

INDICE

INDICE	Pag 1
PROLOGO	Pag 3
INTRODUCCIÓN	Pag 4
1.- EVOLUCIÓN HISTÓRICA	Pag 5-10
2.- TIPOS DE BUQUES PARA EL TRANSPORTE PESADO	Pag 11
2.1. Buques no Semi Sumergibles	Pag 11
2.1.1. Multipropósito con entrepuente LO/LO	Pag 11-13
2.1.2. Multipropósito con rampa RO/RO	Pag 14
2.2. Semi sumergibles	Pag 15
2.2.1. Buques de cubierta abierta	Pag 16-17
2.2.2. Buques dique	Pag 18-20
2.2.3. Conversiones	Pag 21-23
3.- MEDIOS DE CARGA	Pag 24
3.1 La carga rodada. RO/RO	Pag 25
3.2 La carga izada	Pag 26-27
3.2.1 Tipos de gruas	Pag 28-30
3.2.2 Estabilizadores del izado	Pag 31-33
3.3 Embarque por pérdida de flotabilidad	Pag 34
3.4 El método de deslizamiento	Pag 35
4.- ANÁLISIS DEL TRANSPORTE SECO	Pag 36
4.1. Diseño de un criterio ambiental	Pag 37
4.2. Cálculo de la estabilidad	Pag 38-39
4.3. Análisis de los movimientos del buque durante una tormenta diseñada	Pag 40
4.4. Cálculo de las fuerzas extremas durante el transporte	Pag 41
4.5. Diseño de los planos	Pag 42
4.6. Diseño de refuerzos y modificaciones	Pag 43-45
5.- LEGISLACIÓN VIGENTE	Pag 46-52
6.- CONCLUSIONES	53
BIBLIOGRAFÍA	54
ANEXO I : Los Sistemas de Posicionamiento Dinámico de Clase II	Pag 55-57
ANEXO II : Imágenes	Pag 58-76

PROLOGO

Para realizar mi proyecto final de carrera, he intentado hallar un tema que atrajera la atención de sus lectores y que además ampliase los conocimientos de los mismos, sobre las capacidades de algunos de los mayores buques mercantes existentes.

Después de valorar los diversos tipos de buque que existen hoy en día, llegué a la conclusión de que había una clase de buque, de la que no se conocía mucha información respecto a su existencia, debido a su joven aparición en el mundo marítimo.

Por tanto decidí investigar sobre los semisumergibles para el transporte de carga pesada, dado que son unos buques que pueden ser de mucha utilidad para todo tipo de transportes por la mar.

A medida que iba investigando respecto a las capacidades que tenían estos buques, reconocía cuales eran las principales características que los hacían tan especiales, aunque al fin y al cabo no llegasen a dejar de estar sujetos a todo el conocimiento adquirido durante el desarrollo de la diplomatura en navegación marítima.

INTRODUCCIÓN

Los buques semisumergibles son fruto de una evolución, que se ha dado progresivamente desde los primeros remolques sobre gabarras, que tanto se llevaron a cabo hace menos de 50 años. Ya casi no tienen ninguna relación con las antiguas gabarras, quitando su función de transportar grandes cargas por la mar.

En primer lugar he empezado analizando la evolución de los semisumergibles, desde el principio de su aparición en el transporte mundial de mercancías pesadas.

A continuación he explicado brevemente cuales son las principales características que diferencian a los buques semisumergibles, de los demás buques mercantes existentes diseñados para el transporte de cargas pesadas, diferenciando las características de los distintos tipos que han ido surgiendo a lo largo de los últimos cincuenta años.

Después de conocer un poco más todos los buques semisumergibles y los dedicados al transporte de cargas pesadas, he investigado cuáles eran sus trabajos mas habituales, y la forma en que planificaban y desarrollaban los transportes que realizados. Para ello deben tomar toda una serie de medidas de seguridad que ayudarán al desarrollo satisfactorio de este propósito.

En esta parte se analiza todo el trabajo previo al transporte, que debe ser realizado para valorar si va a ser rentable y posible el transporte requerido.

Y en último lugar, he hecho una breve descripción de los trabajos más relevantes realizados por estos buques desde su existencia. Por lo que me dió paso a llegar a las conclusiones finales respecto a la relativamente nueva aparición de estos peculiares buques.

1.- EVOLUCION HISTÓRICA

Durante un centenar de años, todas las cargas que tenían flotabilidad propia, y eran demasiado grandes para ser transportadas en ningún barco, fueron remolcadas a través de los océanos de todo el mundo. Este trabajo era realizado por remolcadores, a veces largo y existían los peligros inherentes de remolcar un objeto que no había sido diseñado o construido para ser movido largas distancias, a través del agua.

A principios de los años 60, las compañías remolcadoras comprendieron que si los objetos flotantes podían torpemente ser movidos sobre una gabarra, esto podría tener la significativa ventaja de ser mucho más rápido y seguro que el tradicional remolque. El remolque seco había nacido. Entonces gabarras semisumergibles fueron construidas para este propósito, y todas estas, necesitaban reposar la popa en el fondo del mar, cuando se encontraban en la condición sumergida.

Hasta la primera parte de la década de 1970 todas las movilizaciones de larga distancia de las plataformas de perforación se realizaron por los remolcadores de alta mar, generalmente propiedad de grandes empresas. La típica toma de la velocidad de remolque era de 3 a 4 nudos, dependiendo de la configuración del casco y de las características del remolque, por lo que las primas de los seguros se volvían excesivas.

Como casi el 50% de todas las pérdidas totales de la toma de las plataformas de perforación se produjo durante el tránsito, surgió una nueva forma de transporte marítimo a mediados de la década de 1970. Este fue el transporte de mercancías en barcasas semisumergibles con torres estabilizadoras en las esquinas, arrastradas por remolcadores de relativamente alta potencia. Los pioneros en este mercado fueron empresas como la CCI

(Transporte Internacional de Contratistas) de Holanda y GTO (Organización Mundial de Transporte).

En el año 1976 una compañía remolcadora entró en el mercado del transporte marítimo pesado, con su propio par de gabarras semisumergibles Ocean Servant I y II. Uno de los rasgos más innovativos de este casco fue la instalación de bastidores flotantes en las cuatro esquinas, permitiendo la gabarra sumergirse horizontalmente, evitando la necesidad de reposar del fondo del mar, como las gabarras convencionales. (Ver imágenes nº 1 y 2)

Como resultado, la profundidad para sumergirse no se veía limitada, la carena no necesitaba ser vigilada por submarinistas, y durante la emersión e inmersión, la cubierta podía mantenerse paralela a la quilla de la carga. Otra nueva característica fue que los Ocean Servants fueron equipados con dos propulsores omnidireccionales de 500 hp. Con esta propulsión auxiliar la gabarra podía seguir siendo maniobrada si el cabo de remolque llegaba a partir. Pero tan sólo servían para maniobrarla y no para propulsarla por el mar, independientemente de los remolcadores de alta mar.

La ingeniería de esta empresa tan sólo tardó 3 años en introducir el primer par de buques semisumergibles para el transporte de cargas pesadas, estos eran el Super Servant I y II.. Estos fueron construidos a partir del conocimiento obtenido de las gabarras con torretas, aunque ahora disponían de propulsión y maniobrabilidad propia. La incorporación de la doble máquina propulsora en la unidad de transporte, significó la eliminación de la débil conexión del remolque, lo que se tradujo en un incremento de fiabilidad y de seguridad. En unos años un total de seis barcos de este tipo fueron añadidos a la flota. Estos podían ser sumergidos a una profundidad de 15m, permitiendo 6.5m de agua sobre sus cubiertas. El lastrado y deslastrado era realizado por unas bombas impulsadas por unos compresores de aire.

(Ver imágenes nº 3 y 4)

En los años ochenta el mercado del transporte de carga pesada se derrumbó debido a un exceso de capacidad, y algunos buques fueron convertidos a partir de petroleros Suez Max.

En 1981 surgió un diseño alternativo de sumergibles, el Swan era una combinación de semisumergibles con capacidad para el transporte de graneles líquidos. El primero de una serie de 4 buques fue construido, con la capacidad de sumergirse para cargar sobre sus cubiertas mercancías flotantes, además de la disposición de una serie de tanques para aprovechar el transporte lastrando cargas líquidas. Los siguientes fueron construidos tan sólo un año después y fueron llamados Tern, Swift y Teal. Este tipo de buque no comparten las características con los demás, de poseer torres estabilizadoras en la popa, sino que el propio casco hace la misma función. Tienen una cubierta libre por los costados aunque restringida por proa y popa por el castillo y la toldilla respectivamente. (Ver imagen nº5)

La mayoría de las cargas que se transportaban en alta mar eran las plataformas de perforación, los diques flotantes, barcos grúa, sheerlegs, barcazas, los materiales de dragado, etc

En 1982 dos semisumergibles fueron creados convirtiendo petroleros existentes, donde la parte central de la carena era retirada y reemplazada por una cubierta de carga mas corta y con menor puntal. Estos fueron el Sibig Venture y el Ferncarrier. Esta técnica empezó a darse en otros muchos casos por una razón, y es que salía más rentable la conversión de un viejo buque, a la construcción de uno nuevo. (Ver imagen nº 6)

En 1983 el primero de tres Mighty Servants se unieron a la flota. Estos barcos pertenecían a la clase mas avanzada, fruto del conocimiento y experiencia de más de una década de actividades en el transporte de cargas pesadas. Se llegaron a construir hasta 3

barcos de estas características, que eran la segunda clase de buques semisumergibles, mejorando la primera construcción de Super Servants. (Ver imagen nº 7)

Estos buques eran similares en concepto a los Super Servants pero mayores, de hecho para ser capaces de transportar las más grandes y pesadas cargas que requería el mercado de construcción off-shore. Una característica importante de estos barcos fue que había la posibilidad de desmontar las torretas de flotabilidad de popa, permitiendo la navegación sin su presencia.

En 1987 se construyó una nueva versión de estas clases de semisumergibles con lo que darían paso a una parada durante una década, en referencia a la construcción de nuevos semisumergibles. Este nuevo buque era el Transshelf uno de los mayores semisumergibles durante una década. (Ver imagen nº 8)

A continuación, dos empresas de transporte Wijsmuller y Dock Express Shipping, acordaron combinar sus intereses en septiembre de 1993, para convertirse en la compañía naviera más grande y el más versátil del mundo, de navegación marítima en el transporte pesado. La fusión se completó el 1 de enero de 1994, la creación de una nueva empresa llamada Dockwise.

En enero de 1994, la flota Dockwise consistía en los siguientes buques:

ÉSuper Servant 3, 4, 5 y 6

ÉMighty Servant 1, 2 y 3

ÉDock Express 10, 11, 12 y 20 (Ver imagen nº 9)

ÉTransshelf (en gestión)

No fue hasta después de 13 años, que se llegase a construir la última serie de semisumergibles. Esta fue la serie de mayores buques construidos para el transporte de cargas pesadas, manteniendo los criterios de diseño desarrollados desde hacía más de dos décadas.

En 1999, Dockwise hizo la entrega de la jumboised Mighty Servant 1 de los astilleros Hyundai Mipo, Corea del Sur. Este buque había sido ampliado por 10 metros y alargado por 30 metros para convertirse en el mayor buque de la flota Dockwise hasta el momento.

Entre el año 1999 y el 2000, fueron construidos los dos buques que forman la clase Marlin, constituyendo aún actualmente la vanguardia en esta clase de buques. (Ver imagen nº 10)

En el 2001 la compañía Dockwise y la de Transporte Pesado Offshore ASA (HTO) acordaron combinar sus empresas. Esto sumado a los dos buques de transporte pesado, el Black Marlin y el Blue Marlin, a la flota Dockwise.

Además de los buques Dockwise, la gran compañía naviera de China Cosco, entró en el mercado en 2002/2003, y puso en servicio dos mejorados "Super Servants" de la serie KOU. Inicialmente, ninguno de estos buques era capaz de transportar las plataformas jack-up de diseño más frecuente, sin embargo, uno de estos recientemente ha sido modificado, lo que se encuentra en condiciones para el transporte de las plataformas de prospección. (Ver imagen nº 11)

En el año 2004, volvió a entrar en servicio como el buque más grande del mundo de transporte pesado, el Blue Marlin después de la conversión en los astilleros Hyundai Mipo en Corea del Sur, donde había sido ampliado por 21 metros. Esta modificación varió el peso muerto del mismo de 57.000 toneladas a 70.000 toneladas. (Ver imagen nº 12)

Hoy en día, la empresa Dockwise es reconocido como especialista líder en el transporte marítimo de transporte pesado. Las actividades incluyen el diseño, ingeniería,

planificación y logística necesaria para garantizar la recogida satisfactoria, transporte y distribución de las cargas. Estas cargas pueden variar desde un pequeño yate de vela o de motor de sólo 10 toneladas de peso, hasta una gran plataforma de perforación y producción petrolífera, con un peso de hasta 73.000 toneladas.

2.- TIPOS DE BUQUES PARA EL TRANSPORTE PESADO

2.1.- Buques no semisumergibles.

Los buques especializados para este tipo de transportes tienen unas características propias que les hace únicos para su especialidad. Hay muchos tipos de buques dentro de estas premisas, aunque van creándose modificaciones en función del propósito que tienen.

2.1.1.- Buques multipropósitos con entrepuente. LO/LO

Estos buques de carga, tienen una bodega libre de proa a popa, que les permite transportar grandes cargas dentro de las mismas. Esta bodega tiene la forma de un paralelepípedo, y puede ser dividida en distintas secciones mediante unos niveles horizontales y verticales.



Unas potentes grúas de tipo pinza se encuentran instaladas sobre uno de los costados, y separadas por una distancia adecuada que les permite trabajar de forma combinada, ya sea para embarcar la mercancía, o para colocar los niveles propios que le permiten trabajar con sus propias tapas de escotilla, entrepuentes y separaciones verticales si las requiere. Las grúas más potentes instaladas en este tipo de buques, llegan a tener capacidades de izado de hasta 800 T cada una, pudiendo operar de forma conjunta con una capacidad de 1600T. (Ver imagen nº 13)

Para garantizar la estabilidad transversal durante todo el proceso de carga y descarga, poseen unos pontones estabilizadores que pueden ser montados en los costados, sobresaliendo por el nivel del mar. Estos tanques son llenados, de forma que permiten realizar las maniobras de manera segura y garantizando la seguridad de los procedimientos. (Ver imagen nº 14)

El hecho de poseer unas grúas tan potentes, les proporciona una gran independencia en cuanto al posible itinerario de las cargas. Estos ya no dependen de los medios de carga de los puertos a los que se dirigen, ya que con sus propios medios puede recoger, transportar y entregar las mercancías sin ayuda de ninguna grúa de tierra.

Siempre tienen el puente situado en un extremo, ya sea en proa o en popa, de forma que no entorpece el transporte de largas y grandes cargas.

Tienen los planes de bodega reforzados, llegando a soportar límites de carga de hasta 25 T/m². Dentro del paralelepípedo que forma la bodega, puede ser dividido por el entrepuente, que está formado por unas secciones de cubierta que son móviles, y permiten variar el volumen de bodega expuesto a la intemperie. Estas secciones pueden resistir cargas desde 4 hasta 12,5 T/m², dependiendo de si son empleados los pilares de refuerzo que tienen. Por último, las tapas de escotilla también se encuentran reforzadas, siendo estas capaces de soportar hasta 12.5 T/m² con los pilares de refuerzo montados.

Como norma general, la gran mayoría de empresas dedicadas al transporte de grandes cargas, las transportan dentro de sus bodegas o sobre sus escotillas. Aunque en algún momento llegan a realizarse transportes especiales en los que sobresalga la mercancía.

Estos buques están capacitados para navegar con las escotillas parcialmente abiertas, cuando la carga es indivisible y se hace necesaria esta condición. Para ello tienen dispuestas unas potentes bombas que permiten extraer toda el agua de las bodegas, que podría llegar a entrar en las mismas hasta en las peores condiciones de mar y viento.

Algunas compañías, han aprovechado este tipo de buques para crear su propia flota de buques especializados en el transporte y el montaje de plataformas off shore. Para ello los han dotado de sistemas de posicionamiento dinámico de tipo 2, para controlar la posición del buque en alta mar, mediante una serie de hélices verticales, transversales y longitudinales.

Esto les permite mantenerse en la posición deseada para el montaje de equipamiento en alta mar, sin necesidad de un punto de apoyo. Los mercados que favorecen este tipo de barcos son numerosos, debido a que son capaces de transportar varios tipos de cargas, en un mismo transporte, siendo él mismo quien cargue y descargue la mercancía.

Con estos buques nos encontramos compañías que se han dedicado desde el transporte de yates, hasta el transporte e instalación de plantas petrolíferas, pasando por otros numerosos tipos de cargas. Así como permiten el transporte de contenedores, bobinas, grúas pórtico o cualquier carga indivisible, y de difícil manejo.

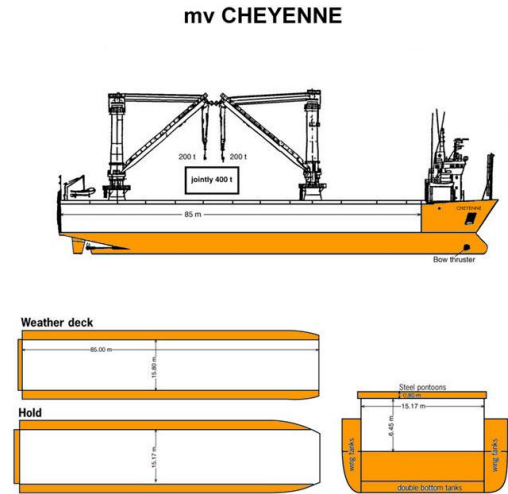
2.1.2.- Multipropósito con rampa. RO/RO

Este tipo de buques es muy parecido al anterior, en cuanto a la configuración de las bodegas con entrepuentes variables, que pueden ser montados con pilares para aumentar su resistencia, desde el plan de bodega, seguido por el entrepuente hasta las cubiertas superiores en último lugar. Las bodegas tienen forma de

paralelepípedo desde proa a popa, y pueden ser cerradas con tapas de escotillas reforzadas. En caso de sobresalir la mercancía, pueden navegar con las escotillas parcialmente abiertas ya que tienen unas potentes bombas que son capaces de achicar del agua embarcada, hasta en las peores condiciones de mar y lluvia.

Disponen de unas rampas de embarque altamente reforzadas con capacidades que rondan desde los 200 hasta las 2500 toneladas de resistencia, y siempre situadas en la parte de popa de la bodega, por lo que les hace tener el puente siempre a proa. (Ver imagen nº 15)

También disponen de grúas propias, generalmente con un par de tipo pluma, con una capacidad desde 50 hasta 250 Toneladas por lo general. Aunque muy pocos llegan hasta las 700 toneladas de capacidad. Estas son de gran ventaja a la hora de manejar las mercancías pequeñas y para construir las configuraciones propias de cada viaje, que forman los entrepuentes y las tapas de escotillas reforzadas.



2.2.- Semisumergibles

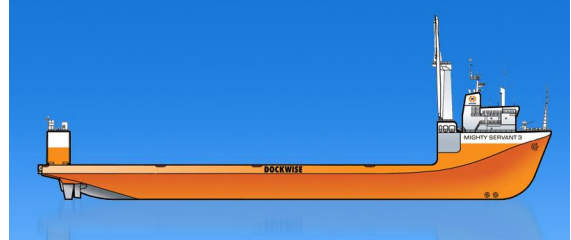
Esta clase de buques están diseñados de forma que pueden variar su calado, mediante el llenado de sus tanques de lastre, dentro de unos márgenes de hasta 15 metros.

Estos buques son capaces de sumergirse hasta tener una decena de metros de agua sobre sus cubiertas principales. Manteniendo la estabilidad en todo momento, pueden cargar sobre sus cubiertas todo lo que se encuentre flotando sobre ellas. Para ello disponen de unos avanzados sistemas, que les permiten controlar todas las operaciones de lastrado necesarias para cambiar las condiciones del barco. (Ver imagen nº 16).

Estos buques fueron construidos específicamente para el transporte de cargas pesadas, y por ello comparten las características necesarias para cumplir con sus funciones. Como pueden ser las cubiertas altamente reforzadas o los potentes medios de carga propios que les permite ser totalmente independientes de infraestructuras de tierra.

2.2.1.- Buques de cubierta abierta.

Este primer tipo de semisumergibles se caracteriza por no tener costados que impidan que la carga sobresalga y por tanto tampoco para protegerla de las influencias del mar.



Tienen el puente de gobierno situado en proa, llegando a encontrarse hasta unos 25 metros sobre la cubierta principal.

Tan sólo cuentan con una cubierta de carga, que se encuentra desde los 10 hasta los 15 metros sobre la quilla, dependiendo del tamaño del buque. Esta cubierta, además de estar libre por los costados, también lo está por la popa. Unas torretas que se encuentran en la parte de popa, situadas una en cada costado, cumplen con el objetivo de estabilizar el buque cuando se encuentra sumergido. Estas torretas son removibles, por lo que pueden ser desmontadas, en caso de ser un estorbo para la carga, y de no ser necesarias al no tener que sumergirse el buque.

Para hacer sumergir el buque, son llenados todos los tanques de lastre que se encuentran bajo la cubierta principal, incluyendo las torretas, y algunos bajo el puente de gobierno. Estos procesos están totalmente calculados, de forma que son capaces de variar su asiento con el total control de la situación en todo momento. Para ello disponen de unos sistemas informáticos que van midiendo en todo momento la posición del buque y actúan en consecuencia, aunque con esto tan sólo cuentan los más avanzados o los que han sido renovados, con el paso de los años. (Ver imagen nº 16).

La distribución de los tanques de lastre está formada de manera que, cuentan con tanques altos y con tanques de doble fondo, alrededor de una gran cantidad de menores. La

gran cantidad de tanques pequeños favorece el control sobre el buque y las influencias de superficies libres que podrían llegar a darse si fuesen mayores. En cuanto a los tanques de doble fondo son un elemento de seguridad porque que protegen al buque de hundirse en caso de tocar fondo, y permiten reducir el centro de gravedad cuando se transportan grandes y pesadas cargas, adquiriendo una mayor estabilidad. En caso de tratarse de cargas ligeras, son llenados los tanques de dos pisos para que el buque se encuentre en situación de exceso, reduciendo así los movimientos de balanceo en la mar gruesa.

El llenado de estos tanques se realiza mediante una serie de potentes bombas, que pueden ser impulsadas tanto de forma eléctrica como neumática. Tanto sea a partir de unos generadores o unos compresores, a partir del combustible logran bombear todo ese caudal de agua de lastre que requieren.

El tamaño de estos buques es tal, que no se ven afectados con una pérdida de velocidad debido a la mar gruesa, y su capacidad de combustible es suficiente para dar media vuelta al mundo sin requerir reabastecimiento.

Con unos desplazamientos de 78.000 Toneladas, son capaces de transportar cargas flotantes de hasta 73.000 toneladas.

Los métodos de carga de este tipo de buques, son diversos: en primer lugar, el buque puede sumergirse y cargar sobre sus cubiertas todo tipo de mercancías flotantes (Flo-Flo), en segundo lugar puede embarcar carga rodada, estando atracado en un muelle, y regulando su calado hasta dejar la cubierta al nivel del muelle (Ro-Ro); y por ultimo las cargas pueden ser deslizadas sobre unos raíles de tierra hacia la cubierta. (skidd on).

Cuando la carga es deslizada o rodada sobre sus cubiertas, es cuando no requieren la presencia de las torretas estabilizadoras, por lo que pueden trabajar sin ellas y transportar cargas mayores.

2.2.2.- Los Buques dique

Tienen unos costados altos que ofrecen una protección a la carga durante el transporte, aunque con ello también limitan su tamaño, debido a que ya no es posible que la carga sobresalga por los lados. Aunque si sigue siendo posible que la misma sobresalga por la popa, porque tienen la popa libre de obstáculos.

Algunos tienen unas compuertas en popa, que permiten la entrada de buques u objetos flotantes cuando estos se encuentran sumergidos. Muchas de estas compuertas, también pueden realizar la función de rampas de embarque, por lo que les permite el embarque de mercancías rodadas. Para ello también se encuentran reforzadas para soportar el paso de grandes cargas.

En cuanto a medios para el izado de la carga, como pueden ser grúas, puntales o plumas; no todos poseen una propia. Algunos tienen entre dos y tres grúas o puntales, todos situados en un mismo costado, y favoreciéndoles la posibilidad de trabajar de forma combinada, y aumentando así su capacidad de levantamiento. En cambio, otros tienen unas grúas puente que discurren sobre unos raíles, sobre los que están apoyadas y les permiten deslizarse de proa a popa. (Ver imagen nº 17)

Generalmente esta clase de buques se divide en tres tipos, que han sido generalizados en los últimos años:

El primer tipo son esos que tienen de dos a tres grúas en un costado, y cuentan con la compuerta de popa que también les permite embarcar mercancías rodadas. Con unas cubiertas móviles, pueden crear espacios estancos al sumergirse, y así embarcar cargas flotantes, junto con otra mercancía seca, previamente embarcada. Estos son de los más completos a la hora de embarcar mercancías, debido a su gran variedad de métodos de carga.



Medios de carga : RO/RO + FLO/FLO + LO/LO + SKIDDING

	Eslora	Manga	C. Ve.	C. Inm.	Desplaz.	Año	Buques
Combidock	162 m	25.40 m	6.6 m	11 m	11000Tm	2007	5
Roll Dock	130 m	24 m	5.6 m	11.9 m	8300 Tm	2008	6

En segundo lugar, nos encontramos con unos buques dique, con unos costados muy altos y con unas rampas reforzadas en popa, para embarcar mercancía rodada. Pueden transportar contenedores sobre sus costados, además de las grandes cargas, permitiendo así el transporte combinado de mercancías. No disponen de grúas propias. (Ver imágenes nº 18 y 19)



Medios de carga : RO/RO + FLO/FLO + SKIDDING

Por último lugar, nos encontramos con los especializados en el transporte de grúas pórtico, de la clase dock express, que han patentado un método llamado FORK-LIFT para coger por debajo las grúas pórtico de tierra, y elevarlas sobre las horquillas, pudiendo deslizarlas hacia proa, transportando hasta 3 o cuatro en un mismo viaje.



Además son unos de los únicos que tienen las grúas puente que les permiten trabajar con las mercancías ligeras como pueden ser contenedores o bobinas. En el caso de los que transportan yates, se ayudan con estas grúas para guiar los buques entre los costados, cuando se encuentran sumergidos.

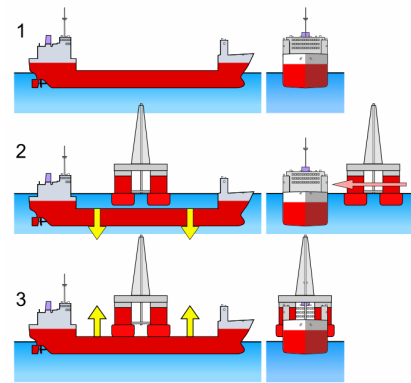
Con el paso de los años, el tamaño de las grúas pórtico ha ido aumentando, por lo que estos buques se han quedado limitados para el transporte de las mismas. Por ello han empezado a dedicarse al transporte de yates privados, debido a la gran demanda del sector en los últimos años. (Ver imagen nº 20)

2.2.3.- Conversiones

Se pueden encontrar dos principales tipos de conversiones que han sido cada vez más comunes en las últimas décadas.

La primera clase de conversiones que se han realizado, han sido unas modificaciones de antiguos

buques tanque de tipo panamax, a los que han variado su eslora e instalado una cubierta reforzada a una altura relativamente baja, libre de los costados y larga desde la proa hasta la popa. Estos buques tenían los puentes de gobierno a popa, los cuales se han mantenido junto con la zona de maniobra de proa y unos metros más, con el fin de permitir la estabilidad del buque durante la inmersión. (Ver imagen nº 21)



La conversión de los petroleros de crudo, en buques de carga para el transporte pesado. El propósito ha sido obtener buques capaces de realizar el transporte de plataformas petroleras y otras plataformas de carga pesada, sobre la cubierta de carga de 20 toneladas / m² de resistencia. Toda la ingeniería y las obras de conversión se realizan de acuerdo a las reglas y bajo la supervisión de las sociedades clasificadoras, por ejemplo DNV.

Los buques se reducen en unos 40-50 metros y se fabrica e instala una nueva cubierta principal unos 8 m por debajo de la anterior. Son necesarias modificaciones y refuerzos del casco, así como nuevos tanques de lastre incluyendo la superestructura de proa. Consiste en eliminar gran parte de componentes que llegan a pesar hasta 7000 toneladas y se instalan nuevas estructuras que no llegan a las 4000 toneladas.

Nuevos buques requieren una amplia modificación y una nueva instalación de sistemas de lastre y ventilación por aire. Se modifican se actualizan todos los sistemas de colectores, incluyendo nuevas válvulas hidráulicas de acero inoxidable con sistemas de control remoto. Se requieren aproximadamente 15 Km. de varios diámetros de colectores y 45 nuevas válvulas son necesarias para estas actualizaciones.

Para lograr una mejora en la maniobrabilidad de los buques, se instalan unos propulsores transversales con unas potencias de 1500KW en proa y 1000KW en la popa. Se crean nuevos compartimentos con todo el equipamiento necesario. Dos nuevos generadores de 1900KW son instalados en la recién construida sala de máquinas. Son necesarios cuadros, paneles, gabinetes y accesorios incluidos como 63 Km. de cables de distintos tamaños.

Se instalan nuevos sistemas de salvamento, como pueden ser botes de caída libre. Además para mayor comodidad del personal de cabina, los espacios públicos se modernizan.

El paquete completo de las obras incluye también un nuevo puente de gobierno desplazado hacia adelante, la mejora de los equipos de navegación y de automatización. También se actualiza todo el equipamiento que pueda llegar a crear algún tipo de contaminación del medio ambiente.

La empresa Zhen Hua, constructora de maquinaria se conoce como el mayor fabricante de la grúa de contenedores en tierra en el mundo. Por esta razón se han encargado de convertir una flota de hasta 21 buques, de la que son dueños. A finales de los 90 ya habían convertido 2, hasta el año 2007 construyeron todos los demás. Todos estos son capaces de llevar hasta 6 grúas cada uno, distribuyéndolas a los puertos compradores de todo el mundo.

(Ver imagen nº 22)

El segundo tipo de conversiones realizado por empresas marítimas, ha sido las conversiones de unas gabarras, transformándolas en semisumergibles autopropulsados de popa abierta. Para ello han debido habilitarlos de maquinaria propulsora, de elementos para la navegación, y hasta modificarles la forma del bulbo, variando así la forma de su carena.

La carena de una gabarra no esta diseñada para navegar, por lo que se realizan pruebas de navegabilidad y de esfuerzos en 3D, logrando diseñar el nuevo bulbo. Esto se ha realizado debido a que era más económico una conversión, que la construcción de uno nuevo.

(Ver imágenes nº 23 y 24)

3.- MEDIOS DE CARGA

Los buques especializados en el transporte de grandes cargas, disponen de la gran mayoría de los medios de carga existentes hasta hoy en día en el transporte mundial. Algunos de estos buques tan sólo poseen un par de estas características, pero en general la gran mayoría de ellos puede embarcar las mercancías de todas las formas posibles, debido a su configuración.

Las principales formas de embarcar mercancías sobre la cubierta de un buque son las siguientes:

Ro-Ro : El embarque de forma rodada. (Ver imagen nº 25)

Lo-Lo : El embarque de forma izada. (Ver imagen nº 26)

Flo-Flo : El embarque de forma flotada. (Ver imagen nº 16)

Skidding : El embarque de forma deslizada. (Ver imágenes nº 27 y 28)

3.1.- LA CARGA RODADA

Una forma muy común de embarcar las mercancías pesadas, es usando tráileres hidráulicos formados por ramales de ejes. Estos pueden ser tanto autopropulsados como remolcados. Ambos estilos tienen distintas formas y tamaños, aunque tienen ciertas características y consideraciones en común.

Tienden a ser modulares en diseño, y pueden ser conectados sucesivamente para formar largas plataformas, a partir de pequeños grupos de ejes. Los de menor tamaño suelen ser de 4 ó 6 ejes.

Una ventaja clave de estos tráileres es que cada eje es soportado por un ramal hidráulico, el cual a su vez está conectado a depósitos instalados a lo largo del tráiler, lo que permite la confianza al operador de que cada rueda está aplicando la misma presión en toda la longitud del tráiler. Esto significa, que los refuerzos del tráiler y el posicionamiento de los puntos de soporte entre el tráiler y la carga, requieren cuidadosas consideraciones para prevenir que no rompa el tráiler. Esto es comprobado normalmente asumiendo que el trailer tiene una anchura de características conocidas, y se encuentra cargado por puntos uniformemente distanciados de carga.

Esta característica de distribución uniforme de la carga, también significa que el ramal hidráulico que actúa en cada eje, reacciona ante las ondulaciones en el terreno para mantener la carga constante sobre el terreno. Estas variaciones en los niveles del suelo, también son experimentadas durante la descarga, donde la marea y las operaciones de lastrado significan que el puente de unión entre el puerto y el barco, varía en pendiente y es cuando estos tráileres actúan de forma satisfactoria.

Una vez que la mercancía se encuentra abordo, los tráileres pueden ser auto descargados, o mantenidos bajo la mercancía, para proceder a la sujeción de la misma.

3.2.- LA CARGA IZADA

El izado de la mercancía hacia y desde un buque, puede ser realizado mediante grúas fijas de tierra o usando las propias del buque, si las posee.

Cuando se emplean grúas de tierra para el izado de las mercancías, el primer trabajo es el de identificar la capacidad requerida y seleccionar la grúa mas favorable para la operación. Los valores que deben ser tomados en cuenta, son la capacidad del muelle, el radio operacional, el tipo de soporte de la grúa, los izados de forma tándem, las cargas previstas, los valores de la marea durante la operación, la maquinaria para el izado y la localización de los puntos de sujeción.

El radio de operación de las grúas, viene definido en función de la envergadura de los arbotantes, los refuerzos, los contrapesos traseros utilizados y cualquier extensión súper-lift empleada. El punto clave es que la grúa debe ser capaz de colocar la mercancía a bordo del buque en una posición que permita la ejecución del diseño de refuerzos y soportes.

Los buques que poseen grúas propias, suelen tenerlas generalmente instaladas en un costado, y se encuentran distribuidas a lo largo de la eslora.

Estas grúas están especialmente diseñadas para su uso en buques para el transporte de mercancías pesadas. La gran mayoría de estas, están instaladas de manera que pueden operar de forma combinada o tándem, estando a veces una en cada costado, aunque generalmente se encuentran ambas en el mismo.

La instalación de estas grúas para el levantamiento de cargas pesadas, está hecha de forma que la capacidad, el rango y su estructura son excelentes para este uso especializado.

Además el hecho de que la longitud del puntal de carga está generalmente fijada, la polea del gancho, tendrá una altura máxima, el cual puede lograr pasar sobre la brazola a lo largo de toda la eslora del buque, dependiendo del ángulo de inclinación del puntal.

Generalmente estos valores están plasmados en una serie de curvas, que posee cada puntal de carga. En estas, figuran las capacidades de elevación en función del ángulo del puntal y del radio de funcionamiento del gancho.

La estabilidad del buque debe de ser revisada para todos los estados durante el proceso de carga y descarga.

Empleando los medios de carga propios del buque, el efecto del izado de un módulo desde un tráiler o de la cubierta, es que el peso de la mercancía es inmediatamente transferido y actúa como si estuviese en la base del extremo del puntal de carga.

Algunos buques para el transporte de cargas pesadas, están provistos de pontones estabilizadores, que pueden ser colocados y ofrecer una estabilidad transversal adicional, mediante el incremento de la inercia transversal de la superficie de flotación, ofreciendo un tanque de lastre adicional fuera de la borda del costado del buque.

3.2.1.- TIPOS DE GRUAS

Las grúas de mástil para levantamientos pesados están especialmente diseñadas para ser usados en buques para el transporte de grandes cargas, en el transporte de cargas grandes y pesadas a través del mar. La gran mayoría de estas grúas son instaladas en configuración tándem, a veces uno en cada costado y otras los dos en el mismo costado. La capacidad, rango y estructura son excelentes para este uso especializado. Se reconocen las siguientes características:



Aplicables para Puerto y aguas resguardadas

El rango de rotación está limitado debido a la posición fija de los molinetes bajo el pie de los mástiles, en el casco del buque.

Capacidades dentro de un rango desde 200 Tm hasta 1600Tm

A continuación se describen las distintas partes que forman estas grúas:

La estructura del mástil fijo es de acero de alta resistencia y poco a poco tiene cambios en la forma de circular a la cuadrada o rectangular. No es necesaria ninguna estructura pesada y complicada por debajo de la grúa, ya que la huella es de forma rectangular y se puede ajustar a la estructura de los buques.

La plataforma giratoria está ajustada a la estructura del mástil por medio de una rueda dentada y los puntos de pivote del brazo están instalados en esta. Dependiendo de la aplicación de la grúa, los puntos de pivote el brazo están equipados con pasadores de carga para medir la fuerza del



brazo. Junto con el sensor de ángulo del brazo, el momento del giro puede ser monitorizado. En esta plataforma pueden ser montados los cabrestantes y la cabina de control.

La cabeza del mástil es giratoria, y se encuentra instalada en la parte superior de la estructura. El giro es libre y seguirá la dirección que tenga el pescante.



El brazo de la grúa se puede alargar con unas extensiones, que permiten aumentar la capacidad de la pluma, tanto en altura como en carga. La extensión y la elevación del brazo vienen proporcionadas en unas gráficas, y están representados en función de la carga que pueden soportar.

Las extensiones Super Fly se pueden montar con las propias dos grúas del buque. Con el pescante principal de una de las grúas, se adjunta el Super Fly a la cabeza de la pluma y el cable elevador principal es pasado a través de los ramales Super Fly.



El brazo de la grúa mástil puede ser equipado con un carro elevador. Este puede viajar a lo largo de toda la longitud del pescante. Usando el carro, de la grúa puede manejar cargas muy rápido debido a la reducción de los grandes movimientos de la grúa, tales como la elevación



principal y abatible, que no tienen que hacer. Las cargas de trabajo seguras de estos carros, se encuentran en un rango de 20Tm hasta 120Tm.

Los cabrestantes pueden estar instalados en distintos lugares:

- > En el extremo de popa de la plataforma giratoria
- > En el pie de mástil
- > Debajo del pie de mástil en el casco de los buques
- > En la estructura de la pluma

3.2.2.- ESTABILIZADORES DEL IZADO

Con el fin de ampliar el margen de trabajos Offshore, que se veían limitados por el estado de la mar, han sido desarrollados una serie de sistemas que se encargan de compensar los balanceos del buque durante el proceso de izado en la carga y descarga. Estos son los siguientes:

- > Tensión Constante (CT)
- > Compensación Activa del Empuje (AHC)
- > Compensación Pasiva del Empuje (PHC)
- > Una combinación de la Compensación Activa y Pasiva del Empuje

Como " Tensión Constante " entendemos todos los sistemas automáticos de control de torno, que pueden mantener una polea elevadora bajo tensión constante, independiente de la oscilación vertical. El movimiento del torno es básicamente inducido por el movimiento relativo de la carga (antes de la elevación) a la parte superior de la grúa-pluma. Este modo puede ser muy útil para la descarga de los buques de suministro de las plataformas fijas o en movimiento. Este sistema se denomina a menudo por los fabricantes de otra grúa como "compensación levante" o "compensación de onda". En previsión de una operación de izado de la grúa puede seleccionar el valor de la tensión deseada, que se ejecuta después de activar el sistema. Cuando el bloque de carga está conectado a la carga sobre cubierta de un proveedor, el operador de la grúa cambia a modo de CT-por medio de un botón en la palanca de mando. A continuación, el conductor de la grúa tensará el cable de izado y en cuanto la tensión inducida sea igual al valor preestablecido, el sistema CT de forma automática se hará cargo del control del torno, y mantener la tensión en un nivel constante. El bloque de carga,

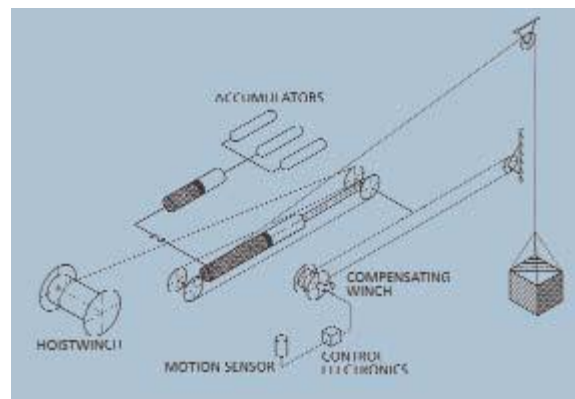
ahora seguirán el movimiento de la plataforma del proveedor. A la altura del pico de la onda, el operador suelta el botón de Tensión Constante y cambia a levantar toda velocidad, evitando así un rebote de la carga, en la cubierta del proveedor.

En cuanto a la Compensación Activa de la Reacción pueden identificarse todos los sistemas de elevación, que compensan el movimiento de oscilación vertical por medio de un sistema de control automático a tiempo real del torno. Durante la operación de izado, el movimiento del torno es inducido básicamente por el momento relativo de la grúa con respecto a un punto fijo en el fondo del mar. Para crear este tipo de compensación, es necesaria la rápida respuesta de un sistema de transmisión para el torno de elevación. La empresa Huisman ha diseñado un sistema secundario de la unidad controlada que permite a los tornos una aceleración. Por ejemplo, una carga de 150T puede ser acelerada desde 0 hasta 40 m/min dentro del mismo periodo.

Otra de las características que ofrece este tipo de sistema de arrastre, es que la energía puede ser almacenada en los acumuladores de nitrógeno durante la reducción de la carga. Esta energía acumulada puede ser utilizada inmediatamente cuando la carga debe ser levantada de nuevo con el fin de compensar la oscilación vertical de la embarcación. Este tipo de compensador se ha aplicado con éxito en varias grúas Huisman offshore. Se han logrado construir compensadores activos de reacción para el levantamiento de capacidades de hasta 150t en una sola línea. Manejo seguro de equipos submarinos, por ejemplo, que parecía ser posible, incluso en condiciones del estado de la mar 5 y 6, resultando en un aumento sustancial de la disponibilidad operativa para buques para la construcción submarina.

Y por Compensación Pasiva del Empuje entendemos todos sistemas de izado, que están equipados con un sistema de amortiguación de pasivo. Una característica importante es que el sistema no afecta al movimiento del torno. La presión en los cilindros de aire puede ser ajustado de tal manera que el cilindro de compensación se iguala a la carga. Debido a la resistencia de las fuerzas de la carga sumergida, las influencias empujón se reducen. Utilizando un sistema de compensación de pasiva podemos también realizar tensión pasiva. Cuando la carga se coloca en la fondo del mar, el cilindro de compensación puede cambiarse a la cilindros de aire con una presión más baja. La compensación pasiva, ahora actúa como un sistema de tensión constante. La compensación pasiva de empuje, pueden ser comparado con los sistemas de suspensión general de aire.

Ha sido probado que una combinación de la Compensación Activa y Pasiva del Empuje han sido exitosos a la hora de realizar trabajos especiales.



3.3.- EMBARQUE POR PÉRDIDA DE FLOTABILIDAD

Cuando la carga es un objeto con flotabilidad propia, de un tamaño y forma que no hacen viable un remolque para una larga distancia, la opción del transporte mediante buques semi-sumergibles, es viable. Las cargas que corresponden con estas características son entre muchas, las siguientes:

Perforadoras tipo Jack-Up

Plataformas perforadoras semi-sumergibles

Gabarras de carga previamente cargadas

Buques dañados

Yates de Lujo

Mediante el sistema de bombas de lastre, se llenan los tanques según la secuencia de lastrado acordada en los cálculos previos. Dependiendo del buque empleado y de la mercancía que vaya a ser cargada, la secuencia será distinta. Esta habrá sido diseñada con el fin de permanecer el menor tiempo posible el rango crítico, en el que la estabilidad positiva no está garantizada. Deben garantizarse en todo momento, valores positivos del GM, evitando estar el menor tiempo posible cerca del $GM=0$.

Una vez el buque se encuentra sumergido, unos remolcadores desplazan la mercancía flotante y con ayuda de las propias maquinillas del semisumergible, trabajan hasta situarla sobre el lugar exacto donde deba descansar. Cumpliendo con todas las premisas plasmadas en el plano de estiba, la mercancía deberá mantenerse en la posición correcta mientras que el buque emerja, para tomar correctamente la carga sobre su cubierta, y en la posición correcta.

3.4.- EL MÉTODO DE DESLIZAMIENTO

El deslizamiento de la carga supone el traslado de la misma sobre el muelle hasta su posición final en el buque. El sistema de deslizamiento está constituido por unos raíles que son soldados al suelo y a la cubierta, creando así un puente de unión entre el buque y el muelle. Sobre estos raíles van dispuestos unos cojinetes o zapatas deslizantes de bajo perfil compuestas por superficies de baja fricción, como puede ser el teflón.

Deslizar la carga puede ser una opción económica cuando hay que desplazar cargas de elevado peso, en vez de disponer de gran cantidad de ejes hidráulicos y de personal, como habría que hacer si se realizase de forma rodada.

Este sistema de carga implica un mayor tiempo de operación para el embarque de la mercancía, debido a que hay que colocarla sobre el sistema de deslizamiento. Otra de las razones por las que se requiere un largo tiempo para el desarrollo del sistema, es debido al hecho de que la mercancía se va a mover en incrementos de aproximadamente 200mm, dependiendo del equipamiento empleado, donde los tráileres permiten mover la carga de forma mas rápida.

El principal factor que afecta a este tipo de embarques, es el valor de la marea, dado que en algunos casos la diferencia de niveles entre la cubierta y el muelle debe ser de 25mm como valor máximo. La gran ventaja de algunos buques para este tipo de embarque, es su capacidad de variar su calado de una forma muy precisa, haciéndoles idóneos para este medio de carga. Dado que la única forma de controlar la diferencia de altura entre el muelle y el buque es mediante la secuencia de lastrado idónea.

4.- ANÁLISIS DEL TRANSPORTE SECO

Antes de iniciar un transporte de cargas pesadas, deben ser realizados toda una serie de cálculos previos, con el fin de garantizar la integridad del buque y de la carga durante todo el proceso. Estos cálculos dictaminarán la viabilidad del proyecto y en caso contrario, se trabajará para remediar la carencia encontrada.

Se realizan unas predicciones del entorno en el que se va a desenvolver el transporte para analizar los movimientos y aceleraciones que sufrirán el buque y la carga durante el mismo. A partir del conocimiento de esta información, se procede a calcular cuales serán los materiales de la entibacion, y se diseña un plano de estiba y de refuerzos para limitar el movimiento de la carga.

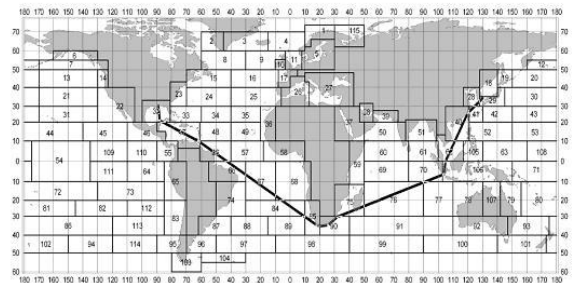
Las sociedades clasificadoras tienen sus propios requerimientos que deben ser cumplidos por la curva de estabilidad. Hoy en día existen sistemas informáticos que analizan todos los movimientos de la carga y del buque, dando como resultado la curva de estabilidad y otras muchas informaciones. Estos programas están aprobados por las sociedades clasificadoras y es a partir de estos sistemas que logran valorar el estado del la carga, durante el embarque, el trasporte y el desembarque. (Ver imágenes 29 y 30)

4.1.- DISEÑO DE UN CRITERIO AMBIENTAL

Antes de iniciar todo el proceso del transporte, y una vez elegido el buque más favorable para el transporte, hay que planear cuál será la ruta que se va a seguir. La gran mayoría de estos buques, no necesitan hacer escalas para repostar, por lo que el viaje será directo si no hay variaciones del rumbo, debido a las condiciones meteorológicas.

Durante todo el trayecto se está informado de las condiciones que se avecinan, y por ello el rumbo principal acordado, está sujeto a posibles variaciones debidas al estado de la mar y del viento. En ocasiones se varía el rumbo con el fin de evitar movimientos en las cargas, garantizando así su integridad y la del buque. Aunque estos buques, no se ven muy afectados por las olas, debido a su gran tamaño y sus grandes desplazamientos.

Toda la ruta es dividida en secciones y cada una de ellas, es analizada únicamente para el día previsto, tomando en cuenta la estación del año y con ayuda de las estadísticas sobre cada zona, se crea una predicción de las condiciones a las que se va a ver envuelto el buque durante su travesía.



Como resultado de estos cálculos, se obtienen los siguientes valores, en función de la ruta diseñada:

Altura significativa de la ola

Velocidad media del viento

Periodo medio de la ola

Velocidad del viento sostenido

4.2.- CÁLCULO DE LA ESTABILIDAD

La estabilidad inicial y la estabilidad estática del buque son calculadas y la condición de carga es optimizada para cumplir con los requerimientos por parte de la estabilidad, sin causar movimientos excesivos de balanceo.

La estabilidad dinámica del buque es calculada incluyendo la flotabilidad contribuida por la carga, los cuales son combinados formando un único cuerpo hidrostático para los cálculos de la estabilidad estática intacta. Rotando este cuerpo combinado sobre un determinado rango de escoras, se obtienen los valores del brazo adrizante en cada momento.

$$GZ = KN - KG\phi * \sin @$$

La fuerza ejercida por el viento sobre el buque y la carga, es calculada, y a partir de ésta se obtienen las cargas y momentos del mismo. Las fórmulas para estos cálculos las proporcionan las sociedades clasificadoras en función del tipo de buque.

$$F.viento = 0.0623 * V_w^2 * A * C_s * C_h / 1000$$

V_w es la velocidad del viento a 50 pies sobre el nivel del mar.

A es el área proyectada de todas las superficies expuestas.

C_s es el coeficiente de perfil

C_h es el coeficiente de altura, proporcionado por las SC.

La estabilidad estática del buque, se calcula incluyendo la flotabilidad contribuida por la carga, formando un cuerpo hidrostático, con sus propias curvas hidrostáticas.

La estabilidad inicial y la estabilidad dinámica son calculadas. La estabilidad inicial puede ser juzgada por la altura metacéntrica GM, corregida por superficies libres. Para este tipo de buque, es necesario un mayor valor del GM para soportar las cargas del viento y de las olas. Esto resulta en un barco con movimientos de balanceo más rígidos. Las sociedades de clasificación tienen sus propios requisitos, que debe cumplir la curva de estabilidad.

Para determinar cuál será el orden mas favorable para el vaciado de los tanques de lastre, se calcula la estabilidad durante todo el proceso de carga y descarga. Sobre un amplio rango de desplazamientos, se hace el calculo previo de la altura metacéntrica KM para una serie de asientos. Generalmente estos asientos son de 0, 2, 4 y 6 metros por la popa. (Ver imagen n° 31)

Ploteando esto en combinación con el centro de gravedad vertical, se obtiene el área crítica donde la estabilidad GM es negativa. Existe un desplazamiento crítico para el cual la estabilidad de la carga no está garantizada, y para ello puede darse el caso de requerirse un asiento mínimo de hasta unos 6 metros para garantizar una estabilidad positiva de 0.5m.

La secuencia de deslastre se diseña de forma que durante todo el proceso de embarque, la estabilidad sea positiva. Y para ello, puede darse el caso de tener que aumentar lentamente el asiento desde cero hasta unos 6 metros durante el rango crítico, con el fin de pasar por las condiciones mas favorables de estabilidad. Una vez superado el rango critico, la secuencia de lastrado actuará reduciendo el asiento hasta el calado de salida.

La estabilidad dinámica es revisada para el rango crítico, es decir, incrementos regulares de los valores GZ con incrementos de escora.

La operación de descarga es exactamente el proceso inverso a la operación de carga, superando de esta forma, todo el proceso con valores positivos GM.

4.3.- MOVIMIENTOS Y ACCELERACIONES DEL BUQUE DURANTE UNA TORMENTA DISEÑADA

El comportamiento del buque es calculado usando programas informáticos para tres tipos de rumbo: con mar de proa, con mar de amura y con mar de costado. Además las propias sociedades de clasificación, han realizado maquetas de los buques más especiales para obtener su reacción a distintos tipos de oleaje y rumbo. Aunque este tipo de transporte se lleva realizando desde hace ya mas de treinta años, y hoy en día, se puede obtener la información necesaria respecto a los movimientos y esfuerzos del buque, de una forma inmediata durante todo el trayecto.

Para el conocimiento de puntos específicos de interés, las aceleraciones lineales son calculadas en las tres direcciones de los ejes del buque. El punto de las aceleraciones lineales está compuesto por las aceleraciones lineales del buque, con la aceleración de la gravedad, tomando en cuenta las relaciones de todas las fases relevantes.

Las respuestas de los movimientos vienen dadas por las amplitudes extremas de los valores del balanceo, el cabeceo, las aceleraciones longitudinales y transversales del buque y de la cubierta de carga.

4.4.- CÁLCULO DE LAS FUERZAS EXTREMAS DURANTE EL TRANSPORTE

El diseño de las fuerzas extremas ejercidas sobre la carga viene dado a partir del diseño de las condiciones ambientales extremas, y son una combinación de las siguientes:

- Fuerzas de inercia longitudinales/transversales debidas a los movimientos del buque.
- Fuerzas transversales/longitudinales a la fuerza del viento medio y del sostenido.
- Fuerzas transversales de gravedad, debidas a la media estática

Las fuerzas de inercia transversales/longitudinales son calculadas empleando los casos en los que se daban los peores movimientos, para mar de amura y de proa. Las aceleraciones transversales/longitudinales están compuestas por sus componentes individuales, incluyendo la parte estática debida al cabeceo y al balanceo, tomando en cuenta todas las fases de sus ángulos en cuenta, las fuerzas extremas de inercia resultantes son los valores más reales.

Las fuerza del viento y la fuerza de gravedad debida al brazo escorante del viento, están en fase y por tanto superpuestas.

El análisis basado en la fecha de salida actual, da como resultado un diseño de dos fuerzas extremas. Estas son la fuerza transversal total y la fuerza longitudinal total.

4.5.- DISEÑO DE LOS PLANOS

A partir del diseño de las aceleraciones y esfuerzos máximos realizados por el buque y la mercancía durante el transporte, se realiza un plano que representa las fuerzas ejercidas sobre cada punto de apoyo de la carga, y se procede a la elección del material para soportar el apoyo de la misma, evitando así dañar el buque ó la carga.

Basándose en las fuerzas a las que se verá sometida la base de carga durante el viaje y en su posición, se procede al diseño de un plano de entibacion, en el que figurará la posición de cada bloque, sus dimensiones, la fuerza que soportan y su resistencia lateral. (Ver imagen nº 32 y 33)

El total de fuerzas ejercidas sobre la entibacion, incluyendo las componentes dinámicas, que suelen ser mayores durante la mar de amura y de proa, deben ser tomadas en cuenta para planificar la misma. Es una práctica estandarizada el soportar los puntos fuertes de la carga, por un dispositivo de entibacion en madera. Debido al alto coeficiente de fricción de la madera blanda, se asegura una reducción de las fuerzas ejercidas sobre los refuerzos.

La conclusión resulta en la elección del material de los bloques empleados para la entibacion más idónea. Puede llegar a darse una entibacion con materiales de distinta densidad, siendo colocados cada uno en el lugar requerido, en función de la fuerza ejercida por la carga sobre la cubierta. Los bloques entibadores serán asegurados a la cubierta mediante soportes de hierro.

Las presiones estáticas y dinámicas de la entibacion son calculadas para la selección del material mas adecuado para cada situación. La máxima presión permisible para una entibacion en madera es de 30kg/cm². En caso de encontrarse con presiones superiores, debe ser usado un material alternativo a la madera, como pueden ser gomas de alta densidad.

Esta entibacion va fijada a la cubierta con varillas de hierro para impedir que se desplacen, por lo que habrá que colocar la mercancía en su posición exacta.

4.6.- DISEÑO DE LOS REFUERZOS Y LAS MODIFICACIONES

Las fuerzas ejercidas sobre los refuerzos dispuestos alrededor de la carga están determinadas basándose en los siguientes supuestos:

- La flexibilidad de la carga es pequeña, comparada a la de los refuerzos con defensas.
- La fuerza lateral de la entibacion es tomada en cuenta, en función de la cantidad de bloques de cada material, multiplicado por su resistencia lateral
- Si se realiza una entibación combinada, con distintos materiales, como puede ser la goma y la madera blanda, no se toma en cuenta ninguna resistencia por parte de la madera.

El desplazamiento local de la carga en cada refuerzo, está determinado por las dos componentes de traslación de la carga en el plano horizontal y una componente de rotación sobre un eje vertical. Este desplazamiento puede ser encontrado resolviendo las tres ecuaciones de equilibrio para la carga en el plano horizontal:

- Las fuerzas transversales externas son iguales a la fuerza de reacción de la entibacion en goma, más el sumatorio de las fuerzas soportadas por los refuerzos transversales.
- Las fuerzas longitudinales externas son iguales a la fuerza de reacción de la entibacion en goma, más el sumatorio de las fuerzas soportadas por los refuerzos longitudinales.
- El sumatorio de los momentos de las fuerzas de los refuerzos, respecto al centro de gravedad de la carga es igual a cero

Por tanto, una vez obtenida la resistencia transversal y longitudinal de la entibacion, se procede al desarrollo del diseño de los refuerzos, y se crea un plano con la posición y la resistencia de cada uno de ellos. (Ver imagen nº 34)

Adaptándose a las dimensiones y geometría de la carga, debe lograrse que todos los puntos fuertes de apoyo reposen sobre la cubierta. En algún caso puede darse que esta situación no sea posible, y que para ello se deban instalar pontones adicionales, sobre los que repose la carga. Estos pontones, irían soldados a la estructura del casco, y por encima de la línea de flotación, por lo que no afecta a la forma de la obra viva. La soldadura de estos, es realizada posteriormente al conocimiento de las cargas que van a soportar estos nuevos puntos de apoyo.

Para asegurar la integridad de la estructura del buque y del diseño de los pontones, un análisis estructural es llevado a cabo por la Sociedad de Clasificación. En este análisis, las cargas estáticas y dinámicas son estudiadas, con el fin de sacar una conclusión.

Los refuerzos son soldados en cubierta alrededor de la carga, para restringir el movimiento lateral de la misma. Estos deben ser colocados en puntos fuertes, como pueden ser mamparas o cuadernas. Para permitir algunos movimientos relativos durante la travesía debida a las diferencias de rigidez entre la estructura del buque y la estructura de la carga, son colocadas defensas de goma entre los refuerzos y la carga.

En el caso de carga mediante la operación de pérdida de flotabilidad, se emplean postes guía para asegurar el posicionamiento exacto de la carga sobre la entibacion que se encontrará sumergida durante el proceso de embarque. Estos postes son altos y van soldados a la cubierta con otros dos medios postes que complementan la fuerza que tiene que ejercer. Portando son diseñados tomando en cuenta las máximas fuerzas soportadas por estos puntos y son colocados en la situación exacta, en función de la secuencia de lastrado, para garantizar la correcta colocación. (Ver imagen nº 34 y 35)

Antes de embarcar la carga abordo, las siguientes preparaciones son realizadas sobre el buque de carga pesada:

Instalación de refuerzos locales internos

Instalación de pontones de apoyo

Distribución del plan de entibacion

Instalación de las guías de posición de la carga

Cuando el buque se encuentra sumergido con hasta 10 metros de agua sobre su cubierta principal, la carga flotante es remolcada y colocada sobre su posición. Para facilitar la colocación, los remolcadores realizan las maniobras de aproximación y colocación sobre la cubierta sumergida. Pueden ser ayudados por molinetes colocados estratégicamente para colocarla en su posición exacta.

Una vez emergido el buque y comprobado la correcta situación de la carga, se procede a la soldadura de todos los refuerzos diseñados previamente para soportar los esfuerzos durante el transporte. (Ver imagen nº 36)

5.- LEGISLACION VIGENTE

La Organización Marítima Internacional, ha planteado, que la aplicación de las normas generales establecidas para todos los buques, no debían ser aplicadas a ese tipo de buques debido a sus características propias. Para ello, va difundiendo una serie de reglas a las que se encuentran sujetos, por medio de circulares TM, y afirmando siempre que cada transporte con este tipo de buques, es único, por lo que las sociedades clasificadoras tienen que valorar en cada transporte la seguridad e integridad del mismo.

A continuación redacto algunas premisas de estas circulares, junto con la referencia de cada una y la fecha de publicación.

El 17 de Julio de 2008 fue publicada la circular SLF 51/WP.6 en la que son mencionados estos tipos de situaciones. Esta circular viene a decir que las enmiendas de la Convención TM de 1969 han sido adoptadas para tipos de buques que no eran frecuentes en cuanto a la Convención y que podría obviarse la necesidad de un gran número de interpretaciones uniformes, mediante la difusión de circulares TM. Este problema es aplicable a los tipos de buques, incluyendo:

- .1 Los porta-contenedores abiertos ;
- .2 Los buques de suministro en alta mar;
- .3 Buques ro-ro, especialmente para el transporte de automóviles;
- .4 Los sumergibles de carga pesada;

El 21 de Abril de 2006 fue publicada la circular SLF 49/5/4, donde vienen redactados unos comentarios referentes a este tipo de buques. El apartado 12.4 va dedicado a los buques semi-sumergibles de carga pesada, y viene a decir que la mayoría del grupo no apoya la aplicación de los criterios para este tipo de buques porque los casos de carga son muy especiales y por lo tanto, en muchos casos; la aprobación será concedida para un solo viaje por la Administración respectiva, en función de las condiciones operacionales. Por lo tanto, se concluyó que no era posible el desarrollo de un conjunto adecuado de criterios que abarcasen todos los casos especiales.

El 2 de Junio de 2006 fue publicada la circular SLF 49/5/12. Esta viene a decir que los buques semi-sumergibles de carga pesada están diseñados con un francobordo bajo y una gran cubierta de popa abierta con el fin de permitir grandes cargas, como las unidades de perforación y las plataformas jack-up. Sería difícil y poco razonable para los semi-sumergibles para cargas pesadas hacerles cumplir con los requisitos de estabilidad sin avería para los buques convencionales en el Código revisado de la parte A, cuando estos particulares buques se dedican al transporte marítimo con grandes cargas sobre cubierta. Hace mucho tiempo que el servicio de transporte de este tipo de buques, ha demostrado la suficiencia de su estabilidad para un transporte seguro.

Respecto a los buques semi-sumergibles de carga pesada.

1.- Los requisitos de estabilidad sin avería en las condiciones de tránsito deben aplicarse de acuerdo con el capítulo 2, párrafos 2.2 y 2.3 de la versión revisada del Código IS en la parte A. El modelo de análisis de la influencia viento tiene que incluir el efecto sobre la carga de la cubierta.

2.- Si las características del buque están en cumplimiento con el capítulo 2, apartado 2.2 de la Revisado es parte A del Código IS en su defecto, los criterios establecidos en el capítulo 2, apartado 2.4.5 de la versión revisada del Es el Código de la parte B se pueden utilizar.

3.- Cuando la determinación de la estabilidad de los buques de acuerdo con el capítulo 2, apartado 2.3 de la Revisado es parte A del Código, el criterio adicional de 80% del ángulo de inmersión del borde de la cubierta en la el apartado 2.3.1.2 puede ser ignorada.

4.- La flotabilidad proporcionada por parte de la carga de gran tamaño, como una unidad de perforación semi-sumergible, o buques de gran tamaño; puede ser tenida en cuenta, según proceda, siempre que se obtenga un acuerdo de sujeción de la misma.

A continuación he extraído los apartados del Código IS, que son mencionados en las anteriores circulares de la IMO, los cuales deben ser cumplidas por este tipo de buques.

2.2 Criterios en relación con las propiedades curva del brazo adrizante

2.2.1 El área bajo la curva de brazos adrizantes (curva GZ) no será inferior a 0,055 metros radianes hasta $= 30^\circ$ de ángulo de escora no inferior a 0,09 metros radianes hasta $= 40^\circ$ o el ángulo de por inundación si este ángulo es menor de 40° . Además, el área bajo la curva del brazo del adrizante (curva GZ) entre los ángulos de escora de 30° y 40° o entre 30° y $^\circ$, si este ángulo es inferior a 40° , no deberá ser inferior a 0,03 metros radianes.

2.2.2 El brazo adrizante GZ será como mínimo de 0,20 m con un ángulo de escora igual o superior a 30° .

2.2.3 El brazo adrizante máximo se producirá en un ángulo de escora no inferior a 25°

2.2.4 La altura metacéntrica inicial GM0 no deberá ser inferior a 0,15 m.

2.3 Vientos fuertes y el criterio de balanceo (criterio meteorológico)

2.3.1 La capacidad de un buque para resistir los efectos combinados del viento de través y el balanceo debe ser demostrado, con referencia a la figura 2.3.1 de la siguiente manera:

2.3.1.1 el buque está sometido a una constante presión del viento actúa perpendicular al eje longitudinal del buque que resulta en un viento constante de escora palanca (LW1).

2.3.1.2 desde el ángulo de equilibrio resultante (θ), el buque se balancea por la acción de las olas de un ángulo de balance (ϕ) a barlovento. El ángulo de escora provocado por un viento constante (θ) no debería superior a 16° o el 80% del ángulo de inmersión del borde de la cubierta, que sea menor.

2.3.1.3 de la nave se somete a una presión de ráfagas de viento que resulta en una palanca de ráfagas de viento de escora (LW2);

2.3.1.4 En estas circunstancias, la zona B, será igual o superior a la zona A;

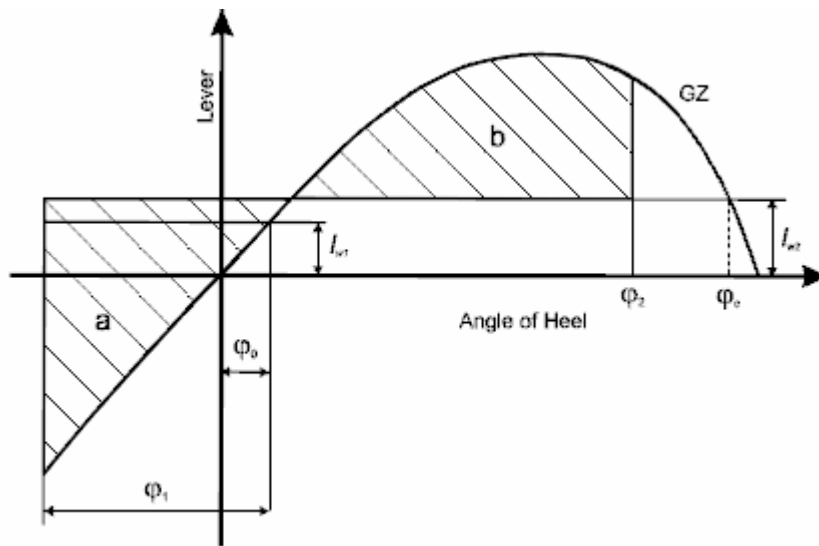


Figura 2.3.1 - El viento y balance intensos

Los ángulos en la figura anterior 2.3.1 se definen como sigue:

0= ángulo de escora provocado por un viento constante (véase 2.3.1.2 y la nota)

1 = ángulo de balance a barlovento debido a la acción de las olas

2= ángulo de abajo-las inundaciones (f) o 50° o c, que sea menor,

donde:

f = ángulo de escora al que las aberturas del casco, superestructuras o las casetas que no puedan cerrarse sumergir a la intemperie. En la aplicación de este criterio, a través de pequeñas aberturas que la inundación progresiva no puede lugar no es necesario considerar como abierta.

2.4.5 Criterios de estabilidad

2.4.5.1 Los criterios de estabilidad que figuran en la parte A, 2.2 debe aplicarse a todos los buques de suministro en alta mar, excepto los que tengan características que permitan el cumplimiento de la parte A, 2.2 impracticable.

2.4.5.2 Los criterios equivalentes siguientes deberán aplicarse en las características de un buque permitan el cumplimiento de la parte A, 2.2 impracticable:

2.4.5.2.1 El área bajo la curva de brazos adrizantes (curva GZ) no debe ser inferior a 0,070 metros radianes hasta un ángulo de 15° , cuando el brazo adrizante máximo (GZ) se produce a 15° y 0,055 metros radianes de hasta un ángulo de 30° , cuando el brazo adrizante máximo (GZ) se produce a 30° o más. Cuando el brazo adrizante máximo (GZ) se da en ángulos de entre 15° y 30° , el área correspondiente bajo la curva de brazos adrizantes debe ser: $0,055 + 0,001 (30^\circ - \text{máx.})$ metros de radianes¹¹

2.4.5.2.2 El área bajo la curva de brazos adrizantes (curva GZ) entre los ángulos de escora de 30° y 40° , o entre 30° y ϕ si este ángulo es menor de 40° , no deberá ser inferior a 0,03 metros radianes.

2.4.5.2.3 El brazo adrizante (GZ) será como mínimo de 0,20 m con un ángulo de escora igual o superior a 30° .

2.4.5.2.4 El brazo adrizante máximo (GZ) debe producirse a un ángulo de escora no inferior a 15° .

2.4.5.2.5 La altura metacéntrica transversal inicial (GMo) no debe ser inferior a 0,15 m.

2.4.5.2.6 Se hace referencia también a la parte B, 5.1 y la parte A 2.1.3 a 2.1.5.

6.- CONCLUSIONES

Ha llegado un punto, en el que no se puede dudar de la enorme capacidad de estos buques a la hora de realizar trabajos especiales. Los semisumergibles, han demostrado con todos sus transportes realizados durante 40 años de forma satisfactoria y segura, que son únicos en su especialidad.

Pueden recoger todo tipo de cargas flotantes, tomándolas sobre sus cubiertas para realizar transportes de hasta 12000 millas manteniendo en todo momento el dominio de la situación.

Esto sólo puede ser realizado con un trabajo meticuloso por parte del personal encargado de llevar a cabo la tarea, y con una gran base de conocimiento previo que hacen posible todas estas hazañas.

También se ha demostrado cómo todos estos buques, pueden llegar a ser útiles a la hora de rescatar otros buques, o para transportarlos de una forma segura y productiva.

Por lo que finalmente se llega a considerar, cuál es el abanico de posibilidades de un medio de transporte tan versátil y polivalente como pueden ser este tipo de buques. Aunque la especialización permite profundizar en un ámbito de trabajo, la capacidad de un tipo de buque como este, permite que con el paso de los años, puedan seguir ejerciendo trabajos especiales, aunque tengan que sufrir alguna modificación para ello.

Aunque la vida de un buque puede llegar a alcanzar los 50 años, en caso de ser remodelado en alguna época, puede aguantar muchos más años adaptándose a los mercados emergentes y favoreciéndose de ellos, a cambio de una colaboración.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA EN AGOSTO DE 2009

<http://www.dockwise.com/>

<http://www.jumboshipping.nl/>

<http://www.bigliftshipping.com/>

<http://www.rolldock.com/>

<http://www.sal-shipping.com/>

<http://www.cosco.com/en/knowledgebase/detail.jsp?docId=1563>

http://www.oht.no/default.asp?V_SITE_ID=9 ó Ocean Heavy Transport

<http://www.zpmc.com/list.php?cid=51> ó Zhen Hua Shipping

http://legacy.sname.org/committees/tech_ops/O44/49/49-5-12.pdf - Circular SLF 49/5/12

http://legacy.sname.org/committees/tech_ops/O44/49/49-5-4.pdf - Circular SLF 49/5/4

Anexo I: Los Sistemas de Posicionamiento Dinámico de Clase 2

Los sistemas de Clase 2 de incrementan drásticamente la complejidad y la cantidad de material necesario para la clasificación. Estos están diseñados para cumplir los criterios siguientes: El sistema debe mantener la posición de durante y después de un fallo único con exclusión de la pérdida de un compartimiento. Esto requiere dos computadoras DP, que no se afectan entre sí, pero proporcionan el control de cambio automático, si uno o el otro falla. Esto no debe tener ningún efecto en la estación de mantenimiento de la ejecución del buque. El cambio debe ser completamente automático y «sin perturbaciones. Además, los sensores ambientales, incluyendo giro compases, sensores de viento y los sensores de referencia vertical deben ser siempre en doble. Varias de las agencias reguladoras Incluyendo BV, LRS y la OMI requieren de tres de estos sensores. Cuando se requieran más de tres sensores del equipo de AD debe proporcionar ponderación razonable y comprobación de errores para asegurar la precisión del sensor de datos utilizados. Al menos tres sensores de posición basada en dos métodos diferentes son requeridos. A diferencia de los sistemas de clase 1, los requisitos de redundancia de sistemas de cubierta de buques adicionales con un solo defecto requisito. La siguiente resume los requisitos de un sistema típico de la clase 2 según las distintas agencias reguladoras.

Class 2 Required Equipment					
	IMO	ABS	LRS	DNV	BV
Position Reference	3	3	3	3	3
Wind Sensor	3	2	2	2	3
Gyrocompass	3	2	3	2	3
VRU	3*	2	3*	2	3
UPS	2	1	2	1	2

Propulsor suficiente debe ser siempre de manera que cualquier fallo único, a excepción de la pérdida de un compartimiento, no dará lugar a una pérdida de posición. Un modo de Fallo y Análisis de Efectos (FMEA) es necesaria para verificar que este criterio es satisfecho adecuadamente. El FMEA cubre todo el barco incluyendo todos los sistemas que la estación de apoyo a las operaciones de mantenimiento directamente o indirectamente. No se limita al sistema de control de DP. Este requisito puede limitar los buques que pueden cumplir con esta clasificación, como muchos de los antiguos barcos de trabajo con los motores principales se agarró los considerables desviaciones de posición si se pierde un solo motor principal. Además, la interfaz entre el conjunto de propulsión de y el equipo de AD debe dividirse para cumplir los criterios de fallo de un solo punto. Clase 2 también afecta el poder de distribución para el buque de modo que una barra de bus completo puede fallar sin afectar a la estación de la nave de mantenimiento de la capacidad. La gestión de energía también se convierte en un requisito de la clase 2 sistemas para garantizar que los sistemas vitales siempre tienen suficiente potencia. Además, el sistema de gestión de energía debe impedir que las cargas de de partida si se dispone de suficiente poder. Los ordenadores actuales AD debe ser alimentado por los sistemas de UPS. Mientras que algunos organismos de clasificación aceptar un UPS único para ambos equipos DP, la mayoría requiere individuales UPS para cada equipo DP. Por último, la clase 2 sistemas requieren de un software de análisis consecuencia de que alerta al operador de los problemas potenciales con base en los factores actuales que afectan el sistema DP o de sus sensores. La figura 6 muestra un típico sistema de la clase 2.

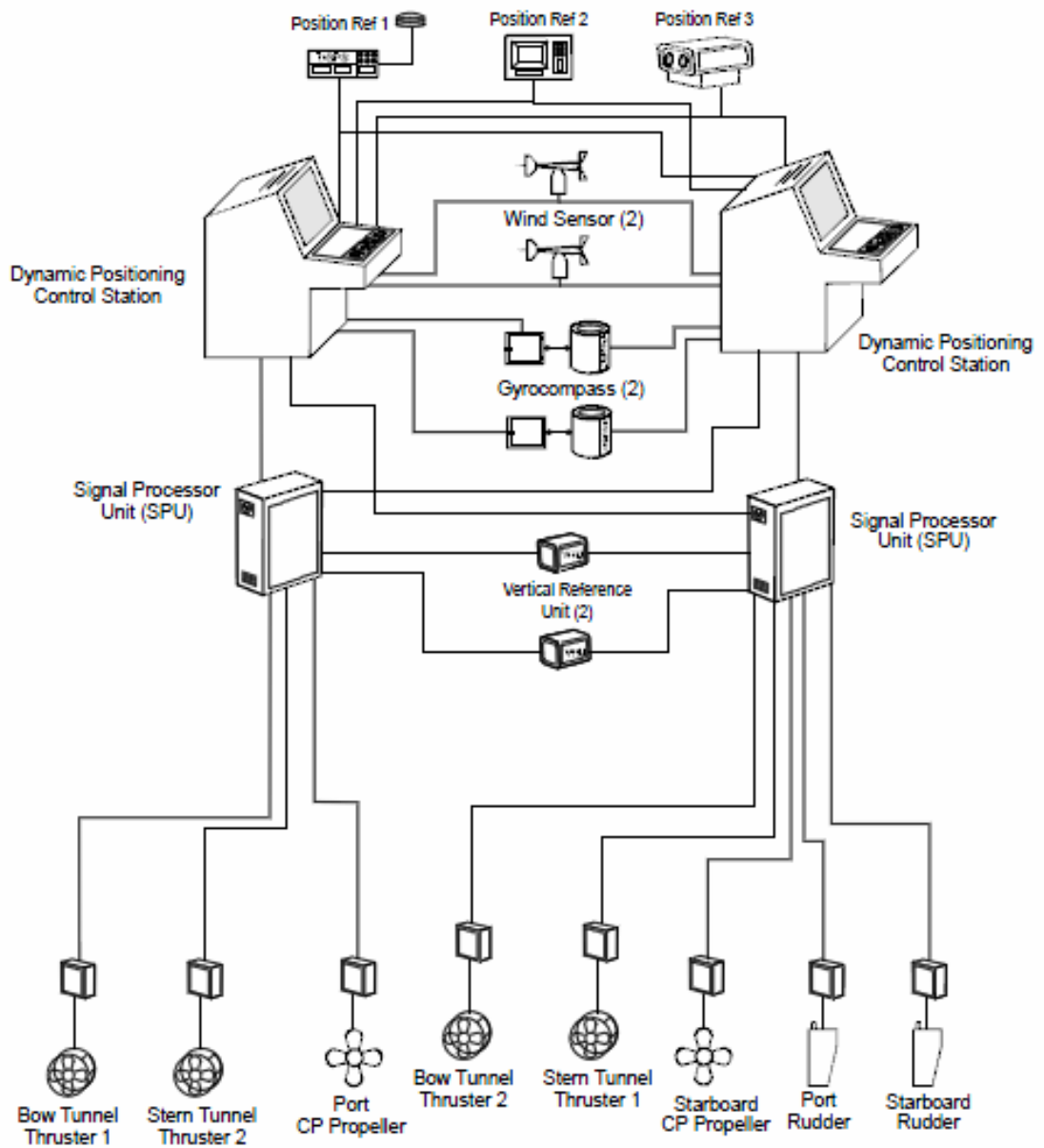


Figure 6 – Typical Class 2 System Layout

Anexo 2: Imagenes



Imagen 1 : Ocean Servant I (1976)



Imagen 2: Ocean Servant II - 1976



Imagen n°3: Super Servant I (1979)



Imagen n° 4: Super Servant II (1979)



Imagen n° 5: Swan, Swift, Tern y Teal (1982)



Imagen n° 6: Sibig Venture (1982)



Imagen n° 7: Mighty Sevant I (1983)



Imagen n° 8: Transshelf (1987)



Imagen n° 9: Dock Express 20



Imagen n° 10: Blue Marlin (1999)



Imagen nº 11: Taiankou (2002/2003)



Imagen nº 12: Conversión del Blue Marlin 2004



Imagen n° 13: Fairpartner Jumbo Ship Company



Imagen n° 14: Pontones estabilizadores transversales.



Imagen n° 15: Happy Buccaneer



Imagen n° 16: Transshelf sumergido



Imagen nº 17: Combi Dock (2007)



Imagen nº 18: Enterprise



Imagen n° 19: Yatch Express (2007)



Imagen n° 20: Dock Express 10



Imagen n° 21: Hawk



Imagen n° 22: Zen Hua 20



Imagen n° 23: Fjord (2008)



Imagen n° 24: Fjord (2009)



Imagen n° 25: RO / RO



Imagen n° 26: LO / LO



Imagen n° 27: SKIDDING



Imagen n° 28: SKIDDING

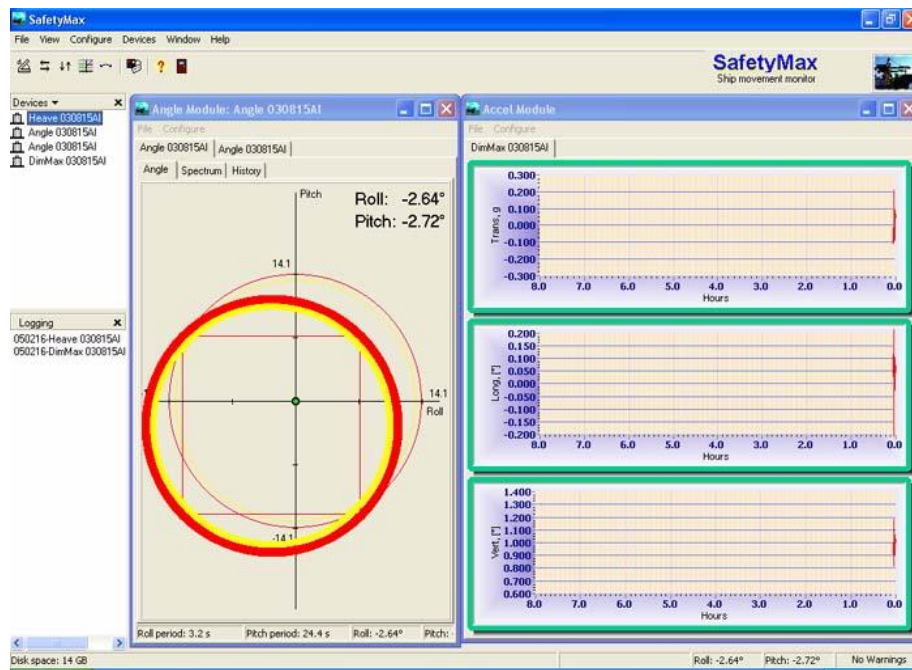


Imagen n° 29 : Programas informaticos de estabilidad



Imagen n° 30: Sensor de movimiento



Imagen nº 31: Mighty Servant II con asiento negativo

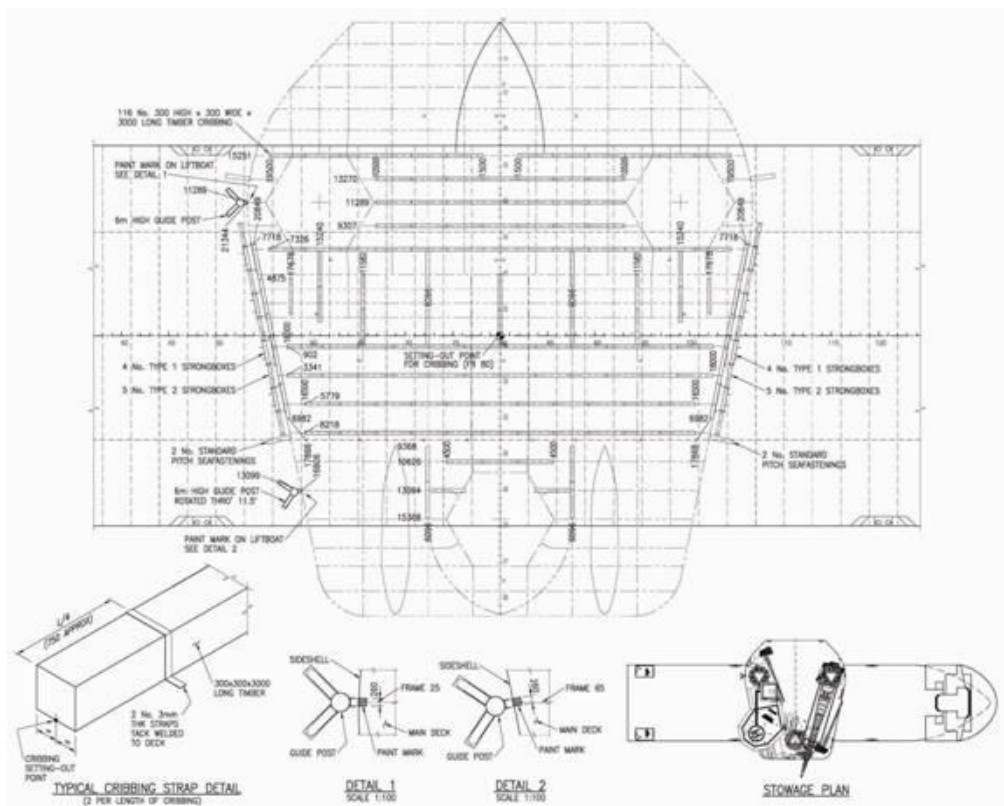


Imagen nº 32: Plano de Entibacion



Imagen n° 33: Entibacion en madera

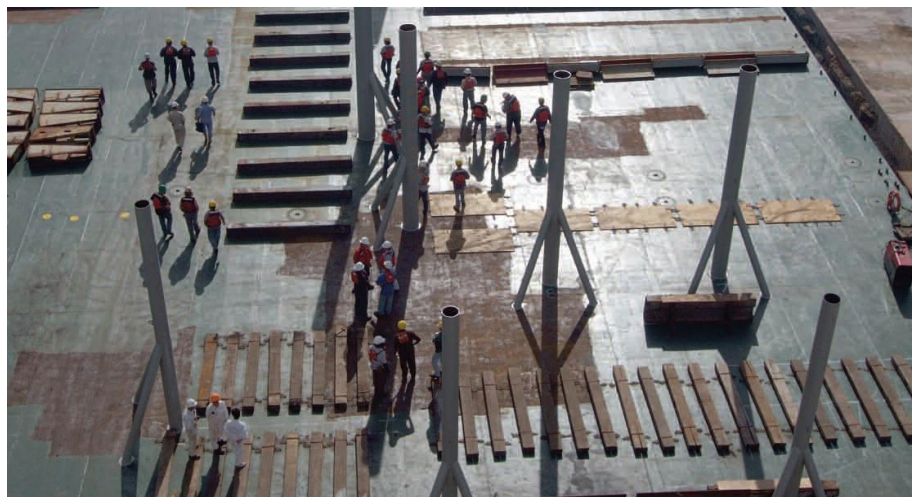


Imagen n° 34: Entibacion y Postes Guia

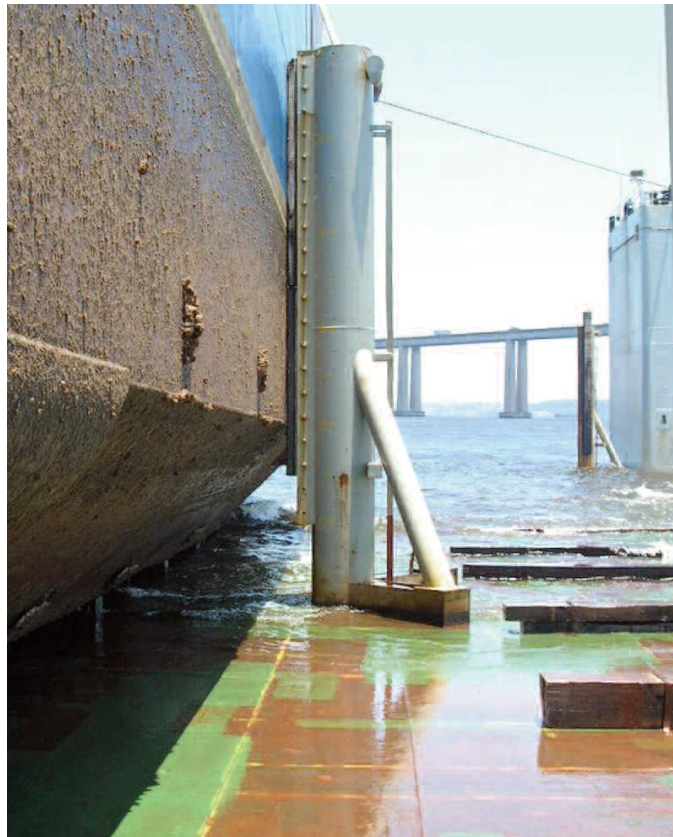


Imagen n° 35: Entibacion y postes guia



Imagen n° 36: Refuerzos Longitudinales/Transversales