estiba y del plan de carga/descarga, se recomienda que los niveles de tensión del casco se mantengan por debajo de los límites permitidos con el mayor margen posible. El plan de carga/descarga de la mercancía debe establecerse de tal manera que en cada etapa de la operación de carga se indique claramente lo siguiente:

1. La cantidad de carga y el número de bodega correspondientes en el que se cargará/descargará.
2. La cantidad de lastre y el número de tanques correspondiente que se lastrarán/deslastrarán.
3. El calado y asiento del buque al término de cada etapa de la operación de carga.
4. El valor calculado de los esfuerzos cortantes y los momentos flectores al completar cada paso de la operación de carga.

5. Tiempo estimado para completar cada paso de la operación de carga.
6. Velocidades previstas del equipo de carga y descarga.
7. Velocidades estimadas de lastre.

El plan de carga/descarga deberá indicar además las tolerancias relativas a la parada de carga (que pueden ser necesarias para que el buque pueda efectuar el deslastrado cuando el índice de carga sea elevado), al cambio de atraque, a la carga de combustible, a los controles de calado y al enrasamiento de la carga.

Por último es importante que el plan de carga/descarga sólo sea modificado cuando se haya preparado un plan sustitutivo revisado, aceptado y firmado por ambas partes. Además se presentará a la autoridad competente del Estado rector del puerto una copia del plan de carga/descarga acordado y de cualquier modificación posterior del mismo. Conservando el buque y la terminal todo plan de carga durante un período de seis meses.

"K" LINE M/V "CAPE BALTIC"

LOADING UN LOADING **UNLOADING PLAN**

UNLOADING PLAN		Voy. No. 87	DATE: 14-Jan-13	REGISTRY: SINGAPORE				
LOADPORT:	PONTA DA MADEIRA	CARGO(ES)	Address (if of Consignee)	Blowby Pumping Rate	Deck Water Density	Max Draft Available (HW)	Max Air Draft (berth)	
DISPORT:	GIJON, SPAIN	IRON ORE (FINES VALE SFG.) LAST CARGO(ES) IRON ORE	0.40 MT/MT	2000MSH/HR2 PUMP Load / Discharge Rate	1.025	21 M + HT OF TIDE	21	
			NO. OF LOADERS	800 MT/HR/UNLOADER		Min Draft Available (HW)	Max Sailing Draft	13.75 m
			TWO (2)			21	Max Arrival Draft	17.60 m

NO. 9	NO. 8	NO. 7	NO. 6	NO. 5	NO. 4	NO. 3	NO. 2	NO. 1
IRON ORE FINES HANSAPORT, GER	IRON ORE FINES GIJON, SPAIN	IRON ORE FINES HANSAPORT, GER	IRON ORE FINES GIJON, SPAIN	IRON ORE FINES HANSAPORT, GER	IRON ORE FINES GIJON, SPAIN	IRON ORE FINES HANSAPORT, GER	IRON ORE FINES GIJON, SPAIN	IRON ORE FINES HANSAPORT, GER
21,200 MT	20,100 MT	16,900 MT	20,200 MT	14,600 MT	22,900 MT	17,300 MT	20,100 MT	17,201 MT
41%	36%	30%	36%	26%	41%	31%	38%	35%
33,497 MT	20,233 MT	38,244 MT	20,318 MT	38,244 MT	23,047 MT	38,244 MT	20,261 MT	28,529 MT
at SG (t/m3) 1.634	at SG (t/m3) 0.920	at SG (t/m3) 1.730	at SG (t/m3) 0.920	at SG (t/m3) 1.730	at SG (t/m3) 1.025	at SG (t/m3) 1.730	at SG (t/m3) 0.920	at SG (t/m3) 1.475

SEQUENCE Pour No.	Cargo Hold No. Tonnes	Ballast Operations	Time Required (hrs)	COMMENTS	Calculated Values				Calculated Values			Observed Values			
					Draft [M]	Maximum	Air draft	Midship	Trim	Draft	Alt	Mid			
				BERTHING CONDITION	Fwd	Aft	SF(%)	BM(%)	Before	After					
1A	4 10,000		12.500		17.59	17.60	43%	28%	9.80	10.80	17.60	0.01			
1B	8 10,000	PI TS 4PS 95%, GI DB 4PS 100%	12.500		16.71	16.98	38%	42%	9.80	16.85	16.85	0.27			
2A	2 10,000	PI TS 2 & 3 95%	12.500		15.80	17.79	69%	82%	10.70	11.90					
2B	6 10,000		12.500		15.23	16.71	35%	14%	10.60	11.40	15.97	1.48			
3A	4 12,900		16.125	FIN CH 4	13.11	16.64	63%	80%	11.70	13.50					
3B	8 10,100		12.625	FIN CH 8	13.64	14.40	61%	74%	11.10	13.20	14.02	0.76			
4A	2 10,100	GI DB 2 & 3 PS 100%	12.625	FIN CH 2	13.26	15.27	67%	26%	13.70	13.90					
4B	6 10,200	GI DB 1PS 70/76%	12.750	FIN CH 6	13.47	13.72	71%	69%	13.40	13.80	13.60	0.25			
SUB/TTL 83,300															

Abbreviations: P= Pump; F= Fuel; FO= Flap Out; GO= Overboard Out; MT= Metric
All entries in this box must be completed as far as possible, entries outside
this box are optional.

Capt. *[Signature]*
Master
ALVIN R. BUENA
Chief Mate

Bending Moment (BM) and Shear Force (SF) are to be expressed as a percentage of maximum permitted
in port for intermediate stages, and of maximum permitted at sea value for the final stage. Every step in the
loading/unloading plan must remain within the allowable limits for full global shear force, bending moment
and torque per hold, where applicable. Loading/Unloading operations are to be planned to allow for
delays in loading in order to keep actual values within limits.

Figura 25. Plan de descarga del buque "Cape Baltic".

CAPÍTULO 5. EQUIPOS DE CARGA

4.1 Equipos de carga de puerto

En este primer punto se hará un primer paso de los equipos e infraestructuras más importantes para el manejo en cargas/descargas y almacenamiento de la mercancía a granel en las terminales de puerto.

- **Pórtico cuchara (gantry crane)**

La grúa pórtico es un tipo especial de grúa que eleva la carga mediante un montacargas instalado sobre una viga, que a su vez es rígidamente sostenida mediante dos o más patas. Estas patas generalmente pueden desplazarse sobre unos rieles horizontales al nivel del suelo. Existe una variante de las grúas pórtico utilizado en algunas fábricas y naves industriales llamada Puente-grúa que tiene el mismo funcionamiento que la grúa pórtico con la diferencia de que la viga descansa directamente sobre los rieles, es decir, no tiene patas. Tanto una como otra tienen un sistema de montacargas similar que puede recorrer la viga completamente, y un pórtico apoyado sobre rieles que recorre todo el largo del área de trabajo.

La grúa pórtico utilizada en puerto tiene la característica de que los raíles del pórtico horizontal y la viga de apoyo están en ménsula sobre el barco donde se recoge la mercancía. El montacargas además posee una cuchara la cual recoge el granel recorre la viga horizontal desplazando la mercancía del barco a una tolva que va depositando la carga en las cintas transportadoras. Además el desplazamiento a lo largo de la dársena por los raíles permite acceder a cualquier punto de la eslora del barco permitiéndole el acceso a todas las bodegas del barco sin tener que moverlo.



Figuras 26 y 27. Grúas pórtico con cuchara bivalva.

- **Silo**

Un silo es una estructura vertical para almacenar materiales a granel. Desde la antigüedad los silos se han utilizado en la agricultura para almacenar principalmente grano. En la actualidad los silos se utilizan para el almacenamiento a granel de granos, carbón, cemento, astillas de madera, productos alimenticios y aserrín entre muchos otros. Y existen varios tipos como: los silos de torre, los silos de tolva o los silos de búnker.

Los más comunes en puerto junto con los silos de torre que almacenan grano, son los silos de tolva ya que generalmente estas estructuras están destinadas a almacenar granel para su posterior descarga en vagones de tren, es por eso que tienen en la parte inferior una compuerta que se puede abrir para ir depositando la carga sobre la parte superior del vagón destinado a su transporte.



Figura 28. Silo de tolva



Figuras 29. Silos de grano

- **Pila de almacenamiento (stockpile)**

Se trata de espacios de almacenamiento de carga a granel al aire libre. Las Stockpiles son grandes montones de carga a granel (que normalmente agrupan miles de toneladas) ubicadas en espacios de terreno llano, acondicionado en muchas ocasiones con un suelo de asfalto u hormigón, aunque no tiene por qué. Los mayores astilleros europeos tienen una capacidad de almacenamiento de más de 5 millones de toneladas en espacios de pilas de carga.

Dependiendo del granel que se apile en ellas pueden estar recubiertas con aerosoles de agua dulce o ciertos elementos químicos para protegerla de la intemperie, evitar la contaminación o la combustión espontánea como en el caso del carbón.



Figura 30. Pilas de carbón rociadas con agua.



Figuras 31. Pilas de bauxita.

- **Apilador (stacker)**

Un apilador es una máquina grande usada en el manejo de materiales a granel. Su función es apilar material a granel, como piedra caliza, minerales y cereales, sobre una pila de almacenaje, siendo alimentada por las cintas transportadoras.

Las apiladoras están nominalmente clasificadas para su capacidad en toneladas por hora (t/h). Por lo general, un apilador puede moverse en al menos dos direcciones: horizontalmente a lo largo del riel y verticalmente al levantar y bajar la pluma. El movimiento de la pluma minimiza el polvo al reducir la distancia que el material, como el carbón, necesita para caer a la parte superior de la pila de almacenamiento. Desplazándose hacia arriba a medida que aumenta la altura de la pila. Algunos apiladores pueden girar la pluma. Esto permite que un solo apilador forme dos pilas, una a cada lado del transportador.

Los apiladores se utilizan para apilar en diferentes patrones, tales como apilado en conos y apilado en galones (Chevron stacking). El apilamiento en un solo cono tiende a causar segregación de tamaño, con el material más grueso moviéndose hacia la base. En el apilado en capas cónicas, se añaden conos adicionales junto al primer cono. En el apilamiento en galones, el apilador se desplaza a lo largo de la pila de almacenaje añadiendo capa tras capa de material.

Existen ciertos apiladores que pueden realizar tanto la tarea de apilador como la de los recuperadores.



Figura 32. Apilador en funcionamiento en una mina a cielo abierto.

- **Recuperador (reclaimer)**

Un recuperador es una máquina grande usada en aplicaciones de manejo de materiales a granel. La función de un recuperador es recoger el material a granel, como minerales y cereales, de la pila de almacenamiento para transferirla a las cintas de transporte. Es decir, realiza la tarea contraria al apilador.

Los recuperadores son máquinas volumétricas y se clasifican en m³/h (metros cúbicos por hora) para la capacidad, que a menudo se convierte a t/h (toneladas por hora) en función de la densidad aparente media del material que se está recuperando. Los recuperadores normalmente viajan en una vía férrea entre las existencias en el depósito. Un recuperador de rueda de cangilones puede moverse típicamente en tres direcciones: horizontalmente a lo largo del raíl; verticalmente con el "grátil" de su pluma y rotando girando su pluma.

Originalmente, los apiladores y recuperadores se controlaban manualmente, sin necesidad de control remoto. En la actualidad normalmente son semiautomáticas o totalmente automatizadas, con parámetros establecidos remotamente. El sistema de control utilizado suele ser un controlador lógico programable, con una interfaz hombre-máquina para la visualización, conectado a un sistema de control central.



Figura 33. Rotopala actuando de recuperador sobre railes en unas pilas de carbón.

- **Cinta transportadora (conveyor belt)**

El sistema de bandas transportadoras suele ser el medio de transporte de carga que conecta cada espacios de almacenaje o destinos externos, con el atraque donde se realiza la carga/descarga del granel, el equivalente a las arterias y venas del cuerpo humano pero de la terminal de graneles. La banda transportadora consiste en dos o más poleas (a veces llamadas tambores), que generan un bucle sin fin de bandas transportadoras que giran entorno a ellas. Una o ambas poleas son accionados, moviendo la correa y el material que

ella transporte hacia adelante. La polea motorizada se denomina polea motriz o de transmisión, mientras que la polea sin motor se denomina polea tensora.

Las cintas transportadoras son componentes duraderos y fiables que permiten la carga/descarga de mayores volúmenes de granel en mucho menos tiempo y con menos gastos en mano de obra.



Figura 34 y 35. Cintas de transporte con y sin carga

- **Tolvas (Hopper)**

Las tolvas son equipos de carga/descarga de graneles con la forma de un embudo piramidal. Su objetivo suele consistir en concentrar el granel que se le va descargando en la parte superior del mismo en un punto en concreto e ir racionando la cantidad que sale por ese punto, yendo a parar a una cinta transportadora o a una bodega. Es decir es un equipo complementario a otros para aumentar la eficiencia y disminuir el desperdicio de carga, ya que por ejemplo, una cuchara puede llevar mucha carga entre sus palas pero a la hora de verter el contenido no es precisa, de esta manera si la deja caer sobre una tolva la pérdida de grano será mucho menor que si la deja caer directamente sobre una cinta transportadora.



Figura 36. Tolva ecológica.



Figuras 37. Tolva complementaria a la grúa con cuchara.

- **Transportador de Tornillo (Screw conveyor)**

Un transportador de tornillo sinfín o tornillo sinfín es un mecanismo que utiliza una cuchilla de tornillo helicoidal giratoria, llamada "volante", generalmente dentro de un tubo, para mover materiales líquidos o granulares. Se utilizan en muchas industrias de manipulación de graneles, no solo en la carga y descarga en las terminales portuarias. Cuando el espacio lo permite, es uno de los métodos más económicos de elevación de la carga. El primer tipo de tornillo transportador fue el tornillo de Arquímedes, utilizado desde la antigüedad para bombear agua de riego.



Figura 38. Dos grúas descargando granel dotadas de transportador de tornillo

Figuras 39. Interior de un transportador de tornillo.

Este mecanismo suele consistir en un canal o tubo que contiene una cuchilla en espiral enrollada alrededor de un eje, impulsada en un extremo y sostenida en el otro, o una "espiral sin eje", impulsada en un extremo y libre en el otro. La velocidad de transferencia de volumen es proporcional a la velocidad de rotación del eje. Un transportador de tornillo sinfín trabaja usando la fricción interna dentro de un polvo o sólido a granel para transferir el movimiento hacia adelante del polvo en contacto con la espiral a todo el contenido del tubo.

- **Elevador de cangilones (Bucket elevator)**

Un elevador de cangilones es un mecanismo que se emplea para el acarreo o manejo de materiales a granel verticalmente (como en el caso de granos, semillas, fertilizantes, minerales, etc.). Sería el equivalente vertical de la cinta transportadora.

El elevador de cangilones consiste en:

1. Varios cangilones para transportar verticalmente el material a granel.
2. Una banda transportadora o cadena de transportadora para trasladar los cangilones.
3. Algún medio para dirigir el movimiento (motor-reductor).
4. Accesorios para llenar los cangilones y/o vaciar el producto, recibir el producto vaciado, mantener la tensión en el sistema y para el mantenimiento, así como sistemas de seguridad.



Figura 40. Diagrama de funcionamiento.



Figuras 41. Elevador de cangilones visto desde fuera.

- **Cargador de granel (Shiploader)**

Un cargador de barcos es una máquina grande usada para cargar materiales sólidos a granel como mineral de hierro, carbón, fertilizantes, granos y/o material en bolsas en barcos. Los cargadores se utilizan comúnmente en terminales y embarcaderos desde donde se exportan los materiales a granel.

Consiste principalmente en un brazo o pluma extensible, un transportador de banda, un elevador de cangilones para transferir y elevar el grano desde la fuente y una estructura móvil para soportar la pluma. Suele montarse sobre raíles o neumáticos para poder moverse y alcanzar toda la eslora del barco. La pluma también puede desplazarse tanto hacia delante y atrás, como hacia arriba y abajo; mediante accionamientos separados, de modo que pueda llenar toda la anchura de la bodega y adaptarse al aumento del calado de los barcos mientras se carga. En el final de la pluma a veces lleva una tolva telescópica para facilitar las labores de enrasado y minimizar el polvo en suspensión.



Figura 42. Cargador con tolva telescópica.



Figuras 43. Cargador móvil.

Los cargadores se construyen con velocidades de carga de 1.000 a 15.000 TPH (toneladas por hora). La altura de un cargador de barcos puede ser superior a 20 metros y mientras que algunas plumas pueden llegar a extenderse a una longitud de más de 60 metros.

La mayoría de los cargadores de barcos son instalaciones fijas, que no se pueden retirar del muelle, pero también existen versiones móviles. El desafío de los cargadores móviles es llevar el material desde el muelle en un corto tramo hasta la altura de la cubierta del buque donde se encuentran las escotillas.

- **Retropalas**

Las retropalas, iguales a las que vemos realizando labores de excavación o demolición en cualquier obra, se utilizan:

- En descargas, cuando la bodega esta casi vacía, se introducen una o dos retropalas dependiendo del tamaño de la bodega para amontonar los restos de granel en pilas de suficiente tamaño para que la cuchara o el equipo de descarga que se este utilizando pueda alimentarse en suficiente cantidad y para desprender el granel que se haya quedado pegado a partes estructurales de la bodega con un martillo neumático.
- En carga, a la hora de enrasar la carga de la misma manera se sitúan palas encima de la misma para distribuir y aplanar la carga para que las compuertas puedan cerrar y quede todo lo más ajustado posible.



Figura 44. Retropala finalizando la descarga.



Figuras 45. Enrasado de la carga.

4.2. Equipos de carga del buque

Por lo general los buques graneleros no suelen llevar mucho equipamiento para el manejo de la carga/descarga. Es común verlos equipados con grúas pero según va aumentando su tamaño van desapareciendo. A esta norma se excluyen buques graneleros de construcción especial o los autodescargantes.

- **Grúas**

La mayoría de buques Handysize disponen de grúas en cubierta. Una característica común es la capacidad de rotación que tienen de 360°, aunque disponen de sensores de seguridad para limitar los arcos de giro.

Estas grúas pueden ser de tres tipos principalmente:

- Grúas de pedestal: Son las grúas más comunes encontradas en buques de carga a granel, se caracterizan porque su cabina va montada y gira en sentido horizontal sobre un mecanismo con rodamientos situado sobre una fuerte base unida a la estructura del buque y denominada como pedestal. Tienen la ventaja de que pueden dar la vuelta completamente y que las maquinillas, bombas hidráulicas, tambores de cables y demás mecanismos se encuentran protegidos en el interior de la estructura rotatoria. En las grúas pedestal, la cabina va situada en la parte frontal superior de la estructura rotatoria, lo cual permite tener una visión libre de obstáculos y de la zona de trabajo.



Figura 46. Grúas de pedestal.

- Grúas de palo: Este tipo de grúas son menos comunes, debido a que se instalan en buques diseñados para cargas pesadas. Este tipo de grúas se montan alrededor de una estructura la cual va soldada a la estructura del buque. Algunas grúas de este tipo no disponen de cabina para el operador de manera que pueden

manejarse desde un panel de control o bien con un control móvil. La maquinaria y tambores de los cables pueden ir instalados dentro de la propia estructura de la grúa (como las grúas de pedestal) o también bajo cubierta.



Figura 47. Grúas de palo.

o Grúas pórtico: Este tipo de grúas se instalan en los buques a granel tipo open hatch (escotilla abierta) los cuales pueden transportar, tanto carga a granel como contenedores. Este tipo de grúas está formado por una estructura metálica de cuatro patas con ruedas, lo que le permite su desplazamiento a lo largo de la cubierta. Las patas van unidas por dos fuertes vigas en sentido babor – estribor, en donde se encuentra unos railes fijos a estas vigas, lo que permite desplazar un spreader de babor a estribor. En la parte inferior se sitúa la cabina del operador de la grúa.

Hay distintos tipos de grúas pórtico: grúas tipo “U”, “C” y “L” con los brazos telescópicos o abatibles, que se despliegan cuando se realiza las operaciones de carga o descarga, y grúas tipo “A” que llevan un brazo giratorio situado sobre el pórtico.¹¹



Figura 48. Grúas de pórtico.

¹¹ Adrián Barrera Acosta y Marina Carbonell Casadesús, «CARGA Y ESTIBA EN BUQUES BULK CARRIER».

Sistema autodescargante

Por otro lado se encuentran los buque graneleros autodescargantes. Estos poseen una o varias cintas transportadoras que se extienden a lo largo de la línea de crujía. Las bodegas poseen una compuerta en la parte inferior de las mismas que abierta, va depositando la carga sobre estas cintas. Posteriormente mediante uno de los sistemas elevadores explicados previamente se guía la carga a un brazo giratorio muy parecido a los apiladores de tierra.



Figura 49. Buque autodescargante.

4.3. Equipos de carga/descarga de la Terminal EBHI del Musel

Para ejemplificar y desarrollar este apartado se decidió tratar los equipos e infraestructuras que podría poseer una terminal de graneles tipo como lo es la EBHI S.A. (European Bulk Handling Installation) situada en el puerto del Musel.

4.3.1. Breve información de la terminal e infraestructuras

EBHI es la sociedad que gestiona la terminal de descarga de graneles del Puerto de Gijón. Fue creada en 1991, siendo su accionista mayoritario la Autoridad Portuaria de Gijón. Su principal actividad es la descarga de buques de mineral de hierro y carbón, además del almacenamiento y la manipulación de los materiales descargados.

En el muelle de 837 m de longitud, y con un calado máximo permitido de 17,98 m pueden atracar para descargar simultáneamente dos buques de más de 200.000 toneladas de peso muerto. El almacenamiento posterior de la descarga se realiza en un total de tres áreas o parques, con una capacidad total de 1,5 millones de toneladas:

- La explanada de Aboño (160.000m²)
- El parque de graneles
- Área de almacenamiento en el Musel (146.000m²)

La terminal está conectada por cinta transportadora con las instalaciones del Grupo Arcelor Mittal y con la central térmica de Aboño. Estas áreas de almacenamiento además disponen de conexión con las redes de ferrocarril tanto de ancho ibérico como ancho métrico.

	Nº Barcos Descargados	Toneladas Descargadas	Total Toneladas Manipuladas
2011	112	10,25	15,03
2012	127	12,03	19,22
2013	141	11,67	18,45
2014	138	12,38	19,41
2015	159	15,39	25,29
2016	133	12,30	19,82
2017	155	14,80	23,90

Millones de toneladas

Figura 50. Actividad por años en la EBHI.

4.3.2. Equipos de carga/descarga

La terminal EBHI posee los siguientes elementos para realizar la carga y descarga de los buques graneleros que entran a ella:

- Dos grúas pórtico de 50t (capacidad de elevación) con cuchara bivalva y tolva integrada con sprinklers para reducir el polvo.



Figura 51. Terminal EBHI S.A. desde el aire.

- Una grúa móvil con tolva ecológica de 63t (capacidad de elevación). Dicha tolva posee un sistema flip-flop consistente en varios filtros para reducir en la medida de lo posible la generación de polvo. En primer lugar unas compuertas que se abren y cierran según se deposite sobre ellas la carga y como segunda barrera unos aspiradores que eliminarán el polvo restante.



Figura 52. Tolva ecológica siendo descargada desde un buque de transporte especial.



Figura 53. Grúa móvil descargando en la tolva ecológica.

-
- Dos rotopalas con función de apilar y recuperar granel de 1600t/h (velocidad de levante de materia).

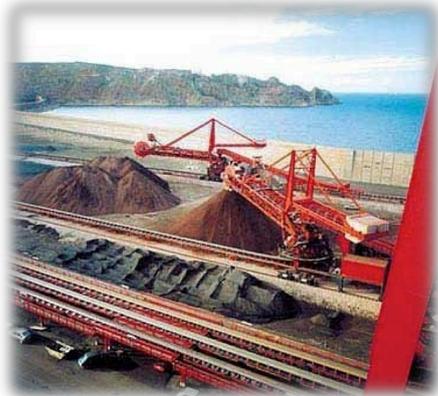


Figura 54. Las dos rotopalas de la EBHI.



Figura 55. Excavadora cebando una cinta transportadora a través de una tolva pequeña

- Una rotopala extra de 2600 t/h (velocidad de levante de materia) en la explanada de Aboño.
- Dos apiladores de 1500 t/h en la explanada de Aboño.
- 14 km de cintas transportadoras que conectan entre si las instalaciones de descarga, los parques de almacenamiento y algunos lugares de destino (Arcelor, central térmica de Aboño).
- Númeroa maquinaria que conforman excavadoras y camiones para el manejo, transporte y distribución del granel trabajando de manera complementaria a las rotopalas y las cintas transportadoras. Así como para realizar las labores finales de descarga de bodegas y enrasado de las mismas.



Figura 56. Explanada de Aboño, marcadas con flechas rojas las dos apiladoras y con flecha negra la rotopala.



Figura 57. Grúa pórtico introduciendo una retropala con martillo neumático en la bodega de un granelero.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

La realización de este trabajo me ha acercado enormemente al sector del transporte de granel, sirviendo enormemente para profundizar y tratar casos concretos en lo ya visto durante los estudios de grado y master universitarios. La importancia de adquirir estos conocimientos reside en la importancia que tiene citado sector en el transporte de mercancías global y que no ha dejado de crecer desde los años 80 pese al receso producido por la crisis económica acaecida en 2008.

Por otra parte, me resultó interesante tocar conocimientos fundamentales de estabilidad en el capítulo tercero de “Estiba de la carga”, no solo por la importancia que estos tienen en la estiba sino porque funcionó como repaso y refresco de los mismo.

El trabajo me ha facilitado la familiarización con buques especiales de transporte de granel y equipos de manejo de carga que desconocía o había visto muy por encima en el pasado.

En un principio me decidí a elegir este trabajo de fin de master por una visita que realizamos a lo largo del año lectivo a la terminal EBHI durante una descarga. Había visto dicha terminal decenas de veces en la distancia, pero nunca viendo desde tan cerca las máquinas e infraestructuras así como el propio proceso de descarga descrito y explicado por nuestro guía. Posteriormente volví de visita a la terminal, esta vez ya durante la realización del trabajo para reunirme con Javier Prados, jefe de operaciones de la terminal. El cual se prestó a proporcionarme toda la información que necesitase para la sección 4.3 en la que se tratan todos los equipos que posee la terminal.

Una vez finalizado el trabajo se considera que se han cumplido los objetivos propuestos en un origen del mismo, un acercamiento a los aspectos generales de las operaciones de carga y descarga de granel, así como a la propia mercancía y a los buques que la transportan.

LISTA DE IMÁGENES

Figura 1. Buque Granelero “Los Angeles” de 300 m de eslora

<https://www.marinetraffic.com/es/ais/details/ships/shipid:713739/mmsi:538004559/vessel:PHILADELPHIA>

Figura 2. Descarga de carbón de un buque granelero

<http://www.kambara-kisen.co.jp/english/non-liner/>

Figura. 3 Bodega cargada con finos de mineral de hierro

<http://www.osy.co.jp/english/bulkers/primary.php>

Figura. 4 Carga de grano

<http://manejoyestibadelacarga.blogspot.com/2016/07/unidad-vi-carga-de-granos.html>

Figura. 5 Cargamento de alúmina

<https://www.ukpandi.com/loss-prevention/cargo/cargo-photo-library/dry-bulk-cargo/alumina/>

Figura 6. Carga de roca de fosfato

<http://cargo4vessels.blogspot.com/2016/01/25000mts-10-moloo-of-rock-phosphate.html>

Figura 7. Tabla del comercio de granel seco 2015-2016 (en millones de toneladas)

http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2017_en.pdf

Figura 8. Comercio marítimo internacional, 1980-2016 (millones de toneladas cargadas)

http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2017_en.pdf

Figura 9. Angulo de reposo en una pila de grano.

https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81ngulo_de_rozamiento_interno

Figura 10. Corte transversal de la bodega de un granelero

Transporte de cargas sólidas a granel. Roberto Bucetas

Figura 11. Buque Handysize Berge Shari.

<https://worldmaritimenews.com/archives/tag/handysize/>

Figura 12. Buque Handymax Bunum Wisdom.

<https://www.bairdmaritime.com/ship-world/dry-cargo-world/1448-wisdom-marine-continues-fleet-expansion-with-imabari-orders>

Figura 13. Buque Supramax Clipper Triton.

<http://www.clipper-group.com/about-us/news/all-news/news-archive/2013/clipper-adds-2-more-eco-supramax-vessels>

Figura 14. Buque Panamax Chris de Chandris (Hellas).

<http://www.chandris-hellas.gr/site/fleet.html>

Figura 15. Buque Capemax Marijeannie de Chandris (Hellas).

<http://www.chandris-hellas.gr/site/fleet.html>

Figura 16. Buque tipo Valemax Vale Brasil, el granelero más grande del mundo.

<http://www.sincomam.org.br/index.php/vale-entrega-quatro-navios-valemax-para-chinesa-cosco/>

Figura 17. Efectos de Quebranto (hogging) y Arrufo (sagging).

https://www.researchgate.net/figure/Hogging-and-sagging-of-ship-hull_fig2_228891097

Figura 18. Carga completa homogénea en buque de 9 bodegas.

<https://www.slideshare.net/tugsan/bulk-carriers-loading-overstressing>

Figura 19. Carga completa en bodegas alternas en buque de 9 bodegas.

<https://www.slideshare.net/tugsan/bulk-carriers-loading-overstressing>

Figura 20. Carga en bloques en buque de 9 bodegas.

<https://www.slideshare.net/tugsan/bulk-carriers-loading-overstressing>

Figura 21. Altura metacéntrica.

https://es.wikipedia.org/wiki/Altura_metac%C3%A9ntrica

Figura 22. Curva de estabilidad.

<http://www.fao.org/docrep/012/i0625s/i0625s02d.pdf>

Figura 23. Disco de Plimsoll.

<http://salvador-nautico.blogspot.com/2009/12/plimsoll.html>

Figura 24. Diagrama de estabilidad.

<http://estabilidadbuque.blogspot.com/2012/04/criterios-generales-de-estabilidad-omi.html>

Figura 25. Plan de descarga del buque “Cape Baltic”.

Transporte de cargas sólidas a granel. Roberto Bucetas

Figura 26. Grúa pórtico con cuchara bivalva.

<https://www.konecranes.in/equipment/bulk-handling-cranes>

Figuras 27. Grúa pórtico con cuchara bivalva.

http://www.craneschina.cn/products_sort_show.asp?id=396

Figura 28. Silo de tolva

<https://www.shutterstock.com/search/train+hopper>

Figuras 29. Silos de grano

<http://portconsultantsrotterdam.nl/grain-silo-inspection/>

Figura 30. Pilas de carbón rociadas con agua.

http://www.cnss.com.cn/html/2013/DailyCNSS_0325/97362.html

Figuras 31. Pilas de bauxita.

<http://www.abc.net.au/news/2012-09-06/the-bauxite-stockpile-waiting-to-be-refined-on-the/6122852>

Figura 32. Apilador en funcionamiento en una mina a cielo abierto.

<https://en.wikipedia.org/wiki/Stacker>

Figura 33. Rotopala actuando de recuperador sobre railes en unas pilas de carbón.
<https://forum.bulk-online.com/showthread.php?16874-How-to-Sell-Bucket-Wheel-Stacker-Reclaimers>

Figura 34. Cinta de transporte sin carga
<http://www.famak.com.pl/famak/en/oferta-3/realizacje/urz%C4%85dzenia-prze%C5%82adunkowe/category/przenosniki>

Figura 35. Cinta de transporte con carga
<https://www.indiamart.com/proddetail/fire-resistant-conveyor-belt-fr-grade-6439317288.html>

Figura 36. Tolva ecológica.
<http://samson-mh.com/samson-eco-hoppers-atex/>

Figuras 37. Tolva complementaria a la grúa con cuchara.
<https://www.cantonmaritime.com/portfolio-type/45-ton-gantry-crane/>

Figura 38. Dos grúas descargando granel dotadas de transportador de tornillo.
<https://news.bulk-online.com/videos/siwertell-ship-unloaders-coal.html>

Figuras 39. Interior de un transportador de tornillo.
<https://www.andersondahlen.com/components/industrial-conveyors/screw-conveyors>

Figura 40. Diagrama de funcionamiento.
<http://bucketelevator1.blogspot.com/>

Figuras 41. Elevador de cangilones visto desde fuera.
<http://www.aggrowth.com/catalogue/product/854/bucket-elevator>

Figura 42. Cargador con tolva telescópica.
<https://www.ems-tech.net/projects/stacker-reclaimers-shiploaders-and-conveyor-systems/multi-function-shiploader/>

Figuras 43. Cargador móvil.
<http://samson-mh.com/industries/mining-minerals/shiploaders-mining-minerals/>

Figura 44. Retropala finalizando la descarga.
https://www.cat.com/es_ES/products/new/equipment/track-loaders/shiphold-port-handling-track-loaders/18172706.html

Figuras 45. Enrasado de la carga.
<https://www.youtube.com/watch?v=pCbHq3KnNPY&t=138s>

Figura 46. Grúas de pedestal.
<http://www.nauticexpo.es/prod/tts-marine/product-31735-453656.html>

Figura 47. Grúas de palo.
https://www.fleetmon.com/vessels/elbabe_9725471_9963912/?language=es

Figura 48. Grúas de pórtico.
<http://naviosnoportodevitoriaes.blogspot.com/2010/06/saga-explorer.html>

Figura 49. Buque autodescargante.

<http://www.bulkcarrierguide.com/self-unloaders-discharging-procedures.html>

Figura 50. Actividad por años en la EBHI.

<http://www.ebhi.es/servicios-e-instalaciones/actividad/>

Figura 51. Terminal EBHI S.A. desde el aire.

<http://www.ebhi.es/>

Figura 52. Tolva ecológica siendo descargada desde un buque de transporte especial.

<http://www.elcomercio.es/gijon/puerto-musel-gijon-20180126000540-ntvo.html>

Figura 53. Grúa móvil descargando en la tolva ecológica.

<https://www.lne.es/gijon/2018/04/09/ebhisa-pone-pleno-funcionamiento-nueva/2266470.html>

Figura 54. Las dos rotopalas de la EBHI.

<https://www.logismarket.cl/phb-weserhutte/rotopalas/3672513130-3208621502-p.html>

Figura 55. Excavadora cebando una cinta transportadora a través de una tolva pequeña

<http://www.ebhi.es/>

Figura 56. Explanada de Aboño, marcadas con flechas rojas las dos apiladoras y con flecha negra la rotopala.

Autoría propia.

Figura 57. Grúa pórtico introduciendo una retropala con martillo neumático en la bodega de un granelero.

Autoría propia.

BIBLIOGRAFÍA

- Adrián Barrera Acosta, y Marina Carbonell Casadesús. «CARGA Y ESTIBA EN BUQUES BULK CARRIER», marzo de 2017.
- «Desplazamiento (náutica)». *Wikipedia, la enciclopedia libre*, 21 de abril de 2018. [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Desplazamiento_\(n%C3%A1utica\)&oldid=107189018](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Desplazamiento_(n%C3%A1utica)&oldid=107189018).
- «El factor de estiba y su importancia dentro de la carga de mercancías». *Silca Logística* (blog), 20 de abril de 2017. <http://www.silca.com.mx/blog/factor-estiba-importancia-la-carga-mercancias/>.
- Eric Iglesias. «Guía bilingüe para la preparación de un plan de ruta». Universidad de Oviedo, s. f.
- González, Harry. «Estabilidad del Buque I: Criterios Generales de Estabilidad OMI». *Estabilidad del Buque I* (blog), 15 de julio de 2011. <http://estabilidadbuque.blogspot.com/2012/04/criterios-generales-de-estabilidad-omi.html>.
- IMO. «Nueva advertencia sobre los peligros del transporte de bauxita por vía marítima». Organización Marítima Internacional, 15 de septiembre de 2017. <http://www.imo.org/es/MediaCentre/PressBriefings/Paginas/22-bauxite-CCC.aspx>.
- Luis Guerrero. «Nuevas Reglas Unificadas de IACS para graneleros». *ANAVE n°451*, junio de 2006, 20-24.
- «Phosphates and Superphosphates - Cargo Handbook - the world's largest cargo transport guidelines website». Consultado 11 de junio de 2018. http://www.cargohandbook.com/index.php/Phosphates_and_Superphosphates.
- Roberto Bucetas. «Transporte de cargas solidas a granel». Universidad de Oviedo, s. f.
- «Transportes Marítimos especiales y estiba». Universidad de Cantabria, s. f. https://ocw.unican.es/pluginfile.php/1479/course/section/1924/v2010_310_Tema10_T E.pdf.