

## LOS DESAFÍOS TECNOLÓGICOS PARA LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA PROPULSOR

Eric Solis Dabanch\*

### Resumen

*Se exponen tres desafíos técnicos presentados en el desarrollo del proyecto Medusa, consistente en la construcción del buque científico Cabo de Hornos en la planta de Asmar Talcahuano.*

**Palabras clave:** Construcción naval, planta propulsora, AGS Cabo de Hornos, motores eléctricos DC.

**E**l sistema propulsor del buque oceanográfico y geofísico AGS 61 *Cabo de Hornos* de la Armada de Chile, es del tipo diesel-eléctrico que consta de dos motores eléctricos de corriente continua (DC) dispuestos en tándem sobre un bastidor común que es fijado a la estructura del buque y tres motores diesel generadores que proporcionan el poder eléctrico a los motores propulsores. La propulsión se produce por medio de una hélice de cinco palas de paso fijo que recibe el movimiento a través de un eje intermediario y un eje de cola apoyado sobre un descanso intermediario de empuje y sobre los dos descansos del tubo de codaste. (Ver figura 1).

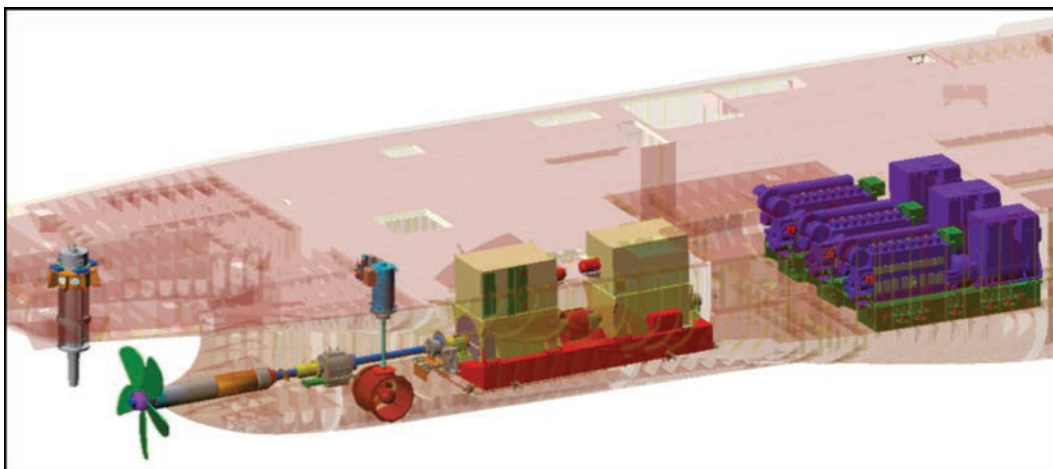


Figura 1 Gráfico del sistema propulsor del AGS *Cabo de Hornos*.

\* Ingeniero de diseño mecánico. Especialista en sistemas propulsores navales.



### Primer desafío técnico

Debido a las dimensiones y gran peso de los motores eléctricos DC junto con el espacio reducido de la sala de máquinas de popa, se presentarían dificultades en el proceso de alineamiento al necesitar desplazar los motores DC sobre la base de fijación por medio de los pernos gata horizontal y vertical. Adicionalmente, la estrategia constructiva

contempla cerrar el bloque estructural que contiene los motores eléctricos DC para continuar con la construcción del buque, lo que imposibilitará el levante del motor con el apoyo de una grúa terrestre en caso de ser necesario.

- **Idea de solución:** Instalar en la grada de construcción naval en forma adelantada los motores DC sobre su base en la posición más aproximada a la definitiva teniendo los agujeros de los pernos de anclaje perforados en la base junto con los topes de colisión laterales y axiales. La tolerancia de posición de los motores eléctricos DC debe ser máximo 2,5 mm respecto de la posición final de alineamiento con el buque a flote.
- **Propuesta de solución:** Desarrollar los cálculos y procedimiento de alineamiento en grada de construcción naval, que consideren las tolerancias de alineamiento y las variables del alineamiento del sistema propulsor con una secuencia invertida a la recomendada por fabricante en manual de instalación.

Para poder llevar a cabo lo anterior, se diseñó y fabricó un dispositivo de alineamiento llamado *Drilling JIG*, que reemplazó en forma idéntica a los motores eléctricos DC en lo que respecta a la posición de los pernos de anclaje a la base y los topes de colisión, pero con la gran ventaja de su menor peso. (Ver figura 2).

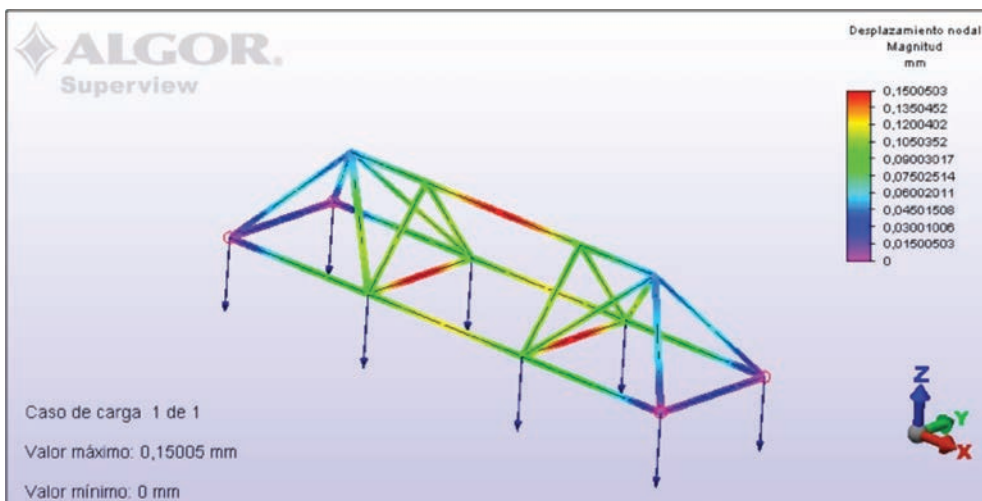


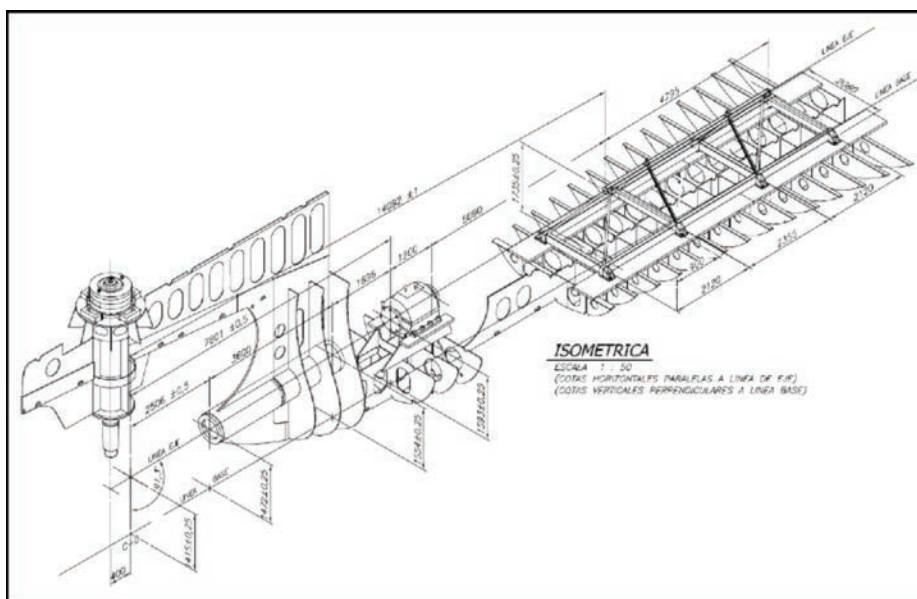
Figura 2. Modelación de la estructura proyectada en software de cálculo de elementos finitos Algor.

**Eric Solis Dabanch:** *Los desafíos tecnológicos para la instalación de un sistema...*

Este dispositivo mecánico se alineó a bordo del buque con sistema de alineamiento óptico y estación total según se muestra en la siguiente fotografía:



Luego, se trazó y mecanizó las perforaciones de anclaje, posición final de los toques de colisión laterales y axiales de los motores eléctricos DC de acuerdo a la siguiente figura del arreglo general de la instalación:

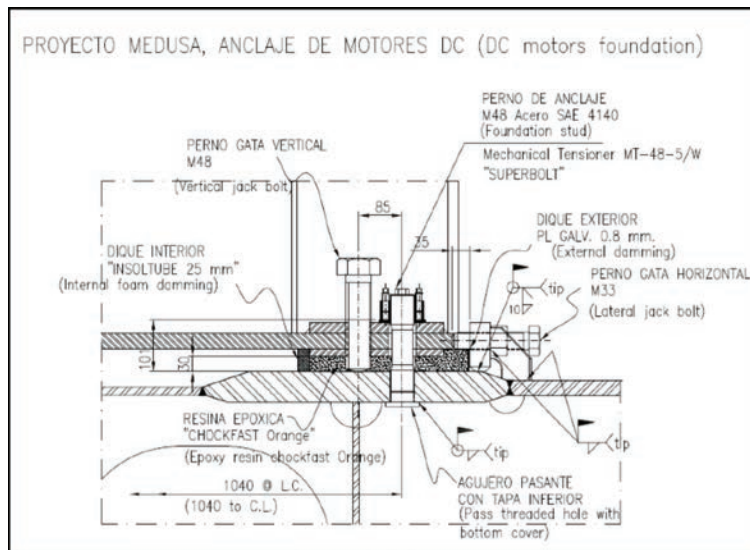


- **Resultados obtenidos:** Después de realizado el montaje y alineamiento racional de los componentes de la línea de ejes con el buque a flote, se confirmó que la posición dispuesta en grada al motor propulsor resultó dentro de las tolerancias esperadas, ya que sólo fue necesario desplazar los motores eléctricos DC aprox. 2 mm axialmente hacia proa, quedando en perfecta posición las perforaciones de anclaje en la base y los toques de colisión.

## Segundo desafío técnico

Debido a las reducidas dimensiones de las consolas dispuestas para anclaje del bastidor junto con el espacio reducido de la sala de máquinas de popa, se presentarían dificultades en el proceso de instalación y apriete de los pernos de anclaje del bastidor de los motores DC, por las dimensiones de los pernos (M48 grado 8.8) y el alto torque de apriete requerido que implica el uso de llave de torque de crujido grande y multiplicador de torque.

- **Idea de solución:** Desarrollar un sistema de fijación de los motores DC a su base que asegure el estiramiento de los pernos de anclaje, que la tuerca no se suelte y que sea posible de instalar en los espacios disponibles en el bastidor del equipo. Todo lo anterior debe ser respaldado con memorias de cálculo y revisado por la casa clasificadora *Germanisher Lloyd (GL)*.
- **Propuesta de solución:** Reemplazar los ocho pernos de anclaje tradicionales por ocho conjuntos *Superbolt Tensioners* consistente cada uno en una *Supernut MT-48-5/W* y un *Foundation stud M48*. En las figuras siguientes se muestra el conjunto *Superbolt* y la disposición de instalación.

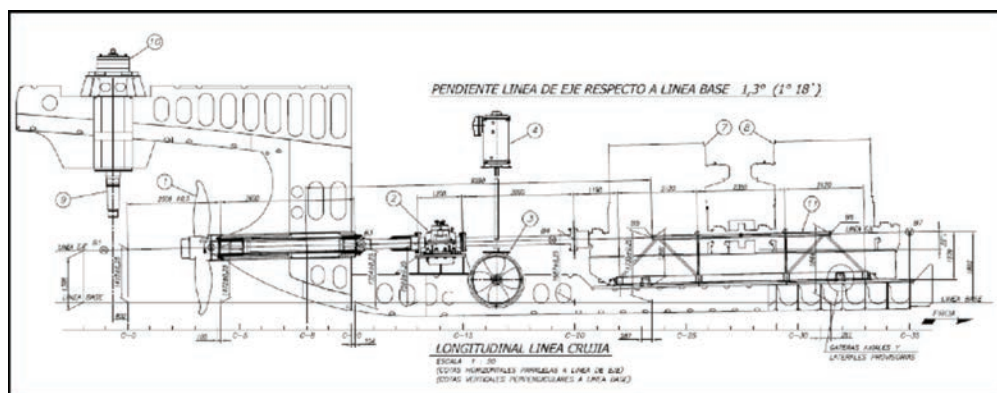


- **Resultados obtenidos:** Se obtuvo la pretensión requerida a los pernos de fijación por medio de una llave de torque manual de pequeñas dimensiones que se ajustó a los espacios disponibles, consiguiéndose el torque de apriete que aseguró que la tuerca no se suelte y que el equipo mantenga su posición dada por el alineamiento racional. También se logró una notable la disminución del tiempo de ejecución del trabajo.

### Tercer desafío técnico

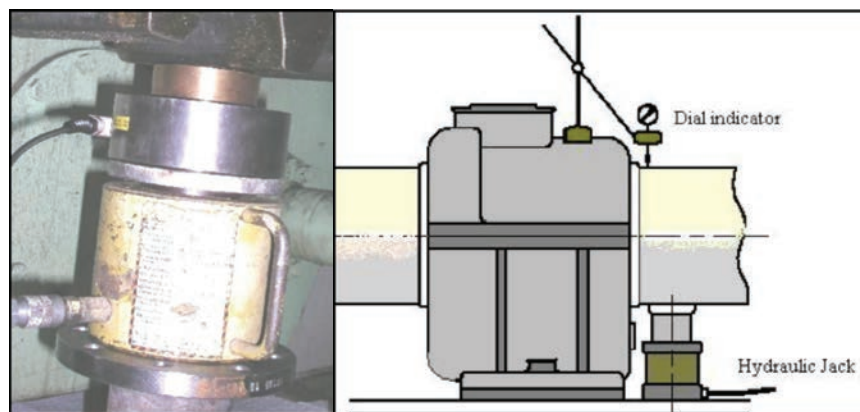
Debido a las propiedades de bajas emisiones de ruido a irradiar por este buque para la investigación pesquera y estudio oceanográfico, el sistema propulsor debe cumplir exigentes tolerancias de alineamiento racional de la línea de ejes que aseguren el cumplimiento de dichas bajas emisiones, lo que exige extremar las capacidades técnicas y profesionales del astillero en este ámbito.

- **Idea de solución:** Desarrollar un método de alta precisión y confiabilidad para la medición de carga en los descansos de la línea de ejes. Este requisito es exigido por el diseñador y



11	PLANTILLA DRILLING JIG	—	PLANO N°5865-243-022	FAB. ASMAR
10	ACTUADOR SISTEMA DE GOBIERNO	BRV160	130 KN.m	BARKEMEYER
9	TIMON	FLAP RUDDER	3700x2400	BARKEMEYER
7	MOTOR PROPULSOR N°2	—	1500KW	WARTSILA (ANSALDO)
8	MOTOR PROPULSOR N°1	—	1500KW	WARTSILA (ANSALDO)
6	TORSIOMETRO	—	—	WARTSILA (BROLICH)
5	FRENO DEL EJE	STL SYSTEM	43120 Nm	WARTSILA (DELLNER)
4	MOTOR EL. HELICE LATERAL DE POPA	BJ4	450 KW-1500 RPM	WARTSILA (ANSALDO)
3	HELICE LATERAL DE POPA	4004 TT	450KW	HRP
2	DESCANSO DE EMPUJE	LABSW30-300	—	WARTSILA (RENK)
1	HELICE PASO FIJO, 5 PALAS	—	DIA. 3600mm	WARTSILA (LIPS)
ITEM	DESCRIPCION	TIPO	CAPACIDAD	SUMINISTRO

fabricante del sistema propulsor *Wartsila* por medio de los cálculos de alineamiento racional que aseguran la correcta carga estática en cada descanso del sistema propulsor. Todo este proceso debe ser aprobado por GL y la Inspectoría Técnica de Obras de la Armada (ITO).



■ Cilindro Hidráulico de 10 ton marca Enerpac y celda de carga de 0-10 ton marca Omega.



■ Microprocesador indicador de carga marca Omega y reloj comparador rango 0-10mm durante la medición de carga en el descanso intermedio de la línea de ejes.

- **Propuesta de solución:** Desarrollar el método de medición de carga en los descansos por medio de celdas de carga bajo el principio de *Strain Gauge*. (Ver siguiente figura que muestra los instrumentos y equipos usados en este procedimiento).
- **Resultados Obtenidos:** Se logró controlar en forma eficiente y precisa la carga en los descansos de la línea de ejes de acuerdo al procedimiento de alineamiento racional. Se consiguió entregar el trabajo de alineamiento en forma más confiable y directa al inspector de la casa clasificadora GL y la ITO, al ser este un procedimiento con instrumentos de alta precisión y calibramiento vigente. Finalmente el proceso de alineamiento del sistema propulsor fue aprobado por el fabricante *Wartsila* y corroborado por los buenos resultados obtenidos en las pruebas de mar.

## Conclusión

Después de desarrollar la ingeniería de detalle del sistema propulsor de este y otros proyectos de construcción naval en Asmar (T), se puede concluir que al desarrollar una correcta planificación de los trabajos involucrados en un sistema tan esencial como la propulsión de un buque, se puede anticipar los posibles escenarios técnicamente más relevantes para concurrir con la experiencia y capacidades que posee un astillero constructor. Para lograr este objetivo se hace necesario conocer las capacidades humanas, técnicas y de infraestructura con las que se dispone, para así obtener con ingenio los resultados esperados. Indispensable es también, estar en constante perfeccionamiento para estar actualizado de los cambios tecnológicos que nos ofrecen los sistemas computacionales y el mercado de proveedores del ámbito naval.

\*\*\*