

FLOATING- CONCRETE

Nuevas metodologías y diseños para la fabricación de rompeolas flotantes de hormigón.



UNIÓN EUROPEA

FONDO EUROPEO DE
DESENVOLVEMENTO
REGIONAL
"Unha maneira de facer Europa"



XUNTA
DE GALICIA



1. PRESENTACIÓN DE LAS EMPRESAS



AQ es una empresa de Ingeniería, con gran experiencia en los campos marítimo y portuario. Está especializada en modelos numéricos hidrodinámicos e Interacción flujo-estructura.



RQM es una empresa de fabricación de pantalanés flotantes y construcción de instalaciones de atraque y marinas.



ADHOC es una empresa enfocada a la construcción de elementos prefabricados de hormigón.



OBJETIVOS GENERALES CIENTÍFICO-TECNOLÓGICOS PROYECTO

En este contexto, los **objetivos generales** del proyecto son:

- Mejorar y desarrollar todo el sistema que conforma un rompeolas flotante (módulo de rompeolas – uniones – sistema de fondeo), de tal forma que permita al consorcio AQUATICA- RONAUTICA MARINAS-ADHOC poseer un producto con una justificación técnica completa y detallada, que no posee el resto de competidores.
- Disponer de una **herramienta numérica** fiable para el dimensionado funcional y estructural de todas las partes que forman los sistemas de rompeolas flotantes. Esta herramienta supondría una clara innovación al no existir en el mercado y se contará con la ayuda del Instituto de Hidráulica de Cantabria para su puesta en marcha.
- Realización de ensayos de laboratorio que acrediten la gama de productos diseñados. Estos ensayos respaldarán el diseño y acreditarán el grado de amortiguamiento del producto diseñado por el consorcio AQUATICA- RONAUTICA MARINAS-ADHOC para cada una de las geometrías diseñadas, para cada tipo de oleaje y en función asimismo de la tipología de fondeo y de las uniones utilizadas. Este requisito es fundamental para la concurrencia a concursos internacionales.
- Mejora en los elementos logísticos de la producción. Para ello, se desarrollará una gama de pantalanés de menor peso y tamaño contenerizables para mejorar el proceso logístico de exportación.
- **Optimizar en el diseño estructural del dique flotante**, conexiones entre módulos y elementos de cimentación. Se realizarán ensayos específicos, mediante convenio con el Grupo de Construcción de la Universidad de A Coruña sobre los materiales como neoprenos y neopreno reforzado, que componen las uniones. Estos ensayos serán de gran utilidad a la hora de la calibración del modelo numérico de esfuerzos.

Se analizará mediante los datos experimentales en modelo reducido la influencia del sistema de anclaje (cadenas, elastómeros, pilotes) en el comportamiento del dique flotante, y se completará el estudio con el análisis numérico a escala del modelo y de prototipo, con el fin de obtener un diseño más eficiente de los sistemas de anclaje, principal fuente de fallo en la actualidad.

Se realizará una labor de calibrado del modelado numérico IH_2WIRE para el cálculo de esfuerzos en las piezas de hormigón basado en el análisis dinámico, que permita posteriormente un diseño caso por caso y para cuya validación se utilizarán los datos obtenidos en laboratorio y, posteriormente, en prototipo.

Se realizará un desarrollo pionero de rompeolas pilotados trabajando en los diseños de la unión pilote-rompeolas.

- **Adquirir** un mejor **conocimiento del comportamiento de los rompeolas flotantes de hormigón** para rellenar un vacío en el conocimiento en el estado de arte actual.

Para conocer y entender los procesos involucrados en el comportamiento hidrodinámico y estructural de los diques flotantes de hormigón, se realizarán ensayos en modelo físico de módulos de rompeolas en el Centro de I+D CITEEC de la Universidade da Coruña, y mediante modelado numérico con distintas herramientas numéricas.

Se completará el conocimiento del comportamiento de la estructura mediante la instrumentación de los prototipos que salgan del proyecto. En esta fase se medirá en campo la capacidad de atenuación del oleaje de los rompeolas y los esfuerzos sufridos en las uniones y líneas de fondeo.

- **Mejorar el diseño funcional de la estructura tipo dique flotante.** Con los resultados obtenidos con los modelos físicos y los modelos numéricos se analizará la eficacia del rompeolas flotante (transmisión y reflexión de oleaje) en función de los principales parámetros que intervienen (oleaje, ancho, calado, etc.) para optimizar su geometría y su coste.

Se estudiarán asimismo nuevas relaciones geométricas (ancho / puntal) con el objetivo de aumentar el ámbito de aplicabilidad de este tipo de estructuras, que se analizarán experimentalmente en modelo reducido y se completará el estudio con el análisis con modelo numérico.

- Desarrollar las **especificaciones constructivas** de las piezas de hormigón tanto en planta como para construcción in situ.

La construcción in situ de este tipo de piezas puede ser muy interesante desde el punto de vista económico ya que, en lugares alejados de las plantas de producción, el transporte puede suponer el 30% del coste del producto. Por ello, para la construcción in situ se buscarán técnicas que utilicen materiales diferentes al hormigón fluidificado y del acero galvanizado para la construcción del módulo, pues puede ser difícil de conseguir en determinados países de destino.

Adicionalmente se desarrollarán las especificaciones de puesta en obra y control de calidad de los módulos que mejoren el acabado de las mismas (acabado con helicóptero) así como de las uniones y sistema de amarre.

- **Incorporación de nuevos materiales** en las piezas que mejoren su manejabilidad y su durabilidad. En este sentido se probarán: protección de la base del poliestireno expandido mediante pinturas con base en agua, utilización de aditivos para ralentizar la difusión de cloruros en el hormigón, por lo tanto, la corrosión de las armaduras; utilización de fibra de carbono en sustitución de las armaduras...

AVANCES DEL PROYECTO 2018

Los grados de consecución según las tareas han sido:

ACTIVIDAD 1. ENSAYOS DE LABORATORIO

- **Tarea 1.1: Definición de ensayos.** Realizado el 25%
El grado de avance se centra en las revisiones del estado del arte que el personal de Acuática Ingeniería y la empresa Iconcrete han realizado, junto con el análisis de las obras previstas para el año 2019 por parte de Ronautica Marinas para definir qué ensayos son más oportunos realizar considerando la producción que se llevará a cabo y cómo solapar los ensayos de laboratorio con la producción real.

ACTIVIDAD 3. FASE DE CONSTRUCCIÓN DE MOLDES

- **Tarea 3.1. Diseño y planos de los moldes para la construcción de los rompeolas.** Realizado el 50%
El diseño del segundo molde del rompeolas continuará una vez se cierre el diseño del segundo molde de pantalán y así poder incorporar las mejoras introducidas en el segundo molde.
- **Tarea 3.3. Diseño y planos de los moldes para la construcción de los pantalanes ligeros .**Realizado el 50%
Se ha diseñado y fabricado el primer molde de los dos previstos en el proyecto.
- **Tarea 3.4. Construcción de los moldes pantalanes ligeros .**Realizado el 50%.
Se realiza la construcción de 1 de los dos moldes previstos en el proyecto.

AVANCES DEL PROYECTO 2019

ACTIVIDAD 1. ENSAYOS DE LABORATORIO

En la actualidad los resultados obtenidos están permitiendo asegurar la bondad de las maquetas construidas a escala para asegurar la correcta ejecución de los ensayos. Por otro lado, estos datos son necesarios para calibrar correctamente el modelo numérico que se está desarrollando. Conforme se incremente el avance de los resultados de los ensayos será posible realizar un análisis de resultados más detallado.

- **Tarea 1.1. Definición de ensayos.** Realizado el 100 %
- **Tarea 1.2. Montaje de la dársena y calibración de los instrumentos.** Realizado el 100 %
- **Tarea 1.3. Realización de ensayos en el tanque de oleaje.** Realizado el 10 %
- **Tarea 1.4. Ensayos estructurales de las uniones.** Realizado el 75 %
- **Tarea 1.5. Análisis de resultados y conclusiones.** Realizado el 5 %

ACTIVIDAD 2. FASE DE MODELADO NUMÉRICO

Como avance de las conclusiones alcanzadas por el momento se pueden resumir en que se ha implementado un modelo numérico basado en teoría potencial. Se han llevado a cabo verificaciones/validaciones previas basada en modelos generalistas. El modelo está en disposición de representar el layout teórico de laboratorio para pruebas previas y en disposición de comenzar con la calibración/validación con datos de laboratorio.

- **Tarea 2.1. Preparación del dominio computacional.** Realizado el 100 %
- **Tarea 2.2. Análisis de sensibilidad de los principales parámetros.** Realizado el 75 %
- **Tarea 2.3. Modelado numérico 2D de los casos de laboratorio.** Realizado el 25 %
- **Tarea 2.7. Análisis de resultados y conclusiones.** Realizado el 10 %

ACTIVIDAD 3. FASE DE CONSTRUCCIÓN DE MOLDES

Se diseñan los rompeolas y pantalanos ligeros considerados en el proyecto y se definen todas las posibles configuraciones para su fabricación.

- **Tarea 3.1. Diseño y planos de los moldes para la construcción de los rompeolas.** Realizado el 100 %
- **Tarea 3.2. Construcción de los moldes- rompeolas.** Realizado el 100 %
- **Tarea 3.3. Diseño y planos de los moldes para la construcción de los pantalanos ligeros.** Realizado el 100 %
- **Tarea 3.4. Construcción de los moldes pantalanos ligeros.** Realizado el 100 %

ACTIVIDAD 4. FASE DE IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEJORAS EN PROCESO CONSTRUCTIVO Y CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPOS

Dentro de las mejoras en el proceso de producción se obtiene que las nuevas piezas ligeras ya se han diseñado para que puedan ser contenerizables. Construcción de una máquina de corte de porexpan, que ha reducido considerablemente los tiempos de preparado de estas piezas y, por lo tanto, los costes de producción. Prueba de diferentes tipos de acabado de la losa superior. Se ha trabajado en la búsqueda de diferentes soluciones a la protección (coating) inferior del poliestireno. Se incluyen dentro del diseño estándar de los pantalanes y rompeolas una solución que permite variar en francobordo en obra.

Fabricación de 3 rompeolas con diferentes tipos de acabados superficiales y losas inferiores, fondeados incluso en condiciones adversas. Se presentan planos con las diferentes configuraciones de fabricación.

El consorcio cuenta con un diseño de prototipo 2.0, sustituyendo los perfiles comerciales por otros hechos AdHoc a través de unas matrices específicas que pasarán a ser propiedad del Consorcio.

Se han construido diversos prototipos eliminando la estructura metálica y prototipos para la unión lateral en los pantalanes. En estos prototipos se implementaron dos tipos de acabado superior. Por último, también se crean prototipos con recintos de lastrado colocados en los extremos de las piezas.

- **Tarea 4.1. Implementación de las mejoras en proceso constructivo.** Realizado el 100 %
- **Tarea 4.2. Planos constructivos de las piezas y especificaciones técnicas.** Rompeolas Realizado el 100 %
- **Tarea 4.3. Construcción del prototipo. Rompeolas** Realizado el 100 %
- **Tarea 4.4. Puesta en obra. Rompeolas.** Realizado el 100 %
- **Tarea 4.5. Planos constructivos de las piezas y especificaciones técnicas.** Pantalanes. Realizado el 100 %
- **Tarea 4.6. Construcción de los prototipos. Pantalanes ligeros.** Realizado el 100 %
- **Tarea 4.7. Puesta en obra pantalanes ligeros.** Realizado el 100 %

ACTIVIDAD 5. FASE DE SEGUIMIENTO

La idea fundamental es la construcción de una caja con los compartimentos y dimensiones suficientes para introducir células de carga que puedan mediar las tracciones en los cables y las compresiones en los neoprenos, y que fuesen montables y desmontables.

- **Tarea 5.1. Diseño de la instrumentación del rompeolas** Realizado el 100 %

AVANCES DEL PROYECTO 2020

ACTIVIDAD 1. ENSAYOS DE LABORATORIO

Con las maquetas construidas para el proyecto se finalizan los ensayos de las uniones estructurales y en el tanque de oleaje. Con los resultados obtenidos se consigue analizar el talón de Aquiles de este tipo de estructuras y la durabilidad del elemento prefabricado. También se establecen las curvas de amortiguamiento de las distintas gamas del rompeolas, así como una comparativa del comportamiento con los distintos tipos de fondeo. La suma de todos estos parámetros son necesarios e imprescindibles para calibrar y/o validar el modelo numérico.

- **Tarea 1.3. Realización de ensayos en el tanque de oleaje.** Realizado el 100 %
- **Tarea 1.4. Ensayos estructurales de las uniones.** Realizado el 100 %
- **Tarea 1.5. Análisis de resultados y conclusiones.** Realizado el 100 %

ACTIVIDAD 2. FASE DE MODELADO NUMÉRICO

Una vez preparado el dominio computacional y el análisis de sensibilidad de los principales parámetros se obtiene un modelo numérico. A partir de este modelo calibrado y con la aplicación de los ensayos de laboratorio se consiguen obtener resultados fiables tanto de las propiedades de los materiales, uniones y comportamientos reales del dique.

- **Tarea 2.2. Análisis de sensibilidad de los principales parámetros.** Realizado el 100 %
- **Tarea 2.3. Modelado numérico 2D de los casos de laboratorio.** Realizado el 100 %
- **Tarea 2.7. Análisis de resultados y conclusiones.** Realizado el 100%

ACTIVIDAD 5. FASE DE SEGUIMIENTO

Se construye e instala una caja con las células de carga que puedan mediar las tracciones en los cables y las compresiones en los neoprenos.

- **Tarea 5.2. Instrumentación del dique rompeolas** Realizado el 100 %