

ANALISIS DE FALLAS ESTRUCTURALES EN UNA LM 148

1) Introducción

La Armada de Chile decidió durante el año 2001, y luego de un proceso que se inició en el año 1995 analizando los requerimientos en el área de estabilidad y estructura, incorporar dentro de sus capacidades el uso de métodos de elementos finitos (FEM) como una herramienta para efectuar análisis mecánicos, hidrodinámicos y estructurales, ya sea de unidades nuevas, como así también en cualquier trabajo o modificación que se requiriese efectuar en sus unidades en operación.

A comienzo del año 2002, se detectó una falla en la vagra central del compartimento del servomotor en una de las lanchas misileras tipo 148 que comprometía su integridad estructural. Debido a la magnitud de la falla se determinó inspeccionar las otras unidades, encontrándose un problema de similares características y gravedad. Para efectuar el análisis de la falla, determinar su causa y obtener una solución que fuera factible y permitiera a las unidades operar en forma segura por el resto de su vida útil, se utilizó el software de análisis de estructuras navales MAESTRO, siendo esta la primera aplicación de esta técnica en la Armada. Para validar los resultados en orden de magnitud, se emplearon métodos analíticos de cálculo.



Figura N° 1. LM 148 de la Armada de Chile

El presente documento tiene por objeto mostrar en forma descriptiva el proceso de análisis

que se siguió para este caso, los resultados que se obtuvieron y las soluciones implementadas.

2) Antecedentes

Las lanchas misileras 148 fueron construidas en Alemania el año 1972 y pertenecen a la clase Tiger. Cuatro unidades fueron adquiridas por la Armada de Chile el año 1996 y desde esa fecha han estado operando en la zona norte del país. Sus características generales son:

Eslora	47 mts	Tipo de casco	Semi-desplazamiento
Manga	6.97 mts	Hélices:	4 de tres palas
Calado medio	2.07 mts	Velocidad máxima	38 nudos
Desplazamiento máximo	278 ton	Maquinaria principal	4 motores MTU 396 16V

Después de la llegada a Chile, las unidades fueron remotorizadas con motores MTU 396 16V y cajas de reducción ZF, aumentando en 250 hp por motor la potencia máxima de diseño manteniendo el resto de los componentes propulsivos.

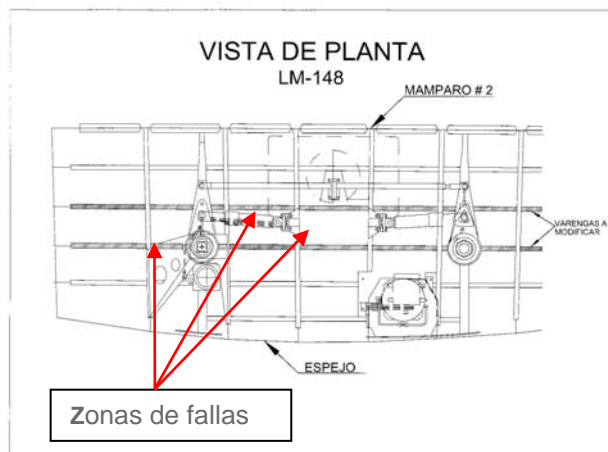


Figura Nº 2. Localización de fallas en el servo

En una inspección efectuada durante el año 2002 por inspectores de la Dirección de Ingeniería, se detectó una grieta significativa en la cuaderna 2 del servomotor de una de las unidades, adyacente a la estructura de soporte de los timones. Inspeccionadas las demás unidades del mismo tipo, se encontraron grietas de diferente magnitud concentradas en los mismos sectores, los que se indican en el diagrama de la Figura Nº2.

No se detectaron defectos en el resto de las estructuras, ubicándose el más importante en la vagra central de una de las unidades, tal como muestra la Figura Nº 3. Esta tenía

comprometida cerca de 2/3 de su sección resistente habiendo perdido toda capacidad de soportar las cargas para las que había sido diseñada, dejando a la unidad en una posición vulnerable ante los esfuerzos normales de la operación y que podrían haber producido una falla mayor.



Figura N° 3. Grieta en la vagra central



Figura N° 4. Falla en cuaderna de la unidades

La gravedad de las fallas determinó de inmediato su análisis y la determinación de la solución adecuada, cuyo análisis descriptivo será analizado en el presente documento.



Figura N° 5 Falla en cuaderna en zona timón



Figura N° 6 Falla en sector de cuaderna

3) Definición del modelo de FEM

Modelo: Si la geometría de la sección a modelar es simétrica, esta se puede modelar efectuando el análisis sólo sobre esa parte de la estructura. De la misma manera, se puede analizar sólo una parte de la estructura total de la unidad, aplicando las cargas producto de la acción del resto de la estructura en los extremos libres. De esta manera, el modelo final de la estructura a analizar se puede ver en la Figura N° 7, la que incluye los elementos entre la cuaderna 8 y el espejo del buque. Esta considera los miembros estructurales de las últimas tres secciones de la unidad que corresponden al servomotor, entrepuente de popa, depósito de municiones de popa y cañón de 40 mm, la estructura de soporte de las mechas de los timones y el arbotante de dos hélices. No se consideró la modelación de los aligeramientos de las vigas.

- a) Cargas: Se consideró la unidad flotando con los calados y asiento de máxima carga y se aplicaron en los extremos de la sección las fuerzas y momentos resultantes de esta condición obtenidos a través del software GHS. El valor para el momento flector fue de $8.58e+006$ kgf/cm, mientras que la fuerza de corte en el sector restringido es de 26.900 kgf. Las cargas externas fueron definidas y calculadas y se indicarán más adelante. Las cargas debido a fuerzas hidrostáticas estáticas y dinámicas están incluidas dentro del programa. La primera considera la tres formas de respuesta, y las cargas dinámicas que corresponden a la acción de olas, son resueltas a través de métodos numéricos y linealizaciones de las ecuaciones de Fraude-Krylov y de teoría de olas.

- b) Condiciones de borde y restricciones: El extremo de la popa de la unidad se dejó en voladizo, mientras que al extremo contrario se le aplicaron restricciones en los seis grados de libertad a dos puntos para evitar la libre rotación. Al resto de los nodos se les restringió en traslación en los ejes X e Y, mientras que en rotación se le hizo en torno al eje Y.
- c) Criterio de diseño: Al ser un análisis de falla, se consideró como 1 el factor parcial de seguridad y de servicio.

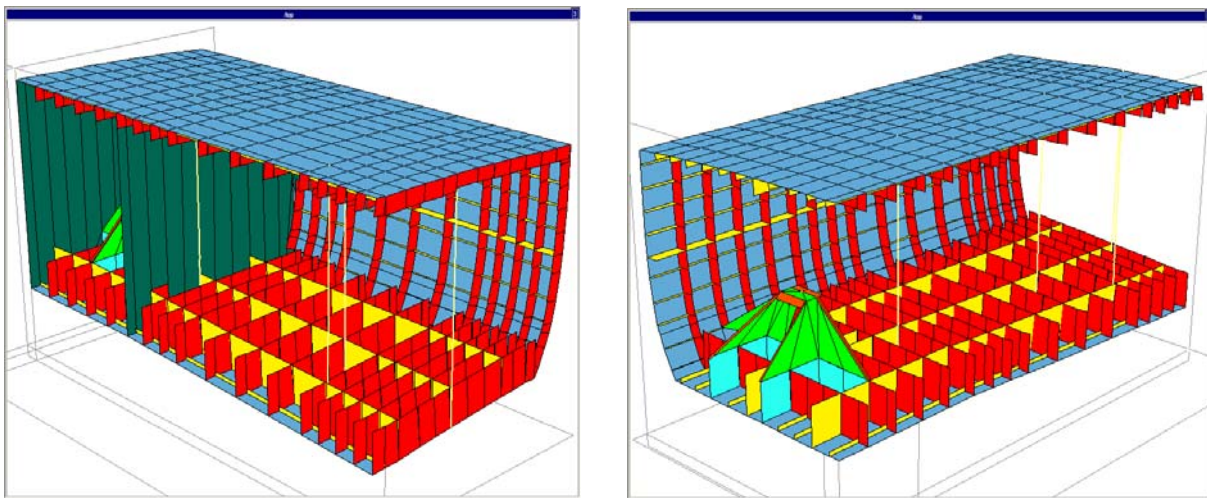


Figura N° 7. Modelo del servomotor de una LM 148

- d) Propiedades del Material: Se usó acero naval de las siguientes propiedades:

Esfuerzo de fluencia:	2400 kgf/cm ²
Esfuerzo de rotura:	4080 kgf/cm ²
Módulo de Young:	2.0802•10 ⁶ kgf/cm ²
Densidad:	0.00785 kgf/cm ³
Módulo de Poisson:	0.3

4) Cargas externas aplicadas

Para la aplicación de cargas externas se consideraron y calcularon las siguientes combinaciones de condiciones de navegación:

- a. Fuerza en timón y arbotantes considerando velocidad de la unidad de hasta 38 nudos

en incrementos de 5 partiendo de 23, combinado con ángulos del timón en incrementos de 5° hasta llegar al máximo de 35°. Se consideró que la unidad tiene restricciones operacionales de ángulos de caña dependiendo de la velocidad. A pesar de que se evaluó el rango completo de combinaciones, el máximo ángulo permitido para velocidades de más de 30 nudos es de alrededor de 5°, sin embargo no es extraño que se llegue hasta 10° durante la operación, por lo que también se analizará esta condición.

- b. Condiciones de mar de acuerdo a lo presente en el área de operación de estas unidades. Longitud de ola desde L hasta 0.5L, donde L es la eslora tanto en arrufo como en quebranto. Amplitud máxima de olas hasta 1.0 mt en condición de velocidad sobre 30 nudos. La dirección de la ola se consideró desde mar por la proa hasta un máximo de 20° abierto por la proa.
- c. Cargas puntuales presentes en las secciones modeladas, y que corresponden a elementos de cargas varias instalados en el sector, entre los que se incluyen los elementos y equipos que se encuentran al interior de los departamentos modelados, un montaje de 40 mm que se encuentra en cubierta y la munición que se guarda en el pañol respectivo.