

ANÁLISIS DE LA OPERATIVA EN BUQUES DE CARGA RODADA

PFC



Autor: Ignacio Moleres Tejero

Director: Jordi Moncunill Marimón



ÍNDICE

Lista de Figuras	6
1. Introducción	14
1.1. Buques Ro-Ro	15
1.2. Historia y evolución	18
1.3. Tipos de buque	21
1.3.1. Buque Ro-Ro para cargas pesadas (Heavy Ro-Ro)	21
1.3.2. Pure Car Carrier (PCC)	22
1.3.3. Ferries	23
1.3.4. Ferries con cable	24
1.3.5. RO-PAX	25
1.3.6. Enviropax	26
1.3.7. Combinación de Portacontenedores y buque Ro-Ro (CONRO)	27
1.3.8. Buque Convencional/Ro-Ro (CONVRO)	28
1.3.9. Roto-loader	29
1.3.10. Sto-Ro (Ro-Ro Stowable)	30
1.4. Diferencias problemáticas	31
2. Legislación	35
2.1. Antecedentes	35
2.2. La OMI	38
2.2.1. Daños en la estabilidad	38
2.2.2. Seguridad de la Carga	39
2.2.3. Estiba	41
2.2.4. Seguridad contra incendios	42



2.2.5. Cubiertas de vehículos	44
2.2.6. Certificados y documentación	45
2.2.7. Buques con pasaje	46
2.2.8. Generalidades	47
3. Trincaje	51
3.1. Manual de sujeción de la carga	52
3.2. Elementos de estiba y sujeción de la carga	54
3.2.1. Maquinaria	54
3.2.2. Dispositivos para el trincaje	58
3.2.2.1. Clasificación	58
3.2.2.1.1. Elementos fijos en cubierta	58
3.2.2.1.2. Elementos Móviles	61
3.2.2.2. Normas para el trincaje a bordo	65
3.2.2.3. Trincaje de vehículos	68
3.3. Normativa	69
3.3.1. Aceleraciones	70
3.3.1.1. Tipos de aceleraciones	70
3.3.1.2. Aceleraciones estáticas de balance	70
3.3.1.3. Aceleraciones estáticas de cabeceo	71
3.3.1.4. Aceleraciones dinámicas de balance	72
3.3.1.5. Aceleraciones dinámicas de cabeceo	74
3.3.1.6. Aceleraciones debidas al movimiento vertical	75
3.3.1.7. Aceleraciones debidas al avance	77
3.3.1.8. Suma de aceleraciones transversales, longitudinales y verticales	77
3.3.1.9. Aceleraciones totales en un máximo balance	78



3.3.1.10. Consideraciones	79
3.3.2. Fuerza del viento	80
3.3.3. Sistema para un trincaje eficaz de cargas no uniformes	81
3.3.3.1. Aceleraciones básicas y efecto del viento y del chapoteo	81
3.3.3.2. Cálculo de las fuerzas	82
3.3.3.3. Factores de seguridad	82
3.3.3.4. Prevención de resbalamiento y del vuelco	85
3.3.3.5. Consideraciones	87
3.4. Ejemplos académicos	88
3.4.1. Primer ejemplo	89
3.4.2. Segundo ejemplo	91
3.5. Estabilizadores	94
3.5.1. Partes del sistema	95
4. Operativa de carga y descarga	99
4.1. Lastres (Sistema Interling)	99
4.1.1. Funcionamiento general	103
4.2. Tipos de rampas	106
4.3. Trabajos generales	107
4.4. Planos de carga	109
4.5. Funcionamiento de la operativa	111
5. Conclusión	1137
6. ANEXO I (Tablas de los ejemplos académicos)	11421
Tabla 1: Aceleraciones básicas	11421
Tabla 2: Corrección por eslora y velocidad	11421
Tabla 3: Corrección por GVM < 13 cm	11322



Tabla 4: Valores de f en función de α y de μ	11322
6.1. ANEXO II (Sistema Interling)	113
6.1.1. Panel de Control	1133
6.1.2. Mímico Sistema Antiescora	1134
6.1.3. Plano del servicio de operaciones de lastre	125
7. Bibliografía	1238



Lista de Figuras

Figura 1: Buque Ro-Ro en la terminal de carga rodada

Fuente: <http://www.wokipi.com/pratiques/shipping-container.html>

Figura 2: Cubiertas de carga de un Ro-Ro

Fuente: <http://www.foroaviones.com/foro/off-topic/16984-spotting-naval-vol-ii-85.html>

Figura 3: Landing Ship Tanks durante la 2ª Guerra Mundial

Fuente: <http://datab.us/i/Landing%20Ship,%20Tank>

Figura 4: Heavy Ro-Ro cargando mercancía pesada

Fuente: <http://www.breakbulk.com/port-of-everett-to-accommodate-heavier-cargoes/>

Figura 5: Cubiertas de carga de un Pure Car carrier

Fuente: <https://vadebarcos.wordpress.com/2014/11/23/buques-transporte-automoviles-pctc-mv-corageus-ace-pure-car-truck-carrier/>

Figura 6: Ferry “Zurbarán” de la compañía ACCIONA Trasmediterránea

Fuente: <https://delacontecerportuario.wordpress.com/2012/07/24/el-ferry-zurbaran-toma-hoy-el-relevo-del-albayzin-en-cadiz/>

Figura 7: Ferry con cable atravesando un río

Fuente: <http://en.academic.ru/dic.nsf/enwiki/340985>

Figura 8: Ro-Pax “Fortuny” de la compañía ACCIONA Trasmediterránea

Fuente: <http://www.diariodenautica.com/trasmediterranea-apuesta-por-el-pasajero/>



Figura 9: Buque “Enviropax”

Fuente: <http://www.buceo21.com/REPORTAJES/nautica/60autopistas.htm>

Figura 10: Buque CONRO de la compañía Grimaldi Lines

Fuente: <http://www.shipspotting.com/gallery/photo.php?lid=1509718>

Figura 11: Buque CONVRO de la compañía Transfennica

Fuente: <http://www.histarmar.com.ar/Antartida/BuquesAntarticos-Logisticos/Timca-.htm>

Figura 12: Sistema de carga roto-loader en operativa

Fuente: <http://www.deltech.ca/machinery/>

Figura 13: Partes de un Ro-Ro Stowable

Fuente: <http://es.slideshare.net/adiezfernandez/2-evolucion-historica>

Figura 14: Buque “ESTONIA” hundido en el fondo del mar

Fuente: <http://maailmanihmeita.blogspot.com.es/2014/09/ms-estonia.html>

Figura 15: Herald of Free Enterprise después de su accidente

Fuente: http://news.bbc.co.uk/onthisday/hi/witness/march/6/newsid_2819000/2819429.stm

Figura 16: Ángulos de las trincas de un camión

Fuente: Apuntes de estiba de Diplomatura en Navegación Marítima

Figura 17: Cabeza tractora

Fuente: <http://www.erento.net/rent/vehicles-boats-aircraft/vans-buses-trucks/articulated-truck/1432460480.html>



Figura 18: Encaje de cuello de cisne

Fuente: <http://gnoote.en.gasgoo.com/auto-products/1907037.html>

Figura 19: Bateas Roll-Trailer

Fuente: http://www.alibaba.com/product-detail/Roll-trailers_11346933/showimage.html

Figura 20: Sistemas FLT (Fork-Lift-Trucks)

Fuente: <http://www.nauticexpo.com/prod/hyster/product-30476-285874.html>

Figura 21: Transtainer

Fuente: http://www.himoinsa.com/himoinsa-at-work/section.aspx?v=Puertos_673D68776F726B26633D3526693D3133#.VZ9Us02bvcs

Figura 22: Patas de elefante

Fuente: <http://www.nauticexpo.es/prod/container-technics/product-32424-235272.html>

Figura 23: Patas de elefante sobre la cubierta de carga de un Ro-Ro

Fuente: <http://www.motorship.com/news101/ships-and-shipyards/new-dover-strait-ferry-makes-big-impact>

Figura 24: Tabla que relaciona la máxima carga con el ángulo máximo y mínimo de trabajo

Fuente: Apuntes de estiba de Diplomatura en Navegación Marítima

Figura 25: Anillas de amare (Lashing Eyes)

Fuente: <http://www.uscargocontrol.com/Ratchet-Straps-Tie-Downs/D-Rings-D-Ring-Tie-downs>



Figura 26: Tabla que relaciona el MSL con el FA

Fuente: Apuntes de estiba de Diplomatura en Navegación Marítima

Figura 27: Trincas de banda textil

Fuente: http://www.sec-bremen.de/products/06/06_5/06_5.php

Figura 28: Carga trincada con Cadenas

Fuente: <https://www.pinterest.com/source/dawson-group.com/>

Figura 29: Tensores de cadena

Fuente: http://www.forankra.es/sujecion_amarres/tensores-de-cadena/8.000-KL

Figura 30: Calzo

Fuente: <http://www.logismarket.es/tec-container/calzos-de-goma-para-coches-y-camiones/1592942741-876386583-p.html>

Figura 31: Caballete

Fuente: <http://www.directindustry.es/kwref-C.html>

Figura 32: Planchas de madera o goma

Fuente: <https://thelongwindingroad.wordpress.com/tag/ships/>

Figura 33: Lista de comprobación de dispositivos de trincaje

Fuente:

https://books.google.es/books?id=InmMWgXgRhoC&pg=PA158&lpg=PA158&dq=Lista+de+comprobacion+de+dispositivos+de+trincaje&source=bl&ots=7FTPRIeyXe&sig=OVROZe5B_56Et7svcYKhTgeS-1g&hl=es&sa=X&ei=1lyfVdfbDoq5UcObn7gL&ved=0CCEQ6AEwAA#v=onepage&q=Lista%20de%20comprobacion%20de%20dispositivos%20de%20trincaje&f=false



Figura 34: Coches trincados en la cubierta de un buque

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Ro-Ro>

Figura 35: Aceleraciones estáticas de balance

Fuente: Apuntes de estiba de Diplomatura en Navegación Marítima

Figura 36: Aceleraciones estáticas de cabeceo

Fuente: Apuntes de estiba de Diplomatura en Navegación Marítima

Figura 37: Aceleraciones dinámicas de balance

Fuente: Apuntes de estiba de Diplomatura en Navegación Marítima

Figura 38: Aceleraciones dinámicas de cabeceo

Fuente: Apuntes de estiba de Diplomatura en Navegación Marítima

Figura 39: Aceleraciones debidas al movimiento vertical

Fuente: Apuntes de estiba de Diplomatura en Navegación Marítima

Figura 40: Ángulos verticales de las trincas

Fuente: Apuntes de estiba de Diplomatura en Navegación Marítima

Figura 41: Vuelco transversal

Fuente: Apuntes de estiba de Diplomatura en Navegación Marítima

Figura 42: Maquinaria de gran volumen

Fuente: <http://apartment-design.lalaz.ru/maquinaria-pesada-usada-en-colombia/>

Figura 43: Estabilizador buque "Fortuny"

Fuente: Documento ACCIONA Trasmediterránea



Figura 44: Ángulos de ataque de los estabilizadores

Fuente: Documento ACCIONA Trasmediterránea

Figura 45: Principio de funcionamiento del sistema antiescora

Fuente: Documento ACCIONA Trasmediterránea

Figura 46: Grupo de válvulas

Fuente: Documento ACCIONA Trasmediterránea

Figura 47: Partes del sistema antiescora

Fuente: Documento ACCIONA Trasmediterránea

Figura 48: Tipos de rampas

Fuente: Documento ACCIONA Trasmediterránea

Figura 49: Representación de la cubierta de un Ro-Ro en carga

Fuente: Esquema propio

Figura 50: Diferenciación de las zonas de carga

Fuente: Esquema propio

Figura 51: Carriles de una zona

Fuente: Esquema propio





Introducción



1. Introducción

En este trabajo de investigación se analiza la operativa en los buques de carga rodada. Para ello se ha utilizado toda la información necesaria encontrada por internet, además de, contar con los conocimientos adquiridos en determinadas asignaturas de la Licenciatura en Náutica y Transporte Marítimo y junto a las prácticas realizadas en este tipo de buques. El trabajo está dividido en cuatro partes diferenciadas.

En la primera parte del trabajo se hace una introducción, hablando de diferentes aspectos generales de los buques de carga rodada y su evolución histórica. También se explican los diferentes tipos que hay y la problemática que suponen, comprándolos con otros buques convencionales.

En el segundo bloque se explica la parte legislativa, que hace referencia a estos buques y su carga. También de sus antecedentes históricos, debido a los accidentes más importantes. Se observa como la OMI marca una serie de directrices, con respecto a los daños en la estabilidad, la seguridad en la carga y la seguridad contra incendios.

En el tercer bloque del trabajo, se profundiza sobre el trincaje de los vehículos. Se analiza también el manual de sujeción de la carga, junto a la clasificación de los elementos de estibas y sujeción y la maquinaria. Además de presentar dos ejemplos académicos, utilizando todo la teoría de dicho manual.

Por finalizar, en el último bloque se habla de las operaciones de lastrado y deslastrado, mostrando el sistema anti escora que suelen llevar este tipo de buques. Por último, aunando todo lo anterior, se explica una operativa de carga, desde un punto de vista práctico, en un buque de mercancía rodada.

1.1. Buques Ro-Ro

Fue a mediados del siglo XX cuando apareció el concepto de buque Roll-on Roll-off (Ro-Ro), cuyo acrónimo proviene del inglés y significa rodar hacia dentro y rodar hacia fuera. Este tipo de buques están diseñados y construidos para el transporte de carga rodada, como automóviles o camiones, que acceden al buque por sus propios medios.

La carga rodada accede al buque a través de grandes compuertas, que suelen estar situadas en la popa, o en la popa y la proa para facilitar la rápida carga y descarga. Es decir, tiene medios de acceso horizontal para dicha carga rodada.

Durante las dos últimas décadas ha evolucionado su concepción primitiva, de buque adecuado solo para viajes cortos. De este modo, ha demostrado su eficacia en los puertos donde carecen de medios, dada su capacidad para la carga y descarga del buque con unos recursos mínimos. Puesto que el almacenamiento de dicha carga, tampoco requiere una infraestructura portuaria especial.



Figura 1: Buque Ro-Ro en la terminal de carga rodada

Para la carga y descarga se ha evolucionado desde las pequeñas rampas de 6 metros de longitud y 3 de ancho, a las rampas actuales articuladas, que alcanzan los 40 metros de longitud y 20 de ancho, capaces de soportar más de 400 toneladas.



Las singularidades de este tipo de carga se centran en sus características, especialmente en el hecho de estar formadas por unidades que disponen de motor o son susceptibles de ser desplazadas mediante cabezas tractoras.

La manipulación de dichas unidades supone una rapidez en la carga y descarga, así como una mayor facilidad en el resto de las operaciones. Una de las características que ayuda en las operaciones de este tipo, es el conocimiento preciso del volumen y peso, que en ocasiones es complejo determinarlo.

Un factor diferencial entre la carga rodada y otros tipos de carga de gran tamaño, es que pueden representar graves problemas en algunos puertos, debido a la superficie y espacios necesarios para su estacionamiento. Además, otra de las ventajas es su fácil integración en el mercado de los contenedores.

En cuanto a su diseño, se tiene en cuenta las características de los tipos de carga que deben transportar. Si generalizáramos, podríamos decir que casi todos los buques podrían estibar en sus cubiertas vehículos o plataformas con mercancías. No obstante, los buques especialmente diseñados para este tipo de transporte, deben reunir unas condiciones mínimas. Por ejemplo, disponer de varias cubiertas o garajes que se extienden desde proa a popa, para facilitar la entrada y salida horizontal de vehículos con o sin carga.

Como ya se ha dicho se caracterizan por tener una gran puerta abatible en la popa o proa, que hacen las veces de rampas. Además cuentan con una superestructura muy alta y alargada.

Además, se diseñan teniendo en cuenta que las cargas no pueden ser apiladas y que varían en altura y espacio en la cubierta. Por tanto, la utilización del volumen es generalmente, menos eficiente que en un portacontenedores.

Su capacidad puede ser en concreto, menor a la mitad que la de un buque tradicional, pues la carga no se puede amontonar debido a las ruedas. Asimismo, el espacio que es necesario mantener entre vehículos, para evitar daños es significativo. Lo cual se convierte en una gran desventaja para este tipo de buque.

Otra de las desventajas es que tienen la reputación de estar diseñados de forma arriesgada o atrevida, ya que las grandes puertas externas están cercanas a la línea de flotación. Debido a los accidentes marítimos que ha habido a lo largo de la historia en este tipo de buques, se dispone de cámaras de seguridad enfocando dichas puertas, para evitar que el barco pueda partir de puerto con ellas abiertas.

Al contar con grandes cubiertas, para albergar los vehículos de gran tamaño, estas están diseñadas sin contar con mamparos estancos, tal y como podemos observar en la siguiente fotografía.



Figura 2: Cubiertas de carga de un Ro-Ro

El motivo de ello es poder aprovechar al máximo, el espacio posible y tener mayor maniobrabilidad en las cargas. Esto puede provocar que en caso de vía de agua, no se puedan evitar las temidas superficies libres, causando el corrimiento de carga en el interior. En tal caso, el buque se desestabilizaría escorándose de manera brusca y hundiéndose finalmente.

1.2. Historia y evolución

Empezaron a aparecer los primeros barcos dedicados al transporte de carga rodada en la década de 1920. Con una capacidad para unos 700 automóviles como máximo, el tráfico principal se centraba en los Grandes Lagos de EE.UU.

Estos buques estaban equipados con grandes puertas laterales, para que las rampas de los puertos se izaran hasta el nivel deseado. De este modo, se alcanzaba una cierta efectividad y rapidez en las operaciones de carga y descarga de estos primeros coches.

La Segunda Guerra Mundial impulsó grandes innovaciones en el sector marítimo. Este hecho conllevó un gran desarrollo en la construcción naval de los buques de carga rodada, llamados LST¹. Eran lo suficientemente rápidos como para alcanzar los 10 nudos y eficaces, para el desembarque de los militares y las máquinas de guerra en las playas o sus proximidades. Su desplazamiento rondaba las 2.000 toneladas de peso muerto y estaban dotados de amplios portalones a proa, para poder descargar todo el material bélico.

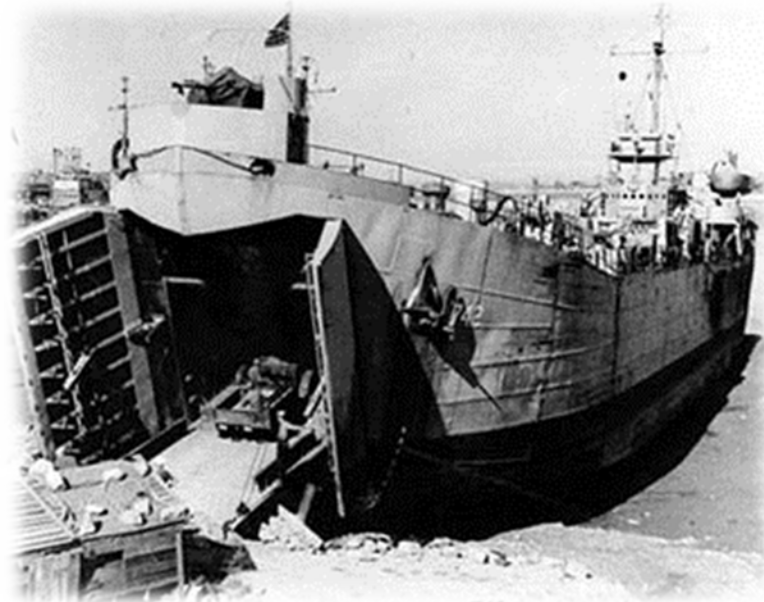


Figura 3: Landing Ship Tanks durante la 2ª Guerra Mundial

¹ **LST:** Del inglés "Landing Ship Tanks" se consideran la primera generación de los buques de carga rodada.



Una vez finalizada la Segunda Guerra Mundial se propusieron mercantilizar estos primeros buques, para reducir las demores portuarias provocadas por el sistema de carga Lo-Lo², que había hasta la fecha. De este modo, se entraba a puerto, descargaban y volvían a partir raudamente. Esto tuvo un impacto económico enorme, al reducir los grandes costes provocados por la nueva fluidez en la afluencia portuaria.

El precursor de los buques que conocemos hoy en día como Ro-Ro, fue el buque Comet. Éste se caracterizaba por su tecnología y sofisticación de la época. Contaba con una superficie útil de unos 6.000 m², que en la actualidad equivaldría a unos 2.000 metros lineales. Era la primera vez que la carga era introducida de forma horizontal, por medio de rampas.

A finales de la década de los 50 se empiezan a desarrollar los nuevos buques Ro-Ro, gracias a la recuperación económica de Europa, devastada por la Segunda Guerra Mundial. También influyeron las nuevas líneas de Ferry, como el Canal de la Mancha y establecimientos de tráfico internacionales, que hasta esa época casi ni existían. Además coincidió con la época en que se abrió el mercado de automóviles europeos en tierras estadounidenses.

De manera progresiva, este nuevo sistema fue adquiriendo fuerza en determinadas rutas, gracias a las ventajas claras respecto a sus competidores. Fue entonces, cuando apareció la gran preocupación de la seguridad, en este tipo de buques. Por ello, las sociedades de clasificación empezaron a valorar como insuficientes, las medidas de estanqueidad de que disponían. Como consecuencia, nació la segunda generación de los buques de carga rodada, fruto de la necesidad de mejorar esas deficiencias.

Esta segunda generación se dedicaba a cubrir rutas cortas, mejorando los tiempos en puerto de los demás buques convencionales. Además, no contaban con equipos para la manipulación de la carga a bordo, debido a la necesidad de optimizar el espacio. La carga era normalmente vagones o remolques trincados a la cubierta, por una serie de mecanismos de fijación. Para la descarga se utilizaban tractoras de la terminal.

² **Lo-Lo:** Del inglés "Lift On-Lift Off" es un sistema de carga vertical.



La principal característica de esta segunda generación radicaba en su adecuación al tráfico que efectuaban. Aunque posteriormente desaparecería esta generación, debido a la insistencia de los armadores en que sus barcos operaran siempre las mismas rutas.

Con el boom del mercado japonés en los EE.UU. y Europa Occidental durante los años 1964-1965, se desarrollan los primeros buques PCC (Pure Car Carriers). Éstos se especializaban en el transporte de automóviles exclusivamente, y se distinguían de los PCTC (Pure Car Carriers Truck Carriers).

Esta necesidad de abarcar nuevos mercados, con rutas transoceánicas provoca el nacimiento de la tercera generación de buques de carga rodada. Aumenta por tanto la autosuficiencia, la autonomía, la eficacia del transporte y la demora en puerto. Como consecuencia se reducen mucho todos los gastos. También se produce un cambio estructural en el modelo de rampa de acceso, para la carga del buque. Dicha rampa se diseña para aumentar la flexibilidad en las operativas, llevando a cabo un papel fundamental en la globalización de este tipo de buques.

Es entonces cuando la altura del muelle adquiere una nueva importancia, así como las variaciones de las mareas. Por eso se introducen rampas semi-orientables y orientables. De este modo, se supera el problema de la segunda generación, con esa exclusividad del uso para una única travesía determinada. Así se pretende que los buques puedan llegar a cualquier puerto, sin limitación alguna.

Así como el Caribe tuvo una gran importancia para la innovación de la segunda generación, para esta última lo fue Oriente Medio.

1.3. Tipos de buque

En este apartado se muestra una gran variedad de buques, que transportan mercancía sobre ruedas. Podemos encontrar desde los más conocidos, hasta los de menor uso, mostrando también los más novedosos.

Las grandes diferencias entre ellos, son las zonas por donde navegan, el tipo de propulsión que tienen y otras mercancías que pueden llevar a bordo.

1.3.1. Buque Ro-Ro para cargas pesadas (Heavy Ro-Ro)

Este tipo de buque Ro-Ro está especialmente diseñado, para cargas rodadas de porte superior a las 500 toneladas.



Figura 4: Heavy Ro-Ro cargando mercancía pesada

1.3.2. Pure Car Carrier (PCC)

Construidos en su época por la necesidad de una demanda altísima del transporte de vehículos, lograron reducir de forma sustancial los daños que aparecían durante las travesías. Podemos considerar a este tipo de buque como el más grande, en lo que a la cabida de coches se refiere, dentro de su clasificación.

Con capacidades para unos 2.000 o 3.000 coches a lo largo de sus cubiertas. Pero incluso, los más grandes del mundo llegan a transportar más de 7.000 coches repartidos en 12 cubiertas.

Las rampas de los Pure Car Carrier se suelen construir con dos formas anguladas, para que el buque pueda atracar al muelle de forma paralela, sin necesidad de que haya un tacón en el atraque.

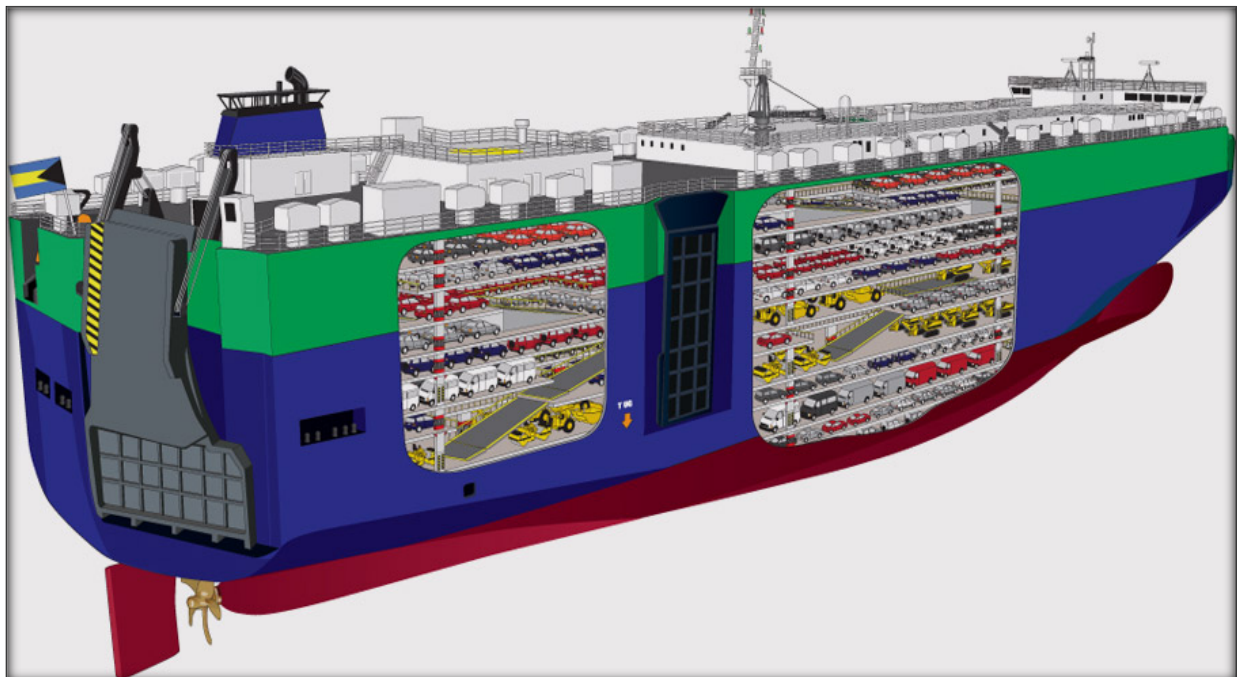


Figura 5: Cubiertas de carga de un Pure Car carrier

1.3.3. Ferries

Sin duda este tipo de buque podemos calificarlo, como de los más conocidos del sector. Normalmente se usan para el transporte de coches, camiones y personas a lugares que no distan más de 300 millas entre sí.

Este tipo de ferries Ro-Ro dedicados al transporte de coches, suelen tener un diseño un tanto arriesgado, en cuanto a que las grandes puertas externas están cercanas a la línea de flotación, con una cubierta para los vehículos de mayor tamaño.

Suelen trabajar en líneas regulares y a diferencia de los car carrier puros, el pasaje también puede introducir los coches en las cubiertas del buque. A su vez, los camiones también pueden llevar su propio chofer, independiente del de la terminal. Este hecho es importante a tener en cuenta, para la hora de hacer tanto la carga como la descarga.



Figura 6: Ferry “Zurbarán” de la compañía ACCIONA Trasmediterránea

1.3.4. Ferries con cable

Es una variante de los Ferries convencionales. Nacieron por una necesidad de cubrir distancias muy cortas, en sectores fluviales donde por razones económicas o geográficas, no se disponía de puentes. Se pueden considerar como una prolongación de la red viaria.

Este tipo de embarcación es impulsado y dirigido por cables, que están conectados a ambas orillas, aunque a veces es gobernado por el personal de abordó. Ni que decir tiene, que siempre están operando en la misma travesía.

Dentro de esta clasificación, podemos encontrar los que usan la fuerza de la corriente de agua como fuente de energía, llamados ferries a reacción.



Figura 7: Ferry con cable atravesando un río

1.3.5. RO-PAX

El acrónimo RO-PAX es utilizado cuando nos referimos a un buque Ro-Ro, con capacidad para transportar más de doce pasajeros. Este tipo de buque se encuentra dentro la familia de los ya mencionados ferries.

Se puede considerar un buque de pasaje, cuya principal función es el transporte de carga rodada. Su aplicación es para rutas cortas, permitiendo su uso para el transporte de personas, quienes pueden ser bien los conductores de los vehículos o bien pasajeros.

Son una alternativa a los grandes ferries, presentando un transporte menos masificado y a su vez con un elevado confort, tanto en lo relativo a estabilidad como sus instalaciones.

Además tienen la ventaja de acceder a puertos con restricciones de calado y eslora, aumentando la flexibilidad de su utilización.



Figura 8: Ro-Pax "Fortuny" de la compañía ACCIONA Trasmediterránea

1.3.6. Enviropax

Este tipo de buque en concreto, no es nada conocido ya que es un nuevo concepto dentro del grupo de buques Ro-Pax de alta velocidad.

En la actualidad, la mayor parte de los proyectos en este grupo de barcos, están pensados para tráfico de cabotaje de corta distancia o para el tráfico trasatlántico.

Se trata en ambos casos de aprovechar al máximo las posibilidades del transporte marítimo, para racionalizar y economizar los sistemas actualmente vigentes.

Su diseño fue creado por el astillero Finlandés KVAERNER, que a día de hoy forma parte del grupo de protagonistas de esta nueva tendencia, en el diseño de buques de alta velocidad.

Además incorporan innovaciones como un sistema CODEC, un sistema propulsor Azipod con hélices contra-rotativas. Por lo general, navegan alrededor de 25 nudos y son propulsados por motores de gran potencia que utilizan combustible diésel pesado.



Figura 9: Buque "Enviropax"

1.3.7. Combinación de Portacontenedores y buque Ro-Ro (CONRO)

Este tipo de buque es una combinación entre un Portacontenedores y un buque Ro-Ro, de ahí viene su acrónimo CONRO.

Este diseño híbrido incluye generalmente una cubierta inferior, únicamente dedicada al transporte de vehículos. Por otro lado, las cubiertas superiores tienen capacidad para almacenar los contenedores.

Como se observa en el ejemplo de la fotografía, algunos están equipados con sus propias grúas, para poder hacer la carga y descarga de los contenedores, sin necesidad de las grúas pórtico de tierra. Esto le da un plus de flexibilidad en los puertos de destino, ya que no depende de los medios del puerto siguiente.



Figura 10: Buque CONRO de la compañía Grimaldi Lines

1.3.8. Buque Convencional/Ro-Ro (CONVRO)

Este tipo de buque combinado no es nada común. Tiene la singularidad de contar con un equipo de carga seca y con el acceso de carga rodada para una o más cubiertas.

Este tipo de barco suele estar equipado con grandes escotillas, a través de la cuales se cargan ciertas cubiertas con el ya mencionado sistema Lo-Lo.



Figura 11: Buque CONVRO de la compañía Transfennica

1.3.9. Roto-loader

En este caso roto-loader no da nombre a un tipo de buque, sino a un sistema de carga, para el uso de mercancía rodada. Estos buques utilizan un elevador para cargar dicha mercancía. Ésta suele ser elevada por el sistema roto-loader y la introduce por encima del costado del buque y no a través de él. Para ello, se eleva la carga hasta la altura necesaria, para después hacer un giro de 180º, sobre un bastidor giratorio. Finalmente, la hace descender al nivel de cubierta seleccionado, dentro de la bodega.

El sistema contiene una plataforma giratoria, que tiene dos pares de columnas verticales, para sostener dos elevadores.

La principal ventaja sobre el resto que utilizan rampa, es el espacio que queda más aprovechado y la menor exposición de gases. De este modo, se logra reducir entre 3 y 4 veces la contaminación.

Por el contrario su consumo es mayor y también produce una demora en el ciclo de carga, además de estar más limitado por el peso de ésta.



Figura 12: Sistema de carga roto-loader en operativa

1.3.10. Sto-Ro (Ro-Ro Stowable)

Este tipo de buque, poco conocido, es una modificación del método de transporte Ro-Ro, donde la carga se guarda en trailers. A diferencia de los demás, los elementos utilizados para la estiba no acompañan a la carga al puerto de destino.

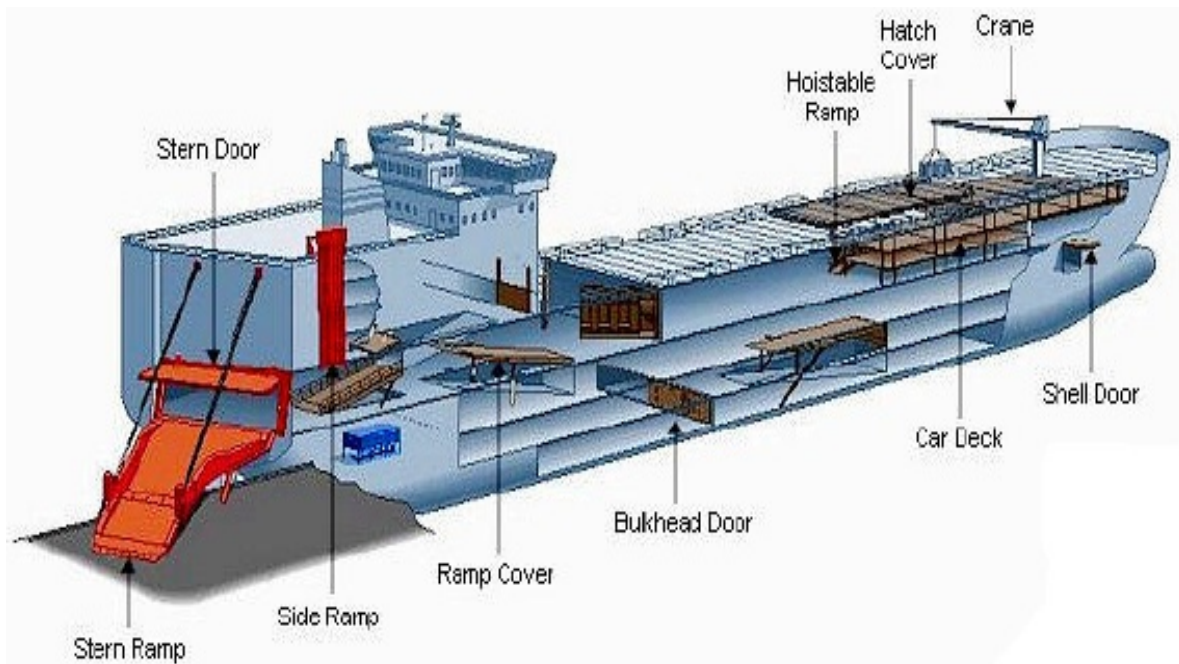


Figura 13: Partes de un Ro-Ro Stowable



1.4. Diferencias problemáticas

A pesar de haber hecho alguna referencia durante la introducción, merece una mención aparte, las diferencias que hay entre este tipo de buque y el resto. Debido a que hay una serie de elementos diferenciales, se crean una serie de problemas nuevos en áreas dispares.

- **Carencia de mamparos:** La división de mamparos dentro de un buque es de vital importancia, para reducir al máximo las zonas afectas en caso de inundación. En este caso, los buques que llevan mercancía rodada reducen el número de mamparos, para aumentar la efectividad durante la carga y descarga. Este hecho va en detrimento de la seguridad, ya que en caso de accidente, se vería acelerado el hundimiento del buque y reduce el tiempo de evacuación. Del mismo modo, en caso de incendio, éste tiene mucha más facilidad para expandirse. A pesar de lo mencionado, sí que tienen mamparos de subdivisión y de colisión tal y como prescribe el SOLAS³.
- **El Francobordo:** Este tipo de buque tienen las rampas situadas muy cerca de la línea de máxima carga. En el supuesto de que dicha rampa no estuviera cerrada como debiese, por un defecto en el trimado o una escora repentina debido a un mal tiempo, podría ingresar agua por la rampa. Esto provocaría una reacción en cadena, ya que la carga sería barrida por el agua, ayudando a que la escora del buque aumentase, hasta poder volcar.
- **Las Rampas:** El hecho de que las rampas estén situadas a proa o popa del buque conlleva un problema, ya que suponen un punto débil potencial. Esto sucede, debido al desgaste al que son sometidas con el uso, durante tantos años. Cualquier daño estructural o defecto podría quitarle a las rampas su estanqueidad.

³ **SOLAS:** Del inglés "Safety of Life at Sea" es el Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar.



- **Estabilidad:** Este tipo de buque suele contar con una gran obra muerta. Esta superestructura tan grande, comparada con la de otros buques, hace que sean más propensos a ser afectados por las inclemencias meteorológicas, especialmente el viento. Además, en caso de un mal trincaje, con condiciones climáticas desfavorables, la carga puede adquirir movimiento con mucha más facilidad que la de otro tipo, afectando a la estabilidad del buque.
- **Medios de evacuación:** Al tener esa gran obra muerta, muchos de estos buques plantean un serio problema respecto a los sistemas de evacuación. Los botes salvavidas y los MES⁴ de a bordo, para la evacuación de los pasajeros y la tripulación, se encuentran a una gran altura. Esto conlleva un peligro a la hora de arriarlos.
- **La tripulación:** Por todo lo mencionado en este apartado, la tripulación es más vulnerable. Por eso debe ser especialmente cuidadosa y meticulosa, ya que los errores humanos en este tipo de buques, acarrear consecuencias mucho peores.

⁴ **MES:** Sistema homologado de Evacuación Marina.





Legislación

2. Legislación

2.1. Antecedentes

Como siempre suele pasar a lo largo de la historia de la marina mercante, la normativa que la envuelve ha sido creada debido grandes accidentes del pasado. En el caso de los buques de carga rodada, hubo dos que fueron muy importantes.

Estonia

El 28 de septiembre de 1994, este buque nuevo se encontraba navegando en una gran tormenta en el Norte del Mar Báltico. Debido a un fallo estructural en el yelmo de proa, se desprendió y cayó al mar dejando una apertura enorme en el casco. El agua empezó a entrar y en menos de media hora ya se había hundido. En este accidente murieron un total de 850 personas.



Figura 14: Buque "ESTONIA" hundido en el fondo del mar



Herald of Free Enterprise

Fue un viernes 6 de marzo en el año 1987 cuando este buque sufrió un accidente, en el que zozobró y se hundió rápidamente. Después del Titanic no había habido un naufragio británico de ese calibre, en tiempos de paz.

Partía de Zeebrugge con dirección a Bélgica y a pesar de no tener que hacer esa ruta aquel día, una cadena de errores humanos cometidos por la tripulación, llevaron a la muerte 191 personas. Aquel día iban un total de 459 pasajeros, 81 vehículos particulares y 47 trailers.

La causa principal del trágico final fue el que cometió un marinero, que se encargaba de limpiar la cubierta y abrir la puerta de proa, para permitir descargar los vehículos. Éste lo revisó todo y viendo que tenía tiempo, se fue a su camarote y se quedó profundamente dormido. Cuando lo llamaron porque el barco iba a salir, no se despertó.

A pesar de que él era el encargado de revisar las compuertas de las cubiertas de entrada de vehículos, el primer oficial tampoco lo hizo debido a las prisas por hacer el trayecto en una hora.

Por tanto, el barco salió de puerto con un agujero de unos 30m², sin que nadie a bordo pudiera imaginarlo. Por desgracia, en esa época no existían las actuales cámaras obligatorias en las rampas, para evitar precisamente que sucedan estos casos.

Las olas heladas del Canal de la Mancha empezaron a aumentar, a medida que el buque cogía velocidad. Un total de 2000 toneladas de agua entraron en las cubiertas del buque, en tan solo medio minuto.

Cuanta más agua entraba más se hundía la proa y mayor era el caudal, mientras el Herald of Free Enterprise seguía navegando a su velocidad normal.

Finalmente hubo un gran estruendo, debido a la cantidad de agua que había estado entrando en las cubiertas. Esto provocó que los coches se fueran hacia un costado y el buque zozobrara, quedando a una media milla al NW de la bocana del puerto.

Quedó escorado noventa y cinco grados a babor y con el costado apoyado sobre el fondo en un banco de arena, por lo que por suerte no se hundió totalmente. De hecho, permitió más tarde, que pudieran rescatar a muchos de los pasajeros que viajaban en él.

La mayoría de los pasajeros se encontraban en la cafetería y locales públicos, por lo que se vieron arrojados contra el costado de babor. Unos segundos después, el interior del barco se convirtió en una piscina helada, donde nadie iba a aguantar más de 20 minutos en esas frías aguas.

El capitán no tuvo tiempo de pedir auxilio, ya que todo había sido muy rápido. Cuando el buque zozobró, cayó al suelo dándose un golpe en la cabeza y quedando inconsciente, por lo que no dio la voz de alarma.

Por suerte, un barco noruego vio como el ferry escoraba y pudo dar el aviso de socorro. Finalmente, junto con otros barcos intentaron rescatar al mayor número de pasajeros.

Al día siguiente comenzaron las investigaciones de aquel accidente y se hicieron evidentes los errores, siendo la causa de aquella catástrofe: un "fallo humano".



Figura 15: Herald of Free Enterprise después de su accidente



2.2. La OMI

Los buques de carga rodada transportan mercancía para el consumo individual y/o industrial, pero en ciertas ocasiones dicha mercancía es contaminante y peligrosa. Por esta razón, la OMI⁵ ha incluido una serie de directrices referentes a los buques de carga rodada, tanto en el convenio MARPOL⁶ como en el código IMDG⁷.

2.2.1. Daños en la estabilidad

La característica principal que distingue a los buques de carga rodada, respecto de otros, es la cubierta de vehículos abierta. Éstas recorren la eslora del buque con compuertas en uno o ambos de sus extremos. Como ya se ha dicho en el capítulo anterior, esta característica hace que se brinde a estos buques, un trato especial con respecto a la seguridad, ya que su estabilidad es diferente a la de otros buques.

Según la Convención Internacional de Líneas de Carga de 1966 – LLC, los buques se dividen en dos tipos básicos:

- **Tipo A:** Incluye a los buques tanque, asignándoles un francobordo más pequeño que a los del tipo B. Los del tipo A están mejores protegidos del mar, debido a que tienen más subdivisiones internas y menos áreas de superficies abiertas.
- **Tipo B:** Los buques cargueros, incluidos los buques Ro-Ro, se caracterizan por tener un gran francobordo y están sujetos a requerimientos menos rigurosos para su subdivisión y la estabilidad con avería.

En el convenio SOLAS, los requerimientos para la subdivisión y la estabilidad con avería para buques de pasaje se encuentran en la parte B del Capítulo II de la versión de 1960

⁵ **OMI:** Es la Organización Marítima Internacional

⁶ **MARPOL:** Es el Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los Buques

⁷ **Código IMDG:** Del inglés “International Maritime Dangerous Goods” es el Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas.



y Capítulo II-1 de la versión de 1974. En ambos, el estándar de subdivisión varía de acuerdo con la eslora del buque y el número de pasajeros a bordo.

Los buques de pasaje son definidos como buques que transportan más de 12 pasajeros. Es decir, aquellos Ro-Ro que superen dicha cifra son considerados ferris de pasaje, incluidos los ferris de coches, en la clasificación de buques de pasaje.

El resultado práctico más importante es hacer obligatorio para los ferris de coches y pasaje, que construyan las cubiertas de garaje por encima de la línea de carga. La zona debajo de ésta cubierta, debe estar subdividida por mamparos verticales estancos.

2.2.2. Seguridad de la Carga

Por desgracia las cuestiones de estabilidad no son el único problema en este tipo de buques, ya que el 43% de las pérdidas que se producen de un Ro-Ro, son debidas al corrimiento de carga y fallos operacionales. Por tanto, otro inconveniente muy importante, es la estiba y seguridad de la carga.

La OMI lleva desde 1970 desarrollando diferentes medidas para mejorar la seguridad de la carga transportada en buques Ro-Ro. Es el caso del año 1975, por ejemplo, en el que la OMI y la Organización Internacional del Trabajo (ILO) empezaron a trabajar en una guía para el adiestramiento en el embalaje de carga en contenedores. Se publicaron posteriormente en el año 1978 y fueron pensadas como una guía rápida de lo esencial, para el embalaje seguro. Su función era que se utilizara por los responsables del embalaje y el aseguramiento de la carga en vehículos o contenedores.

Esto dio pie a que años después, en el 1985, la OMI y la ILO crearan la “Guía para el Embalaje de carga en Contenedores o Vehículos de Carga”. Ésta remarca que el trincaje y embalaje en el contenedor o vehículo debe ser llevado adecuadamente. Nunca se debe asumir que el tiempo será bueno y la mar apacible. Tampoco, que los



métodos de aseguramiento usados solamente para el transporte terrestre, serán los adecuados.

Dicha guía está pensada para un uso conjunto con carga rodada, contenedores, plataformas, pallets, depósitos móviles, unidades embaladas, vehículos, etc. Contando con las partes del equipo de carga, la cual pertenece al buque, pero no forma parte de su estructura.

Una de las recomendaciones más importantes es la de que los buques deben llevar un Manual de Trincaje de Carga apropiado a las características del buque. Su propósito de servicio, debe tener en cuenta en particular a las principales dimensiones del buque y sus características hidrostáticas. Además de, las condiciones del tiempo y mar con las cuales se puede esperar en el área de comercio del buque y también en la composición de la carga.

Las disposiciones están pensadas para proveer un tratamiento uniforme a la preparación de los Manuales de Trincaje de la Carga, su formato y contenido. Las materias cubiertas incluyen detalles de los medios de trincaje de la carga fija y su localización. También la estiba y localización del trincaje del equipo de la carga móvil y su correcta aplicación. Se debe tener un inventario de artículos proporcionados, así como una indicación a la magnitud de fuerzas, que se esperan que actúen en las unidades de carga, en varias posiciones a bordo del buque.

La OMI también desarrolló guías para los medios de trincaje de transporte de vehículos rodados en buques Ro-Ro. La resolución A.581 (14) adoptada en esta materia, fue aprobada por la Asamblea en Noviembre de 1985.

Las guías están previstas para aplicarse a los vehículos comerciales, incluidos los semitrailers y camiones articulados con una masa total de hasta 40 toneladas, incluyendo su carga. También a los camiones articulados de no más de 45 toneladas.

La resolución establece que debido al diseño de buques y el adecuado equipo para vehículos de carretera. Un trincaje con suficiente resistencia, debe ser capaz de soportar las fuerzas ejercidas por ellos, durante la travesía.



Los resguardos de los lados requeridos frecuentemente para los vehículos, pueden obstruir el adecuado trincaje y la guía tiene esta dificultad en cuenta. Por eso cubre todos los puntos de aseguramiento, tanto en la cubierta del buque, como en el vehículo, además del trincaje y la estiba.

El Subcomité de Cargas y Contenedores continúa su trabajo en este campo, concentrándose en dos áreas principales:

1. Una fue el desarrollo del método del cálculo armonizado, para determinar las aceleraciones que actúan en las unidades de carga, incluyendo los vehículos a bordo del buque.
2. El segundo y más importante fue desarrollar el Code of Safe Practice for the SafeStowage and Securing of Cargo, Cargo Units and Vehicles. El objetivo de este Código, es el de aconsejar a los capitanes de peligros específicos y dificultades asociadas con el transporte de ciertas cargas. Además de, la estiba y el aseguramiento de tales cargas y las asociadas medidas de manipulación a bordo.

2.2.3. Estiba

En lo referente a la estiba, los buques de carga rodada han de aplicar una serie de medidas muy particulares para no tener problemas de estabilidad.

- ✓ Las rutas de escape, dibujadas en rojo, y el acceso a los sistemas de emergencia deben estar libres.
- ✓ Los frenos de aparcamiento de cada vehículo deben estar accionados, así como tener una marcha metida.
- ✓ Los semi-remolques no pueden descansar sobre sus patas delanteras, excepto si han sido diseñadas para buques.



- ✓ Los semi- remolques deben descansar sobre caballetes, de forma que la quinta rueda del mafi tenga acceso al enganche.
- ✓ Bidones o envases de superficie delgada no deben estibarse en las cubiertas de vehículos sin la adecuada protección.
- ✓ Dependiendo del área de operación, del tiempo dominante y del tipo movimientos del buque, se ha de procurar que los vehículos queden lo más estáticos posible. Esto se puede lograr con el trincaje adecuado.
- ✓ Se ha de tener cuidado con la suspensión de aire comprimido de vehículos que ya se encuentren trincados. Si se produce una pérdida de aire el vehículo puede quedar libre.

2.2.4. Seguridad contraincendios

A comienzos del año 1960 la OMI consideró la problemática de los grandes espacios abiertos, asociados a los buques de carga rodada. Para ello, se tenía que hacer alguna implicación, en lo que a la seguridad contraincendios se refiere.

Años después en 1967 la Asamblea adoptó, con la resolución A.122 (V), una nueva regulación nº 108 como enmienda a la Convención SOLAS de 1960. Ésta hacía referencia a la protección de espacios de categoría especial, encima o debajo de la cubierta en los buques de pasaje.

Se fijó que la zona principal vertical no sería practicable para tales espacios horizontales extendidos. Para hacer factible dicha modificación del concepto de las zonas verticales, la Asamblea también adoptó una recomendación para los sistemas fijos de lucha contraincendios, para espacios de categoría especial, con la resolución A.123 (V).



A finales del año 1975, la Asamblea adoptó la resolución A.327 (IX), relativa a los requerimientos de seguridad contra incendios para buques de carga. Estos recomendaban la implantación de requerimientos mejorados, para la seguridad contra incendios. Era un suplemento a los ya incorporados en el SOLAS 60 y SOLAS 74, que hasta la fecha no había entrado en vigor.

La Regulación 18, de esta resolución, trata los espacios de carga destinados al transporte de vehículos a motor con fuel en sus depósitos. Incluyendo requerimientos adicionales de detección y alarma de incendios. De este modo, mejoraba los medios de extinción de incendios, ventilación y precauciones contra la ignición de vapores inflamables.

Respecto a esta resolución, el Subcomité de Protección de Incendios consideró que no había necesidad de requerimientos adicionales de seguridad contra incendios, para buques Ro-Ro. Sin embargo se acordó que la resolución A.327 (IX) debía ser revisada y se estableció un grupo especial de trabajo para considerar dicho tema.

Como resultado de todo, las enmiendas a los requerimientos de la II-2 fueron incorporadas en las enmiendas al SOLAS de 1981 y que entraron en vigor el 1 de Septiembre de 1984.

Muchas regulaciones concernientes a la seguridad contra incendios en buques de carga, fueron afectadas por estos cambios, incluyendo la que hacía referencia a los medios de protección contra incendios en espacios de carga. Por otro lado, la nueva regulación fue aceptada para ser añadida con especiales requerimientos, para buques que transportaban mercancías peligrosas. Haciendo especial referencia a los buques Ro-Ro.

Las Regulaciones 53 y 54 del capítulo II-2 del SOLAS 74 fueron posteriormente mejoradas en las enmiendas del SOLAS 1983. Del mismo modo, las enmiendas del SOLAS 1989, que fueron adoptadas por la Asamblea como recomendaciones en la resolución A. 515 (13).



2.2.5. Cubiertas de vehículos

Aunque en su origen, el convenio SOLAS había sido creado de forma genérica para todo tipo de buques, a lo largo del tiempo se ha ido actualizando, con la intención de especificar ciertas materias para cada tipo de buque. Es en los capítulos II-1 y II-2 de su anexo, donde hace referencia a las características y condiciones, que deben cumplir los buques de carga rodada.

Las mercancías que se consideran destinadas a este tipo de buques, pueden ser autopropulsadas o no:

- Vehículos automóviles
- Remolques y semi-remolques
- Roll-trailers
- Mercancía general: Paletizada, bidones, cajas, etc.
- Contenedores estibados mediante maquinaria rodada.

Las cubiertas destinadas a la carga rodada tienen diferentes alturas y un diseño que permite acceder a ellas. El uso de rampas o elevadores entre cubiertas es lo habitual, así como la rampa que permite el acceso de los vehículos de tierra al buque.

La estanqueidad de estas instalaciones ha de ser perfecta. Estos espacios deben estar completamente protegidos. Además de disponer de protección adecuada contra incendios. Estos sistemas, especificados por el SOLAS, han de contener patrullas para la detección, equipos de extintores y sistemas de extinción.

También se especifican las características especiales de cada cubierta, en función de si están ubicadas por encima o por debajo de la cubierta de cierre.

Los espacios destinados a los automóviles que lleven combustible en sus depósitos, han de estar dotados de sistemas fijos de extinción de incendios. También deben tener sistemas de ventilación con aberturas fijas y precauciones contra la ignición de vapores inflamables.



La existencia de buques de pasaje y carga rodada hace, que estos hayan de cumplir unas características concretas. Debe haber una subdivisión de los buques de pasaje, en compartimientos estancos. Ésta ha de estar concebida de modo que, después de una supuesta avería en el casco del buque, éste pueda permanecer a flote en posición de equilibrio. También se estipulan también prescripciones relativas a la integridad de estanqueidad y a la disposición del circuito de achique.

2.2.6. Certificados y documentación

En el Capítulo VII del SOLAS se especifican las condiciones que ha de cumplir la mercancía peligrosa, para poder ser transportada en buques de carga rodada. La clasificación de las mismas se hace en función de lo estipulado en el código IMDG.

Hay una serie de condiciones de estiba que hay que cumplir. Es decir, este tipo de mercancía solo podrá ir estibada en unas zonas determinadas dentro del buque.

Los envases o embalajes, en los que se transporta la mercancía, la documentación adjunta y las marcas y etiquetas de las mismas han de cumplir dichas condiciones determinadas.

Si se produce cualquier suceso en el que intervengan estas mercancías se ha de notificar.

Los certificados y documentos que han de llevar los buques que transportan este tipo de mercancías son:

- ✓ Manual de sujeción de la carga.
- ✓ Documento de cumplimiento.
- ✓ Certificado de Gestión de Seguridad.
- ✓ Manifiesto de mercancías peligrosas o plano de carga.



El transporte de explosivos en buques de pasaje de carga rodada está prohibido, con excepción de alguna clase de ellos. Los únicos que se pueden transportar sin límite son los de clase 1.4⁸, mientras que el resto están limitados a unas condiciones muy concretas.

2.2.7. Buques con pasaje

Independientemente de la fecha de construcción del buque, si la cantidad de personas transportadas no excede de 12, el convenio SOLAS ya marca una serie de condiciones que hay que cumplir. Pero dado que el número de personas transportadas en buques de carga rodada, puede ser muy elevado, aquellos buques que lleven más de 400 han de cumplir unas características concretas. Entre ellas, han de disponer de un alumbrado de emergencia suplementario al habitual, en espacios de carga, pasaje y tripulación.

Se puede dar el caso en que un buque haya de ser abandonado con rapidez, llevando a bordo un número de personas elevado. Por eso, ha de disponer de una serie de vías de evacuación. Estas vías son los accesos a los puntos de reunión del buque. Han de ser de fácil tránsito y nunca deben estar obstruidas por mobiliario ni obstáculo alguno.

En el caso de que un pasajero quisiera acceder a la cubierta donde se encuentran estibados los vehículos., el acceso a la misma ha debería estar completamente cerrado. Únicamente durante la navegación, se podrá acceder a ella si el capitán u oficial designado lo permite.

⁸ **Clase 1.4:** Explosivos sin riesgos significativos de proyección



2.2.8. Generalidades

Como ya se ha visto todo está regulado, por lo que los barcos deberán cumplir con las siguientes operativas:

- ✓ El movimiento de la carga, la estiba y el trincaje han de estar supervisados por el oficial responsable y asistido por una persona competente.
- ✓ No se permite fumar o cualquier tipo de llama en las cubiertas de vehículos. Han de existir carteles o señales que recuerden esta prohibición.
- ✓ Ninguna persona puede estar sin autorización en las cubiertas de vehículos y nunca se podrá acceder a ellas durante la navegación, a menos que específicamente se permita.
- ✓ Los pasajeros y conductores no puede permanecer en las cubiertas de vehículos sin la autorización del oficial pertinente. El periodo previo al desembarco, cuando se solicita a los pasajeros que vuelvan a sus vehículos, han de reducirse al mínimo.
- ✓ Las cámaras de los circuitos cerrados de vigilancia han de estar instaladas donde permitan una completa vista de las cubiertas de vehículos. Esto no excluye la realización de patrullas de vigilancia en dichas cubiertas, junto con las patrullas contra incendios en la zona de acomodación de pasajeros.
- ✓ La comunicación entre los oficiales y los marineros ha de ser clara y concisa en el sentido de mantener la seguridad de pasajeros y vehículos.
- ✓ Debe haber unas normas de tráfico precisas, que incluyan un límite de velocidad, con el uso de señales adecuadas
- ✓ Las señales realizadas por el personal para dirigir la circulación han de ser precisas.



- ✓ Una iluminación adecuada debe ser establecida.

- ✓ El personal que dirige las operaciones ha de situarse fuera del camino que siguen los vehículos en movimiento, especialmente si van marcha atrás. Han de estar siempre a la vista de los conductores y vestidos con ropa de alta visibilidad.

- ✓ Se ha de prestar atención a la circulación de vehículos por rampas. Estos pueden deslizarse, sobre todo si están mojadas. Las rampas han de disponer de una superficie que no sea deslizante.

- ✓ Deben funcionar las alarmas de marcha atrás de los coches.

- ✓ Sistemas de trabajo seguros han de plantearse asegurándose de que una persona responsable dirige los movimientos.

- ✓ El personal que se mueve por las cubiertas ha de tener cuidado con la rampas y cubiertas móviles. Dentro de lo posible han de estar equipadas con alarmas sonoras y visuales.





Trincaje



3. Trincaje

En este capítulo del trabajo se procede a describir el trincaje de la carga rodada, desde un punto de vista tanto teórico como práctico. Para ello empezaremos por la parte descriptiva, ya que nos ayudará a hacernos una idea de lo que se va a comentar con posterioridad.

La planificación de la carga se desarrolla siguiendo las fases comunes a otras cargas, pero además se tendrá en cuenta que son cargas sobre ruedas, por lo que es necesario prestar una especial atención al trincado de las mismas. La seguridad es siempre prioritaria, pero en la planificación de la carga rodada debe ser más exhaustiva, debido al número de personas involucradas en las operaciones, así como a la velocidad a la que se embarca y desembarca la carga rodada.

Dicha planificación es realizada previamente a la llegada del buque a la Terminal portuaria. La tripulación preparará todo lo relativo a las operaciones de a bordo, incluyendo la forma en la que quedarán distribuidos los vehículos, para que la navegación sea segura. El personal que gestiona la Terminal, preparará la planificación teniendo en cuenta que, el tiempo real para cargar un buque, dependerá principalmente del empleado en la maniobra y trincaje de cada vehículo. Básicamente, la planificación consistirá en las siguientes fases.

- Organizar el tráfico de vehículos para reducir tiempos en puerto.
- Aprovechar las ventajas de movilidad de algunas cargas.
- Calcular el espacio disponible; el número de vehículos que podrán ser estibados y las trincas necesarias para cada uno de ellos.
- Tener en cuenta la distancia entre las cargas en base a sus pesos.

Para poder llevar a cabo todos estos pasos hemos de tener muy clara la normativa vigente. Para ello, tenemos el código de prácticas de seguridad para la estiba y sujeción de la carga, con última edición en el año 2003.



El SOLAS es muy claro en este sentido dando las directrices necesarias para la elaboración de un manual de la carga, con el fin de reducir los problemas y riesgos de estiba. Éste debe ser redactado en inglés y el idioma de trabajo del buque.

3.1. Manual de sujeción de la carga

En referencia al apartado anterior, se va a detallar en que consiste dicho manual, que debe de tener cualquier buque que transporte este tipo de carga.

En primer lugar, en caso de transportar mercancías peligrosas, se deberá cumplir con las referencias descritas en el capítulo VII del Convenio SOLAS. Si no fuera éste el caso, de todas formas es de obligado cumplimiento el capítulo VI de dicho Convenio.

En segundo lugar, debe haber una declaración de cumplimiento con el Código de prácticas de seguridad para la estiba y sujeción de la carga. Además de un listado de documentos utilizados para su preparación, junto con catálogos de fabricantes, publicaciones y aclaraciones.

Una vez realizados estos dos pasos previos, como cualquier otro código o manual que se precie, se deberá emplear el primer capítulo a las generalidades. Esto quiere decir, que se tienen que dejar claro la definición de ciertas palabras, así como las unidades empleadas en la carga y los dispositivos de sujeción de la misma. Es imprescindible anotar las características del buque, tales como eslora, manga, puntal, calado y velocidad. Pero es de la misma importancia, mencionar los metros lineales de carga de los que se dispone, así como las dimensiones de las cubiertas y las restricciones de estiba y carga máxima. Además, debe haber notas para el personal y declaraciones generales.

Una vez se han dejado claras todas las generalidades, pasamos a las especificaciones de los dispositivos de sujeción de la carga. Hay que realizar un listado con el número total, tipos, funciones y características de los mismos. Tener muy claro el plano de

distribución y hacer procedimientos de inspección y mantenimiento periódicos; para así, tener un control de los dispositivos y poder subsanar las deficiencias de inmediato.

En el caso de que la carga no sea normalizada también debemos de seguir una serie de instrucciones para la manipulación y seguridad. Es importante realizar una evaluación eficaz de las fuerzas, que actúan sobre las cargas. Para ello, se tiene que efectuar unos diagramas de aceleración en distintas posiciones del buque para las diferentes condiciones meteorológicas que puedan suceder. Además de llevar a cabo el cálculo del número necesario de los dispositivos de trincaje y su resistencia, teniendo en cuenta siempre el tipo de unidades de carga, su masa y dimensiones.

De igual modo que en el párrafo anterior, en el caso de los dispositivos de sujeción de carga normalizada, se tiene que cumplir con las instrucciones de manipulación y seguridad. En el caso de contenedores, plataformas o roll-trailer debemos encontrar las instrucciones sobre su estiba y sujeción. Por eso debemos tener un plano de estiba y trincaje, además de otros medios admisibles de estiba. Siempre se debe advertir cual es el uso incorrecto de los elementos. De igual modo que antes, se debe tener en cuenta la distribución de las aceleraciones sobre las unidades de carga, así como las variaciones con el aumento de la estabilidad.

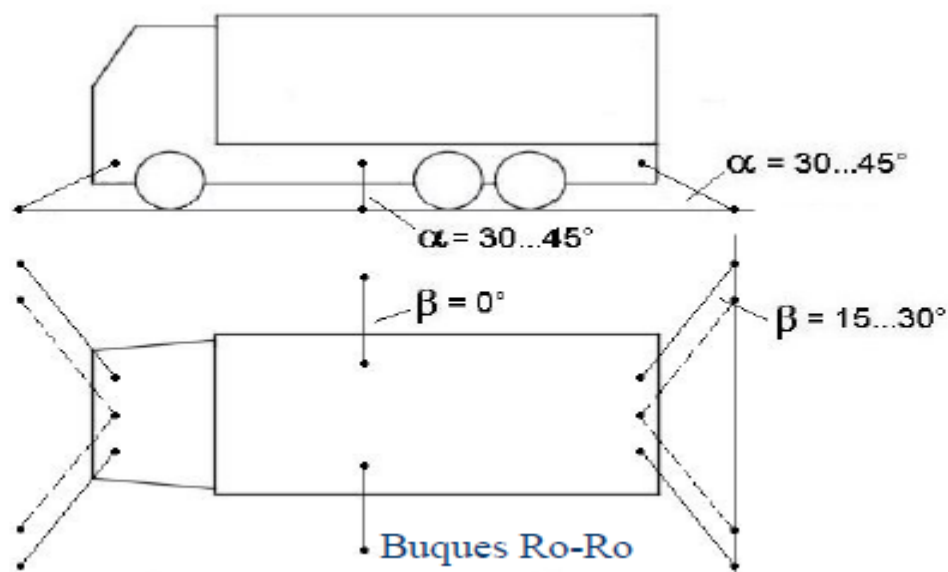


Figura 16: Ángulos de las trincas de un camión

3.2. Elementos de estiba y sujeción de la carga

Para entrar de pleno en esta materia, debemos tener una serie de ideas. Los buques Roll-on/Roll-off necesitan una terminal especializada para su propia operativa. Esto es debido a la variedad que hay entre las cargas normalizadas y las cargas especiales, ya que implica diferentes equipos de carga.

- Estiba de carga rodada → Roll-tráiler, plataformas, etc.
- Estiba de cargas unitizadas sobre carretillas elevadoras → Stowest Ro-Ro

3.2.1. Maquinaria

Es imprescindible hacer una breve mención a los distintos tipos de maquinaria que se emplean para la estiba en este tipo de buques. A continuación se muestra su clasificación.

- 1. Cabeza tractora o Mafi (Tugmaster):** Este tipo de maquinaria es el más utilizado en las instalaciones de tipo RO/RO, desde finales de los años sesenta. Es una cabeza tractora, utilizada en el transporte por carretera, que ha evolucionado hacia modelos más especializados.



Figura 17: Cabeza tractora

Consta de una conexión entre la cabeza tractora y la plataforma denominada “Quinta rueda”. Ésta consiste en una plancha circular en forma de V, que se une con un encaje de cuello de cisne, mediante el sistema de elevación hidráulica.

Las grandes ventajas que nos proporciona respecto a otro tipo de maquinaria son su gran visibilidad y trabajo en ambos sentidos de la marcha.



Figura 18: Encaje de cuello de cisne

- Bateas Roll-Trailer:** Son plataformas sobre las que se estiba la carga, sin necesidad de descargarse del muelle o el barco. Por ello son utilizadas en el segundo eslabón de la cadena de estiba. Podemos encontrarlas en las mismas medidas proporcionales a la longitud de los contenedores de 20 y 40 pies.



Figura 19: Bateas Roll-Trailer

De este modo, nos proporcionan distintas ventajas:

- Un acople rápido facilitado por el cuello de cisne o cuello de seguridad
- Una gran rigidez en la construcción de la batea, con la posibilidad de soportar grandes esfuerzos.
- Una baja altura de la plataforma, para proporcionar más comodidad a la hora de trabajar con ella.
- La parte trasera finaliza en bisel, para poder librar las rampas del buque con más facilidad.
- Permite el trincaje de contenedores, incluso hasta dos alturas.
- También permite el trincaje de cargas no normalizadas.

3. Sistemas FLT (Fork-Lift-Trucks): Consta de una carretilla elevadora, normalmente utilizado como un vehículo auxiliar. Se considera una alternativa a la cabeza tractora o Mafi, con la ventaja de que puede elevar un contenedor hasta una altura estándar de 3 metros.

Por consiguiente, tiene la desventaja de menor estabilidad en el ascenso y descenso de las rampas del buque, respecto a otro tipo de maquinaria.



Figura 20: Sistema FLT (Fork-Lift-Trucks)

4. **Transtainer:** Este tipo de vehículo es característico por su sistema de estiba transversal, derivado del “C-Van”. Consta de dos trenes de ruedas articuladas, que elevan el contenedor por el centro de la máquina. Es un sistema de carga a horcadas, diseñado por la compañía Finnlines en 1966, que permite mayor maniobrabilidad y rapidez.



Figura 21: Transtainer

3.2.2. Dispositivos para el trincaje

El principal propósito de estos dispositivos es preservar la seguridad de la tripulación del buque y de la carga. Todo esto conlleva unas técnicas encaminadas a simplificar y agilizar las labores en puerto. Es importante conocer los diferentes tipos que encontramos a bordo, para hacer la mejor elección de trincas y así reducir los esfuerzos en las cargas.

Hemos de efectuar los requerimientos generales, así como realizar unas buenas prácticas marineras. Siempre que cumplamos con las normas en vigor, lograremos absorber esos esfuerzos.

En este tipo de buques hemos de dividir los elementos que se trincan en móviles y fijos, por ello existe una gran variedad de trincas y posibilidades. Es importante que éstas sean independientes unas de otras y dejar siempre la posibilidad de retrincar si fuera necesario.

3.2.2.1. Clasificación

3.2.2.1.1. Elementos fijos en cubierta

1. **Patas de elefante (Founddations):** Este elemento se encuentra siempre fijo y enrasado sobre la cubierta del buque.



Figura 22: Patas de elefante

Se utiliza para fijar el vehículo mediante trincas que van del coche a la pata de elefante.

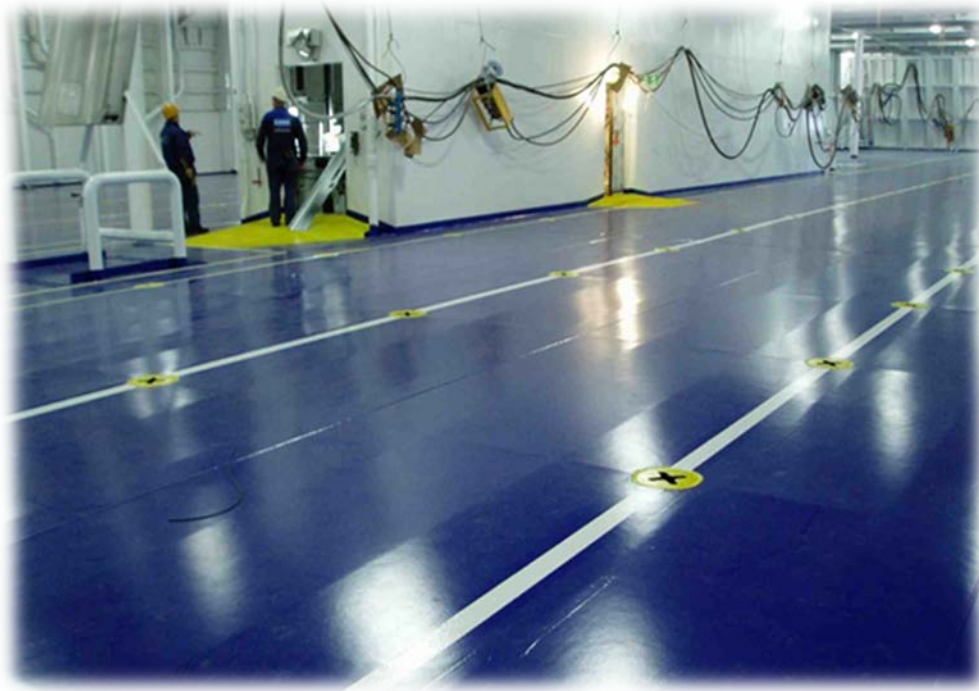


Figura 23: Patas de elefante sobre la cubierta de carga de un Ro-Ro

Como se puede observar en la fotografía, estos elementos se sitúan a ambos lados de las calles, con una separación entre sí de 2,10 metros de proa a popa y 2,85 metros de babor a estribor.

En la siguiente tabla observamos la máxima carga de forma segura que puede soportar, en función del ángulo máximo o mínimo al cual se le puede hacer trabajar.

MODELO	MSL 55° (Ángulo Máximo)	MSL 30° (Ángulo Mínimo)	Diámetro ∅ mm	PESO Kgs	MATERIAL
FA.08.1.B	20 T	20 T	270 X 58	10	Plancha de acero
FA.06.1	20 T	20 T	250 X 55	5,8	Acero forjado

2. **Anillas de amarre (Lashing Eyes):** De igual modo que las patas de elefante las podemos encontrar sobre la cubierta del buque y enrasadas.



Figura 25: Anillas de amare (Lashing Eyes)

A diferencia del anterior sistema, su MSL⁹ es normalmente menor o igual a mismos ángulos que las patas de elefante, pero puede llegar a trabajar con ángulos superiores de hasta 65°, tal y como podemos observar en la siguiente tabla.

MODELO	MSL 65° (Ángulo Máx.)	MSL 30° (Ángulo Mín.)	Dimensiones mm	Carga Rotura Tons	Peso Kg	Material
FA.01.1 (36)	10 T	10 T	188 x 145 x 24	36	3	Acero Forjado
FA.01.1 (50)	20 T	20 T	208 x 145 x 24	50	3,5	Acero Forjado
FA.01.2	10 T	10 T	390 X 188 X 24	36	6	Acero Forjado
FA.50.1	20 T	20 T	130X 117 X 17	20	1,5	Acero Forjado
FA.57.1	10 T	10 T	100 X 77 X 12	8	1	Acero Forjado
FA.13.1C	10 T	10 T	∅ 225 x 45	36	7	Acero Forjado
FA.13.2C	10 T	10 T	∅ 345 x 54	36	14	Acero Forjado

Figura 26: Tabla que relaciona el MSL con el FA

Estos dispositivos, igual que los anteriores, son estándar y homologados. Por eso la información incluye el material, tipo, peso carga de rotura, etc. Dicha información debe ser proporcionada por el fabricante al Armador.

⁹ MSL: Maximun Security Load es la carga máxima de sujeción que puede soportar el elemento según el fabricante

Aunque la carga y estiba se realice por una empresa externa al buque, el capitán siempre será el responsable de la misma. Por eso todo el material utilizado debe tener determinada su carga de rotura, o al menos su MSL grabada por el fabricante y provisto de los certificados correspondientes.

3.2.2.1.2. Elementos Móviles

- 1) **Trincas de banda téxtil (Web Lashing):** Como su propio nombre indica son trincas textiles, normalmente de poliéster, con tensor y gancho de alta resistencia. Se utilizan para trincar automóviles, con 2 o 4 trincas capaces de soportar 1000kg de carga de rotura. Disponen de un disparador para soltarlas fácil y rápidamente y de una carraca para tensarlas.

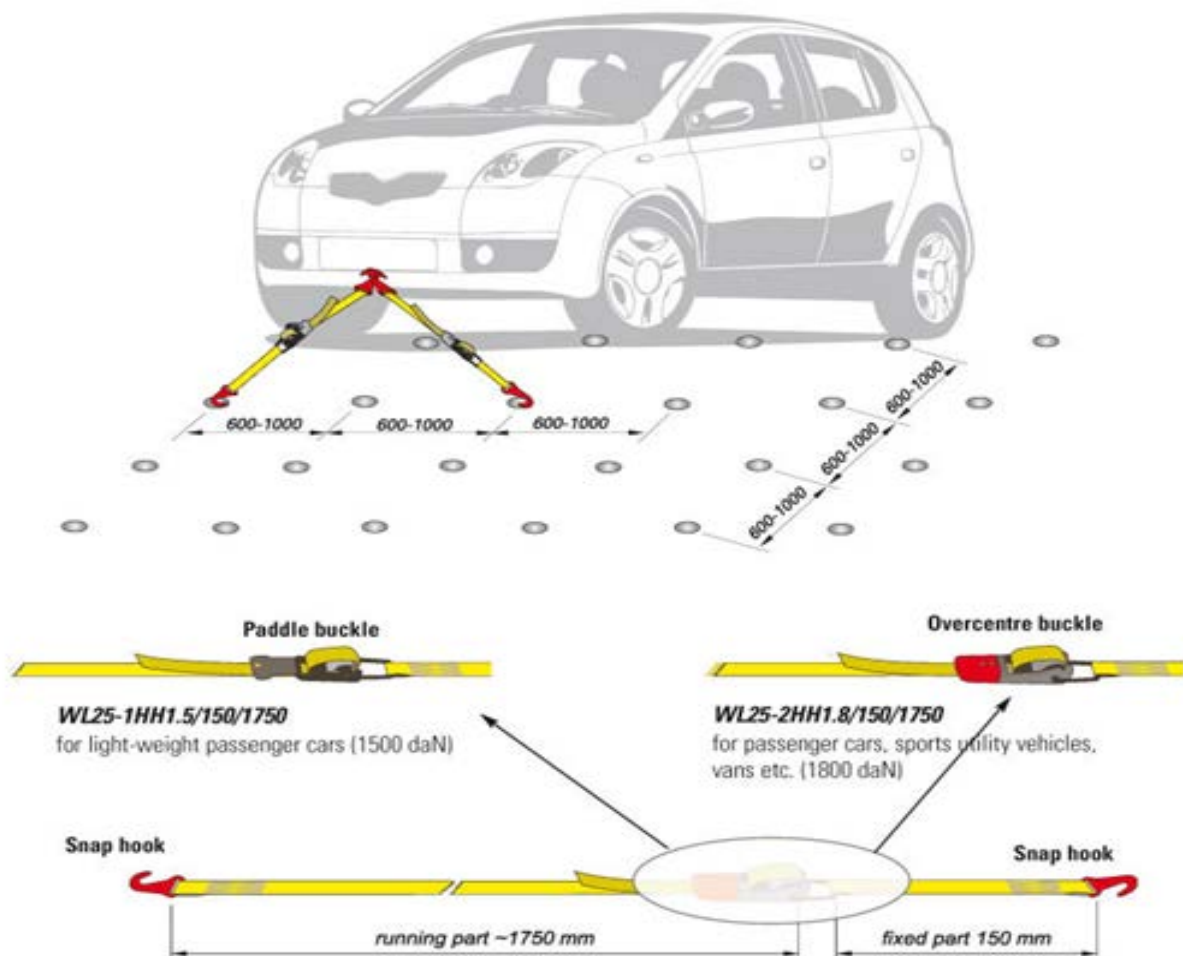


Figura 27: Trincas de banda téxtil

- 2) **Cadenas:** Son trincas formadas por una aleación de acero y un gancho a cada lado, para el amarre de vehículos pesados. Respecto a las anteriores, tienen la ventaja que no suelen dañarse y su durabilidad es mucho mayor. En caso de avería, se pueden reparar los eslabones dañados.

Otro punto a su favor es que no les afecta el factor de la temperatura, ni las congelaciones. Además el trincaje suele hacerse de forma rápida, ya que los estibadores suelen estar familiarizados también.



Figura 28: Carga trincada con Cadenas

Por otro lado, cuentan con la desventaja de su peso elevado, tanto para trabajar con ellas como para trasladarlas o almacenarlas. Esto puede causar mayores lesiones, tanto al vehículo como a la persona que la esté manipulando.

Sobretudo suele dañar cuando trabaja esquinada. Por eso hay que tener mucho cuidado cuando se utilizan, ya que suelen originarse roces con los vehículos, debido al espacio reducido que hay.

- 3) **Tensores de cadena:** Como su propio nombre indica son usados por cadenas de amarre para tensarlas, en forma de palanca. El tensor forma un ángulo de 35° respecto a la cadena.



Figura 29: Tensores de cadena

Se suele escoger una maya para introducir la cabeza de la llave, posteriormente se elige la maya más lejana posible para tensar. Por último se suelta y se comprueba la tensión. Si ésta no fuera suficiente, se debe llevar el gancho a una maya posterior.

- 4) **Calzos:** No se pueden considerar en sí un elemento de trincaje propiamente dicho, pero forman parte esencial del sistema, ya que limitan el movimiento de la carga. Además, evitan la pérdida de tensión de las trincas o sobreesfuerzos de éstas. En definitiva, son una pieza importante sumada a las trincas, para la seguridad del trincaje.

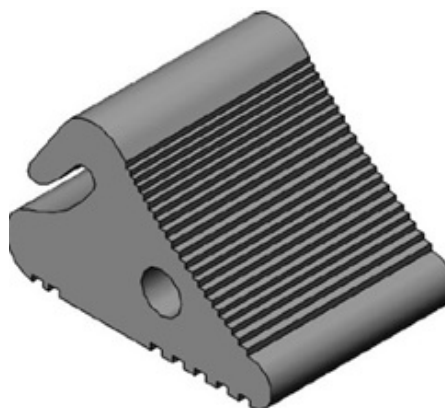


Figura 30: Calzo

- 5) **Caballetes:** Esta pieza se utiliza para soportar el peso del remolque, para que de esta forma se pueda transportar sin la cabeza tractora y ganar espacio. Además protege las patas del remolque.



Figura 31: Caballete

- 6) **Planchas de madera o goma:** Este tipo de planchas se utilizan para evitar el rozamiento entre acero y acero, ya que suele ser muy bajo y el peligro de desplazamiento es más elevado. De este modo, lo que hacen es proteger la cubierta del buque, evitando dañar la pintura.



Figura 32: Planchas de madera



3.2.2.2. Normas para el trincaje a bordo

Se debe llevar a cabo un mantenimiento e inspección de los dispositivos de trincaje. Para ello, el primer oficial debe revisar su estado cada vez que sea necesario.

En el caso de las cadenas hay que asegurarse de que no se hayan deteriorado en los puntos de unión con las patas de elefante, normalmente ganchos u otras guarniciones. Un perfecto estado, sin fisuras, grietas o deformaciones nos previene de elongaciones en los eslabones.

Cuando se revisan los caballetes hay que asegurarse de que la goma o madera de las defensas está en buen estado. Si necesitamos anillas y fundamentos de amarra, deben mantenerse limpios siempre.

Cada cierto tiempo hay que hacer inspecciones de fatiga a los materiales, con tal de asegurarse de que el mantenimiento que se está llevando a cabo es el adecuado. Además, se deberá dejar constancia de todo, anotándolo en el libro de registro, Manual del trincaje.

Si son dispositivos permanentes o estandarizados no se necesita llevar a cabo la anotación en dicho registro. Pero en el caso de piezas muy pesadas, vehículos o cualquier unidad de carga de características especiales, puede ser necesaria esta información.

Dicha información consiste en el tipo y alcance de los dispositivos empleados, así como los materiales usados y sus dimensiones. También constatan las pruebas de fiabilidad y el certificado de trincaje.



LISTA DE COMPROBACION dispositivos de trincaje Buque:	Fecha: _____	HOJA n° 1
FUNDAMENTOS SOBRE CUBIERTA (Táchese lo que no proceda)		
1.- Adecuados a la carga de trabajo esperada.	SI	NO
2.- Adecuados a los dispositivos portátiles de trincaje	SI	NO
3.- Se conoce la calidad de dispositivo fijo empleado.	SI	NO
1.- Se dispone de certificado de calidad de fabricante.	SI	NO
5.- Calidad marcada y visible en el dispositivo.	SI	NO
6.- No se detectan de formaciones.	SI	NO
7.- Se observan libres de suciedad y en buen estado.	SI	NO
8.- Tienen adecuado mantenimiento	SI	NO
OBSERVACIONES _____ _____ _____ _____		
TRINCAS Y TENSORES DE CADENA (Táchese lo que no proceda)		
9.- Adecuados a la carga de trabajo esperada.	SI	NO
10.- Adecuados a los dispositivos portátiles de trincaje	SI	NO
11.- Se conoce la calidad de dispositivo fijo empleado.	SI	NO
12.- Se dispone de certificado de calidad de fabricante.	SI	NO
13.- Calidad marcada y visible en el dispositivo.	SI	NO
14.- Se detectan eslabones doblados, agrietados y/o abiertos	SI	NO
15.- Se detectan desgaste en los eslabones (> = al 5%)	SI	NO
16.- Patas de elefante y guarniciones de enganche no presentan deformaciones y/o deficiencias.	SI	NO
17.- Pasadores de acero que unen las patas de elefante y guarniciones de enganche con las cadenas no presentan deformaciones y/o deficiencias	SI	NO
18.- Tensores de cadena no presentan deformaciones	SI	NO
19.- Deformación abertura del pico de los ganchos (> = al 15%)	SI	NO
20.- Deformación torcido del pico de los ganchos (> = al 10 grados)	SI	NO
21.- Se detecta excesivo desgaste en el ojo del gancho.	SI	NO
22.- Dimensionado del gancho conforme al dispositivo de trincaje.	SI	NO
23.- Libre de oxidación y suciedad.	SI	NO
24.- Estibadas adecuadamente.	SI	NO
25.- Tienen adecuado mantenimiento.	SI	NO
OBSERVACIONES _____ _____ _____ _____		
Firma, cargo y nombre de quien realiza la inspección.		

Figura 33: Lista de comprobación de dispositivos de trincaje



Hay una serie de factores a tener en cuenta a la hora del trincaje, que se deben llevar a cabo a la práctica, de acuerdo con la normativa y la experiencia de cada buque y tipo de carga. El oficial encargado de la carga, deberá conocer las magnitudes y direcciones de las fuerzas resultantes, que aparecen cuando se trinca una carga.

También ha de tener en cuenta si está limitado con el número de dispositivos de trincaje, por la causa que fuera. A su vez, se debe instruir a la tripulación correctamente, puesto que la falta de conocimiento puede conllevar errores de gran magnitud. La experiencia puede ser una gran ayuda a la hora de toma de decisiones, por el mayor conocimiento de las cualidades marinerías del barco.

Uno de los factores principales es la colocación de las trincas en los ángulos correctos, ya sea para disminuir esfuerzos, como para ganar tiempo y espacio. Cuando sea necesario se debe utilizar los calzos y caballetes.

Otro de los factores primordiales es asegurarnos que las mercancías que tienen un alto centro de gravedad, estén trincadas directamente a la cubierta. También, en caso necesario, asegurar un alto coeficiente de fricción, por ejemplo, colocando madera o goma encima del acero.

Una vez está todo arranchado y listo, en navegación, debemos evitar cambios de rumbo y/o velocidad bruscos. En las guardias en el puente, se debe mantener un rumbo y velocidad adecuada para minimizar los efectos de la mar.

Es frecuente que estos tipos de barcos, en función de la zona por la que naveguen, suelen tener que cambiar de rumbo, debido a las inclemencias meteorológicas. Debido al tipo de carga rodada que llevan o el pasaje, sumado a la hidrodinámica del buque y su gran francobordo, están muy expuestos a este tipo de situaciones. Es por ello que deben evitar al máximo los balanceos, con los posibles movimientos de la carga y los mareos del pasaje.

3.2.2.3. Trincaje de vehículos

Tratándose de la carga más común en este tipo de barcos, merece una mención aparte su trincaje.

Cualquier operación relacionada con el trincaje debe estar completada antes de salir a la mar. Del mismo modo, a la inversa, nunca se deberá destrincar ningún vehículo antes de atracar.

Cuando se está en operaciones de carga o descarga, la iluminación es muy importante que sea la adecuada y nunca usar los faros. Tampoco se debe trincar o destrincar un vehículo hasta que éste esté debidamente aparcado, con el motor apagado y el freno de marcha activo.

Durante el proceso se debe seguir el cuadro comparativo del manual, para así ir enganchando las trincas en los puntos previstos por el fabricante y no en ningún otro elemento o carrocería.

Es aconsejable que el ángulo de la trinca, en el plano horizontal, sea entre 30 y 60 grados. Una vez fijado, el tensado se realiza tirando del extremo de la parte móvil y accionando el tensor.



Figura 34: Coches trincados en la cubierta de un buque



3.3. Normativa

En el año 1981 la IMO¹⁰ publicó la resolución A.489 (XII) relativa al Código de Seguridad en la Estiba y Trincaje de los Contenedores y demás Cargas Unitizadas en los Buques Unicelulares. Es importante conocer todos estos conceptos teóricos, para tener un mayor conocimiento de las fuerzas que actúan en la estiba y el trincaje. De este modo, podemos incrementar la seguridad en la parte práctica.

Estos tipos de buques están diseñados para poder soportar la acción de 10^8 olas, que corresponde a un periodo aproximado de 20 años de navegación, dependiendo, lógicamente, del tiempo de estancia en puerto y de la duración de los viajes.

El movimiento del buque sobre el agua afecta al cargamento en forma de aceleraciones, las cuales se descomponen a lo largo de los tres ejes propios del buque. La intensidad de estas aceleraciones depende de las dimensiones del buque, de su estabilidad y de las características de las olas.

Estas aceleraciones son las responsables de los corrimientos de la carga cuando ésta se encuentra estibada y/o trincada indebidamente, es decir, cuando ocurre cualquiera de las siguientes circunstancias:

- La carga no está debidamente arrumada en el interior del contenedor o carga unitizada.
- La unidad de carga no está suficientemente trincada.
- El buque tiene una estabilidad inadecuada.
- Una unidad de carga por sí difícil de acomodar se encuentra estibada en un punto donde se producen grandes aceleraciones.

Con el fin de evitar los corrimientos de carga, es preciso tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Las aceleraciones a las que está sometida la unidad de carga en las peores condiciones.

¹⁰ IMO: International Maritime Organization



- El factor de seguridad de los elementos empleados en el trincaje en cuanto a la resistencia de sus materiales.
- El factor de seguridad de las trincas según el ángulo de tiro y el coeficiente de fricción.

3.3.1. Aceleraciones

3.3.1.1. Tipos de aceleraciones

Las aceleraciones pueden ser estáticas o dinámicas. Las primeras son originadas por la gravedad, mientras que las segundas se deben a los movimientos de oscilación del buque.

Los movimientos del buque responsables de su aparición son:

- El balance, originando aceleraciones estáticas y dinámicas.
- El cabeceo, originando también ambos tipos de aceleraciones.
- El movimiento vertical (debido a la subida y bajada de la superficie de la mar), que produce aceleraciones dinámicas.
- El avance (movimiento longitudinal en la pendiente de la ola), que también origina aceleraciones dinámicas.

Del mismo modo, cada una de estas aceleraciones se descompone en su componente horizontal (longitudinal o transversal según el movimiento generador) y vertical, debiendo considerar de esta última el efecto de disminución de la gravedad.

3.3.1.2. Aceleraciones estáticas de balance

Cuando el buque adquiere una escora Θ , la gravedad (g) se descompone en una aceleración transversal A_{WT} y en otra vertical A_{WV} siendo:

$$A_{WT} = g \sin \Theta \qquad A_{WV} = g \cos \Theta$$

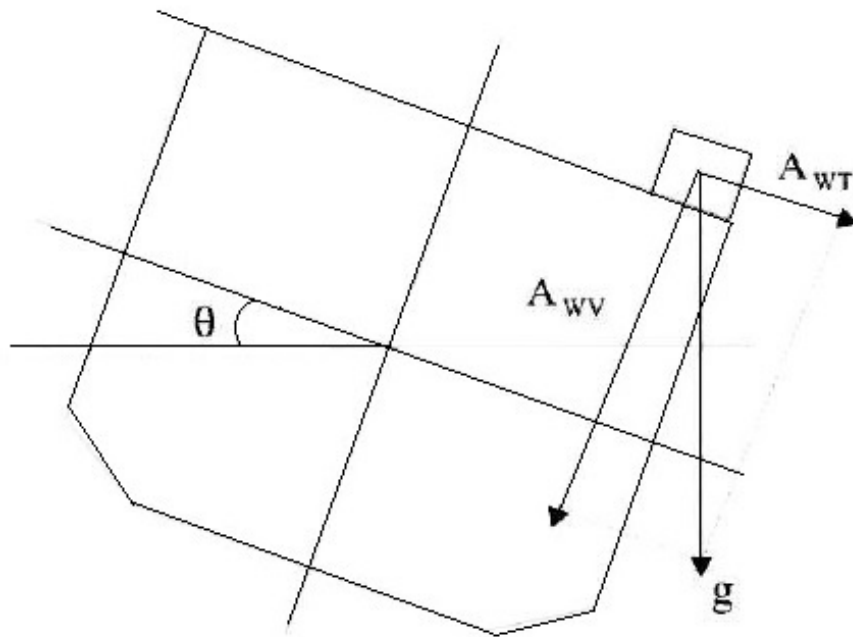


Figura 35: Aceleraciones estáticas de balance

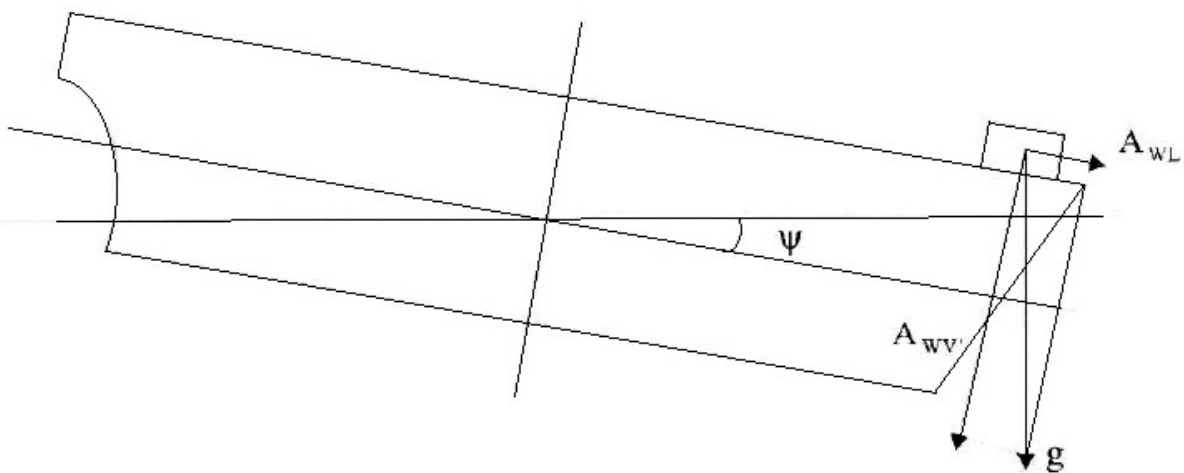
Pero el efecto de la componente vertical no se considera.

3.3.1.3. Aceleraciones estáticas de cabeceo

Cuando el buque adquiere una inclinación longitudinal ψ , la gravedad se descompone en una aceleración longitudinal A_{wL} y en otra vertical A_{wv} , siendo:

$$A_{wL} = g \sin \psi$$

$$A_{wv} = g \cos \psi$$



Pero igual que en el balance, la componente vertical no se considera.

3.3.1.4. Aceleraciones dinámicas de balance

La unidad de carga actúa como una partícula oscilante alrededor del eje longitudinal del centro de flotación (F).

A_R es la aceleración tangencial debida al balance y α la aceleración angular. La relación entre ambas magnitudes es $A_R = R_T \alpha$, estando α expresada en radianes por segundo al cuadrado.

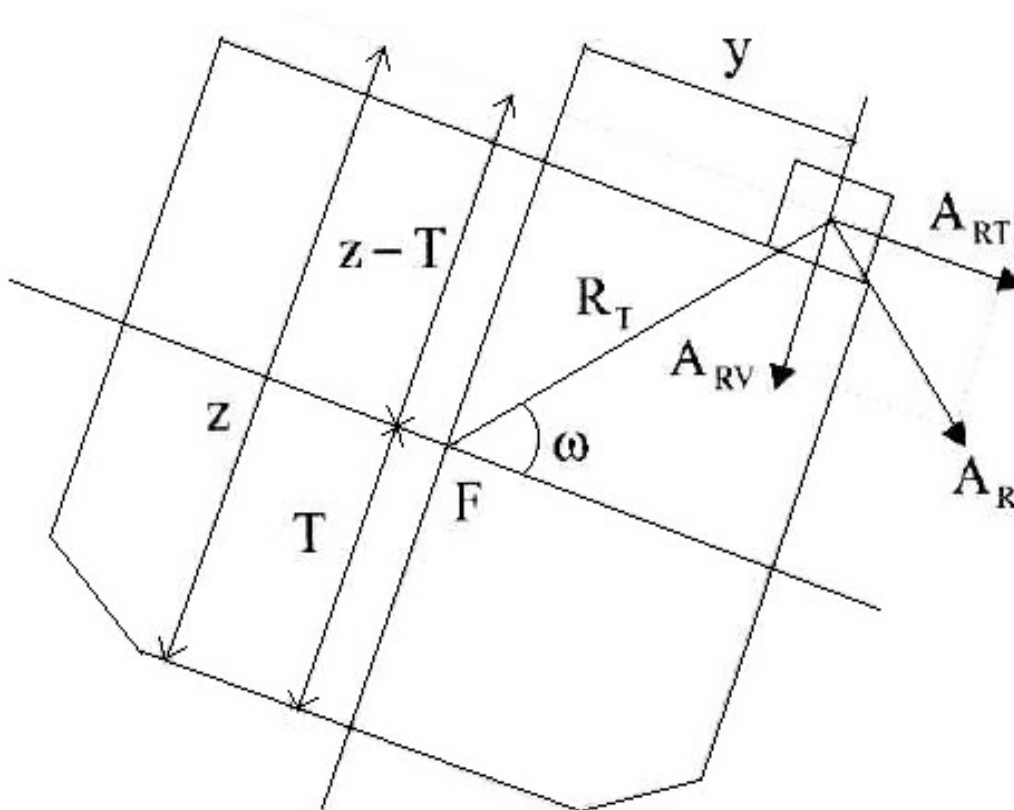


Figura 37: Aceleraciones dinámicas de balance



Asimismo, el momento dinámico oscilante debe ser igual al momento adrizante:

$$M_{\text{DINÁMICO OSCILANTE}} = M_{\text{ADRIZANTE}} \rightarrow I_T \alpha = D \cdot G_V M \text{sen} \Theta$$

Y el valor de la inercia transversal se obtiene de la expresión del periodo de balance:

$$T_R = 2\pi \sqrt{\frac{I_T}{D \cdot G_V M}} \rightarrow I_T = \frac{T_R^2 D \cdot G_V M}{4\pi^2}$$

Por consiguiente,

$$\frac{T_R^2 D \cdot G_V M}{4\pi^2} \alpha = D \cdot G_V M \text{sen} \Theta \rightarrow \alpha = \frac{4\pi^2 \text{sen} \Theta}{T_R^2} = \frac{4\pi^2 \Theta}{T_R^2} \frac{\pi}{180} = 0,689 \frac{\Theta}{T_R^2}$$

Luego,

$$A_R = R_T \alpha = R_T 0,689 \frac{\Theta}{T_R^2}$$

Pero la aceleración tangencial se descompone en una aceleración transversal A_{RT} y en otra vertical A_{RV} , siendo:

$$A_{RT} = A_R \text{sen} \omega \quad A_{RV} = A_R \text{cos} \omega$$

Con lo cual,

$$A_{RT} = 0,689 \frac{\Theta}{T_R^2} R_T \text{sen} \omega = 0,689 \frac{\Theta(z-T)}{T_R^2} = \frac{0,689}{9,81} \frac{\Theta(z-T)}{T_R^2} g = 0,0702 \frac{\Theta(z-T)}{T_R^2} g \text{ m/s}^2$$

$$A_{RV} = 0,689 \frac{\Theta}{T_R^2} R_T \text{cos} \omega = 0,689 \frac{\Theta y}{T_R^2} = \frac{0,689}{9,81} \frac{\Theta y}{T_R^2} g = 0,0702 \frac{\Theta y}{T_R^2} g \text{ m/s}^2$$

3.3.1.5. Aceleraciones dinámicas de cabeceo

En este caso, la unidad de carga actúa como una partícula oscilante alrededor del eje transversal del centro de flotación.

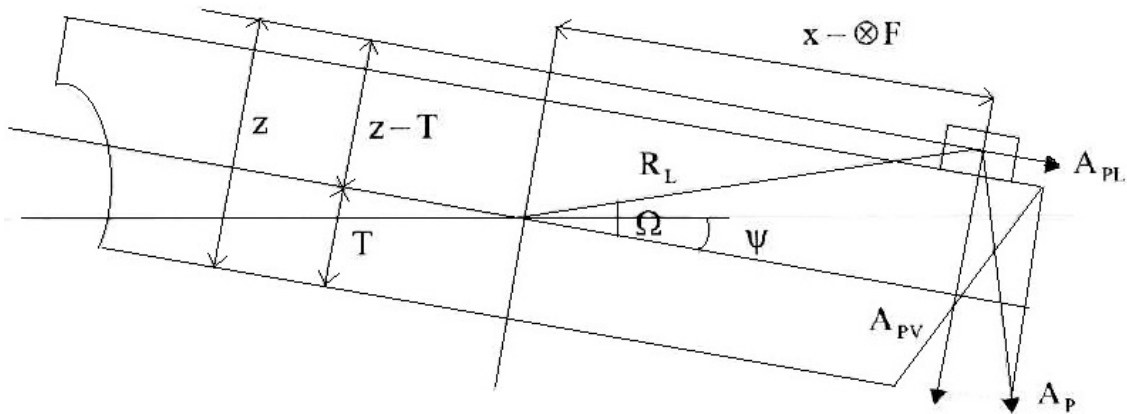


Figura 38: Aceleraciones dinámicas de cabeceo

Análogamente al estudio del balance, resulta que:

Siendo A_p la aceleración tangencial debida a un cabeceo,

$$A_p = R_L \alpha$$

$$M_{\text{DINÁMICO OSCILANTE}} = M_{\text{DE ESTABILIDAD LONGITUDINAL}} \rightarrow I_L \alpha = D \cdot GM_L \text{sen} \Psi$$

$$T_p = 2\pi \sqrt{\frac{I_L}{D \cdot GM_L}} \rightarrow I_L = \frac{T_p^2 D \cdot GM_L}{4\pi^2} \rightarrow \alpha = \frac{4\pi^2 \text{sen} \Psi}{T_p^2} = 0,689 \frac{\Psi}{T_p^2}$$

$$A_{PL} = R_L \alpha \text{sen} \Omega = \alpha (z - T) = 0,689 \frac{\Psi (z - T)}{T_p^2} = 0,0702 \frac{\Psi (z - T)}{T_p^2} \text{ g m/s}^2$$

$$A_{PV} = R_L \alpha \text{cos} \Omega = \alpha (x - \phi F) = 0,689 \frac{\Psi (x - \phi F)}{T_p^2} = 0,0702 \frac{\Psi (x - \phi F)}{T_p^2} \text{ g m/s}^2$$



3.3.1.6. Aceleraciones debidas al movimiento vertical

El balance y el cabeceo son movimientos de rotación, mientras que el movimiento vertical lo es de traslación, pero puede analizarse igualmente como un movimiento armónico. En consecuencia, la variación vertical φ que experimenta el buque viene dada por la siguiente ecuación:

$$\varphi = \Phi \text{sen}(\omega t)$$

Φ es la amplitud y ω la velocidad angular del movimiento armónico.

Por lo tanto, la aceleración dinámica A_H originada por el movimiento vertical es la derivada segunda de la ecuación del movimiento en función del tiempo:

$$A_H = \frac{d^2\varphi}{dt^2} = -\omega^2\varphi$$

En valor absoluto $A_H = \omega^2\varphi$

Luego, el valor máximo de A_H , y por consiguiente el más crítico, corresponde a $\varphi = \Phi$. Así pues, se puede considerar que:

$$A_H = \omega^2 \Phi$$

Pero siendo f la frecuencia y T_H el periodo de oscilación vertical,

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \frac{1}{T_H}$$

Con lo cual,

$$A_H = \frac{4\pi^2}{T_H^2} \Phi$$

Asimismo, siendo L la eslora entre perpendiculares, se considera que $\Phi = L/80$, de modo que:

$$A_H = \frac{4\pi^2}{T_H^2} \frac{L}{80} = \frac{4\pi^2}{80 \cdot 9,81} \frac{L}{T_H^2} g = 0,0503 \frac{L}{T_H^2} g \text{ m/s}^2$$

Y esta aceleración se descompone en una aceleración vertical A_{HV} y en otra transversal A_{HT} :

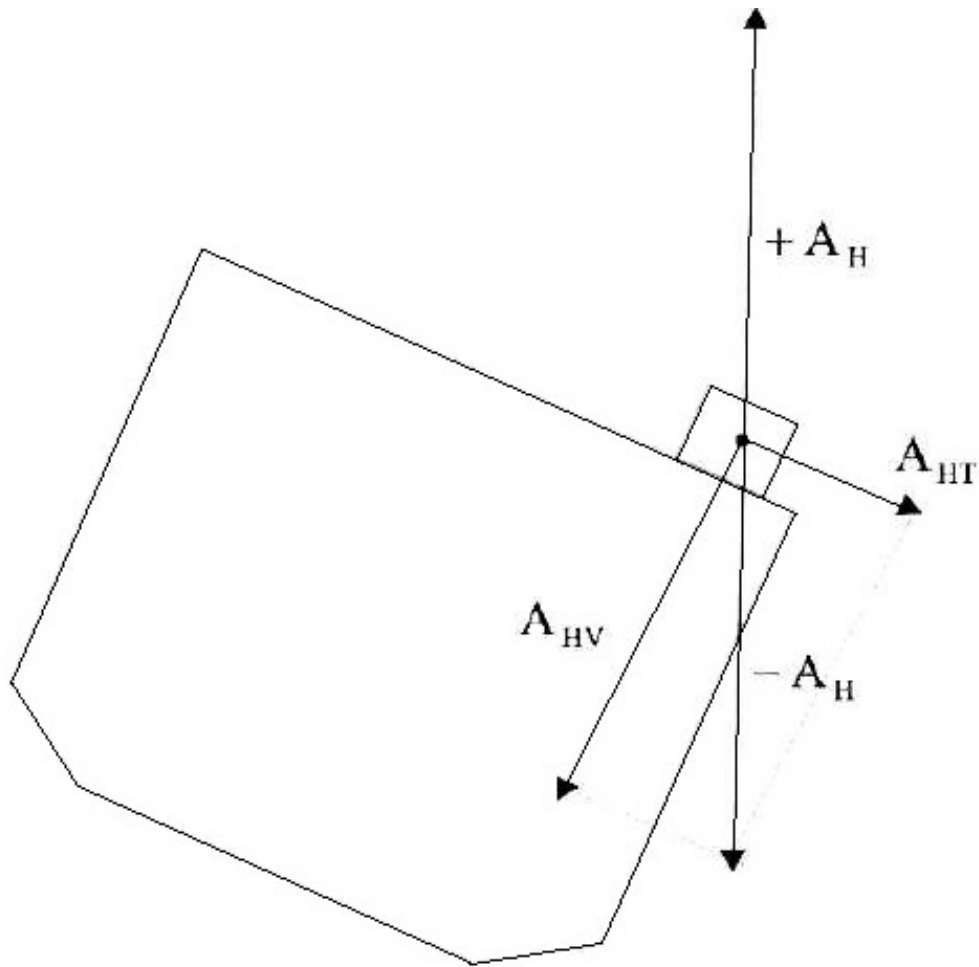


Figura 39: Aceleraciones debidas al movimiento vertical

Para los cuales, se consideran siempre los siguientes valores:

$$A_{HT} = 0,1g \quad \text{y} \quad A_{HV} = 0,4g$$



3.3.1.7. Aceleraciones debidas al avance

El avance del buque en el seno de las olas origina la aceleración A_A en la dirección del rumbo.

A_A se descompone en una aceleración longitudinal A_{AL} y en otra vertical A_{AV} . Pero sólo se considera = 0,08g

3.3.1.8. Suma de aceleraciones transversales, longitudinales y verticales

Los movimientos que originan aceleraciones transversales son el balance y el movimiento vertical, de modo que la aceleración transversal total es la resultante de una fase intermedia entre ambos movimientos. Análogamente, la aceleración longitudinal total resulta de una fase intermedia entre los movimientos de cabeceo y de avance, y la vertical, de una fase intermedia entre el balance, el cabeceo y el movimiento vertical.

Para determinar la aceleración causada por los distintos movimientos, Bureau Veritas¹¹ emplea la siguiente fórmula:

$$A = \sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} A_i^2}$$

Donde A_i es la aceleración total de cada movimiento y n el número de movimientos. Por consiguiente, las aceleraciones transversal, longitudinal y vertical (A_T , A_L y A_V respectivamente) son:

$$A_T = \sqrt{A_{HT}^2 + (A_{RT} + A_{WT})^2} = \sqrt{(0,1g)^2 + \left(0,0702 \frac{\theta(z-T)}{T_R^2} g + g \sin \theta\right)^2}$$

¹¹ **Bureau Veritas:** Una de las Sociedades de Clasificación más importantes del mundo.



$$A_L = \sqrt{A_{AL}^2 + (A_{PL} + A_{WL})^2} = \sqrt{(0,08g)^2 + (0,0702 \frac{\Psi(z-T)}{T_P^2} g + g \text{sen}\Psi)^2}$$

$$A_V = \sqrt{A_{HV}^2 + A_{RV}^2 + A_{PV}^2} = \sqrt{(0,4g)^2 + (0,0702 \frac{\theta y}{T_R^2} g)^2 + (0,0702 \frac{\theta(x-\phi F)}{T_P^2} g)^2}$$

Con lo cual,

$$A_T = g \sqrt{0,01 + (0,0702 \frac{\theta(z-T)}{T_R^2} + \text{sen}\theta)^2} \text{ m/s}^2$$

$$A_L = g \sqrt{0,0064 + (0,0702 \frac{\Psi(z-T)}{T_P^2} + \text{sen}\Psi)^2} \text{ m/s}^2$$

$$A_V = g \sqrt{0,16 + 0,00493 \left[\left(\frac{\theta y}{T_R^2} \right)^2 + \left(\frac{\Psi(x-\phi F)}{T_P^2} \right)^2 \right]} \text{ m/s}^2$$

3.3.1.9. Aceleraciones totales en un máximo balance y en un máximo cabeceo

Cuando el movimiento de balance presenta su máxima amplitud (mar de través), se considera que se producirá el máximo movimiento vertical y un 60% del valor del cabeceo. Luego, las aceleraciones serán:

$$100\% \text{ de } A_T \quad 60\% \text{ de } A_L \quad 100\% \text{ de } A_V \quad \text{con el } 60\% \text{ de } A_{PV}$$

Es decir,

$$A_T = g \sqrt{0,01 + (0,0702 \frac{\theta(z-T)}{T_R^2} + \text{sen}\theta)^2} \text{ m/s}^2$$

$$A_L = 0,6g \sqrt{0,0064 + (0,0702 \frac{\Psi(z-T)}{T_P^2} + \text{sen}\Psi)^2} \text{ m/s}^2$$

$$A_V = g \sqrt{0,16 + 0,00493 \left[\left(\frac{\theta y}{T_R^2} \right)^2 + 0,36 \left(\frac{\Psi(x-\phi F)}{T_P^2} \right)^2 \right]} \text{ m/s}^2$$



Asimismo, cuando el movimiento de cabeceo presenta su máxima amplitud (mar de proa), se considera que se producirá el máximo movimiento vertical y un 50% del valor del balance. Luego, las aceleraciones serán:

$$100\% \text{ de } A_L \quad 50\% \text{ de } A_T \quad 100\% \text{ de } A_V \quad \text{con el } 50\% \text{ de } A_{RV}$$

Es decir,

$$A_L = g \sqrt{0,0064 + (0,0702 \frac{\Psi(z-T)}{T_P^2} + \text{sen}\Psi)^2} \quad \text{m/s}^2$$

$$A_T = 0,5g \sqrt{0,01 + (0,0702 \frac{\Theta(z-T)}{T_R^2} + \text{sen}\Theta)^2} \quad \text{m/s}^2$$

$$A_V = g \sqrt{0,16 + 0,00493 \left[0,25 \left(\frac{\Theta_y}{T_R^2} \right)^2 + \left(\frac{\Psi(x-\Phi F)}{T_P^2} \right)^2 \right]} \quad \text{m/s}^2$$

3.3.1.10. Consideraciones

Respecto a los movimientos de un buque y a las aceleraciones que producen, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los ángulos mínimo y máximo de balance a considerar para la aplicación de estas componentes son de 13 y 30° respectivamente.
- El periodo de balance oscila entre 5 y 50 s, dependiendo principalmente de la altura metacéntrica.
- El ángulo de cabeceo y su periodo dependen básicamente de la eslora y varían entre 5 y 10 grados y segundos respectivamente.
- Los parámetros del buque más influyentes en las aceleraciones son: su tamaño (eslora, manga y puntal), la altura metacéntrica, la situación del centro de gravedad, la velocidad y el coeficiente de bloque.



3.3.2. Fuerza del viento

La presión que ejerce el viento sobre un contenedor o carga unitizada es:

$$P_W = \frac{1}{2} \delta v^2$$

Donde δ y v son la densidad del aire y la velocidad del viento. Por eso, la fuerza expresada en kilogramos es:

$$F_W = \frac{\delta A v^2 k}{2gn}$$

Siendo:

- ✓ δ → Densidad del aire en kg m^3
- ✓ A → Área de la superficie expuesta al viento en m^2
- ✓ v → Velocidad del viento en m/s
- ✓ K → Coeficiente adimensional de resistencia al avance (1,09)
- ✓ n → Número de contenedores transversales adyacentes

Dando valores para un viento de 25 m/s (49 nudos) y una densidad de 1,377 correspondiente a la temperatura del aire de 17 °C, tenemos que:

$$F_W = \frac{\delta A v^2 k}{2gn} = \frac{1,377 \cdot A \cdot 25^2 \cdot 1,09}{2 \cdot 9,81 \cdot n} = \frac{47,8A}{n} = \text{kgf}$$



3.3.3. Sistema para un trincaje eficaz de cargas no uniformes

3.3.3.1. Aceleraciones básicas y efecto del viento y del chapoteo

Se consideran unas aceleraciones básicas (Tabla 1 del ANEXO I) que se aplican:

- En cualquier época del año
- Para una eslora de 100 m
- Para una velocidad de 15 nudos
- Para $G_V M \geq 13$ cm

Para los buques con una eslora y una velocidad distintas a las indicadas, se aplican a las aceleraciones básicas las correcciones indicadas en la Tabla 2 del ANEXO I.

En adición, para buques con $G_V M < 13$ cm, las aceleraciones transversales se corrigen por el factor indicado en la Tabla 3 del ANEXO I.

Asimismo, las presiones debidas a la acción del viento y del chapoteo del buque en el agua se consideran de 1 kN/m^2 .

Las fuerzas debidas al chapoteo se aplican solamente a las cargas con una altura superior a 2m sobre la cubierta o sobre la tapa de escotilla. Lo cual, en la práctica, se efectúa reduciendo la altura de la carga en 2m.

Por ejemplo, si ésta tiene una longitud de 4 m y una altura de 3, la fuerza transversal debida al chapoteo es:

$$F = 1 \text{ kN/m}^2 \cdot 4\text{m} \cdot (3-2)\text{m} = 4 \text{ kN}$$



3.3.3.2. Cálculo de las fuerzas

De acuerdo con lo expuesto en el apartado anterior:

$$F(x, y) = mA(x, y)c + F_W(x, y) + F_S(x, y)$$

Siendo:

- ✓ $F(x, y)$ → Fuerza longitudinal y transversal respectivamente
- ✓ m → Masa de la unidad carga
- ✓ $A(x, y)$ → Aceleración básica longitudinal y transversal respectivamente
- ✓ c → Corrección por eslora y velocidad
- ✓ $F_W(x, y)$ → Fuerza longitudinal y transversal debida al viento
- ✓ $F_S(x, y)$ → Fuerza longitudinal y transversal debida a la mar

3.3.3.3. Factores de seguridad

En la eficacia del trincaje interviene la resistencia de los elementos empleados, el coeficiente de rozamiento (μ) y los ángulos verticales con que se dan las trincas (α).

RESISTENCIA DE LOS ELEMENTOS DE TRINCAJE

Los proveedores deberán suministrar la carga de rotura (CR) de los elementos empleados en el trincaje.

En función de ella, la máxima carga de seguridad (MCS) se entenderá como la capacidad de carga que tiene un elemento para cargar el buque con seguridad. Para cada elemento, viene expresada a continuación:



Alambres (1 ^{er} uso)	80% de CR
Alambres (usados).....	30% de CR
Barras de acero	70% de CR
Cadenas	50% de CR
Cabos de fibra.....	33% de CR
Accesorios (grilletes, cáncamos, tensores, etc.).....	50% de CR

Asimismo, ante la posibilidad de que exista una desigual distribución de los elementos de trincaje, una reducción de la resistencia debida a un pobre empalme o cualquier otra circunstancia, la carga de seguridad (CS) de estos elementos se considera 1,5 veces menor que su máxima carga de seguridad:

$$CS = \frac{MCS}{1,5}$$

De esta forma, se calcula la carga de seguridad de cada uno de los elementos empleados, debiendo considerar la menor de ellas.

COEFICIENTES DE ROZAMIENTO

El coeficiente de fricción entre la unidad carga y el material sobre la que está estibada determina la fuerza de rozamiento, siendo más difícil el resbalamiento cuanto mayor sea ésta. En función de los materiales en contacto, los coeficientes son:

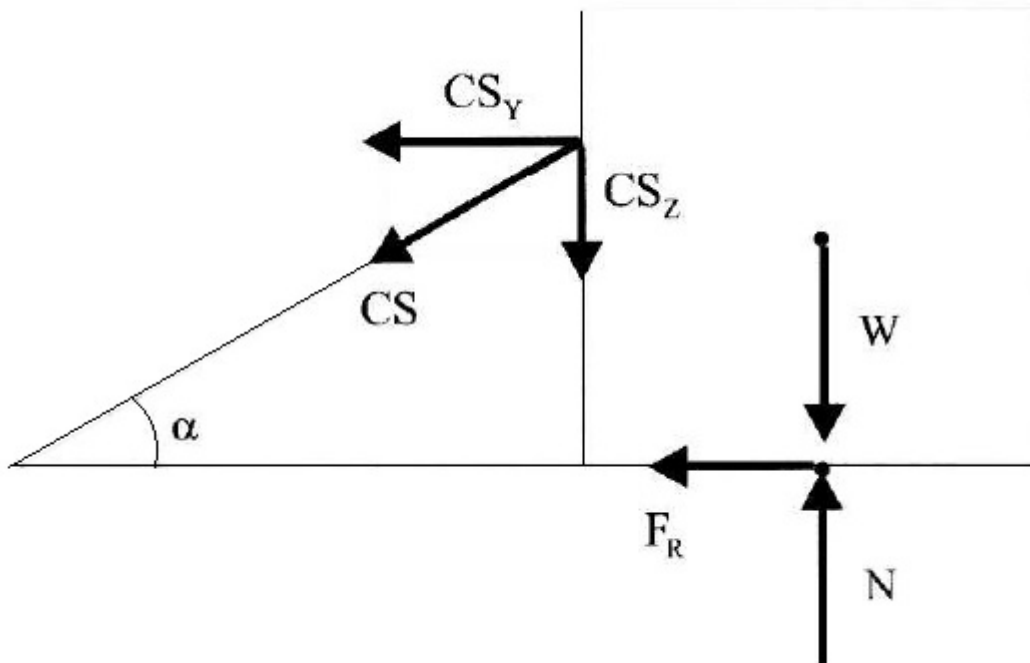
Acero/madera o acero/goma.....	$\mu = 0,3$
Acero/acero seco.....	$\mu = 0,1$
Acero/acero húmedo.....	$\mu = 0,0$

Sin embargo, puesto que nunca se estibar  acero sobre acero, el coeficiente de rozamiento se considera siempre de 0,3.

ÁNGULOS VERTICALES DE LAS TRINCAS

La tensión máxima que se admite para las trincas es la carga de seguridad, que se descompone en una fuerza transversal CS_Y y en una vertical CS_Z en función del  ngulo α .

La componente CS_Y actúa a modo de retención horizontal, mientras que CS_Z interviene en la fuerza de rozamiento (F_R), puesto que la fuerza normal (N) depende del peso (W) y de CS_Z :



Del equilibrio de fuerzas verticales, se obtiene que:

$$W + CS_Z = N$$

Y por consiguiente,

$$F_R = \mu N = \mu(mg + CS \text{sen} \alpha) = \mu mg + \mu CS \text{sen} \alpha$$



Con lo cual, la retención horizontal total (T_Y) es:

$$T_Y = F_R + CScos\alpha = \mu mg + \mu CSsen\alpha + CScos\alpha = \mu mg + CS(\mu sen\alpha + cos\alpha)$$

Luego, siendo $f = \mu sen\alpha + cos\alpha$, T_Y se expresa como:

$$T_Y = \mu mg + CS \cdot f$$

Donde el coeficiente f se obtiene en la Tabla 4.

3.3.3.4. Prevención de resbalamiento y del vuelco

RESBALAMIENTO TRANSVERSAL

De acuerdo con lo expuesto en los epígrafes anteriores, para garantizar que la unidad de carga no resbalará transversalmente, debe cumplirse que $T_Y > F_Y$, es decir,

$$\mu mg = \sum_{i=1}^{i=N} CS_i f_i \geq mA_{Yc} + F_{WY} + F_{SY}$$

Donde N es el número de trincas en un costado de la unidad de carga, CS_i la carga de seguridad de cada una de ellas (del conjunto trinca y accesorios) y f_i el coeficiente de cada trinca dependiente de μ , y de α .

Si el trincaje es igual en ambas bandas, sólo se precisa un cálculo; pero si es distinto, debe efectuarse el cálculo para las trincas de estribor y para las de babor, a fin de prevenir el resbalamiento a babor y a estribor respectivamente.

Asimismo, si la carga de seguridad y el ángulo vertical es igual para todas las trincas de un costado, la expresión se reduce a la siguiente

$$\mu mg + N \cdot CS \cdot f \geq mA_{Yc} + F_{WY} + F_{SY}$$

RESBALAMIENTO LONGITUDINAL

En condiciones normales, las trincas que evitan el resbalamiento transversal son suficientes para prevenir el longitudinal. De cualquier forma, para garantizar que no habrá resbalamiento longitudinal, debe cumplirse que $T_X \geq F_X$, es decir:

$$\mu m(g - A_Z) + 0,5 \sum_{i=1}^N CS_i f \geq mA_{Yc} + F_{WY} + F_{SY}$$

En este caso observamos que:

- La aceleración que determina la fuerza de rozamiento no es la gravedad, sino ésta disminuida por la aceleración vertical.
- La componente longitudinal de las trincas transversales no se debe considerar en ningún caso superior a $0,5CS$.
- N es el número de trincas en ambos costados.

VUELCO TRANSVERSAL

Tal y como podemos observar en la siguiente figura:

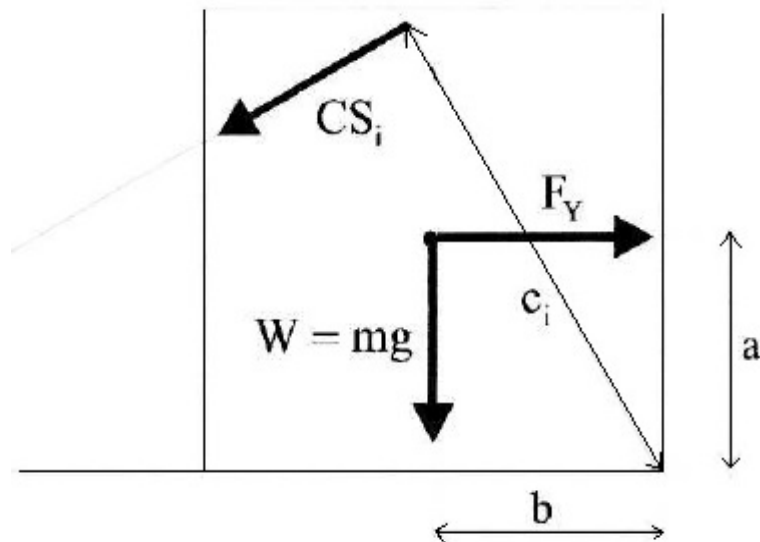


Figura 41: Vuelco transversal



- ✓ **a** es la altura del centro de gravedad (c. de g.) de la unidad de carga.
- ✓ **b** la distancia transversal entre el eje de volteo y el c. de g.
- ✓ **c_i** el brazo de una trinca determinada (distancia entre la trinca y el eje de volteo medida perpendicularmente a ésta)

Para garantizar que la unidad de carga no vuelque transversalmente, el momento transversal causado por su peso más el debido a las trincas tiene que ser igual o superior al que origina F_Y :

$$M_{\text{DEBIDO AL PESO}} + M_{\text{DEBIDO A LAS TRINCAS}} \geq M_{\text{DEBIDO A LA FUERZA TRANSVERSAL}}$$

$$mgb + \sum_{i=1}^N CS_i c_i \geq F_Y a$$

Donde N es el número de trincas de un costado para evitar el vuelco hacia el otro. Asimismo, si $mgb \geq F_Y a$, independientemente de las trincas empleadas para evitar el resbalamiento, no habrá vuelco transversal.

3.3.3.5. Consideraciones

Además de lo expuesto, hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Un ángulo vertical superior a 60° reduce la efectividad de las trincas en cuanto a evitar el resbalamiento, por lo que dichas trincas no deben considerarse en el cálculo de las retenciones horizontales. A pesar de ello, si la carga tiene tendencia al volteo, las trincas dadas con ángulos superiores a 60° son las más apropiadas para evitarlo.
- Tampoco se deben considerar las trincas que tengan un ángulo horizontal con una desviación superior a 30° respecto a la dirección transversal.

- En el caso de balances con amplitudes superiores a 30° , las aceleraciones transversales pueden ser superiores a las indicadas.
- Con mar de proa y velocidad elevada, el buque puede sufrir pantocazos e incrementos de las aceleraciones longitudinales.
- En el caso de navegar con mar de aleta y ser alcanzados por sus olas, si el buque no excede mucho de la mínima estabilidad requerida, cabe esperar balances de mucha amplitud con el consiguiente incremento de las aceleraciones transversales.

3.4. Ejemplos académicos

En este apartado se muestran ejemplos prácticos, para saber qué número de trincas son necesarias para la estiba de piezas pesadas o maquinaria de gran volumen. Los buques de carga rodada, con frecuencia suelen transportar este tipo de carga.



Figura 42: Maquinaria de gran volumen



Hay una serie de datos necesarios para la resolución de los ejemplos, que extraeremos de las tablas del ANEXO I que hay al final del presente trabajo:

- Aceleraciones básicas
- Corrección por eslora y velocidad
- Corrección por $G_V M$
- Valores de f en función de α y de μ

3.4.1. Primer ejemplo

ENUNCIADO

En la sección O,7 de la cubierta principal de un buque de 120 m de eslora y 20 de manga, se ha estibado sobre una camada de madera de 70 mm una excavadora de 62 t cuyas dimensiones son: 6 m de largo, 4 de ancho y 4 de alto. En el trincaje se han empleado alambres nuevos con CR de 125 kN y accesorios con CR de 180 kN.

Se han dado:

- ✓ 4 trincas por estribor formando un ángulo vertical de 40°
- ✓ 2 trincas por babor formando un ángulo vertical de 40°
- ✓ 2 trincas por babor formando un ángulo vertical de 10°
- ✓ El c. de g. de la excavadora se halla a una altura de 1,8 m sobre su base.

Se desea saber si el sistema de trincaje será suficiente para asegurar la excavadora sin que resbale ni voltee, con un $G_V M$ de 1,40 m y una velocidad de 15 nudos.

SOLUCIÓN

Carga de seguridad:

$$\text{Alambres: } CS = \frac{MCS}{1,5} = \frac{CR \cdot k}{1,5} = \frac{125 \cdot 0,8}{1,5} = 66,67 \text{ kN}$$

$$\text{Accesorios: } CS = \frac{MCS}{1,5} = \frac{CR \cdot k}{1,5} = \frac{180 \cdot 0,5}{1,5} = 60 \text{ Kn}$$



Por tanto la menor de ellas $\rightarrow CS = 60 \text{ kN}$

Resbalamiento transversal:

$$F(x, y) = mA(x, y)c + F_W(x, y) + F_S(x, y)$$

$$F_Y = mA_{Yc} + F_{WY} + F_{SY} = 62 * 6,3 * 0,89 + 6 * 4 + 4 * 2 = 379,63 \text{ kN}$$

✓ Trincas de estribor:

$$T_Y = \mu mg + \sum(CS \cdot f) = 0,3 * 62 * 9,81 + 4 * 60 * 0,96 = 412,87 \text{ kN}$$

$$T_Y \geq F_Y \rightarrow \underline{\text{Por tanto no habrá resbalamiento a babor}}$$

✓ Trincas de babor:

$$T_Y = \mu mg + \sum(CS \cdot f) = 0,3 * 62 * 9,81 + 2 * 60 * 0,96 + 2 * 60 * 1,04 = 422,47 \text{ kN}$$

$$T_Y \geq F_Y \rightarrow \underline{\text{Por tanto no habrá resbalamiento a estribor}}$$

Resbalamiento longitudinal:

$$F(x, y) = mA(x, y)c + F_W(x, y) + F_S(x, y)$$

$$F_X = mA_{Xc} + F_{WX} + F_{SX} = 62 * 2,9 * 0,89 + 4 * 4 + 4 * 2 = 184,02 \text{ Kn}$$

$$T_X = \mu m(g - A_z) + 0,5 \sum(CS \cdot f) = 0,3 * 62(9,81 - 6,2) + 0,5(6 * 60 * 0,96 + 2 * 60 * 1,04) =$$

$$T_X = 302,35 \text{ kN}$$

$$T_X \geq F_X \rightarrow \underline{\text{Por tanto no habrá resbalamiento longitudinal}}$$

Vuelco transversal:

$$F_{Ya} = 379,63 * 1,8 = 683,33 \text{ kNm}$$

$$bmg = 2 * 62 * 9,81 = 1.216,44 \text{ kNm}$$

$$bmg + \sum(CS \cdot c) \geq bmg \geq F_{Ya} \rightarrow \underline{\text{Por tanto no habrá vuelco transversal}}$$



Podemos concluir que el sistema de trincaje es suficiente para que la excavadora no resbale ni vuelque.

3.4.2. Segundo ejemplo

ENUNCIADO

En la cubierta principal de un buque cuya eslora entre perpendiculares es de 148 m, velocidad 12 nudos y GvM 1,20 m, hay que estibar (longitudinalmente) una serie de vagones cuyas dimensiones son:

- Largo (extremos): 13,60 m
- Largo entre ejes: 6,00 m
- Ancho: 2,54 m
- Ancho entre ruedas: 2,00 m
- Alto: 2,67 m
- Peso: 21 t

Determinar el número de trincas en cada vagón, siendo el ángulo vertical más adverso de 45° y el horizontal de 30°. La carga de rotura de las trincas (cadenas) es de 75 kN y la de los accesorios de 50 kN.

SOLUCIÓN

La sección donde las aceleraciones son más adversas es la 0,9. Por lo tanto, se hará el cálculo con los valores correspondientes a dicha sección.

Carga de seguridad:

Tanto para las trincas como para los accesorios, la máxima carga de seguridad corresponde al 50% de su CR. En consecuencia, la carga de seguridad limitante es la del elemento de menor CR → 50 kN.

$$\text{Trincas: } CS = \frac{MCS}{1,5} = \frac{CR \cdot k}{1,5} = \frac{75 \cdot 0,8}{1,5} = 25 \text{ kN}$$



$$\text{Accesorios: } CS = \frac{MCS}{1,5} = \frac{CR \cdot k}{1,5} = \frac{50 \cdot 0,5}{1,5} = 16,67 \text{ kN}$$

De igual modo que en el ejercicio anterior, cogemos la menor de ellas $\rightarrow CS = 16,67 \text{ kN}$

Resbalamiento transversal:

$$F(x, y) = mA(x, y)c + F_W(x, y) + F_S(x, y)$$

$$F_Y = mA_{Yc} + F_{WY} + F_{SY} = 21 \cdot 6,7 \cdot 0,69 + 13,6 \cdot 2,67 + 13,6(2,67 - 2) = 142,51 \text{ kN}$$

$$T_Y = \mu mg + \sum(CS \cdot f) = 0,3 \cdot 21 \cdot 9,81 + N \cdot 16,67 \cdot 0,92 = 61,8 + 15,34N \text{ kN}$$

$$T_Y \geq F_Y \rightarrow 61,80 + 15,34N \geq 142,51 \rightarrow N \geq \frac{142,51 - 61,80}{15,34} = 5,26 \rightarrow N = 6 \text{ trincas}$$

A continuación, comprobamos si las 6 trincas por banda son suficientes para asegurar los vagones, sin que resbalen longitudinalmente, ni vuelquen transversalmente.

Resbalamiento longitudinal:

$$F(x, y) = mA(x, y)c + F_W(x, y) + F_S(x, y)$$

$$F_X = mA_{Xc} + F_{WX} + F_{SX} = 21 \cdot 2,9 \cdot 0,69 + 2,54 \cdot 2,67 + 2,54(2,67 - 2) = 50,50 \text{ Kn}$$

$$T_X = \mu m(g - A_z) + 0,5 \sum(CS \cdot f) = 0,3 \cdot 21(9,81 - 9,2) + 0,5(16,67 \cdot 0,92) = 95,8 \text{ kN}$$

$$T_X \geq F_X \rightarrow 95,8 \geq 50,50 \rightarrow \underline{\text{Por tanto no habrá resbalamiento longitudinal}}$$

Vuelco transversal:

$$F_Y a = 142,51 \cdot 0,5 \cdot 2,67 = 190,25 \text{ kNm (Considerando "a" la mitad de la altura)}$$

$$bmg = 0,5 \cdot 2 \cdot 21 \cdot 9,81 = 206,01 \text{ kNm (Los puntos de vuelco son las ruedas)}$$

$$bmg + \sum(CS \cdot c) \geq bmg \geq F_Y a \rightarrow \underline{\text{Por tanto no habrá vuelco transversal}}$$



Podemos concluir que el número de trincas necesarias para evitar el resbalamiento transversal son 6.

Para este mismo ejercicio, vemos que si mantenemos los mismos parámetros y cambiamos la altura del vagón al doble, el momento del vuelco se doblaría siendo:

$$M_{\text{Vuelco}} = 380,50 \text{ (Considerando "a" la mitad de la altura)}$$

$$\text{Ya no se cumpliría con } \rightarrow bmg + \sum(CS \cdot c) \geq bmg \geq F_Y a$$

Por tanto deberíamos buscar que número de trincas son necesarias para evitar el vuelco.

$$M_{\text{Vuelco}} \leq M_{\text{Peso}} + M_{\text{Trincas}}$$

$$M_{\text{Peso}} = 206,01 \text{ (Igual que en el ejercicio anterior)}$$

$$M_{\text{Trincas}} = CS \cdot \text{Brazo} \cdot N$$

- ✓ $CS = 16,67$ (Del ejercicio anterior)
- ✓ $\text{Brazo} = 1$ (Del ejercicio anterior)
- ✓ $N = \text{Número de trincas}$

$$380,50 \leq 206,01 + (CS \cdot \text{Brazo} \cdot N) \rightarrow 380,50 \leq 206,01 + (16,67 \cdot 1 \cdot N)$$

$$174,47 \leq 16,67N \rightarrow N \geq \frac{174,47}{16,67} = 10,4 \rightarrow 11 \text{ trincas}$$

Por tanto, para esta modificación del ejercicio anterior:

Necesitaríamos, además de las 6 trincas para el resbalamiento transversal, 11 trincas más para evitar que vuelque.

3.5. Estabilizadores

Para finalizar este bloque, se hablará de los estabilizadores que pueden llevar algunos buques con carga rodada, normalmente los Ro-Pax, por comodidad del pasaje. A pesar de que su principal función, no está pensada para la carga, resultan de mucha utilidad en caso de mal tiempo, ya que disminuyen los esfuerzos de las trincas.

El sistema estabilizador de balanceo se utiliza para reducir el momento de balance del buque debido a la mar, mediante el ajuste del ángulo de ataque de dos aletas plegables, una a cada banda del barco.



Figura 43: Estabilizador buque "Fortuny"

Cuando el borde de ataque de la aleta se inclina hacia arriba, se genera una fuerza de sustentación positiva y si se inclina hacia abajo, generando otra negativa.

Se dará la condición de estabilización cuando la sustentación combinada generada por las aletas, produzca un momento sobre el buque que se oponga al momento de balance debido a la mar.

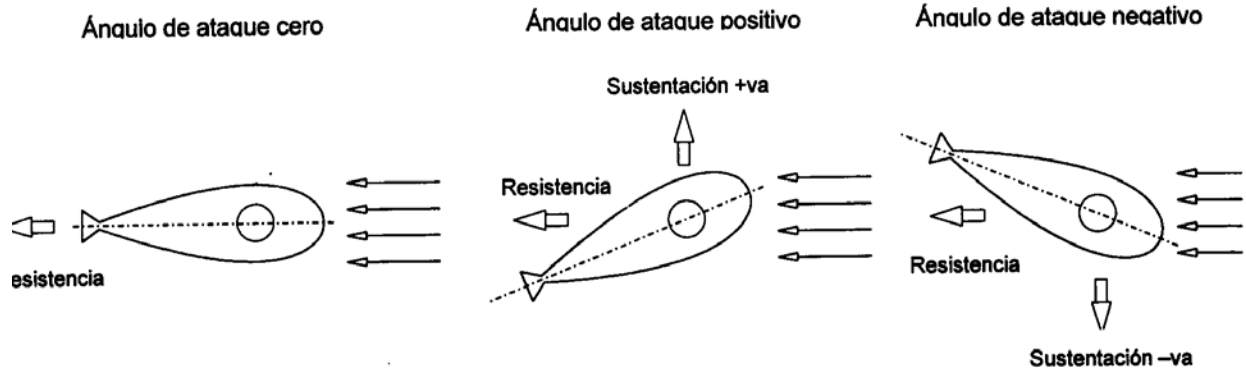


Figura 44: Ángulos de ataque de los estabilizadores

3.5.1. Partes del sistema

El sistema está compuesto por:

- Subsistemas de aleta de babor y de estribor.
- Subsistemas hidráulicos de babor y estribor.
- Sistema de control del estabilizador.
- Sistema de lubricación de babor y estribor.

El estabilizador es del tipo de aleta plegable. El subsistema de aleta es de una sola pieza que se inclina mediante un actuador lineal y un mecanismo deslizador.

El fluido hidráulico para hacer funcionar los dos subsistemas, babor y estribor, es alimentado por dos unidades de potencia hidráulicas y separadas. Una unidad comprende un depósito de aceite y un grupo motobomba. Cada unidad tiene su propio bloque de distribución montado localmente.



El estabilizador se regula por medio de un sistema de regulación marítima flexible. El detector de balanceo vigila continuamente el movimiento de balance del buque y transmite una señal a la unidad de E/S en el puente de navegación. A continuación, se envía una señal del ángulo demandado de la aleta a las válvulas, que al regular el flujo de aceite hidráulico, mueven las aletas respectivas al ángulo exigido.

La fuerza hidrodinámica resultante se opone al balanceo del buque. Un transductor dentro del subsistema de aleta, vigila el ángulo de la aleta y lo envía a la unidad de E/S del puente, para producir una regulación de la posición de la aleta.

La unidad de potencia hidráulica es una instalación aparte, conectada al subsistema de aleta por medio de cuatro tubos flexibles. Contiene todos los mecanismos de funcionamiento dentro del conjunto de la cruz/caja de aleta, que está soldado al casco del buque.

Las aletas están diseñadas para alojarse dentro del casco al plegarse hacia delante. Éstas se repliegan por un desplazamiento articulado al interior de las cajas, efectuado por el cilindro de repliegue y despliegue de accionamiento hidráulico.

Una vez replegada, cada aleta se desplaza a una posición de estacionamiento predeterminada, y se inclina de tal manera que descansa sobre un bloque de estacionamiento especial, quedando inmovilizada hidráulicamente en esta posición.

En el caso de un fallo hidráulico el bloque de estacionamiento evita que la aleta se despliegue involuntariamente. Cada aleta se inclina por medio de un mecanismo deslizador que actúa sobre el eje de la aleta.





Operativa de carga y descarga



4. Operativa de carga y descarga

Después de haber hablado del trincaje y estiba, así como de las diferentes normativas, en este apartado del trabajo, se muestra una visión general de una forma más práctica, de cómo es una operativa de carga y descarga en estos tipos de buques.

4.1. Lastres (Sistema Interling)

Debido a que las operativas de estos tipos de buque tienen que ser muy rápidas y precisas, suelen contar con sistemas de control de lastres. Normalmente son de agua salada, para corregir posibles asientos y escoras y así poder salir a navegar con las condiciones más óptimas. A continuación se describe uno de los sistemas antiescora más utilizados en este tipo de buques.

El Interling es un sistema antiescora que garantiza que el buque se mantenga estable durante las maniobras de carga y descarga. Engloba 3 sistemas:

1. **Sistema antiescora o antiheeling:** Se basa en el aprovechamiento de los movimientos del agua, en tanques con forma de U. Esta agua es desplazada de una banda a otra, empujada mediante aire comprimido procedente de unos sopladores.

Los tanques están conectados por dos conductos transversales de unión, pero a través de sendas válvulas de mariposa, que unen las dos bandas. Cuando el sistema no trabaja, estas válvulas se cierran automáticamente.

2. **Sistema de control de trimado:** Mediante la utilización de 2 tanques de lastre, el sistema puede tener control sobre el trimado del buque, piques de proa y popa. Todo ello gracias a una bomba de trimado que los comunica, así como un conjunto de válvulas de control.



3. **Sistema para el cálculo de estabilidad:** Este sistema también posee medios que permiten el cálculo del GM. Tiene siempre presente que bajo cualquier condición de operario, el GM no podrá ser menor que el GM requerido por las Sociedades de Clasificación y las Autoridades Marítimas.

En cuanto a sus características, se le considera un sistema seguro ya que posee:

- ✓ Bloqueo inmediato del agua de los tanques de heeling, cuando el sistema está fuera de servicio.
- ✓ Proyecto "FALLO SEGURO": En caso de fallo eléctrico, todas las válvulas se cierran de manera inmediata.
- ✓ Todas las posiciones de las válvulas son vigiladas, por medio de micro-switches eléctricos dando señal al PLC de control.
- ✓ Seguridad contra fallo en la alimentación neumática del accionamiento de las válvulas, por presostatos por debajo de 8 bares.
- ✓ Posibilidad de cierre manual de las válvulas de heeling.

Por otro lado, el Sistema Interling está formado por los siguientes elementos:

- 2 Tanques antiescora, babor y estribor, de uso exclusivo para este sistema, con una capacidad de aproximadamente 300 toneladas de agua dulce.
- 2 Tanques de trimado-lastre, en el pique de proa y el pique de popa.
- Local de equipo Interling: Maquinaria auxiliar.
- Cabina de control, situada en la Oficina de Carga.

- Panel de control en el puente.

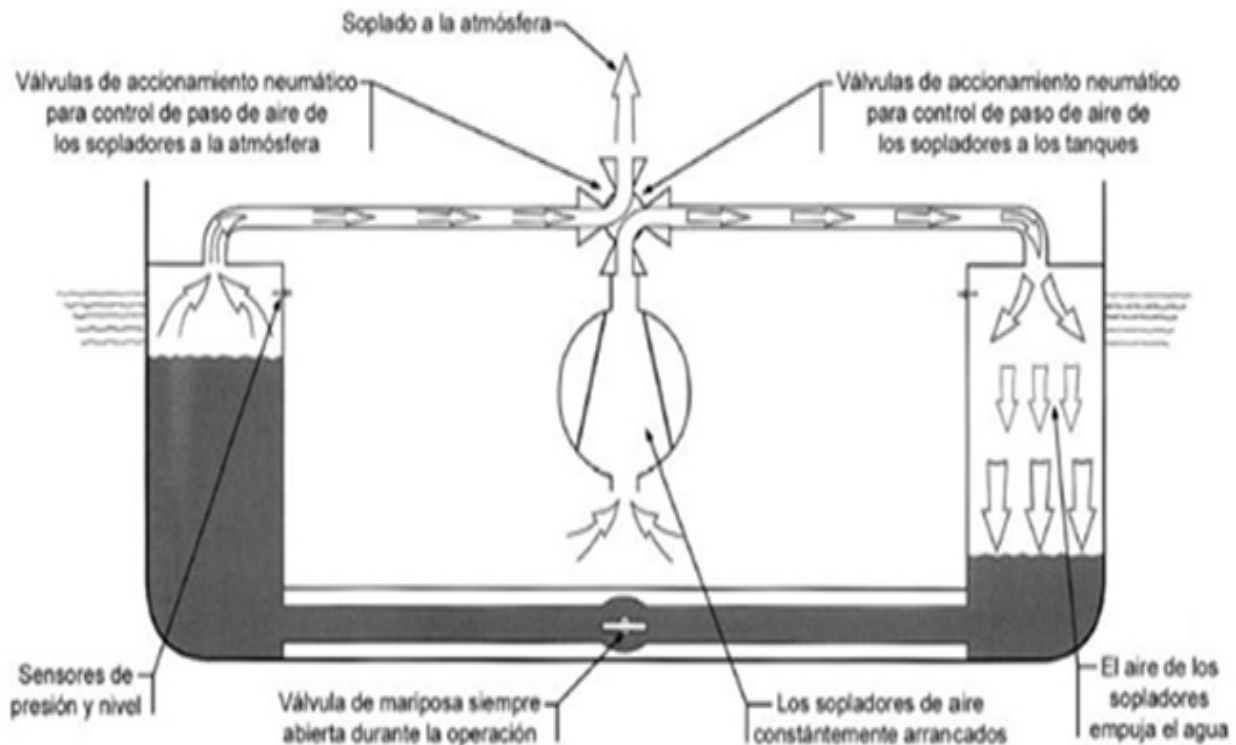


Figura 45: Principio de funcionamiento del sistema antiescora

Las operaciones de lastrado y deslastrado de tanques, se realizan desde el mímico del ordenador, obteniendo así, capacidades inmediatas del nivel de los tanques. Todas las válvulas del circuito son electroválvulas y éstas pueden ser cerradas o abrirse, desde el control de máquinas. Tanto el plano del servicio de lastre, como el mímico del sistema, se muestran en el ANEXO II de este trabajo.

El servicio de trimado cuenta con un circuito independiente al servicio de lastre, para realizar el lastrado y deslastrado de los tanques de proa y popa. También se puede utilizar este circuito conjuntamente para el lastrado, debido a que cuenta con interconexiones.

A continuación, se indican los tanques de lastre y trimado, mostrando su capacidad, con que cuenta el buque "FORTUNY" de la compañía ACCIONA Trasmediterránea:

- ✓ Medio-centro (B17C) con 269.4 m³.



- ✓ Medio-babor (B15B) con 133.8 m³.
- ✓ Medio-estribor (B15E) con 133.8 m³.
- ✓ Central-proa (B13C) con 233.4 m³.
- ✓ Central-proa (B11C) con 187.3 m³.
- ✓ Central-proa (B08C) con 181.6 m³.
- ✓ Central-proa (B02C) con 55.5 m³.
- ✓ Tanque de trimado de proa (B01C) con 258.1 m³.
- ✓ Tanque de trimado de popa (B52C) con 320.8 m³.
- ✓ Antiescora de babor Interling (B20B) con 336.8 m³.
- ✓ Antiescora de estribor Interling (B20E) con 336.8 m³.

Todos estos tanques cuentan con un transmisor de nivel de líquido modelo CT700P, que consta de un transductor y un amplificador, conectados mediante un cable con respiradero.

El cambio de presión se transmite al amplificador, como un cambio en la señal eléctrica, proporcionando el nivel del tanque en función de dicha señal.

El servicio de lastrado de tanques está compuesto por 3 electrobombas centrífugas Itur, 2 de lastre y 1 de trimado (ambas cuentan con una bomba auxiliar para el autocebado) y también con un equipo de Interling para el auto-adrizado.

Las electrobombas de lastre están equipadas con un motor eléctrico de la marca ABB del tipo M2AA 160 L-4, que tiene una potencia de 15 kW y una velocidad de 1445 r.p.m. El motor eléctrico está unido al cuerpo de la bomba mediante transmisión flexible.

Las bombas de lastre son de la marca Itur del tipo ILS-100/250, que tiene un caudal de $150 \text{ m}^3/\text{h}$ cada una y que giran a una velocidad de 1445 r.p.m

La bomba de trimado está compuesta por un motor eléctrico de la marca ABB del tipo MBT 225 S-4, que tiene una potencia de 37 Kw. y una velocidad de 1445 r.p.m. El motor eléctrico también está unido a la bomba mediante un acoplamiento flexible.

4.1.1. Funcionamiento general

Tan pronto como el buque se escora 0.5 grados, debido a cargas asimétricas, el agua del tanque será empujada automáticamente por el aire a presión de los soplantes hacia el lado opuesto del buque donde está situada la carga. De esta forma, se podrá adrizar el buque inmediatamente.

Cuando el agua en los tanques alcance su máximo nivel o el buque esté de nuevo adrizado (ángulo de escora 0 dentro de una banda de $\pm 0.35^\circ$), las válvulas 03 se cerrarán automáticamente. A continuación, el aire de las soplantes será conducido directamente a la atmósfera a través de las válvulas 01 y 02. El sistema anti-escora con la numeración de las válvulas, está representado en la figura siguiente.

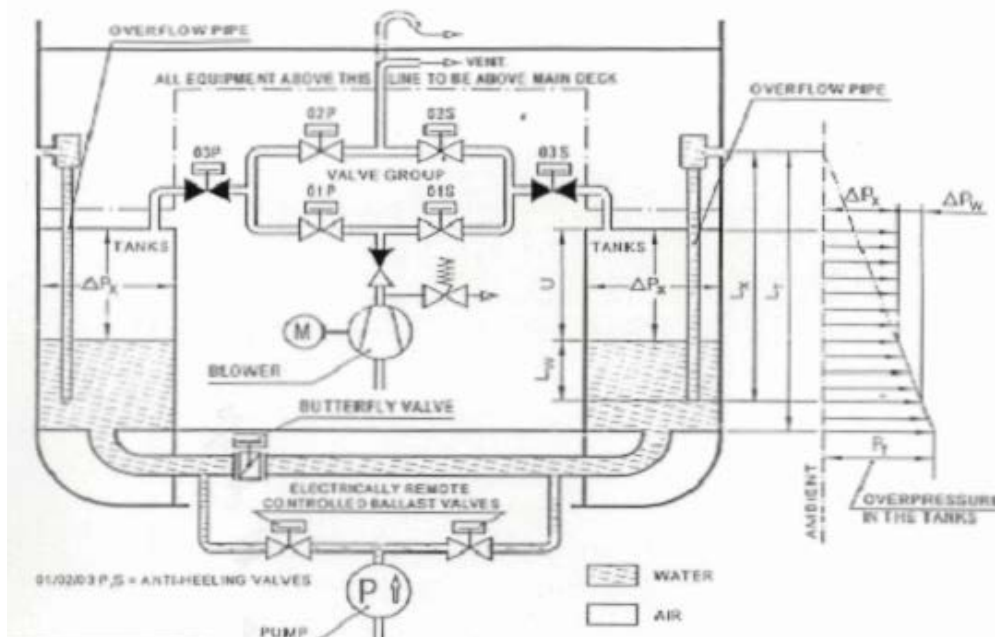


Figura 46: Grupo de válvulas



Cuando el buque está adrizado, la diferencia en los tanques, así como la diferencia de los volúmenes de los mismos, indicados en el lector de los paneles de control, es la indicación del grado de asimetría de la carga.

En el panel de control se muestran continuamente los siguientes datos:

- El valor actual del ángulo de escora (en grados con PS-babor o SB-estribor).
- La diferencia de nivel de agua entre los tanques anti-escora de babor y estribor (el máximo es 100% babor-PS o 100% estribor-SB del nivel alto del tanque).
- La dirección actual del trasvase de agua (hacia babor-PS o estribor-SB).

Los preparativos a efectuar antes de operar el sistema son:

1. Asegurarse de que haya suficiente presión de aire, aproximadamente 10 bares.
2. Los tanques deberán llenarse a su nivel exacto de servicio de +/-3cm.
3. Se deberán mantener cerradas las válvulas manuales de ventilación y las conexiones de llenado de agua dulce.
4. Conectar interruptores de alimentación en el cuadro principal, en el cuadro de arranque de motores Interling y en la unidad de control.
5. Pulsar el botón EN MANDO en el panel de control a distancia en cuestión, para su puesta en servicio.
6. El lector del panel ya estará conectado. Después de efectuar una auto-comprobación, presionar el pulsador ENTER, y el panel del operador estará listo para ser operado.

Otra operación de suma importancia es el llenado de dichos tanques. Éstos deberán ser llenados exactamente hasta su nivel de servicio. El rendimiento del sistema depende del exacto nivel de llenado (+/-3cm.). Esto significa, que cuando los tanques estén sobrellenados, habrá una pérdida del momento anti-escora, debido a que un tanque no será llenado hasta el nivel máximo de agua.

Un llenado de tanques inferior a su nivel de servicio, dará como resultado que el máximo nivel de agua no se obtendrá porque el aire soplado, conducido dentro del tanque opuesto, burbujeará a través del conducto transversal de agua.

Debido a esto, los tanques antiescora, van cerrados y solo son llenados y vaciados en dique para asegurar que la cantidad de líquido es la correcta. El líquido utilizado en estos tanques presurizados es agua dulce, para prevenir corrosiones en la estructura del tanque a largo plazo.

De acuerdo con las reglas de las sociedades de clasificación, el sistema anti-escora no debe ser usado en navegación.

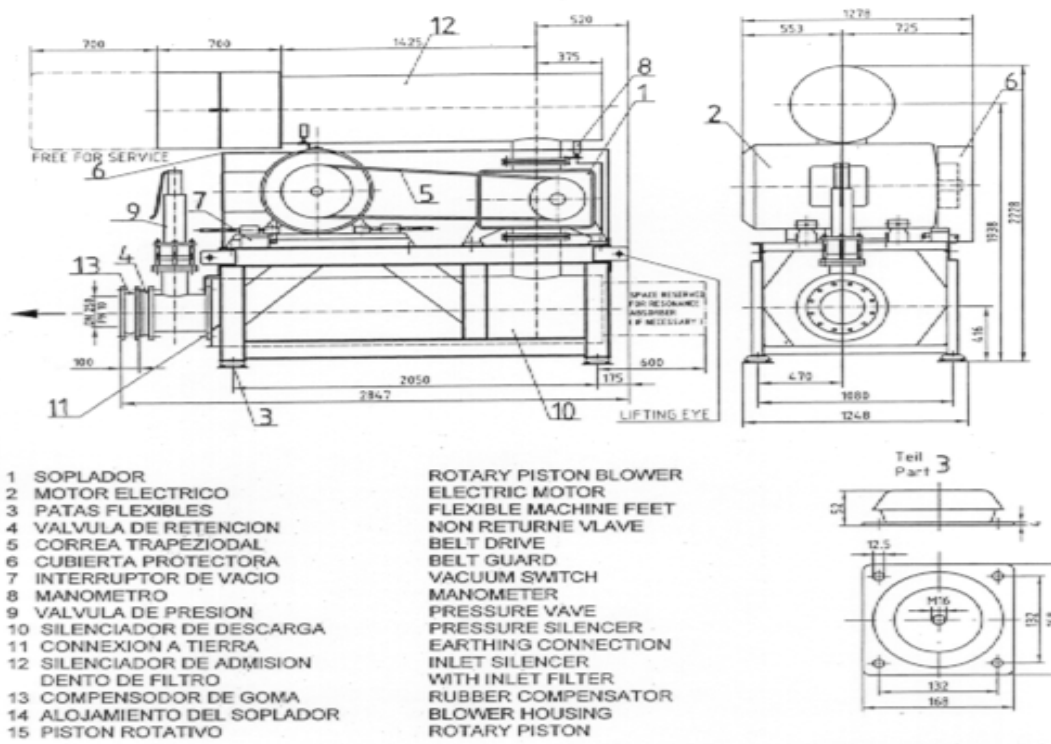


Figura 47: Partes del sistema antiescora

Los tanques son presurizados para conseguir el desplazamiento del agua contenida en los mismos, mediante unos sopladores. El sistema cuenta con 2 soplantes y la elección de cada uno, se hará de acuerdo con los requerimientos sobre la compensación de velocidad.



El control del trimado del buque puede ser operado automáticamente con el control del sistema Interling. Éste consiste en un tanque de trimado, situado en la parte de proa del buque y dos tanques de trimado dispuestos en la popa.

Los tanques de proa y de popa están provistos de sensores de alto y bajo nivel. Además, están conectados a las bombas de lastre y a las válvulas de control correspondientes al sistema de lastre.

Los tanques se podrán llenar a través de las tomas de mar y bomba de trimado y podrán descargarse a través del servicio de lastre. El contenido de cada tanque será la mitad del volumen de servicio, entre el alto nivel y el bajo nivel, más al agua restante que permanece por debajo del nivel bajo de servicio.

4.2. Tipos de rampas

A lo largo de toda la evolución histórica de este tipo de buques, la versatilidad de sus rampas ha sido muy amplia, ya que han ido evolucionando con las necesidades de la época. Todo ello, se resume a temas meramente económicos y se crea la necesidad de diseñar y construir buques operativamente más rápidos, ya que cuanto mayor sea el tiempo de estancia en puerto menos rentable le será al armador.

TIPOS DE RAMPAS				
EXTERNA	CRUJIA	A PROA		DE YELMO O ALMEJA
		A POPA	SIMPLE	COMBINADA CON PORTALÓN
			DOBLE	PORTALÓN INDEPENDIENTE
	ALETA			
	ORIENTABLE	ORIENTABLES		ALETA BR
				ALETA ER
		SEMIEORIENTABLES		CRUJIA PP
				ALETA BR
			ALETA ER	
			CRUJIA PP	
LATERALES		SIMPLE		
		DOBLE		
INTERNA	FIJAS			
	ABATIBLES	CON PESTANA DE CIERRE		
SIN PESTANA DE CIERRE				

Figura 48: Tipos de rampas



Un factor que ayuda a acortar los tiempos en puerto, es que los oficiales a bordo tengan un conocimiento perfecto del funcionamiento de las rampas. Se ha de conocer los elementos que compone el sistema hidráulico, el mantenimiento que llevan diariamente, las averías frecuentes y por último las maniobras que deben realizar en caso de emergencia.

4.3. Trabajos generales

Algunas cargas, como los autobuses, o camiones muy pesados para evitar que toquen en la rampa o el techo, se deben cargar marcha atrás. Incluso a veces se suelen dejara para el final de la carga ya que el calado ha aumentado, y el ángulo de la rampa respecto al muelle disminuye.

Cuando realizan la descarga de vehículos hay que comprobar que los coches están destrincados y las cubiertas libres de trincas. Comprobar la indumentaria adecuada de los estibadores, por parte de la terminal.

Controlar la conducción adecuada y que se cumpla con el límite de velocidad tanto por las cubiertas como por el muelle. Suelen estar señalizadas todas las cubiertas con carteles de límite de velocidad 10km/h.

Se deberá tener en cuenta, que las distancias de seguridad a mantener, son las siguientes:

- ✓ 25-30 centímetros entre parachoques.
- ✓ 10-15 centímetros lateralmente desde la superficie más saliente de cada vehículo.
- ✓ 10-15 centímetros entre cualquier punto del coche y el mamparo del buque.
- ✓ 30 centímetros del parachoques al puntal y 15 de puerta lateral derecha a pilar.
- ✓ 50 centímetros alrededor de escaleras, vías, etc.



- ✓ 50 centímetros alrededor del coche de inicio de las operaciones de descarga.
- ✓ Estas distancias serán mínimas y podrán ser ampliadas en caso necesario, pero jamás deben ser reducidas.

Una vez estibados los vehículos deben estar alineados, para permitir el paso a su alrededor. Además, hay que tener bien presente, que la puerta del conductor al estibar los vehículos, debe quedar con acceso libre a su interior. De este modo se evitará daños a los mismos, durante las maniobras de entrada y de salida.

También se debe dejar el coche con las luces apagadas, neumáticos en posición recta, freno de mano y marcha metida. Cuando las condiciones lo requieran, algunos vehículos podrán ser estibados en rampas de comunicación entre garajes. En estas ocasiones, se deberán tener en cuenta los siguientes requerimientos generales, aunque podrían modificarse a petición de los Armadores del buque:

- a) Siempre estibados con el motor en dirección hacia abajo.
- b) Distancia entre coches 30 cm. (entre defensas).
- c) Mínimo 15 cm. entre lados laterales y 30 cm. del techo del buque.
- d) Deberán de tener el freno de mano puesto y la marcha atrás metida.
- e) Deberá haber suficiente espacio para poder entrar por la puerta del conductor.

No debe trincarse un vehículo hasta que esté debidamente aparcado. Ni tampoco hacerlo por los amortiguadores, ganchos de remolque, y otros puntos no previstos para ello.

Cada vehículo comercial debe trincarse como mínimo con cuatro trincas y/o una cantidad superior. Todos los vehículos deberán quedar, sin excusa, debidamente trincados. Esta labor se debe realizar solamente por el personal destinado al trincaje, en ningún caso por conductores.



- Vehículos estibados en posición normal proa/popa → Dos eslingas delanteras y dos eslingas traseras.
- Vehículos estibados posición normal babor/estribor → Cuatro eslingas delanteras y cuatro traseras.
- Vehículos estibados en rampas → Cuatro eslingas en la parte trasera y dos en la delantera. El motor deberá estar siempre hacia abajo en rampa.

4.4. Planos de carga

Los planos de carga quizá sean los más sencillos de los más sencillos de comprender. Suele representarse dividiendo las cubiertas de carga en calles, y estas, a su vez, en módulos de 20 pies. En ellos tan sólo deberemos anotar sobre la casilla correspondiente la matrícula del contenedor, remolque, vehículo, etc.

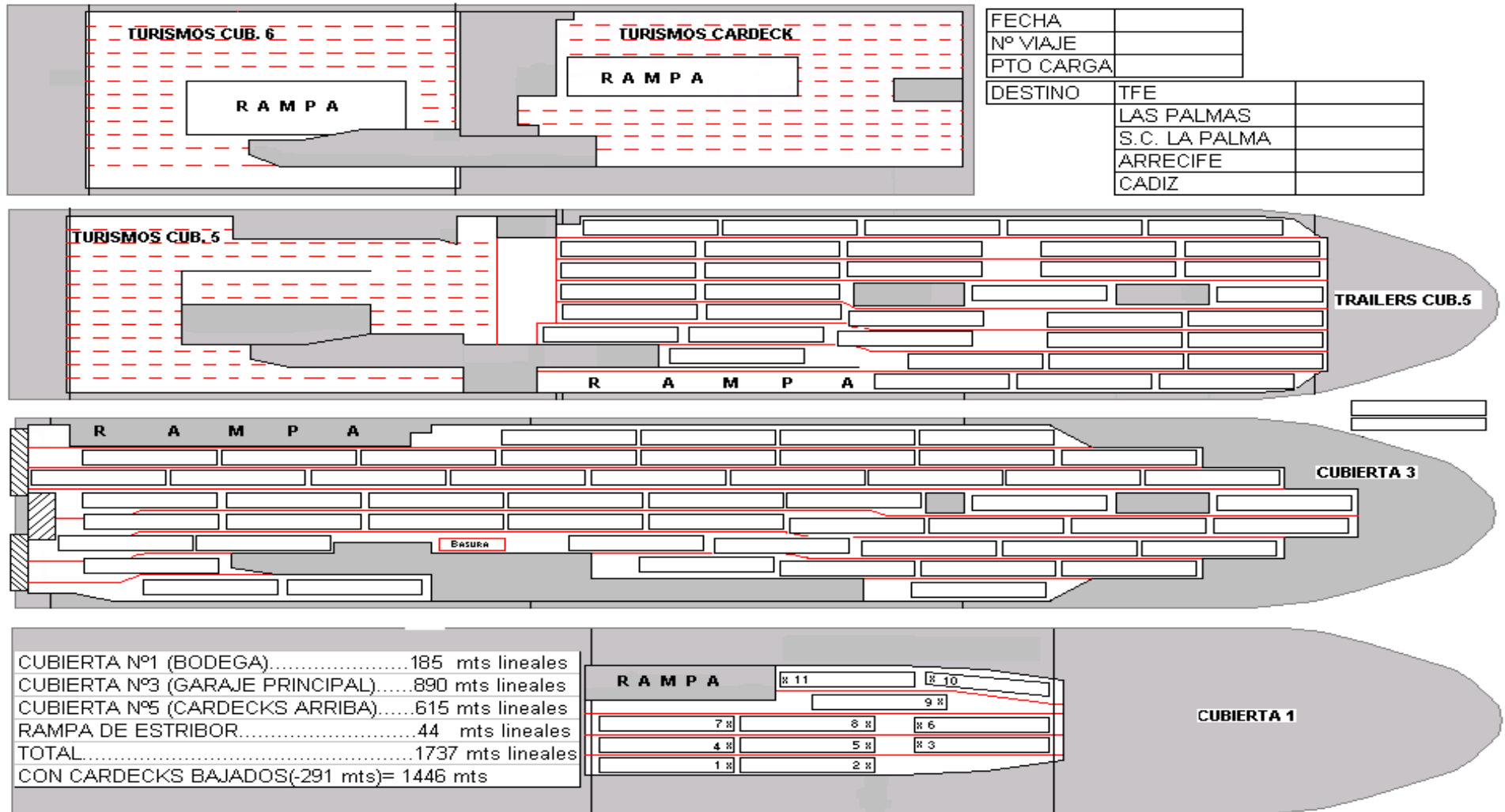
Nos servirá también para prever la problemática de la estabilidad y teniendo en cuenta el orden de los puertos de llegada.

En la siguiente hoja se observa el plano de carga del buque "Fortuny".



ANÁLISIS DE LA OPERATIVA EN BUQUES DE CARGA RODADA

PFC - Q4 - LNTM



8 | 2 | 9 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1

4.5. Funcionamiento de la operativa

En este último apartado del trabajo, se muestra el funcionamiento de una operativa, en el momento que la carga empieza a llegar a la terminal. Se va a detallar el orden concreto en el que la carga se va introduciendo en las cubiertas, para así optimizar el tiempo de toda la operativa.

Se centrará la carga en una sola bodega de coches, puesto que para las demás, el funcionamiento será el mismo. Como se puede ver en el siguiente dibujo, cada flechita representa un vehículo, que está indicando hacia donde tiene la parte delantera.

Se observa como la cubierta está dividida imaginariamente por la línea de crujía, marcando el cambio de sentido de los coches aparcados.

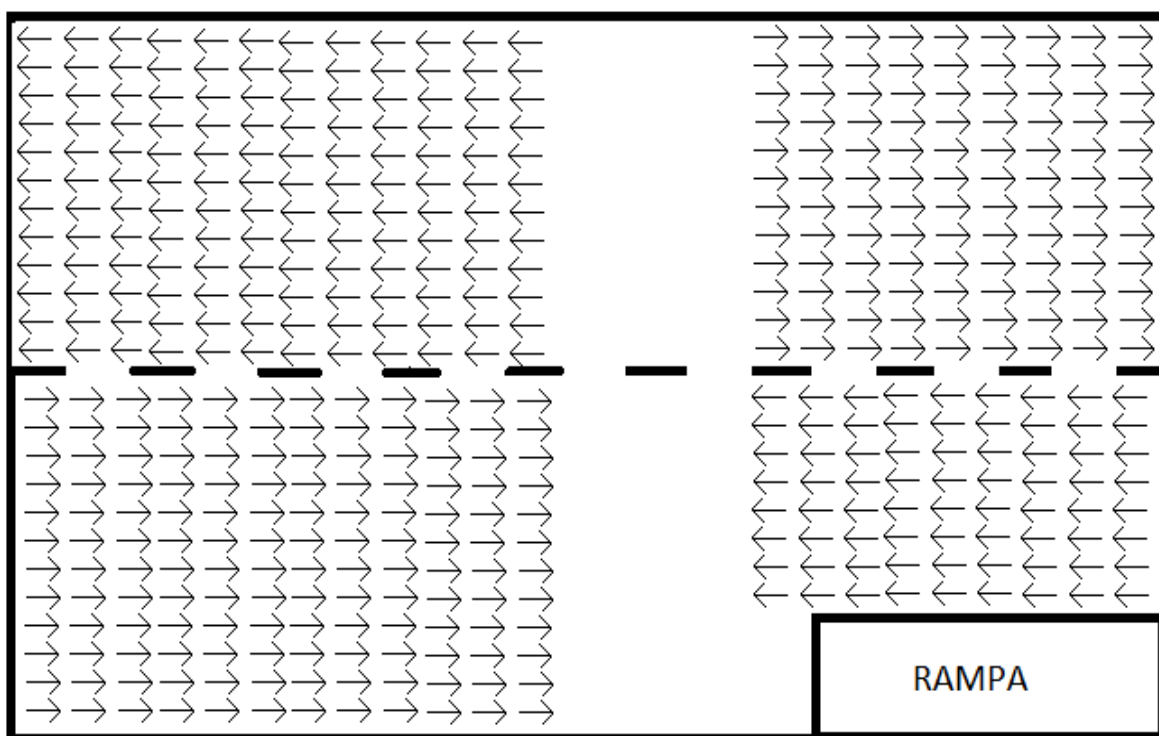


Figura 49: Representación de la cubierta de un Ro-Ro en carga

A continuación, se muestra una división de la cubierta por zonas, numeradas del 1 al 6 indicando los grupos de vehículos.

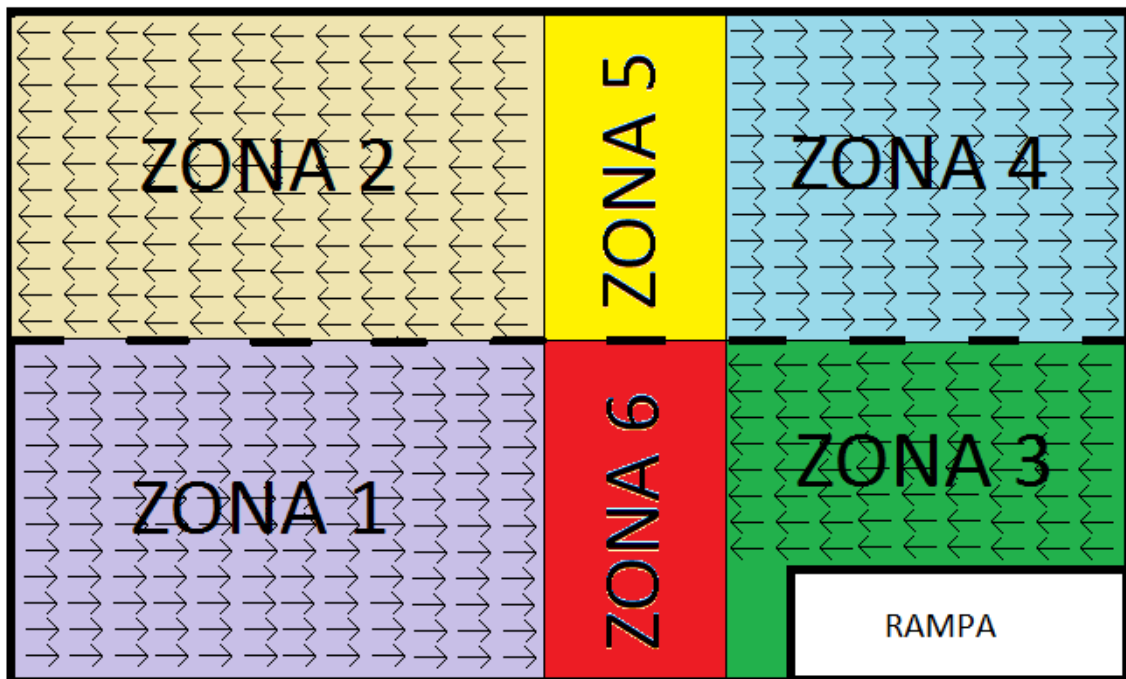


Figura 50: Diferenciación de las zonas de carga

Como se puede observar, cuando los vehículos se empiezan a cargar y suben por la rampa, los primeros van directamente a la zona 1. Cuando dicha zona está completada, pasan a la zona 2 y así respectivamente, hasta que llegan a la zona 5 y 6, donde se van aparcando, sin un orden tan fijo.

Este método lo que logra es que, los chóferes tengan que hacer el mínimo de maniobras posibles. De este modo, es más cómodo para trabajar. Si se estibarán de otra manera, se podría ganar tiempo en la carga, pero se perdería espacio efectivo probablemente.

Siguiendo este orden, cuando se quiere descargar empezarían por la zona 1 hasta llegar a la 6, siguiendo el mismo orden. En este proceso es donde se gana tiempo, puesto que la mayoría de los vehículos no tienen que hacer maniobras.

Dentro de cada zona también hay que seguir un orden concreto. Si observamos la siguiente fotografía, vemos como la zona se divide en 12 carriles.

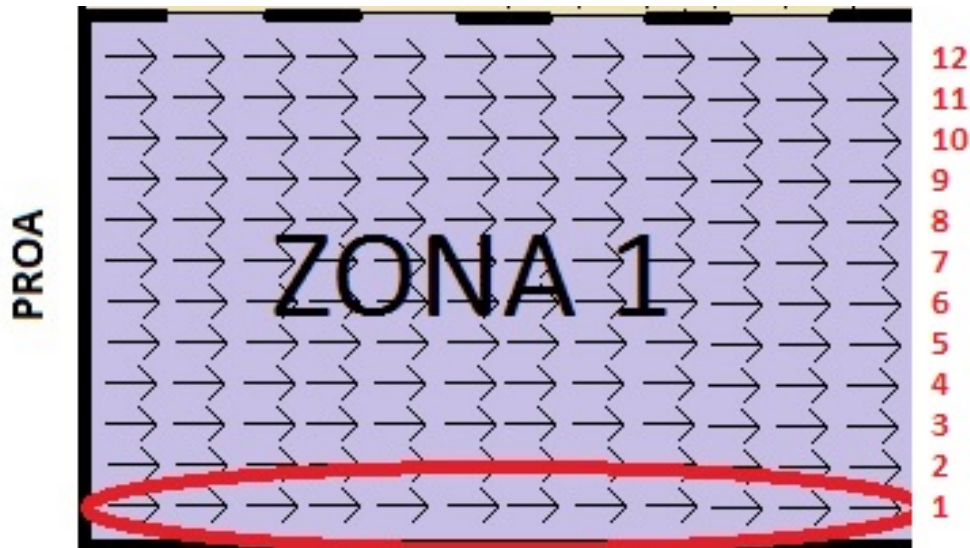


Figura 51: Carriles de una zona

Como se puede ver, el primer carril de la zona 1 es el que se empezará a cargar primero. Siendo el primer vehículo de todos, el que va situado más a popa. En ese orden, uno detrás de otro irá siendo aparcado en este mismo carril, hasta llegar al mamparo de proa.

Cuando se haya completado un carril, se empezará con el otro, del mismo modo que se hizo con el primero, de popa hacia proa. De este modo, como los vehículos pueden entrar con espacio suficiente, van dando la vuelta en el sentido contrario al de las agujas del reloj.

Por tanto, únicamente el último coche de cada fila, tendrá que maniobrar para ser aparcado.

En el caso de la zona dos el funcionamiento es parecido, pero en este caso los coches no han de dar la vuelta y entran tal y como vienen. De este modo, ninguno tendrá que maniobrar.



Por simetría la zona 3 y zona 4, serán completadas de la misma forma que las dos primeras. En cuanto a la zona 5 y zona 6, se irán aparcando tal y como venga, en función del espacio que haya quedado.

De este modo tan sencillo, aseguramos una rápida descarga, ya que el primer coche de la fila 1 de la zona 1, ya está posicionado para salir en el mismo sentido en el que está. Uno detrás de otro irán saliendo, sin tener que maniobrar y de forma fluida.

En el caso de trailers en una cubierta de carga, estos suelen ir entrando marcha atrás, ocupando los carriles de los costados primero. Como se suele dar el caso, hay algunos camiones que vienen con conductor y otros que no y se deben agrupar en diferentes costados.

Este hecho es importante a la hora de la descarga, ya que los camiones que no traen conductor suelen salir los últimos, porque la mano de estibadores puede llegar con retraso. Por eso se debe evitar que estos camiones queden por delante de los que tienen conductor, ya que estos últimos no podrían ir saliendo.

Se suele dar el caso en algunos buques, que la cubierta tenga diferentes troncos, por ejemplo para el hueco del ascensor. En tal caso hay que planificar que camión debe ir en esos espacios, ya que suelen ser más reducidos que un tráiler convencional.





Conclusión



5. Conclusión

En la actualidad, los buques de carga rodada tienen un papel muy importante en todo el planeta, pero sobretodo en las zonas menos desarrolladas. La necesidad de abastecer esos puntos hace imprescindible este tipo de buque, ya que tiene gran capacidad de almacenaje.

Esto lo hace mucho más barato que el transporte de mercancías por medio aéreo, y no se precisa de infraestructura externa para sus operativas. Sus características de rapidez, seguridad y precios bajos, son los que motivan a los fletadores de este tipo de servicios, por lo que cada día incrementa su cuota de mercado.

En cuanto a los Ro-Pax ofrecen una gran ventaja con respecto a los aviones, ya que los pasajeros tienen mucha más libertad de movimientos y actividades de ocio durante las travesías.

Los grandes avances con respecto a la velocidad de éstos, no tienen nada que envidiarle a ningún otro medio de transporte y juegan cada vez más un papel importante en la sociedad.

En cuanto a la estiba de estos buques, se ha mostrado que puede ser muy laboriosa. Por eso, en las próximas construcciones se debe tener muy en cuenta, ya que cuanto más rápida sea las operativas de carga, mayor será el rendimiento. Esto dará más dinero a las navieras y así se podrá reducir los precios de transportes.

Mejorando este aspecto se conseguirá un incremento potencial de los beneficios y además un mayor rendimiento de la tripulación, ya que no emplearán tanto tiempo en las operativas de carga y descarga, y se empleará más, en la seguridad y mantenimientos a bordo.

Como se ha visto en la parte de legislación, este tipo de buques es muy peculiar en muchos aspectos, comparándolo con buques convencionales. Hay que tener en cuenta



todos esos factores y la cantidad de elementos, que encontramos para la estiba y trincaje.

Es importante que cualquier persona que esté a bordo de un barco, conozca todo lo relativo a estos elementos, debido a que la mayor parte de los accidentes se deben a causas humanas.

En lo particular, la realización de este trabajo me ha servido mucho para comprender más a fondo una operativa. A pesar de haber estado navegando durante cuatro meses en estos tipos de buque, he podido adquirir nuevos conocimientos.

Con el fin de orientar al lector y amenizar el desarrollo de este trabajo, he alternado el contenido teórico con ilustraciones aclaratorias de los temas que iba tratando.





ANEXOS

6. ANEXO I (Tablas de los ejemplos académicos)

Tabla 1: Aceleraciones básicas

0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	Sección (de Pp a Pr)	
Ay										Ax
7,1	6,9	6,8	6,7	6,7	6,8	6,9	7,1	7,4	Cub. Int. Alta	3,8
6,5	6,3	6,1	6,1	6,1	6,1	6,3	6,5	6,7	Cub. Int. Baja	2,9
5,9	5,6	5,5	5,4	5,4	5,5	5,6	5,9	6,2	Entrepuentes	2,0
5,5	5,3	5,1	5,0	5,0	5,1	5,3	5,5	5,9	Bodegas	1,5
Az										
7,6	6,2	5,0	4,3	4,3	5,0	6,2	7,6	9,2		

Tabla 2: Corrección por eslora y velocidad

Eslora	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200
Veloc.											
9	1,20	1,09	1,00	0,92	0,85	0,79	0,70	0,63	0,57	0,53	0,49
12	1,34	1,22	1,12	1,03	0,96	0,90	0,79	0,72	0,65	0,60	0,56
15	1,49	1,36	1,24	1,15	1,07	1,00	0,89	0,80	0,73	0,68	0,63
18	1,64	1,49	1,37	1,27	1,18	1,10	0,98	0,89	0,82	0,76	0,71
21	1,78	1,62	1,49	1,38	1,29	1,21	1,08	0,98	0,90	0,83	0,78
24	1,93	1,76	1,62	1,50	1,40	1,31	1,17	1,07	0,98	0,91	0,85

Tabla 3: Corrección por $G_vM < 13$ cm

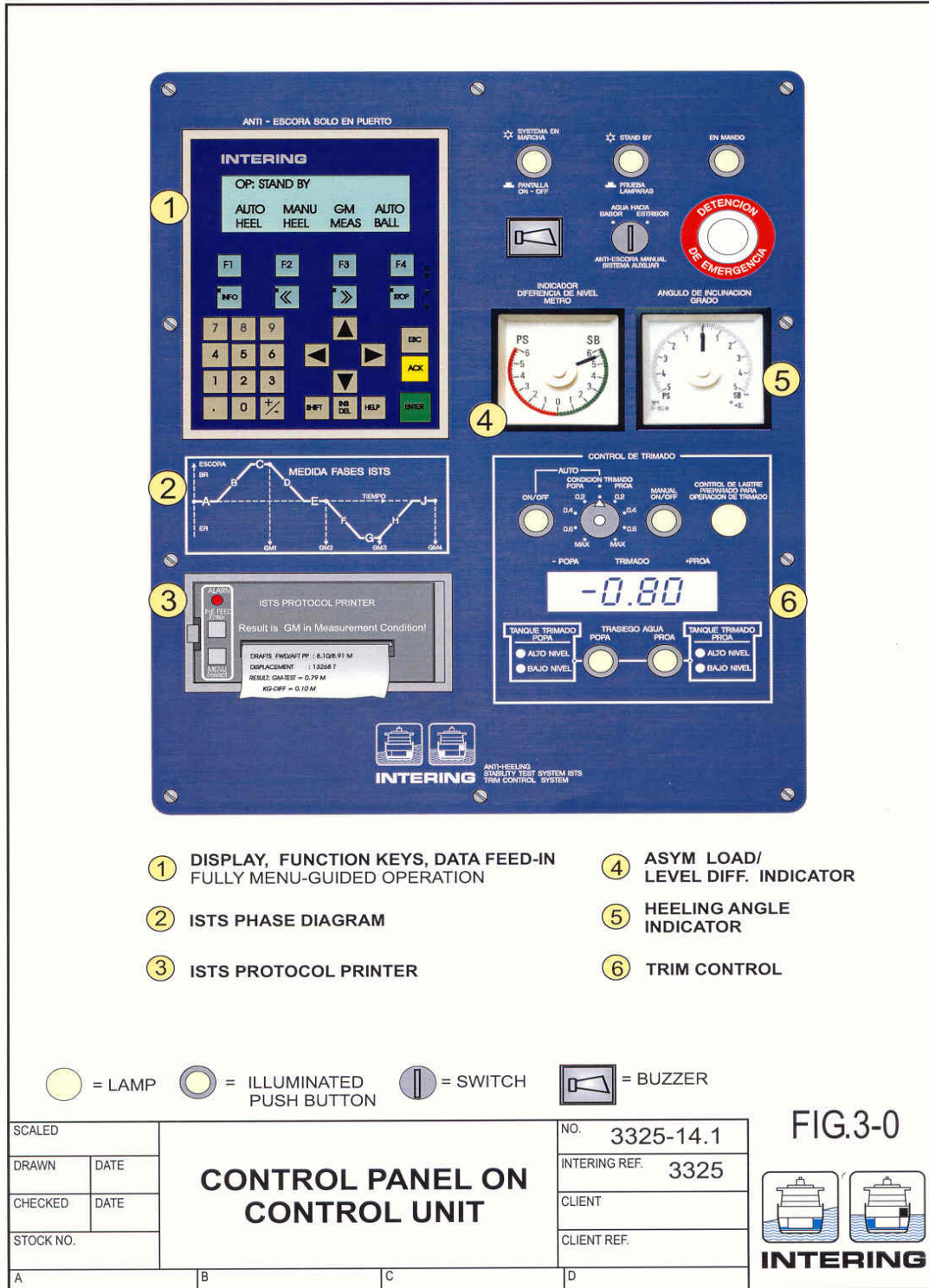
GvM	7	8	9	10	11	12
Cub. Int. Alta	1,56	1,40	1,27	1,19	1,11	1,05
Cub. Int. Baja	1,42	1,30	1,21	1,14	1,09	1,04
Entrepuentes	1,26	1,19	1,14	1,09	1,06	1,03
Bodegas	1,15	1,12	1,09	1,06	1,04	1,02

Tabla 4: Valores de f en función de α y de μ

α	-30°	-20°	-10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
μ													
0,3	0,72	0,84	0,93	1,00	1,04	1,04	1,02	0,96	0,87	0,76	0,62	0,47	0,30
0,1	0,82	0,91	0,97	1,00	1,00	0,97	0,92	0,83	0,72	0,59	0,44	0,27	0,10
0,0	0,87	0,94	0,98	1,00	0,98	0,94	0,87	0,77	0,64	0,50	0,34	0,17	0,00

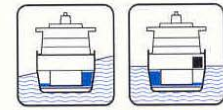
6.1. ANEXO II (Sistema Interling)

6.1.1. Panel de Control



6.1.2. Mímico Sistema Antiescora

**INTERING ANTI-HEELING SYSTEM
STABILITY TEST SYSTEM ISTS**



INTERING

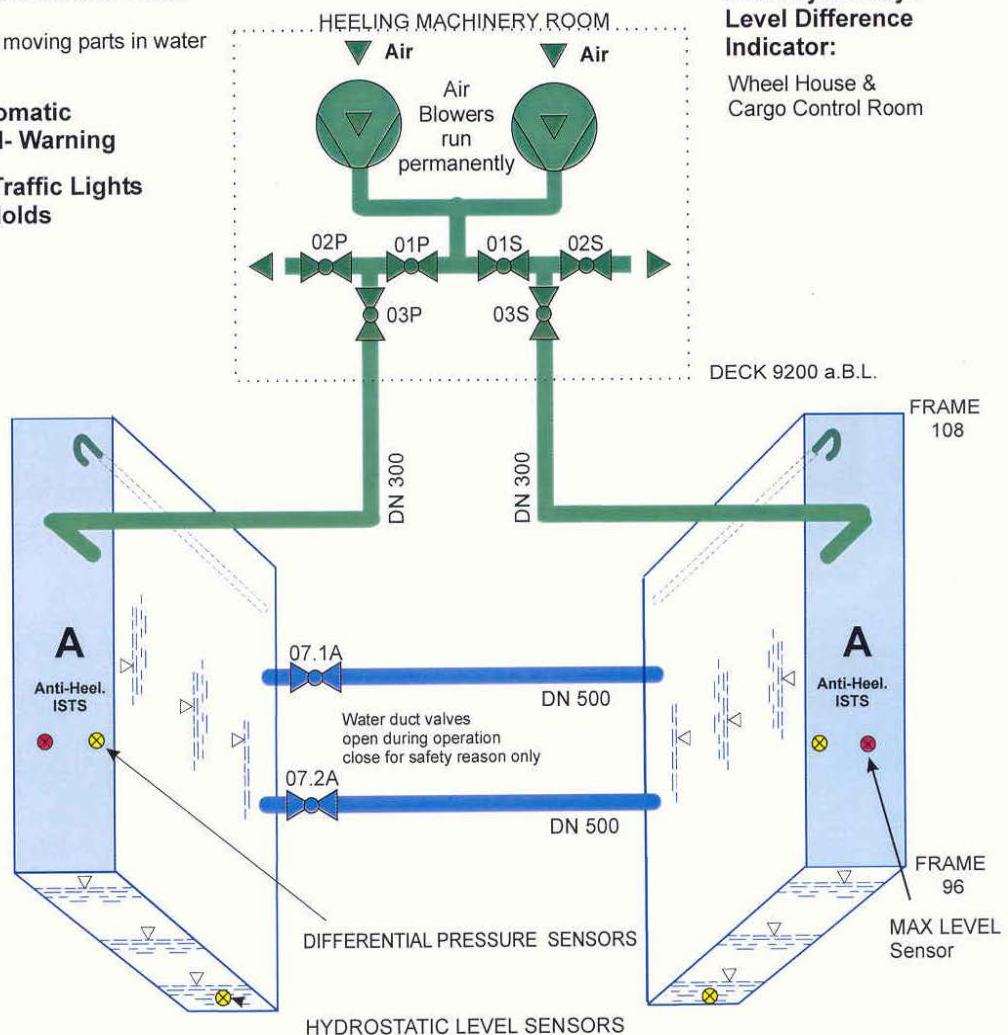
RoPax Ferry for *TRANSMEDITERRANEA*

- H.J Barreras, Vigo ; - AESA, Puerto Real

- Water moved by blower air
- Air valves control water flow within less than 1 sec.
- No moving parts in water

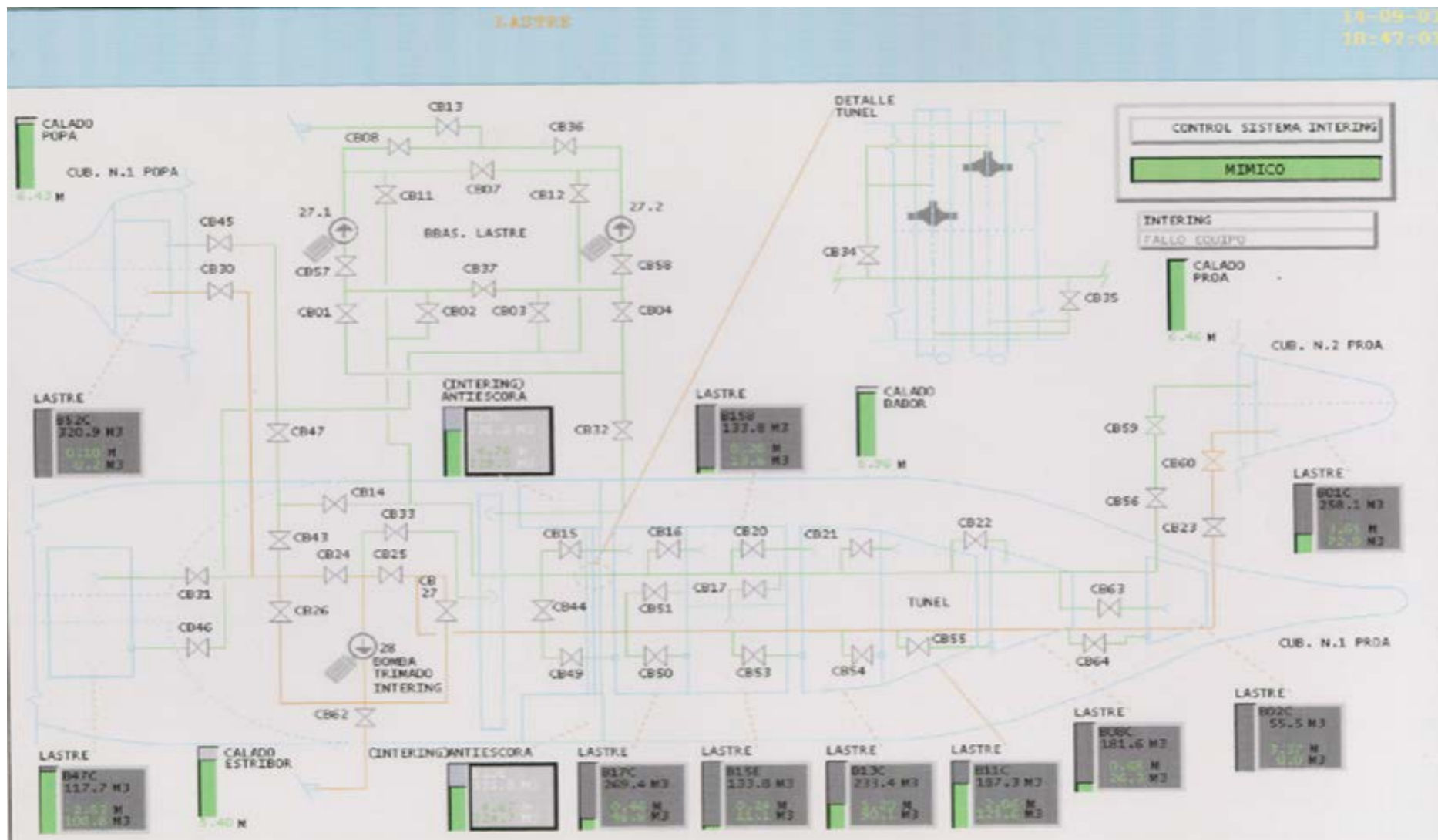
Automatic Heel- Warning
2x Traffic Lights in Holds

Automatic & Manual Operation
Supervision, Monitoring
**Load Symmetry-/
Level Difference Indicator:**
Wheel House & Cargo Control Room





6.1.3. Plano del servicio de operaciones de lastre







Bibliografía



7. Bibliografía

Fuentes Documentales

- IMO (2006). Código marítimo internacional de mercancías peligrosas (IMDG). 1st. Londres: IMO.
- IMO (1991).Código de Prácticas de Seguridad para la Estiba y Sujeción de la Carga. 1st. Londres: IMO.
- IMO (1997).Código de Prácticas de Seguridad para el transporte de cargas y personas en buques de suministro mar adentro (Código BSMA). 1st. Londres: IMO
- Manual de sujeción de la carga de un RO-PAX.
- Manual funcionamiento sistema antiescora.
- Interling stability test system (ISTS).
- Diapositivas Curso de buques ro-ro de pasaje y buques de pasaje distinto a buques roro.



Web Grafía

- MATUSALENE. "Buques Ro-Ro". *Taringa*, [en línea], [Consultado 12 de febrero de 2015]. Disponible en:

URL: <<http://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/4234205/Buques-Ro-Ro.html>>

- PJML. "Naviera Armas sin certificado residente". *Ferrymania*, [en línea], [Consultado 26 de Marzo de 2015]. Disponible en:

URL: <<http://ferrymania.blogspot.com.es/2012/10/naviera-armas-sin-Certificadoresidente.Html>>

- ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL. *OMI.org*, [en línea], [Consultado 06 de Abril de 2015]. Disponible en:

URL: <www.OMI.org>

- DR.JAIME RODRIGO DE LARRUCEA, *Seguridad en Buques Pasaje y Transporte Rodado- Ro/Pax*. 2013 [Consultado 25 de Junio de 2014]. Disponible en:

URL:

<<https://upcommons.upc.edu/eprints/bitstream/2117/2513/1/Seguridad%20en%20buques%20RoRo%20.pdf>>

