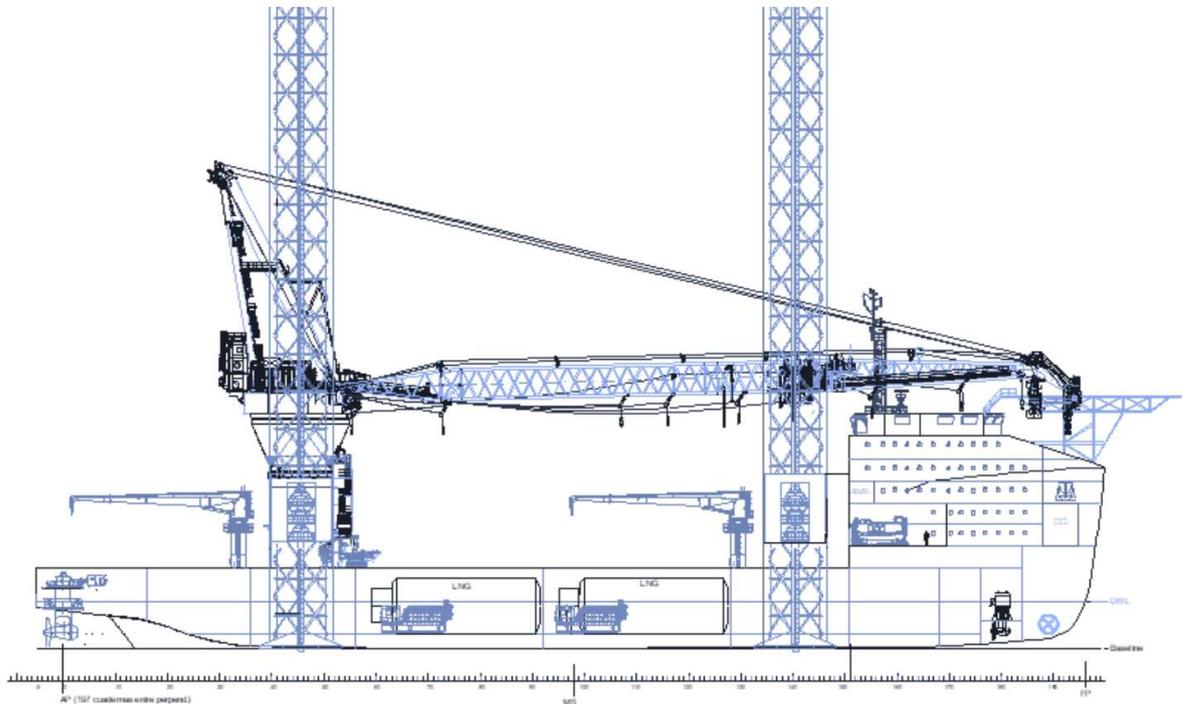




**62**° Congreso Internacional  
de Ingeniería Naval  
e Industria Marítima

# PREMIO TFM

**CIIN**  
**2023**  
62 Congreso de Ingeniería  
Naval e Industria Marítima



**“ANTEPROYECTO DE BUQUE INSTALADOR DE  
AEROGENERADORES JACK-UP (TIV) DE 15.000  
TPM, DOTADO CON GRÚA OFFSHORE Y  
POSICIONAMIENTO DINÁMICO DP2 ”**

**Luis Antonio Valverde Márquez**



El presente trabajo consiste en realizar y explicar el proceso de diseño y cálculo del anteproyecto de un buque instalador de aerogeneradores eólicos offshore, conocidos como buques WTIV's, wind turbine installations vessels, o simplemente TIV's. Se trata de buques encargados de llevar a cabo el transporte e instalación de aerogeneradores eólicos offshore, por lo que estará dotado de los siguientes sistemas específicos: sistema de posicionamiento dinámico, sistema de elevación Jack-up y grúa off-shore de gran capacidad.

Inicialmente se expone la importancia de la energía eólica en la actualidad, que seguirá experimentando un crecimiento exponencial previsto hasta 2050. Pasando posteriormente a la definición del propio aerogenerador como elemento principal que transporta un buque WTIV. Tras una reseña histórica de la evolución de este tipo de buques a lo largo de los años, se comienza con el diseño del buque proyecto.

Seguidamente se definen los requerimientos técnicos propios de un buque WTIV, así como las características técnicas de diseño, incluyendo los factores operacionales externos y se realiza una base de datos de buques existentes. Con lo que procedemos para el cálculo de las dimensiones principales de nuestro buque proyecto y los coeficientes del casco, obteniendo los siguientes resultados:

- Tipo de buque: Instalador de aerogeneradores offshore WTIV.
- Peso muerto: 15000 DWT
- Sistema para instalación: posicionamiento dinámico tipo DP2 y grúa offshore SWL 2000 t a 32 m y altura de pluma de 110 m.
- Velocidad: 11 kn al 80% del MCR, con un 15% de margen de mar.
- Tipo de propulsión: propulsión diésel-eléctrica.
- Características de la carga: 6 aerogeneradores de 10 MW o 4 aerogeneradores de 14 MW.
- Autonomía: 33 días, 9500 millas.
- Superficie libre en cubierta min.: 5600 m<sup>2</sup>
- Sistema de elevación: contará con 4 patas Jack-up de tipo chord truss (estructura de entramado triangular).
- Clasificación y cota: Bureau Veritas
- Acomodación: 150 personas (15 tripulantes + 135 técnicos/operarios)
- Desplazamiento máximo: 44600 t
- Eslora total (Lt): 153,4 m
- Eslora entre perpendiculares (Lpp): 147,3 m



- Manga (B): 54,6 m
- Puntal (D): 11 m
- Calado (T): 6,8 m

Conociendo las dimensiones principales, calculamos y diseñamos las formas del buque considerando los coeficientes obtenidos y verificados acorde a la base de datos. Las formas se han optimizado tras numerosas iteraciones, para conseguir una resistencia al avance mínima y como consecuencia de ello reducir la potencia propulsora a instalar. Como resultado de este capítulo obtenemos el plano de formas.

Seguidamente procedemos con la disposición general y compartimentado de espacios, integrando y distribuyendo todos los sistemas y equipos en el interior del buque en base a la operativa del mismo para garantizar la funcionalidad del proyecto. Para ello se tiene en cuenta la relación entre sistemas y se consideran como conjunto evitando así la incompatibilidad entre espacios y equipos necesarios para la funcionalidad del buque. Todo el compartimentado se realiza cumpliendo los requisitos reglamentarios de espaciado de elementos estructurales y teniendo en cuenta las capacidades necesarias para los diferentes tanques. Finalmente se realiza la calibración de tanques y el plano de disposición general.

El siguiente paso es calcular el escantillonado y diseño estructural acorde a la reglamentación aplicable y cumpliendo con los requisitos de diseño del buque. Para ello se ha optimizado la estructura del buque utilizando materiales de acero de alta resistencia en zonas superior, de cubierta e inferior de fondo para conseguir reducir el peso, aumentando las capacidades de elevación de la plataforma. Dado que la superestructura del buque se ha diseñado integrada en proa, se realiza el cálculo estructural también de una sección de proa. Finalmente se obtiene el plano de sección maestra y secciones de proa.

A continuación, calculamos el peso en rosca del buque y su centro de gravedad para proceder con los cálculos de arquitectura naval. Inicialmente calculamos el arqueado y francobordo según norma. Y posteriormente comenzamos con el cálculo de estabilidad tras definir las siguientes situaciones de carga para nuestro buque: condición de peso en rosca, condición en lastre con 100% de consumibles, condición de lastre con 10% de consumibles y condición de carga máxima. Además, se calcula la estabilidad en averías según norma para las 2 situaciones más críticas teniendo en cuenta el espacio con mayor separación entre mamparos estancos y se obtiene la curva de esloras inundables. Adicionalmente, se calcula la resistencia longitudinal de buque viga para cada condición de carga establecida. Se verifica el cumplimiento de todos los requisitos.

La siguiente etapa del proyecto es el cálculo y diseño de la planta propulsora, compuesta por generación diésel-eléctrica y propulsores azimutales. Una vez seleccionados los equipos, calculamos las capacidades y sistemas asociados e instalados en cámara de máquinas. Por otro lado, se definen los sistemas de seguridad y contra incendios necesarios. Y por último se calculan y definen los sistemas específicos WTIV que serán principalmente:

el sistema de elevación Jack-up compuesto por 4 patas Jack-up y la unidad de potencia hidráulica con capacidad suficiente de elevación a una velocidad de 1 m/min; grúa offshore con capacidad de 2000 t a una distancia de 32 m y longitud de brazo de 110 m; y por último, el sistema de posicionamiento dinámico con capacidad para mantener la posición hasta condiciones medioambientales de Beaufort 4. Con todos los equipos consumidores definidos procedemos al cálculo del balance eléctrico concluyendo en la instalación de 6 grupos generadores principales y 1 de emergencias/puerto de consumo dual MDO-LNG cumpliendo con tier III.

Para completar el trabajo se realiza un análisis económico del buque desde el punto de vista del astillero para su construcción. Y se concluye con un análisis de eficiencia energética del buque diseñado, calculando el índice de eficiencia energética correspondiente en función de las máquinas y equipos que se han seleccionado para su instalación a bordo, verificando unas emisiones mínimas y su cumplimiento con las restricciones previstas para 2025.



*Ilustración 2. Presentación al Premio Siemens Mejor Trabajo Fin de Máster*