

## Estudio de soluciones para mejorar la operatividad y la respuesta del barco atracado en la dársena de África (Puerto de Las Palmas)

Romano-Moreno, Eva<sup>a</sup>; **Díaz-Hernández, Gabriel<sup>a</sup>**; Rodríguez, Beatriz<sup>a</sup>; Lara, Javier L.<sup>a</sup> y Ortega, Fermín<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Instituto de Hidráulica Ambiental, Universidad de Cantabria - Avda. Isabel Torres, 15, Parque Científico y Tecnológico de Cantabria, 39011, Santander, España. [eva.romano@unican.es](mailto:eva.romano@unican.es) , [gabriel.diaz@unican.es](mailto:gabriel.diaz@unican.es) , [beatriz.rodriguez@unican.es](mailto:beatriz.rodriguez@unican.es) , [jav.lopez@unican.es](mailto:jav.lopez@unican.es). <sup>b</sup> Trama Ingenieros. C/ Concejal Luis María Pereira García, nº 1, local C. 35011, Las Palmas de Gran Canaria. [fortega@tramaingenieros.es](mailto:fortega@tramaingenieros.es)

### 1. Introducción

En el presente estudio se presentan los resultados generales relacionados con el análisis integral de operatividad portuaria realizado en la dársena de África, perteneciente a la Autoridad Portuaria de las Palmas, así como el método de trabajo seguido para la obtención de los productos de (1) clima marítimo portuario, (2) diseño de la solución finalista y, (3) análisis comparativo de los movimientos del barco amarrado antes y después de la solución propuesta.

Dicha dársena ha venido presentando recurrentes eventos de parada operativa en algunos muelles destinados al tránsito de pasajeros (ferry), especialmente bajo ciertas características energéticas y direccionales del forzamiento exterior (oleaje). A priori, la orientación Sur de la dársena hace pensar que dicha infraestructura se encuentra bien resguardada con respecto a las direcciones de propagación del oleaje exterior (principalmente provenientes del Norte y primer cuadrante), y por lo tanto, no se intuyen problemas de penetración de oleaje. No obstante, tras un primer análisis de clima marítimo portuario, se encuentra que la dársena está altamente influenciada por el quiebro del dique Reina Sofía del Puerto de las Palmas, que funciona como un importante elemento reflejante que proyecta los frentes de oleaje hacia el interior de la dársena, para una franja identificada de direcciones y periodos incidentes. Este efecto, también denominado como agitación colateral de campo lejano, ha podido ser identificado gracias a los avances en la estrategia numérica de agitación que IHCantabria ha venido desarrollando en los últimos años, permitiendo incluir dominios numéricos de gran extensión y definiciones de mallado de alta resolución y que ratifica los problemas actuales.

Esta primera conclusión del estudio de clima marítimo portuario, ha permitido llevar a cabo una ambiciosa propuesta de alternativas de mejora con el objetivo de reducir la agitación y aumentar la operatividad en los ferries. Para ello se han propuesto más de 30 geometrías/escenarios de alternativas, tras la compleja combinación de: colocación de nuevas estructuras; longitudes de nueva obra de abrigo; orientaciones y reflexiones en los contornos (tipologías), para llegar a identificar una estrategia de actuación finalista que cumple con los límites recomendados por la ROM 3.1-99 (condiciones límite de operación de buques en muelles y pantalanés vs. tiempo medio aceptable de cierre de un área por condiciones climáticas adversas), y que además considera una obra económicamente asumible y técnicamente factible.

No obstante, con el objetivo de garantizar el éxito de la solución encontrada, se ha creído conveniente extender el estudio hacia el análisis de las características de movimiento del barco (ferry) amarrado en el muelle, con el objetivo de poder disgregar qué movimiento (dentro de los 6 grados de libertad) impera ante las diferentes familias de forzamientos identificadas (clima marítimo) y de esta forma poder compararlo con los límites recomendados por el PIANC (1995). Por lo tanto, se lleva a cabo un análisis comparativo de la respuesta del ferry entre la geometría actual y la geometría finalista propuesta, bajo la acción de aquellos oleajes de especial interés identificados.

Para ello se emplea el modelo numérico SHIP-MOORINGS (desarrollado por Alkyon-Arcadis), y pre-validado cualitativamente para este estudio con eventos de parada operativa identificados por la empresa TRAMA Ingenieros en marzo de 2017 (evidencias visuales de los movimientos, comentarios del operador con respecto a los movimientos experimentados, vídeos, etc.).

## **2. Metodología**

A lo largo del desarrollo del estudio se ha establecido una metodología innovadora capaz de relacionar los forzamientos con la respuesta del sistema barco – atraque y amarre – estructura. Esta metodología distingue dos fases: una primera fase donde se obtiene la respuesta de agitación de la dársena frente a los forzamientos (viento y oleaje) y una segunda fase donde se simula la respuesta dinámica del barco atracado, haciendo uso de herramientas de última generación.

Para la primera fase de propagación y agitación numérica del oleaje se emplea el modelo MSP v2.0 (desarrollado por IHCantabria), para la geometría actual y las geometrías propuestas (incluyendo la finalista identificada). Para la segunda fase, la simulación de la respuesta del barco y de los elementos de atraque y amarre se realiza mediante el modelo SHIP-MOORINGS (desarrollado por Alkyon-Arcadis) que resuelve en el dominio del tiempo las ecuaciones del movimiento del barco atracado para los seis grados de libertad (6DoF) y las fuerzas en las líneas de amarre y defensas. Para ello, se introducen los datos de agitación obtenidos en las propagaciones de la fase previa como forzamiento del sistema. Este modelo permite estudiar esta respuesta, tanto en términos de magnitud temporal como en el ámbito espectral.

El análisis histórico del clima marítimo portuario y respuesta del barco amarrado, se lleva a cabo siguiendo el método de regionalización híbrida de Camus et al. (2011), para poder evaluar de forma ágil la respuesta histórica de la agitación y los movimientos (6DoF) de la embarcación analizada (para cualquier configuración portuaria y sistema barco – amarre – muelle). De esta forma se logra relacionar cada movimiento con cada familia de oleajes incidentes y con la frecuencia de ocurrencia de cada una de ellas.

Esta importante información se somete a un análisis estadístico pormenorizado que, por un lado, permite identificar (o aislar) cada tipo de forzamiento que llega a inducir los mayores movimientos para cada zona de amarre/muelle/embarcación. Posteriormente se realiza una comparación con las recomendaciones (ROM y PIANC) y, en consecuencia, se propone una estrategia de diseño a medida de la respuesta del barco objeto de estudio.

Más allá del estudio en la dársena de África, se cree que esta metodología enriquece el estado del arte para poder llevar a cabo cualquier diagnóstico de parada operativa en cualquier puerto y para cualquier sistema barco – amarre – muelle, ya que permite desagregar todas y cada una de las variables de forzamiento y respuesta del barco en relación con la parada operativa. Por tanto va más allá de una fría comparación de umbrales y recomendaciones para variables sin aparente concomitancia. Esto se traduce en un mejor conocimiento del problema y por lo tanto, en una óptima propuesta de soluciones, de cara a la reducción de la agitación, aumento de la eficiencia económica en el diseño y maximización de la operatividad (a través del análisis de los sistemas de defensas, tipologías de líneas de amarre, configuración de muelles y tipologías, etc.).

Finalmente, la metodología permite ser empleada (extrapolada) fácilmente y de forma directa, como un servicio climático de predicción (forecast) de la respuesta del barco amarrado.

## **3. Agradecimientos**

Los autores desean agradecer a Salvador Capella, Director de la Autoridad Portuaria de Las Palmas por el apoyo y toda la información proporcionada (batimetría, configuraciones geométricas y tipologías de sección de las estructuras portuarias) y por su seguimiento continuo durante el estudio técnico en el que se basa este artículo; a la empresa Trama Ingenieros por su colaboración en la elaboración de dicho estudio técnico; y a la empresa Arcadis por la licencia aportada y el apoyo mostrado.

## **4. Referencias**

Camus, P.; Méndez, F.J.; Medina, R.(2011) *A hybrid efficient method to downscale wave climate to coastal areas*. Coastal Engineering, 58, 851-862.

PIANC (1995). Permanent International Association of Navigation Congresses. *Criteria for movements of moored ships in harbours, a practical guide*. Supplement to bulletin No. 88. Report of Working Group no. 24.

Recomendaciones de Obras Marítimas, Programa ROM. *Documento 3.1-99. Proyecto de la Configuración de los puertos; Canales de acceso y áreas de flotación*. Puertos del Estado.