



RESONANCIA PARAMÉTRICA (Parametric Rolling).

Guillermo Baltra Aedo *

Descripción del fenómeno.

La Resonancia Paramétrica (Parametric Rolling), consiste en grandes escoras súbitas – violentas, generadas de improviso y en un corto lapso – se generan principalmente cuando se navega con mar por la proa o por la popa y en las cercanías de ambas direcciones.

Se produce cuando el período de balance es alrededor de la mitad del período del cabeceo; cuando el cabeceo es amplio y sincronizado con el balance. De este modo hay dos ciclos de cabeceo por uno de balance; el balance máximo ocurre cuando el buque se encabuza, e inesperadamente, el ángulo de balance aumenta de unos pocos grados a valores de 30° en pocos ciclos.

En los buques porta contenedores los movimientos violentos generan aceleraciones que producen cargas extremas en la estructura de los contenedores y sus elementos de trinca, provocando ya sea la caída al agua o su colapso físico.

Las causas.

El diseño de los buques porta-aviones y porta-contenedores post Panamá se caracteriza por tener una manga ancha, proa lanzada de abanico amplio y codaste en voladizo con manga ancha en la cubierta principal, todo ello tendiente a

maximizar el área de maniobra para los aviones y otras aeronaves en el caso de buques militares y la capacidad de estibar contenedores en cubierta en los mercantes. Sus carenas son de líneas finas para minimizar la resistencia al avance.

En la mar el encuentro de las olas con el buque transcurre entre crestas y senos, produciendo movimientos en los seis grados de libertad. Son de interés para este efecto el balance y cabeceo. Durante la navegación el buque experimenta cabeceos y balances normales, cuando la proa va hacia abajo con una pequeña escora y se encuentra con la cresta de la ola, el gran abanico inmerso induce un empuje súbito desbalanceado. Este empuje adicional, más la excitación por la ola, empujan al buque a la otra banda, lo que se repite durante el encabuzamiento siguiente. Éstos, sincrónicamente pueden resultar en grandes ángulos de escora, incluso en condiciones de mar moderadas.

Por otra parte, el transcurso de la ola a lo largo de la eslora del buque modifica su plano de flotación provocando en algunas oportunidades una variación de ésta, y por lo tanto su momento de inercia transversal, y con ello el BM y su GM. Una súbita disminución de GM para un mismo momento perturbador provocan escoras de mayor amplitud.

* Trabajo efectuado en la CSAV.



La figura adjunta muestra los efectos en la vida real.

La posición de la ola a lo largo de la eslora produce, como se ha dicho, una variación del plano de flotación. Supongamos una ola del largo de la eslora, cuando las crestas están en las perpendiculares de proa y popa respectivamente, el plano de flotación aumentará, elevando su GM. Contrariamente, cuando la cresta está al centro, prácticamente no habrá incremento del área en esa zona, y debido a que los finos de proa y popa dejan parte del casco en el aire, el área de flotación disminuirá, reduciendo el GM. Este efecto repetitivo produce una oscilación del GM en función del período de encuentro de la ola, lo que a su vez origina una variación periódica del GM induciendo una variación cíclica del brazo de adrizamiento. Cuando el aumento del brazo de adrizamiento es en la misma dirección del balance sincrónico ya mencionado, se produce el parametric rolling. Lo anterior es una explicación cercana, pero da cuenta razonablemente del fenómeno.

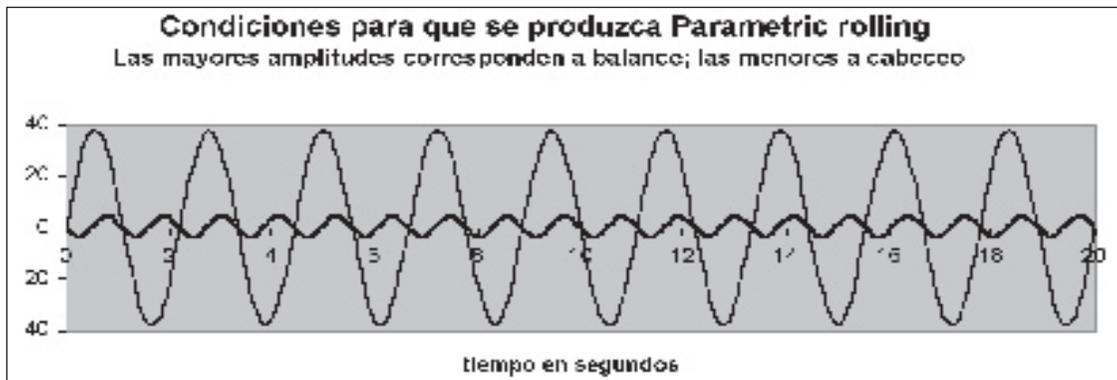
Fenómeno Imprevisible.

Debido a la naturaleza imprevisible del movimiento, el "parametric roll" es realmente peligroso para la seguridad del buque y la carga. Desgraciadamente, no ha sido posible reproducir exactamente el fenómeno mediante modelos matemáticos y de canales de pruebas hidrodinámicas - por la naturaleza de

las olas reales bajo condiciones de mar gruesa y arbolada, sin embargo ha sido posible determinar las tendencias.

De los estudios realizados hasta ahora, se puede señalar lo siguiente:

- El fenómeno "parametric roll" ocurre cuando el período de balance corresponde entre 1,8 a 2,1 veces al de encuentro con la ola de proa (normalmente asociado con el período de cabeceo).
- La carena y las formas del buque sobre la línea de flotación inciden sobre su comportamiento marino. Con un diseño de finos de proa muy abanicado, se presenta una mayor tendencia a experimentar el fenómeno, produciéndose mayores ángulos de escora y resultando la nave más propensa a distintas frecuencias de ola. De igual forma, mientras más plano sea el codaste, mayor será la tendencia a experimentar el parametric rolling.
- Para que se produzca el "parametric roll" es necesario un grupo de olas sobre la altura crítica para iniciarlo y sostenerlo. La altura crítica es un dato propio de cada casco.
- La literatura consultada cuestiona el diseño del sistema de trinca de los contenedores, por lo que las Sociedades de Clasificación consideran ciertos valores de cálculo para los ángulos de escora. Por ejemplo el ABS indica 23,8°; el LRS 30°, estos valores resultan menores que las escoras experimentadas. Lo mismo



sucede con el cabeceo, que en ocasiones presenta efectos estáticos y dinámicos mayores que los previstos. Además está el efecto del movimiento relativo entre la tapa y el anclaje, debido a que cuando este movimiento se produce se generan esfuerzos mayores sobre las trincas que se traspasan a los contenedores, aumentando su carga más allá de su diseño, provocando el colapso

de los contenedores. Los contenedores ubicados a proa y popa, por efectos del cabeceo, combinados con el balance, a su vez son sometidos a grandes aceleraciones verticales y transversales con los consiguientes efectos sobre sus estructuras. Otra fuente de colapso de contenedores son los embates de las olas, principalmente en los ubicados más a proa.

BIBLIOGRAFÍA:

- *An Investigation of Head-Sea Parametric Rolling and its Influence on Container Lashing Systems.* SNAME Annual Meeting 2001 Presentation. William N. France, Marc Levadou, Thomas W. Treacle, J. Randolph Paulling, R. Keith Michel, and Colin Moore.

