

*Humboldt Marine Training*

# **ESFUERZOS SOBRE EL CASCO**

*Preparado por*  
**Ing. Boris L. GUERRERO B.**

Valparaíso, CHILE, 2011.

## INDICE DE MATERIAS

Introducción .....	3
Fotos de desastres .....	5
Deformaciones del Casco .....	11
Daños en Racel de Proa .....	12
Control del Calado de Proa .....	13
Control de Esfuerzos .....	13

## INTRODUCCIÓN

En los capítulos anteriores hemos analizado las variables que participan en la estabilidad de una nave y los peligros que significan el mal manejo de ellas u otras condiciones que podrían llevar a un estado peligroso o incluso catastrófico. Sin embargo, estadísticamente, los mayores problemas que se han producido en los últimos treinta años en naves mayores de 100 metros de eslora han sido derivados por “quebraduras” de cascos.

En este capítulo analizaremos las variables que participan en los esfuerzos que la estructura del barco debe contrarrestar y se verá el ‘procedimiento’ para evitar que esta viga-buque pueda sobrepasar los límites establecidos por el diseñador de la nave.

El diseño y construcción de las naves es cada vez más optimizado, vale decir que se ocupe el mínimo de material, para producir un barco más liviano y de más bajo precio. Si a la estructura de una nave se le disminuye su peso en 1.000 TM, su costo disminuirá en varios millones de dólares y, lo que es más importante, en cada viaje podrá llevar 1.000 TM más de carga. Este diseño optimizado no se ha producido sólo en las barcos, sino también en los automóviles, otros medios de transportes, puentes, edificios, etc.

Existen datos estadísticos que son impresionantes:

Según estudios de la clasificadora noruega Det Norske Veritas entre 1978 y 1998 (20 años) se hundieron 248 naves y murieron 1.111 tripulantes, al quebrarse barcos. Vale decir, aproximadamente se partió un barco cada mes.

Las principales causas fueron mal control de los esfuerzos durante las faenas de carga o descarga y/o mala mantención de la estructura, especialmente en la zona de estanques de lastres, que es el sector más expuesto a corrosiones y desgaste en general.

Las naves más afectadas han sido Bulk Carrier y Petroleros. Los graneles se cargan a altas razones, del orden de 2.000 TM/hora, por lo que es fácil sobrepasar los límites de esfuerzos con que la nave se diseñó, ante un descuido durante la carga.

Han existido grandes pérdidas humanas y económicas por estos accidentes, desprestigio para las Compañías Navieras y una gran presión mundial por parte de entes Ambientalistas. Es fácil imaginar el gran esfuerzo y costo que significa sacar de su posición una nave y su carga que se ha quebrado y que fácilmente puede haber pesado unas 50.000 TM en el momento de siniestrarse.

Veremos algunas fotografías de desastres por quebradura:

M.S. Trade Daring



Puede apreciarse que la nave está atracada a un sitio y que aparentemente no se trataba de un barco con demasiado uso. La fractura se produjo entre la bodega 3 y la bodega 4, vale decir cerca de su parte central.

Eurobulker X



Este Bulkcarrier construido en 1974 en España, con bandera de Camboya, de 19.000 Toneladas de registro se partió en Grecia mientras cargaba cemento, el año 2.000.

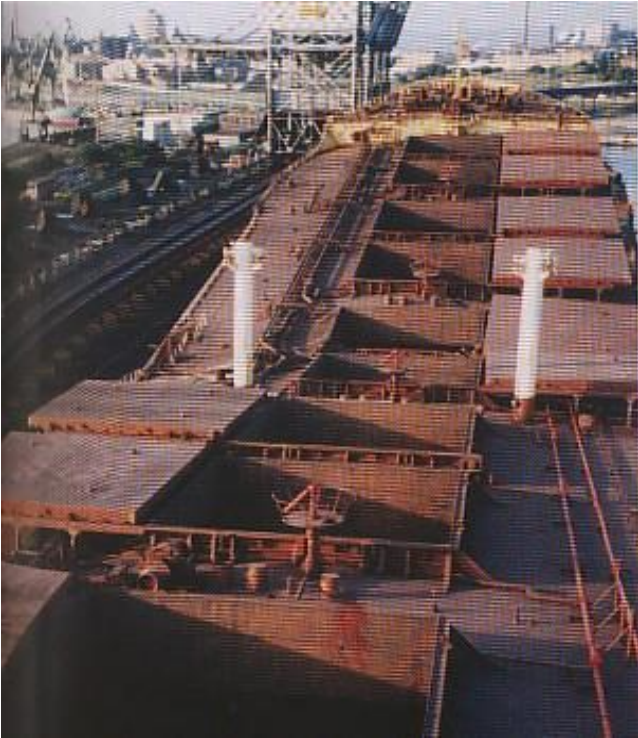
Según antecedentes recopilados, esta nave con 26 años de uso tenía desgastes estructurales entre un 30% y un 40%, lo que sobrepasa largamente lo permitido por las clasificadoras.

Además existió una mala planificación de la carga, ya que se ingresó demasiado cemento en las bodegas centrales, manteniendo vacías las bodegas extremas.

De esta nave no se tiene mayor información:



Nuevamente la fractura se produjo en su sector central, que es donde pueden esperarse los mayores momentos flectores.





En portacontenedores es más difícil que se produzca un quiebre de la estructura debido a una mala secuencia de carga, ya que normalmente es cargado y descargado simultáneamente en varias bodegas. En el caso que se muestra es más posible que la fractura se haya producido por varadura o colisión.









Las fotografías que se han incluido pretenden mostrar al alumno que las naves son realmente susceptibles de ser quebradas, ya que por robustas que parezcan son elásticas, deformables y ‘delicadas’ y el barco en que usted navega, o navegará, podrá romperse, **si no se toman las debidas precauciones. ¡ESTO LE PODRÍA PASAR A USTED!**

Una buena preparación del encargado de la estiba evitará que se generen esfuerzos peligrosos para la nave.

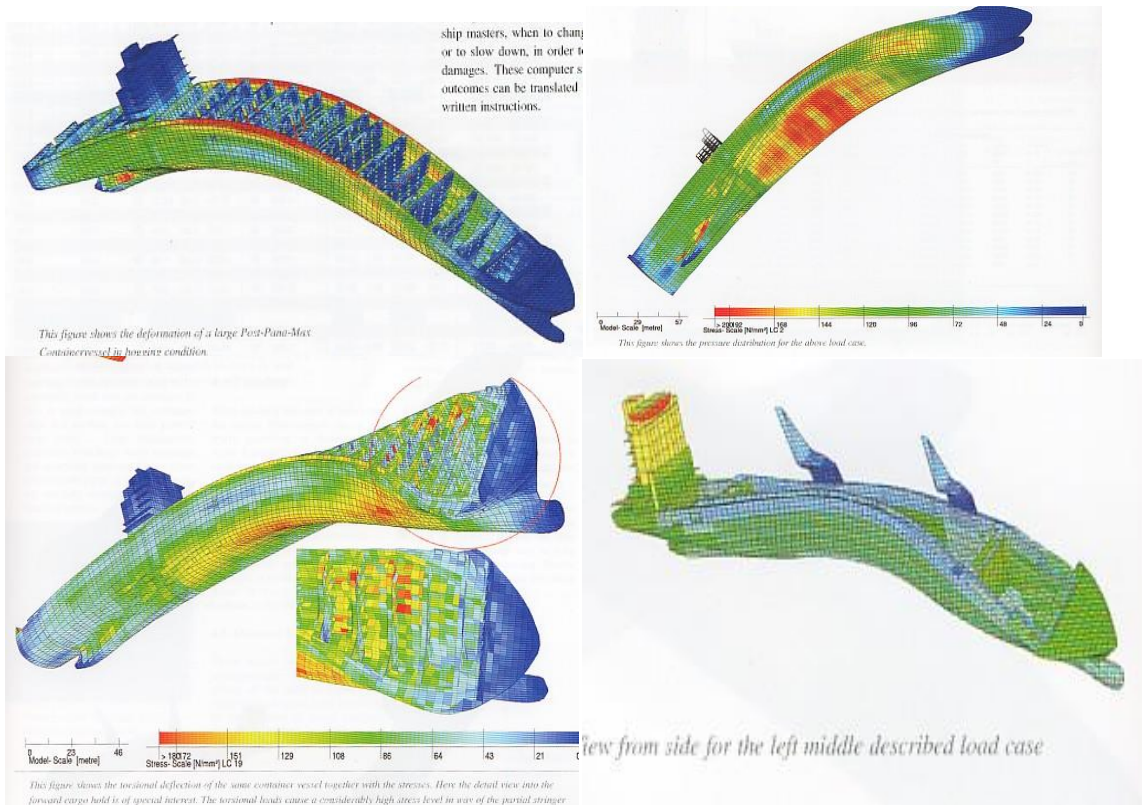
Una sola operación defectuosa en el control de los esfuerzos puede iniciar el crecimiento de grietas o incluso puede llegar a causar daños catastróficos.

De acuerdo a las instrucciones las Clasificadoras, a toda nave de más de 65 metros de eslora debe controlársele los esfuerzos sobre el casco.

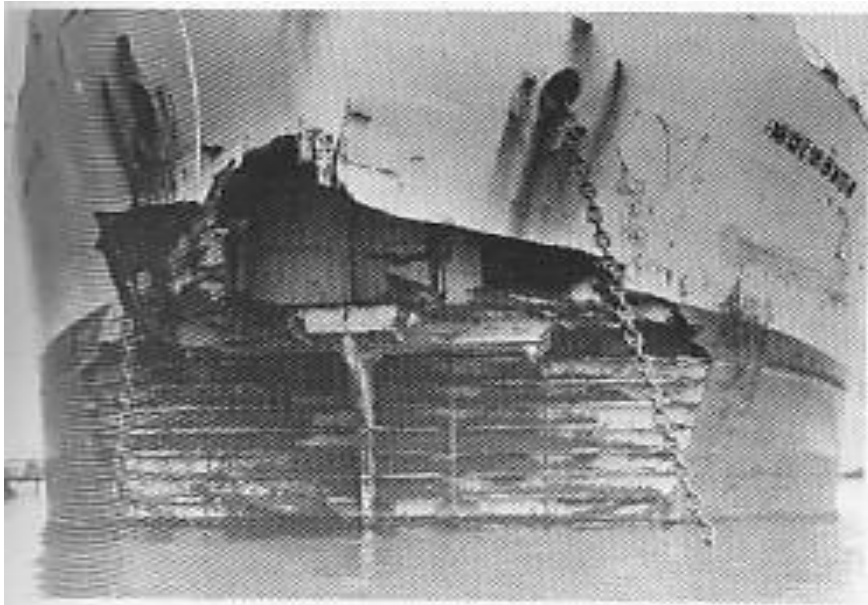
En muchos países las Autoridades Marítimas controlan que se hayan realizado los cálculos de esfuerzos antes del zarpe y a las arribadas a puerto, de tal forma que se hayan mantenido los límites aprobados. En todo caso, el hecho que antes del zarpe los esfuerzos sean los correctos, no garantiza que “**durante**” el proceso de carga dichos límites no hayan sido sobrepasados. Por ello el caso ideal es que el

encargado de la estiba confeccione un muy buen PLAN DE CARGA (o de descarga) que asegure que los límites no fueron sobrepasados en ningún momento.

Posteriormente volveremos a analizar los ‘límites’ de esfuerzos (esfuerzos de corte [SF] o momentos flectores [BM])



En las láminas precedentes se muestran gráficos computacionales en que se exageran las deformaciones que se producen en un barco, asignándose color rojo a las zonas de mayores esfuerzos (tomadas del libro “Ship Knowledge”).



*Damage caused by panting strain.  
Entire forepeak tank torn off.  
Ship size 100,000 ton deadweight.*

La fotografía muestra daños producidos en el sector del Racel (Peak) de Proa debido a la acción de las olas. Al sumergirse la proa se genera una fuerza de empuje o flotabilidad hacia arriba. Además la presión del agua trata de comprimir las planchas hacia crujía. Posteriormente al subir la proa el peso de ella más el peso del agua del racel produce una fuerza hacia abajo. El peso del agua en el racel trata de 'abrir' las planchas del costado alejándolas de crujía. Los millones de ciclos en que esto sucede termina por 'fatigar' el acero causando la fractura que se muestra.

Nota:

*Recordamos que FATIGA es la pérdida de resistencia del acero debido a una gran cantidad de esfuerzos cíclicos.*

La proa siempre debe ir convenientemente sumergida, para evitar el indeseable golpeteo de la roda y de la parte de proa del fondo del casco (slamming). Si en el Manual de Estabilidad no se indica el calado mínimo a proa debe usarse el 2% de la eslora.

En el caso de desmejorar las condiciones del oleaje y notar el piloto de guardia que se está iniciando un golpeteo a proa, inmediatamente debe aumentarse el calado a proa, evitándose así la posibilidad de graves daños estructurales a proa.

Es de especial importancia el control continuo de los esfuerzos en naves que cargan o descargan pesos considerables en un tiempo relativamente corto, tales como graneleros, metaleros y barcos-tanqueros, para tener la seguridad que DURANTE el proceso no se sobrepasen los límites.

Los programas computacionales permiten calcular en forma rápida los esfuerzos que se producirán en un instante cualquiera. Posteriormente veremos la interpretación de los gráficos que producen los programas computacionales.

El ideal es efectuar una simulación anticipada de la faena y así crear un plan óptimo de la carga y de los movimientos de lastres, analizándose además las condiciones de estabilidad que se producirán, incluido el control de los calados, tal como ya se había planteado.