



AVALIAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS PORTUÁRIAS PARA TRANSPORTE DE PEÇAS EÓLICAS

Leandro Pires; Lourdes Pecharromán; Raúl Redondo; Carlos Cal
Siport21 – leandro.pires@siport21.es, lourdes.pecharroman@siport21.es, raul.redondo@siport21.es,
carlos.cal@siport21.es

Introdução

A indústria eólica e a tecnologia associada têm avançado continuamente nos últimos anos. Além do desenvolvimento de novos projetos, os aerogeradores ganham tamanho, o que significa um aumento de eficiência, já que o aproveitamento do vento é melhorado. Porém, com o aumento de tamanho, o transporte e a logística também se complicam. Devido ao grande volume do equipamento final, ele é transportado em partes.

A fabricação de grandes estruturas (subestações offshore fixas, flutuantes ou mesmo completas) e diversos componentes eólicos em estaleiros, localizados em áreas próximas a portos, vem representando uma grande oportunidade de diversificação de negócios na indústria naval. Assim, os estaleiros navais e a indústria auxiliar naval têm registado um aumento da atividade derivada do segmento da energia eólica, conjugando a atividade de construção de embarcações de serviço para parques eólicos offshore, com a construção de componentes para aerogeradores, funcionando também como hub logístico para a conclusão de sua pré-montagem e embarque nas embarcações que realizam seu transporte.

Empresas de logística especializadas em projetos offshore também fazem parte desta atividade e são essenciais no desenvolvimento e progresso da indústria eólica offshore, tendo o cuidado de avaliar se as áreas portuárias permitem o desenvolvimento da indústria eólica e o posterior transporte por mar.

Assim, os estaleiros, as empresas de logística e os portos devem dispor de recursos humanos, instalações e tecnologias adequados, adaptados e especializados para fazer face à complexidade dos projetos de energia marítima, o que representa uma oportunidade que tem também um dinamismo da indústria e do emprego nas regiões onde esta atividade é realizada.

Acessibilidade a instalações portuárias

Uma grande parte da construção dos elementos de aerogeradores realiza-se nas zonas próximas a portos ou instalações localizadas precisamente em zonas portuárias. Por isso, é imprescindível que os barcos que transportam estas peças possam aceder e operar nos terminais dedicados a esta atividade.

Assim como é realizado para outros tipos de mercadorias e embarcações, deve-se avaliar a viabilidade do acesso em determinadas condições, tendo em conta todos os possíveis cenários e fatores que podem afetar a manobra destes barcos. As dimensões da via de navegação devem permitir o acesso dos barcos sob as condições meteorológicas locais de vento, corrente e ondulação. Por outro lado, também deve-se avaliar a estratégia de manobra e se os meios de manobras disponíveis são suficientes ou se necessitará apoio de rebocadores.

Em função do nível de detalhe requerido na avaliação, é possível realizar uma análise determinística (simples e rápida de executar, com custo reduzido), que proporciona uma avaliação preliminar; ou uma análise mais detalhada com ferramentas numéricas de simulação.

Avaliação de acessibilidade - Metodologia determinística

A análise desde um ponto de vista determinístico permite obter uma avaliação preliminar de maneira simples, confiável e rápida a partir de dados de entrada pouco elaborados e com um custo limitado. Baseia-se em fórmulas empíricas que consideram as características da

embarcação (tipologia e dimensões principais) e a zona de análise (com as respectivas características da via de navegação e/ou zona de manobra (profundidades, tipo de trecho reto ou curvo, presença de ondas ou correntes, ventos e sinalização existente. Entretanto, não contempla a alta capacidade de manobra dos barcos *heavy lift*, nem tampouco permite definir limites de acesso ou a necessidade de rebocadores, entre outros.

Para determinar o espaço de navegação, aplica-se a metodologia e as recomendações específicas para desenho conceptual de vias de navegação incluídas tanto na publicação de PIANC (associação internacional de navegação) nº 121-2014 “*Harbour Approach Channels Design Guidelines*”, como nas recomendações de *Puertos del Estado* ROM 3.1-99 “*Proyecto de la Configuración Marítima de los Puertos; Canales de Acceso y Áreas de Flotación*”. Ainda que sejam referências distintas, ambas consideram os mesmos aspectos náuticos, embora tratados de maneira diferente, e podem proporcionar resultados distintos. Não obstante, ambas são válidas, reconhecidas e aceitas e aplicam-se de forma habitual a nível internacional.

O resultado obtido é muito útil nas etapas iniciais de um projeto, já que permite avaliar diferentes alternativas (barcos, configurações de canal ou porto etc.) de uma maneira rápida e eficaz. Contudo, se são necessários resultados de maior nível de detalhe, é necessário recorrer a outros tipos de ferramentas, que permitem definir com mais precisão outras variáveis, tais como a necessidade de uso de rebocadores, os limites de acesso ou determinar os espaços de navegação necessários associados a um nível de risco e operatividade.

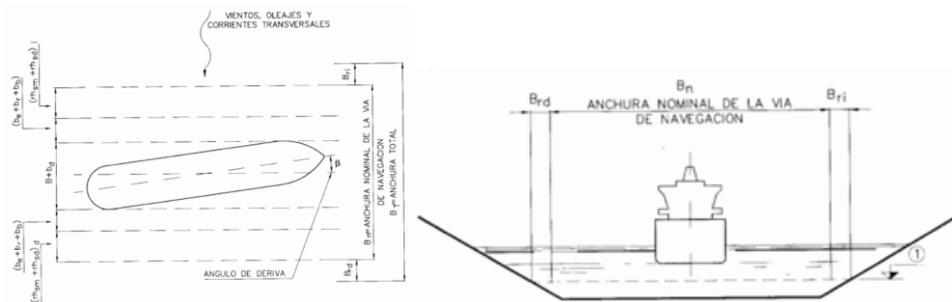


Figura 1. Esquema de cálculo de via de navegação requerida. Fonte: ROM 3.1-99.

Avaliação de acessibilidade - Simulador de manobra em tempo real

O uso de ferramentas de simulação em tempo real proporciona resultados mais precisos que o método determinístico. Além disso, seu uso aplicado ao desenho portuário e de vias de navegação está amplamente estendido e aceito desde anos. Por outro lado, requer um maior nível de detalhe dos dados necessários para a avaliação, somado a que o tempo para dispor dos resultados e o seu custo são maiores.

O uso de simuladores de manobras em tempo real é a opção mais recomendável e adequada quando o objetivo é definir os limites de acesso e a operatividade (em termos de vento, ondas e corrente máxima), a estratégia de manobra mais adequada e/ou o espaço de manobra necessário associado a um nível de risco (em função do tipo de via de navegação, as condições meteorológicas, o tráfego previsto ou o tipo de barco ou a natureza da carga, entre outros). Ademais, permite identificar a existência de possíveis interferências com estruturas portuárias, embarcações atracadas ou zonas de pouca profundidade; e avaliar os requerimentos de reboque, já que permite incluir a assistência de reboque e as características destes (tipologia, tração, modo de assistência, redução de efetividade trabalhando em ondas etc.). Um ponto diferenciador a outras ferramentas numéricas é que se tem em conta o fator humano, possibilitando um maior nível de imersão.

Uma outra vantagem é permitir aos capitães e/ou pilotos participar na avaliação e análise, além de praticar previamente a que as manobras sejam realizadas na realidade.



Figura 2. Exemplo de 2 embarcações *heavy lift* em manobras realizadas em simulador de manobras em tempo real.

A avaliação do espaço de navegação necessário associado a um nível de risco é efetuada aplicando a metodologia incluída nos documentos de referência PIANC nº121 e ROM 3.1-99, relativamente à análise detalhada. Para isso, é realizada uma análise probabilística dos espaços ocupados com base na área ocupada de manobras repetidas, realizadas nas mesmas condições (embarcação e clima) e seguindo uma estratégia semelhante. O número de manobras de repetição deve ser uma amostra suficientemente significativa para poder considerar válidos os resultados estatísticos obtidos. A metodologia estabelece que a repetição de 8 manobras é uma amostra suficiente para obter resultados confiáveis.

O resultado são alguns espaços extrapolados (associados a um nível de probabilidade de excedência e a um determinado índice de confiança) que permitem confirmar se o espaço disponível é adequado ou se existem interferências com elementos portuários ou áreas pouco profundas. Permite, entre outros aspetos, definir as dimensões máximas da embarcação que pode aceder com segurança ou avaliar as zonas de dragagem necessárias para permitir o acesso de uma determinada embarcação. No caso de navios *heavy lift*, permite também avaliar o espaço aéreo necessário (linha verde nas figuras seguintes) e possíveis interferências. Como resultado, margens adicionais para pontos singulares (navios atracados, limites de dragagem, estruturas etc.) podem ser avaliadas.



Figura 3. Exemplo de Espaço navegável e aéreo resultante da análise estatística.

Participação de pilotos locais

A participação dos agentes envolvidos desde o início do processo favorece o desenvolvimento do projeto e seu sucesso, pois permite incluir a opinião e avaliação das partes interessadas.

Assim, a participação de práticos locais, especialistas que conhecem a hidrovia e suas condições, as estratégias, os pontos críticos e os fatores que mais afetam os barcos é, em muitos casos, fundamental para o sucesso do projeto.

Em casos práticos reais, a participação ativa foi considerada desde os estágios iniciais. Inicialmente, foi realizada uma entrevista inicial antes de iniciar a modelagem da área de



navegação e das embarcações para coleta de informações sobre as condições locais e abordagem da estratégia de manobra usual, além de conhecer outras particularidades. Em seguida, antes do início das manobras, procedeu-se a uma sessão de calibração do modelo portuário para confirmar que o modelo visual (edifícios, sinalização etc.) é adequado para simular as operações portuárias.

Uma vez feitas as possíveis melhorias derivadas da calibração, as manobras são realizadas seguindo estratégias semelhantes às dos pilotos. Finalmente, uma vez realizada a avaliação seguindo a metodologia detalhada, foram organizadas várias sessões de simulação com os pilotos para compartilhar os resultados obtidos e realizar manobras em simulador para se familiarizar com as manobras do novo tráfego e praticar previamente as novas manobras e estratégias, incluindo também a sua avaliação no processo.

Conclusões

O desenvolvimento da energia eólica offshore está associado ao transporte marítimo de grandes peças. Por isso, a indústria naval, o transporte marítimo e os portos e hidrovias devem ser capazes de se adaptar e atender à demanda crescente, garantindo alta qualidade e níveis adequados de segurança.

O transporte marítimo de peças offshore é o mais difundido e são manobras especiais tanto pelo tamanho e peso da carga quanto pela utilização de embarcações específicas para isso. É comum que essas estruturas sejam carregadas ou descarregadas em terminais localizados em áreas portuárias, o que deve permitir e garantir a operação segura dessas embarcações.

Assim, deve ser analisada a viabilidade deste tipo de operações e definidas as condições em que estas operações são seguras. Existem ferramentas de análise detalhada, como simuladores de manobras em tempo real, que permitem avaliar a viabilidade destas operações e definir com segurança as condições de acesso. Além disso, com base nos resultados obtidos, é possível propor melhorias ou soluções que viabilizem esse tipo de manobra. O uso de simuladores permite que os pilotos e/ou comandantes responsáveis por essas manobras se familiarizem e pratiquem essas operações específicas em um porto antes de realizá-las na vida real.

Também é possível em estágios iniciais fazer avaliações menos detalhadas com uma metodologia determinística e, com menor custo, avaliar potenciais pontos críticos ou diferentes alternativas de forma rápida e confiável.

Referencias

- [1] *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Espanha (2021). "Hoja de Ruta para el desarrollo de la Eólica Marina y de las Energías del Mar en España"*
- [2] PIANC (1997). *"Approach Channels. A Guide for Design"*
- [3] PIANC (2014). *"Harbour Approach Channels Design Guidelines"*.
- [4] *Puertos del Estado, Espanha (2000). ROM 3.1-99 "Proyecto de la Configuración Marítima de los Puertos; Canales de Acceso y Áreas de Flotación"*.