

## Metodología para la optimización de la maniobra de fondeo de cajones en infraestructuras marítimas

Meneses, Lucía; de los Dolores, Daniel<sup>a</sup>; Sarmiento, Javier<sup>a</sup>; Blanco, David<sup>a</sup>; Guanche, Raúl<sup>a</sup>; Losada, Íñigo J.<sup>a</sup>; Rodríguez de Segovia, María F.<sup>b</sup>; Ruiz, Manuel J.<sup>b</sup>; Martín, Miguel Ángel<sup>b</sup>; Conde, María José<sup>b</sup> y Esteban, Francisco<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. [menesesl@unican.es](mailto:menesesl@unican.es), <sup>b</sup>FCC Construcción, Departamento de Obras Hidráulicas y Marítimas, Área de Infraestructuras. Avda. de Camino de Santiago, 40, 28050, Madrid, España. [mfrodriguez@fcc.es](mailto:mfrodriguez@fcc.es)

### 1.1. Resumen

*En los últimos años del siglo XX, se ha generalizado el uso de cajones flotantes en infraestructuras portuarias: muelles y otras estructuras de atraque, diques de abrigo verticales y diques especiales tipo flotante. Sin embargo, a pesar del uso extensivo de cajones flotantes como tecnología constructiva para obras de abrigo, a día de hoy existen numerosos condicionantes y limitaciones en el proceso de diseño y constructivo de este tipo de infraestructuras, fundamentalmente derivados del proceso de fondeo de los cajones flotantes.*

*El trabajo que se presenta en este documento es proceso del análisis del comportamiento de un cajón flotante, para el cual se ha integrado el conocimiento y la experiencia adquirida en el campo y los modelos numéricos avanzados para simulación la del comportamiento flotante de cajones durante todo el proceso constructivo, calibrados y validados con una combinación de datos de laboratorio y campo únicos en su género, con el objetivo de desarrollar una metodología integrada y las herramientas necesarias para apoyar todo el ciclo de vida de la construcción de diques verticales mediante cajones prefabricados.*

**Palabras clave:** *Cajones Flotantes, Diques Verticales, Construcción, Modelado Físico, Modelado Numérico, Campaña de Campo, Metodología, Optimización.*

## 1. Introducción

Los cajones flotantes constituyen estructuras de grandes dimensiones que por su sección transversal aligerada – multicelular – pueden flotar una vez terminadas. Eso les confiere una gran versatilidad en cuanto a construcción (mediante hormigonado deslizante), transporte flotando y colocación en la obra portuaria, ya sea para muelles, diques u otros. Las infraestructuras típicas que emplean este tipo de cajones son los muelles y otras estructuras de atraque, los diques de abrigo verticales y los diques especiales tipo flotante. Este tipo de estructura flotante es una tipología ampliamente empleada en la construcción de diques en los puertos españoles. Son, sin duda, las mayores piezas prefabricadas de hormigón, con moles que pueden llegar a más de 10.000 m<sup>3</sup> de hormigón.

Sin embargo, hoy en día, el diseño de este tipo de estructuras presenta una serie de condicionantes o limitaciones relacionadas con la estabilidad hidrostática durante las maniobras de transporte y fondeo. Además, la información relativa al transporte y fondeo de cajones en condiciones reales es limitada. No se disponen de protocolos, lo que dificulta la generalización del diseño del transporte y fondeo. Además, no existen herramientas específicas que permitan estudiar con detalle el comportamiento de los cajones en flotación.

Es por ello que este trabajo tiene por objetivo el diseño y desarrollo de una metodología integrada y las herramientas necesarias para el apoyo al transporte y fondeo de cajones flotantes. Esta metodología permitirá la reducción de riesgos en las maniobras, aumentando la seguridad de las mismas y reduciendo los costes.

El resultado de este trabajo ha concluido con una serie de herramientas contrastadas que permitirán la simulación de distintos escenarios y la consiguiente reducción de riesgos y costes de una obra de abrigo mediante cajones verticales.

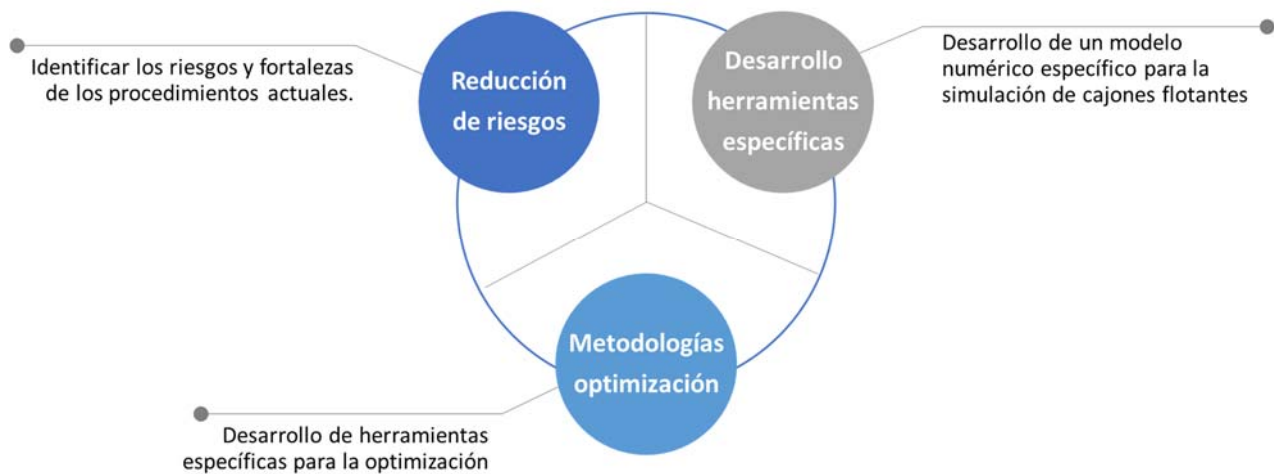


Fig. 1. Objetivos principales del trabajo expuesto.

## 2. Metodología

La metodología desarrollada en el presente trabajo constituye una metodología integrada que engloba las diferentes etapas que atraviesa un cajón flotante durante el proceso constructivo de infraestructuras marítimas, con el objetivo de optimizar el diseño de las maniobras y las estrategias de fondeo, reduciendo así los riesgos y costes de una obra de abrigo construida con cajones verticales.



Fig. 2. Metodología integrada. Estudio integral del problema.

En los siguientes sub-apartados se describe cada una de las etapas de la metodología desarrollada.

### 2.1. Campaña de campo: Monitorización

En primer lugar, y tras la revisión e identificación de los principales riesgos y fortalezas de las maniobras de fondeo de cajones, se diseñó y realizó una intensa campaña de campo con el objetivo de profundizar en el conocimiento del comportamiento de los cajones durante las maniobras de transporte y fondeo.

Para la correcta consecución de los objetivos de la campaña, se diseñó y desarrolló un sistema de monitorización capaz de registrar movimientos, velocidades y aceleraciones en el cajón y tiros en los cabos y cables de apoyo al fondeo.

Los resultados de la campaña de campo han permitido la calibración y validación de los modelos numéricos desarrollados.

#### 2.1.1. Diseño y desarrollo del sistema de monitorización

El sistema de monitorización diseñado y desarrollado es capaz de monitorizar el comportamiento de un cajón durante la fase de transporte desde el emplazamiento donde se construyó hasta el emplazamiento definitivo y su posterior fondeo del mismo. Siendo las variables monitorizables las que se exponen a continuación:

- Posición, velocidad y aceleraciones del cajón.

- Giros e inclinaciones del cajón.
- Esfuerzos en cabos, cables y amarras del cajón.
- Variables medioambientales: Viento<sup>1</sup>.

La Fig. 3 muestra un esquema simplificado de los principales equipos que integran el sistema de medidas a instalar sobre el cajón.

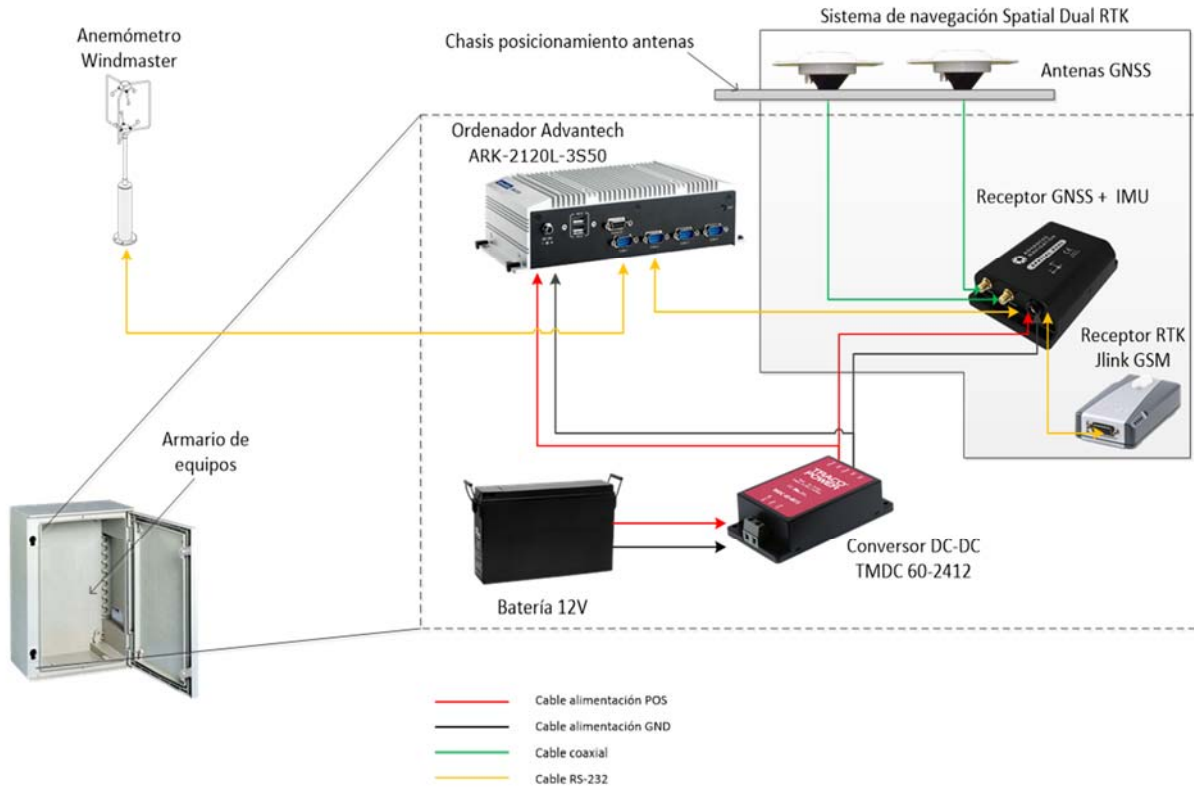


Fig. 3. Principales componentes del sistema de monitorización.

Con el fin de alcanzar el diseño óptimo del sistema de medidas, ha sido necesario el estudio de la tecnología existente en cuanto a sistemas GPS de posicionamiento global, sistemas de adquisición de datos, sistemas de conexión inalámbrica, etc.

Sobre el cajón se posicionarán los equipos (ver Fig. 4) encargados de caracterizar los movimientos del mismo y el anemómetro. Por otra parte, en las líneas de fondeo, se instalará un grillete instrumentado (ver Fig. 5), que será el elemento de unión entre la cadena del ancla y el cable del cabrestante. Cada grillete funcionará de forma autónoma, almacenando los datos de forma local y que después tendrán que ser volcados a un ordenador.

La Fig. 6 muestra una vista interior y exterior del armario instalado.

<sup>1</sup> Las variables meteoceánicas de oleaje y nivel de marea han sido integradas a partir de los registros de la red de boyas y mareógrafos de Puertos del Estado.

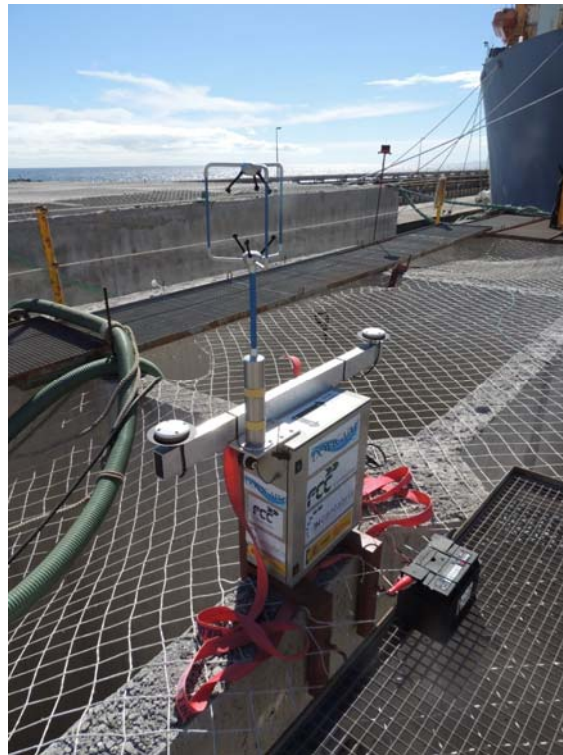


Fig. 4. Armario instalado para la monitorización.



Fig. 5. Grillete monitorizado instalado en las líneas de amarre al cajón anterior.

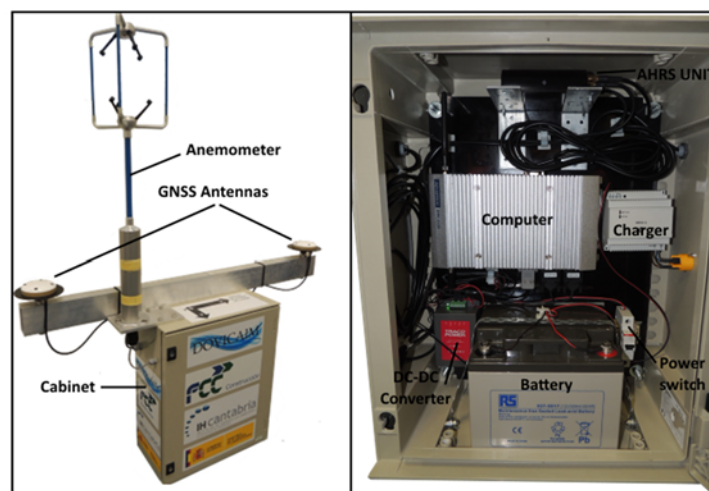


Fig. 6. Vista interior y exterior del armario.

### 2.1.2. Campaña de campo

La maniobra de campo a monitorizar comienza tras la fabricación del cajón y su botadura, con el transporte del cajón hasta su posición de pre-fondeo o acopio, posterior reflote y remolque hasta la ubicación o emplazamiento final del cajón. Por último, se realiza un pre-posicionamiento preciso y hundimiento definitivo.

Las monitozaciones se llevaron a cabo durante la construcción del Puerto de Granadilla (Tenerife) durante las campañas de 2015 y 2016.

### 2.1.3. Resultados de la campaña

A continuación, se muestran algunos de los parámetros monitorizados durante el transporte y fondeo de los cajones.

La maniobra de remolque del cajón se iniciaba en el puerto de Santa Cruz y finalizaba al llegar a las inmediaciones de las obras del Puerto de Granadilla.

La Fig. 8 muestra la ruta seguida por el cajón durante su transporte y la distribución de velocidades registrada.



Fig. 7. Cajón remolcado a la salida del Puerto de Granadilla

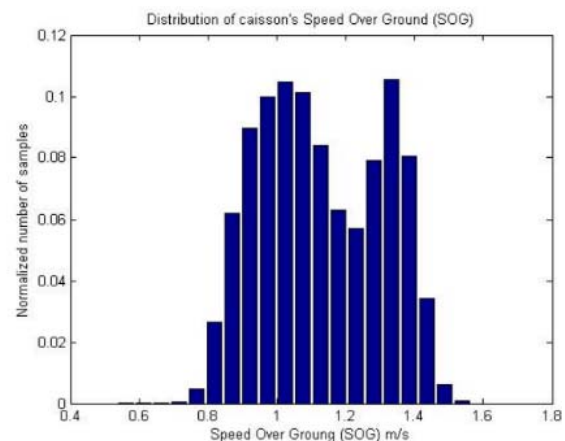


Fig. 8. Ruta seguida por el cajón (izquierda) y distribución de velocidades registradas (derecha).

Durante las maniobras se registraron los 6 grados de libertad del cajón y las tensiones en 4 de las líneas amarre dispuestas para el fondeo. La Fig. 9 muestra algunos de los resultados obtenidos.

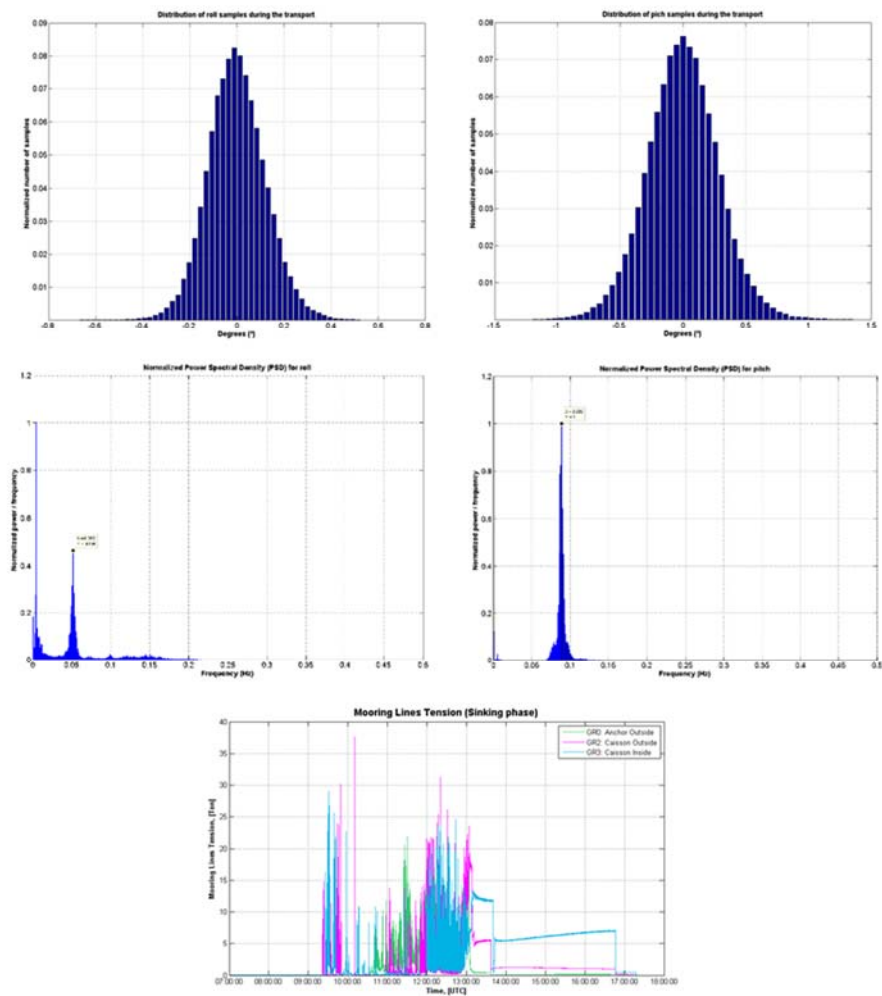


Fig. 9. Distribución de roll y pitch durante el transporte (superior). Espectro de movimientos para roll y pitch durante el transporte (centro). Registro de tensiones durante un fondeo (inferior)

## 2.2. Ensayos de laboratorio a gran escala

Para la correcta consecución de los objetivos, se desarrolló una extensa campaña de laboratorio (más de 100 ensayos) a gran escala (1:12), la cual ha permitido profundizar en el conocimiento del comportamiento en la mar de un cajón flotante a lo largo de su ciclo de vida, teniendo como objetivo general la caracterización de los fenómenos hidrodinámicos más relevantes que se producen durante las fases de acopio y fondeo de cajones para la construcción de diques verticales.

Durante la campaña de ensayos se alcanzaron los siguientes objetivos: (1) Recreación de las estrategias de fondeo y acopio de cajones flotantes, (2) Análisis del comportamiento de los cajones flotantes e (3) Identificación de los umbrales de operación.

La campaña de ensayos se llevó a cabo en el Cantabria Coastal and Ocean Basin (CCOB). El CCOB se encuentra ubicado en el laboratorio de Ingeniería Hidráulica, de Costas y Offshore del Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, España. El CCOB tiene una longitud de 30 metros, 44 metros de ancho y una profundidad variable de 0.2 metros hasta los 3.2 metros, lo que le hace único para desarrollar una campaña tan singular como la presente.

La *Tabla 1* muestra las variables monitorizadas durante la campaña de ensayos.

Variables monitorizadas durante la campaña de ensayos
Superficie Libre. Sensores capacitivos.
6 Grados de Libertad. QUALYSIS
Tensiones en las líneas de fondeo y amarre. Células sumergibles S-Beam.
Sistema de cámaras de video.

Tabla 1. Variables monitorizadas durante la campaña de ensayos.

De forma global, el plan de ensayos propuesto y ejecutado, se puede dividir en dos grandes grupos de ensayos:

[1]. Ensayos de Caracterización del Modelo. Ensayos Sin Oleaje

- Ensayos de Amortiguación con Sistema de Fondeo (Decay Tests).

[2]. Ensayos con Oleaje.

- Calibración del Oleaje.
- Ensayos con Modelo.

Por otro lado, de manera complementaria y con el objetivo de cumplir y alcanzar la altura de ola objetivo, se ha llevado a cabo una calibración previa de los oleajes a realizar en la presente campaña de ensayos.

Tolos los oleajes incidentes generados durante toda la campaña de ensayos fueron evaluados empleando un set de sensores de superficie libre, convenientemente dispuesto para la descomposición del oleaje total en oleaje incidente y reflejado/radiado, mediante las técnicas de Mansard y Funke (Mansard & Funke, 1980).

2.2.1. Ensayos con oleaje

Los ensayos con oleaje regular e irregular sirven para comprobar el comportamiento global del cuerpo. Las series temporales de movimientos, aceleraciones y tensiones han sido registradas durante todos los ensayos llevados a cabo.

Los ensayos con oleaje, han sido clasificados en diferentes configuraciones en función del proceso a reproducir.

- Configuración 1: Ensayos para la caracterización hidrodinámica del cajón.
- Configuración 2: Ensayos para la determinación del comportamiento del cajón flotante durante su hundimiento y determinación de los umbrales de operación
- Configuración 3: Ensayos para la determinación del comportamiento del cajón flotante en la fase de acopio.

Previamente a la ejecución de los ensayos con modelo, se han llevado a cabo una serie de ensayos de calibración del oleaje para garantizar que el estado de mar incidente que llega al modelo, es el estado de mar objetivo seleccionado previamente. Los ensayos de calibración tienen por objetivo garantizar que la altura de ola que llega al modelo se corresponda con la altura de ola objetivo seleccionada inicialmente.

La *Tabla 2* muestra todos los datos analizados durante los ensayos con oleaje, el lugar donde se han medido cada variable analizada y los análisis llevados a cabo para cada una de las series temporales registradas durante la campaña de laboratorio.

Ensayos con OLEAJE				
Datos Analizados		Punto de Análisis	Salida de Datos	
Comportamiento de la Estructura	Movimientos	Centro de Gravedad de la estructura para la configuración ensayada	Análisis Estadístico y Espectral	Gráficas y Figuras
	Aceleraciones	Centro de Gravedad de la estructura para la configuración ensayada	Análisis Estadístico y Espectral	Gráficas y Figuras
	Tensiones Sistema de Fondeo	En los puntos de anclaje de las líneas de fondeo.	Análisis Estadístico y Espectral	Gráficas y Figuras
Control de Oleaje generado	Superficie libre	Análisis incidente - reflejada, control del oleaje generado, array 1 y array 2	Análisis Estadístico y Espectral	Gráficas y Figuras

Tabla 2. Datos Analizados: Ensayos con Oleaje.

*Configuración 1. Ensayos para la caracterización hidrodinámica del cajón*

Los ensayos englobados dentro de la Configuración 1 (ver *Fig. 10*), corresponden al estudio del comportamiento hidrodinámico del cajón cuando este se encuentra sometido a la acción del oleaje. En este grupo se engloban tanto ensayos

de oleajes regulares como irregulares. Durante la Configuración 1, se ha estudiado el comportamiento del cajón para tres condiciones de carga diferentes o calados: 18 metros, 20 metros y 22 metros. En total se realizaron más de 80 ensayos.



Fig. 10. Instantánea tomada durante la Configuración 1.

### Configuración 2. Hundimiento del cajón

Los ensayos englobados dentro de la Configuración 2 son aquellos cuyo objetivo es la evaluación y el estudio del comportamiento del cajón durante la maniobra de fondeo.

Esta configuración se ha realizado en 2 etapas. En primer lugar se realizaron una serie de entrenamientos con distintos oleajes y sistema de control, en condiciones de cajón exento. Una vez comprobado, y calibrado el control de los cabrestantes se procedió a la determinación del umbral de la maniobra de fondeo en condiciones reales (hundimiento en frente de avance).

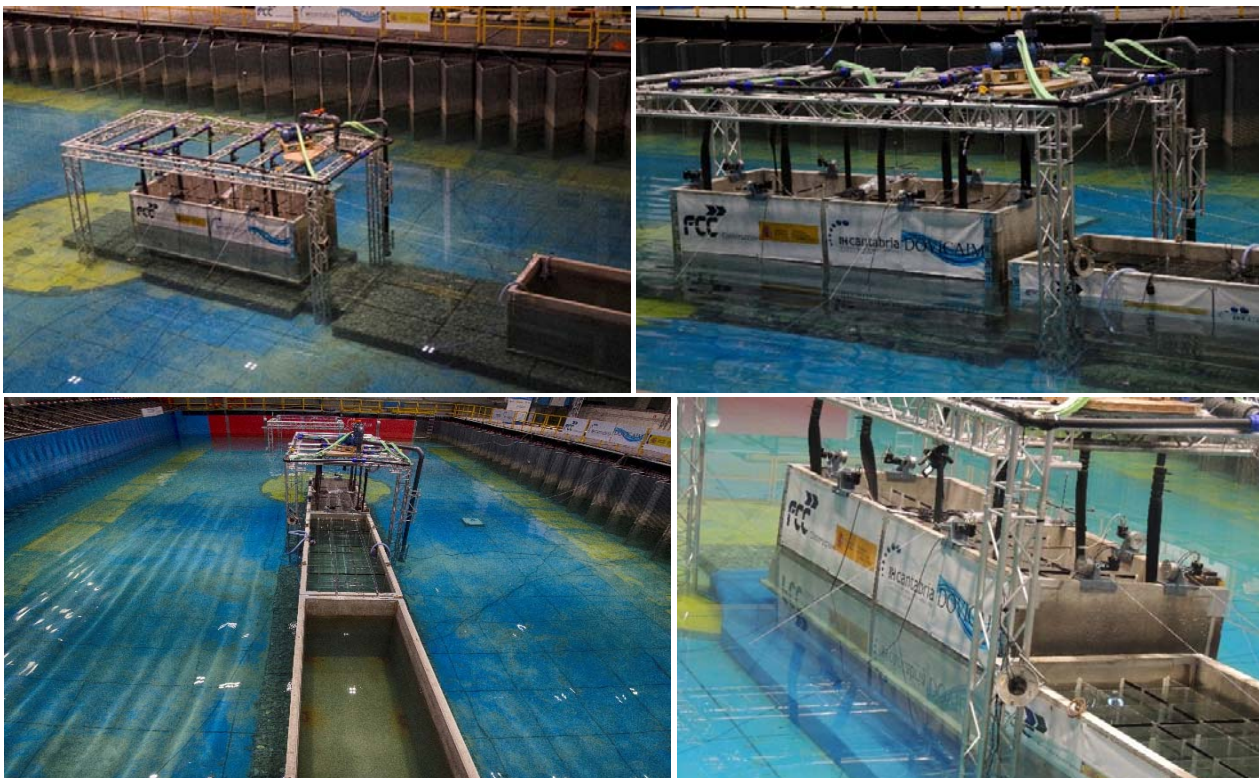


Fig. 11. Fotografías de los ensayos de la Configuración 2.

Durante la campaña de ensayos se llevó a cabo el diseño de la estrategia de control y el desarrollo del mismo para fondeo automático de los cajones a escala empleados en los ensayos en laboratorio.

El principal objetivo que se establece para el sistema de control es ser capaz de realizar la aproximación del cajón a su posición final de fondeo y mantenerlo en esa misma posición mientras se hunde hasta que finalmente quede posado en la banqueta.



Meneses, Lucía; de los Dolores, Daniel; Sarmiento, Javier; Blanco, David; Guanche, Raúl; Losada, Íñigo J.; Rodríguez de Segovia, María F.; Ruiz, Manuel J.; Martín, Miguel Ángel; Conde, María José y Esteban, Francisco.

Las líneas empleadas en la maniobra de hundimiento han sido controladas por 8 motores eléctricos que simulan los cabrestantes utilizados en campo y un sistema de bombeo que introduce agua en las celdas del cajón para producir el hundimiento del mismo.

El sistema de control del posicionamiento ha sido diseñado en conjunto por el IHCantabria y el Departamento de Tecnología Electrónica, Ingeniería de Sistemas y Automática de la Universidad de Cantabria.

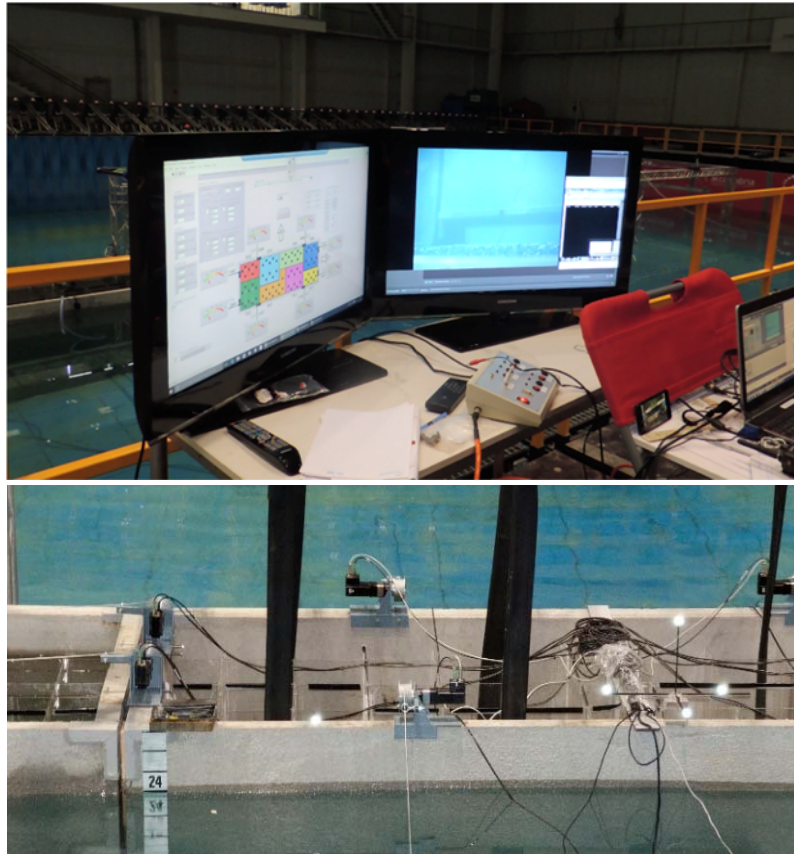


Fig. 12. Sistema de control para el posicionamiento y hundimiento automático del cajón.

### Configuración 3. Fase de acopio.

Los ensayos englobados dentro de la Configuración 3 tienen por objetivo la evaluación y el estudio del comportamiento del cajón durante su acopio abarloado a dique.

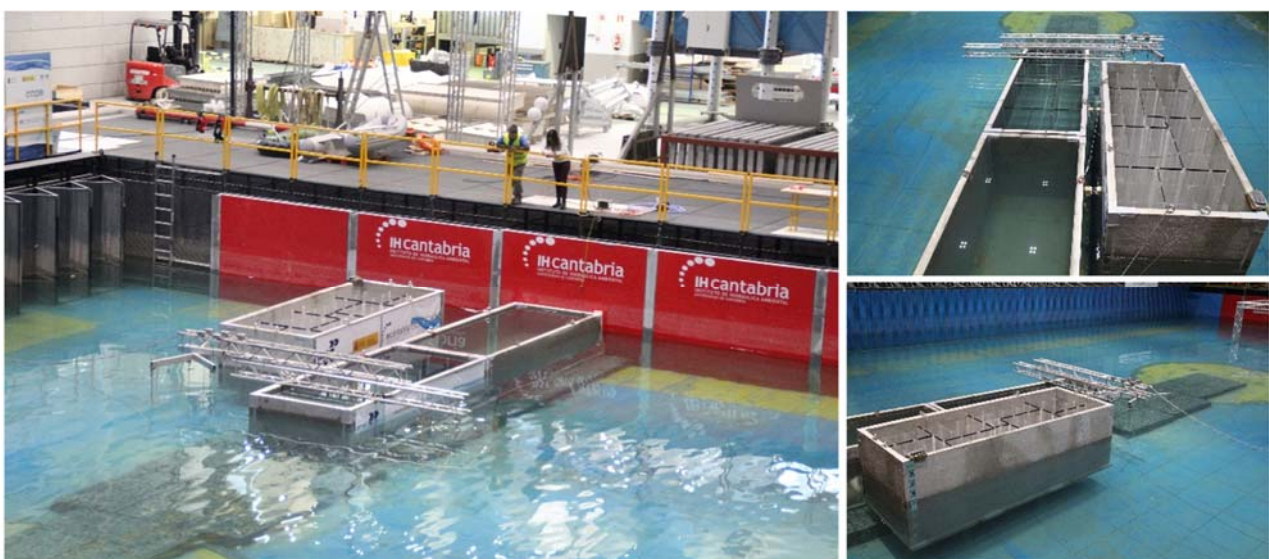


Fig. 13. Fotografía de los ensayos de la Configuración 3.

### 2.3 Modelado numérico

La herramienta numérica desarrollada integra un modelo hidrodinámico y un modelo de amarres en un mismo sistema que proporciona información tanto del movimiento del cuerpo flotante como del comportamiento del sistema de fondeo simultáneamente en el dominio del tiempo.

El modelo hidrodinámico está basado en el modelo open-source NEMOH (Babarit & G. Delhommeau, 2015). Por otra parte, el modelo dinámico de amarres “ad hoc” basado en (Armesto J. A., 2016), resuelve la ecuación de la catenaria en el tiempo, obteniendo los movimientos y tensiones de la línea.

El modelo numérico resuelve la ecuación integro-diferencial (Cummins, 1962), que expresa el movimiento en el dominio del tiempo de un cuerpo flotante sometido a las fuerzas actuantes sobre él:

$$\begin{aligned} (M + A_{\infty})\ddot{z}(t) + \int_0^{\infty} K(t - \tau)\dot{z}(\tau)d\tau + Gz(t) \\ = F_{exc}(t) + F_{currents}(t) + F_{wind}(t) + F_{moor}(t) + F_{fenders}(t) \\ + F_{fricc}(t) \end{aligned} \quad (1)$$

En este trabajo se ha optado por la resolución directa de la integral de convolución truncando la integral infinita a un valor lo suficientemente grande ( $t^*$ ), despreciando así la influencia de la integral de convolución para valores de  $t > t^*$ , lo que reduce notablemente el tiempo de computación (Armesto J. A., 2015).

#### 2.3.1. Acople a un modelo de agitación portuaria

En este trabajo, con el objetivo de obtener una herramienta numérica avanzada, se ha acoplado el modelo de propagación y agitación portuaria bidimensional IH-BOUSS (Diaz-Hernandez, 2015) al modelo de flotantes previamente desarrollado.

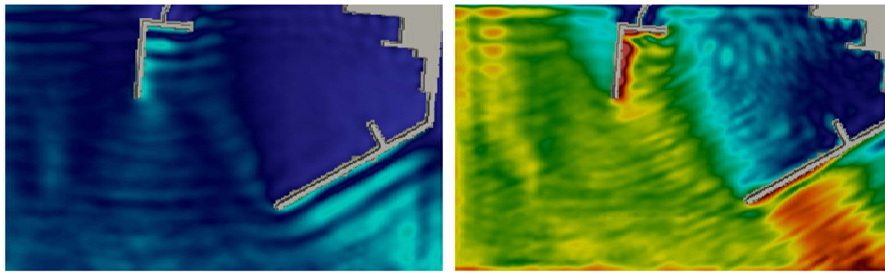


Fig. 14. Modelado de la propagación y agitación portuaria.

#### 2.3.2. Calibración y validación del modelo numérico

En primer lugar el modelo hidrodinámico fue validado empleando el modelo MSP de IHCantabria. En segundo lugar se procedió a la verificación del modelo en el dominio del tiempo. Para ello se empleó el modelo comercial SESAM de DNV-GL. Los resultados del modelo numérico desarrollado, se compararon con los resultados obtenidos con SESAM para distintos oleajes regulares e irregulares.

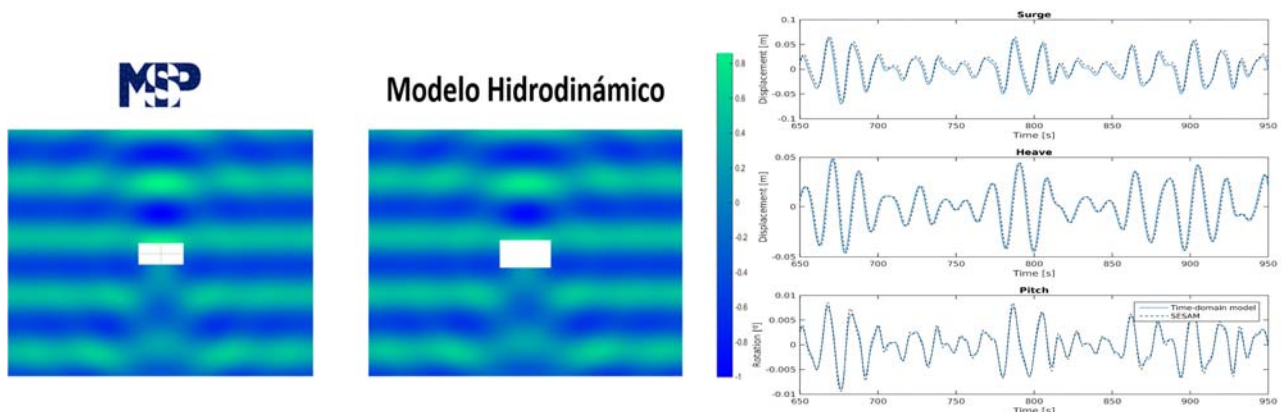


Fig. 15. Verificación de la superficie libre (izquierda). Verificación del modelo en el dominio del tiempo (derecha).

Finalmente el modelo numérico avanzado se calibró con los resultados obtenidos de la campaña de laboratorio.

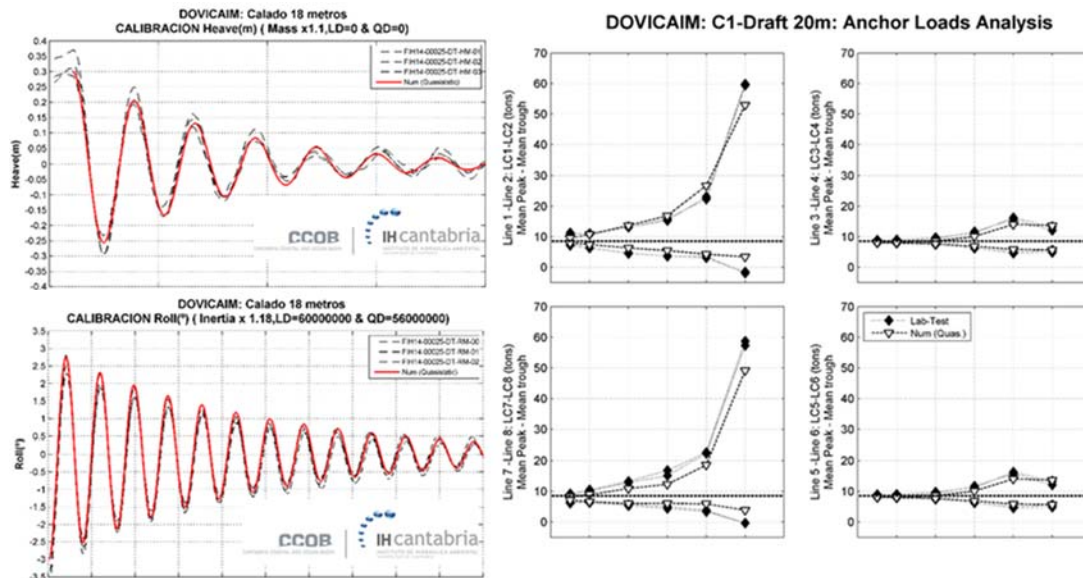


Fig. 16. Resultados de la calibración con los resultados de laboratorio

## 2.4 Herramientas para la optimización

A lo largo de este trabajo se han desarrollado las herramientas y metodologías necesarias para la optimización del diseño, maximización de la eficiencia y reducción de riesgos de infraestructuras marítimas a partir de cajones, basados en los más avanzados modelos numéricos, y en las que se ha integrado por primera vez la información relativa al clima local.

Las herramientas desarrolladas en el presente trabajo permitirán determinar los umbrales de operación de las distintas configuraciones a estudiar, conociendo los esfuerzos en las líneas de amarre, así como los movimientos esperados del cajón, en función de la altura, periodo y dirección del oleaje.

### 2.4.1. Metodología para la determinación de los umbrales de operación

La metodología aquí presentada parte del modelo numérico avanzado y de las bases de datos meteorológicas, y se organiza en 3 grandes bloques (ver

- Cálculo del comportamiento en la mar del cajón flotante.
- Propagación de las condiciones globales de oleaje para determinar las condiciones locales de oleaje en las inmediaciones del puerto.
- Análisis estadístico de los resultados obtenidos en los dos bloques anteriores.

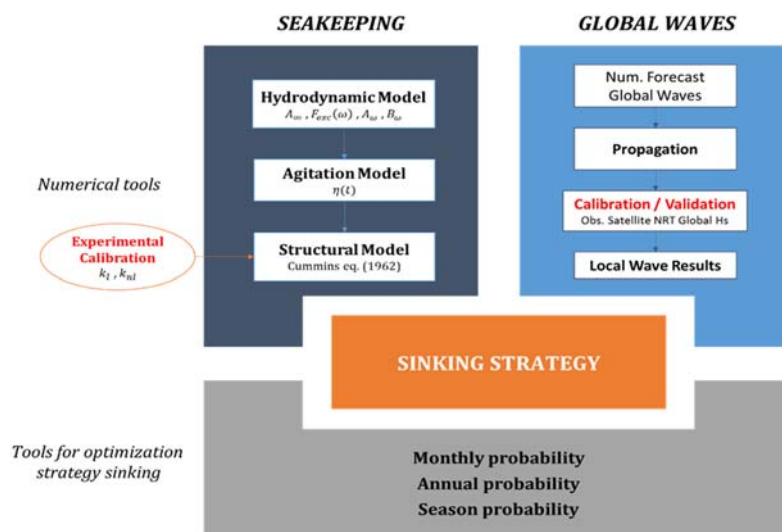


Fig. 17. Metodología de optimización de la estrategia de fondeo

La Fig. 18 muestra algunos de los outputs que ofrece la herramienta de optimización.

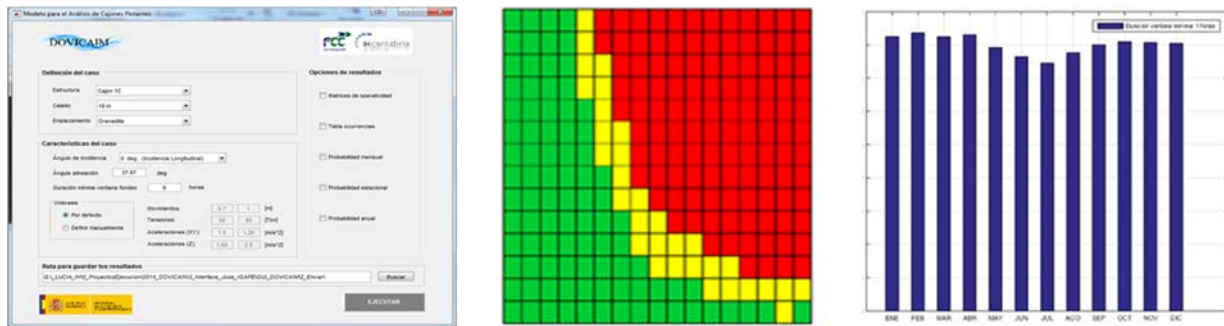


Fig. 18. Interfaz de la herramienta (izquierda). Matrices de operatividad (centro). Probabilidad mensual de producirse las condiciones meteorológicas requeridas para la maniobra (derecha).

Esta herramienta permitirá el correcto estudio de una obra, así como la disminución los riesgos que conlleva esta fase. Poder conocer los umbrales de operatividad de las maniobras a partir del clima marítimo de la zona, permitirá a FCC Co disminuir notablemente los riesgos y costes de sus ofertas.

### 3. Conclusiones

A continuación se resumen las principales conclusiones obtenidas de los trabajos recogidos en el presente artículo:

- Profundizado en el comportamiento de los cajones mediante monitorizaciones en campo y la campaña de laboratorio.
- Desarrollo de una extensa y singular campaña de laboratorio.
- Desarrollo de modelo avanzado para cajones flotantes, validado con datos de laboratorio y campo.
- Desarrollo de una herramienta para la optimización de la estrategia de fondeo de cajones. Integración de acciones climáticas a escala global (IHDATA de IHCantabria).

Con todo ello, FCC Co, dispone de una metodología “ad hoc”, que le permitirá la planificación y optimización del transporte y fondeo de cajones, reduciendo los riesgos y costes de sus ofertas.

### Agradecimientos

Todos los trabajos aquí expuestos forman parte del proyecto DOVICAIM.

Los autores agradecen el soporte y la financiación del proyecto DOVICAIM. Proyecto del Programa estatal de Investigación, Desarrollo e Innovación Orientada a los Retos de la Sociedad 2014 (RTC-2014-3077-4). Los autores agradecen también a todo el equipo de la UTE Puerto de Granadilla por su colaboración activa durante las campañas de campo.

### Referencias

Armesto, J. A. (2015). Comparative analysis of the methods to compute the radiation term in Cummins' equation. *Journal of Ocean Engineering and Marine Energy*.

Armesto, J. A. (2016). Numerical and experimental study of a multi-use platform. *Proc. 35th Int. Conf. on Ocean and Artic Engineering*. Busan, South Korea.

Babarit, A., & G. Delhommeau, G. (2015). Theoretical and numerical aspects of the open source BEM solver NEMOH. *Proceedings of the 11th European Wave and Tidal Energy Conference*. Nantes, France.

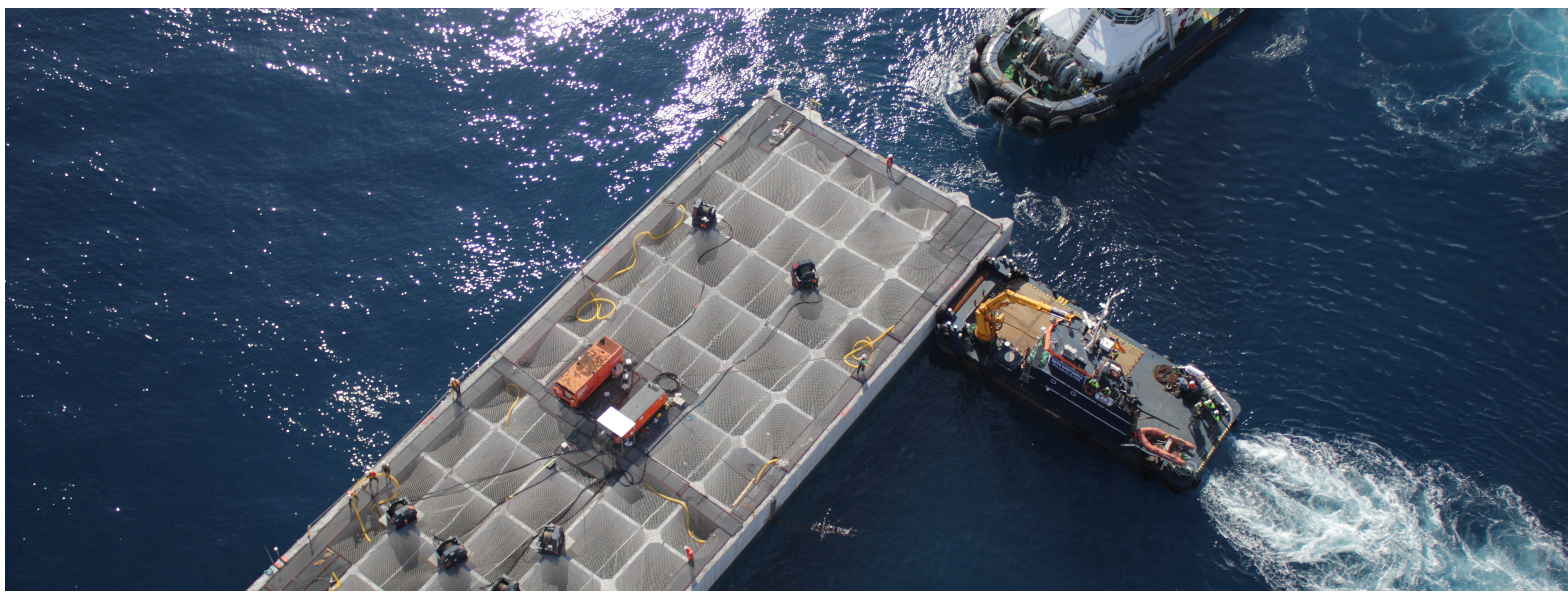
Cummins, W. E. (1962). The impulse response function and ship motions. *Schiffstechnik* 9, 101-109.

Diaz-Hernandez, G. M. (2015). A nearshore long-term infragravity wave analysis for open harbours. *Coast. Eng.*, 97, 78-90.

Mansard, E., & Funke, E. (1980). The measurement of incident and reflected spectra using least squares method. *Proceedings of Seventeenth Coastal Engineering Conference, Sydney, Australia*, 154-172.

# METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DEL CICLO DE VIDA DE CAJONES EN INFRAESTRUCTURAS MARÍTIMAS

Lucía Meneses ([menesesl@unican.es](mailto:menesesl@unican.es)), Javier Sarmiento, Daniel de los Dolores, David Blanco, Raúl Guanche, Íñigo J. Losada  
 Instituto de Hidráulica Ambiental, IH Cantabria, Universidad de Cantabria  
 María F. Rodríguez de Segovia, Manuel J. Ruiz, Miguel A. Martín, María J. Conde, Francisco Esteban  
 FCC Construcción S.A.



## Proyecto DOVICAIM

DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA INTEGRADA Y LAS HERRAMIENTAS NECESARIAS PARA EL APOYO AL TRANSPORTE Y FONDEO DE CAJONES FLOTANTES

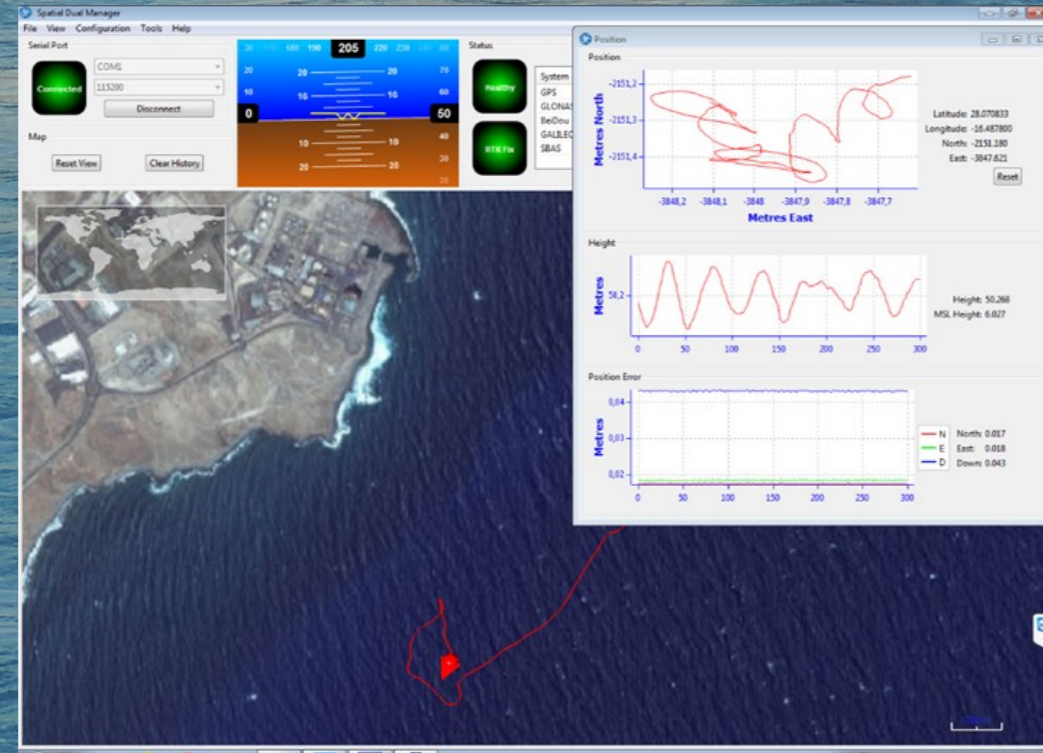


### MONITORIZACIÓN EN TIEMPO REAL

OBRAS PUERTO GRANADILLA



TIROS EN LÍNEAS DE AMARRE Y FONDEO



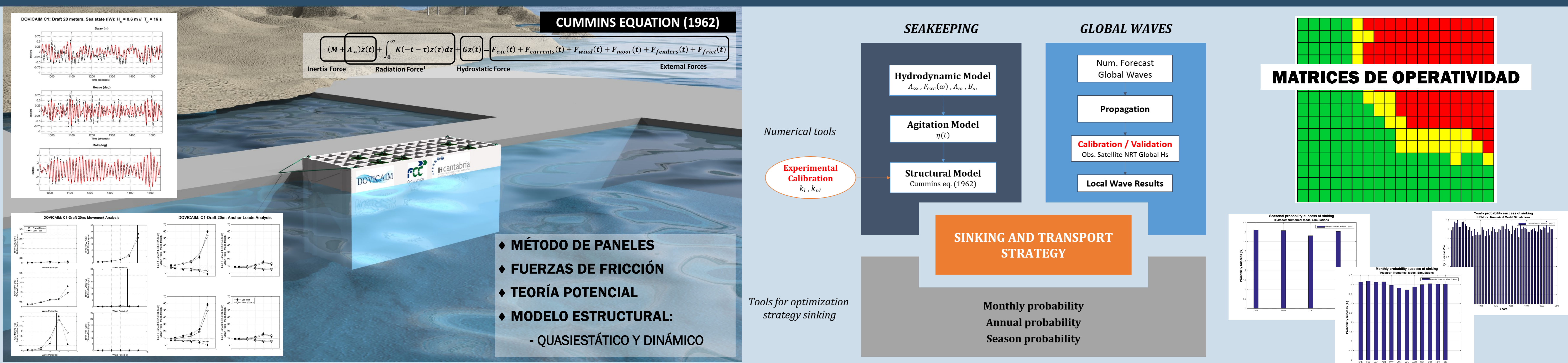
ARMARIO MONITORIZACIÓN

### ENSAYOS DE LABORATORIO



- ◆ ESCALA 1:12
- ◆ MÁS DE 120 ENSAYOS
- \* CAJÓN AISLADO
- \* HUNDIMIENTO
- \* ACOPIO
- ◆ POSICIONAMIENTO DINÁMICO

### DESARROLLO DE MODELOS NUMÉRICOS AVANZADOS Y HERRAMIENTAS OPTIMIZACIÓN



- ◆ Know-how de alto valor sobre las operaciones de transporte y fondeo.
- ◆ Reducción de riesgos, aumento de la seguridad, y maximización de la eficiencia del transporte y fondeo.
- ◆ Transferencia tecnológica al sector: herramientas para la optimización y planificación.
- ◆ Diferenciación de los socios en sus mercados.



Proyecto RETOS COLABORACIÓN: 2014 – 2017  
 Presupuesto: 1.5M€  
 Participantes: FCC Construcción (Líder) e IH Cantabria