

# 2022-2023

## Informe de resultados del Gemelo Digital en la industria auxiliar naval de Galicia – Norte de Portugal

Interreg



Cofinanciado por  
la Unión Europea  
Cofinanciado pela  
União Europeia

España – Portugal

TwinNavAux



# VIN NAVAUX

El proyecto Twin NavAux está cofinanciado por la Unión Europea a través del Programa Interreg VI-A España–Portugal (POCTEP) 2021–2027, cuyo objetivo es fomentar la cooperación transfronteriza y el desarrollo de iniciativas innovadoras con impacto económico y social en la Eurorregión.

## EUROREGIÓN

El proyecto Twin NavAux se desarrolla gracias a un consorcio transfronterizo que reúne entidades públicas, académicas y empresariales de Galicia y Norte de Portugal. Entre sus socios se encuentran la Xunta de Galicia, la Asociación Clúster do Naval Gallego (ACLUNAGA), la Universidad de A Coruña (UDC), el Centro de Apoio Tecnológico à Indústria Metalomecânica (CATIM), la Universidade Portucalense Infante Dom Henrique, así como las empresas Ibercisa Deck Machinery SA, Industrias Ferri SA y Electroryma S.L

Resumen ejecutivo

El proyecto Twin NavAux ha tenido como objetivo establecer las bases tecnológicas, formativas y organizativas necesarias para facilitar la adopción del Gemelo Digital de producto en el sector auxiliar naval de la Eurorregión Galicia–Norte de Portugal. A través de un enfoque integral, el proyecto ha combinado análisis tecnológico, capacitación del capital humano, definición de hojas de ruta y puesta en marcha de proyectos piloto reales en empresas del sector.

Como principales resultados, Twin NavAux ha permitido disponer de una visión clara del estado de madurez tecnológica del sector, una arquitectura estándar de Gemelo Digital, itinerarios formativos específicos y herramientas prácticas para la toma de decisiones técnicas y económicas. Asimismo, la ejecución de pilotos ha validado la aplicabilidad de las soluciones propuestas y ha generado conocimiento transferible al conjunto del sector.

El proyecto ha contribuido así a reducir la incertidumbre asociada a la implantación del Gemelo Digital, reforzando la competitividad, la capacitación y la preparación del sector auxiliar naval para afrontar procesos avanzados de digitalización de forma progresiva y sostenible.

### a. Introducción

El sector	03
Twin Navaux	07
Actividades	09
El consorcio	11

### b. Comunicación

Acciones de comunicación	49
--------------------------	----

### c. Evaluación

Metodología de evaluación de impacto	52
Análisis comparativo y conclusiones	55



### 01 Identificación

Estado del arte	21
Madurez tecnológica	23
Arquitectura tecnológica	25

### 02 Capacitación

Perfiles profesionales	30
Itinerarios formativos	31
Evaluación económica	32

### 03 Guía

Identificación pilotos	36
Guía	37

### 04 Pilotaje

Diseño y arranque	41
Implantación y seguimiento	43

# El sector

El ámbito marino-marítimo como identidad territorial histórica y lienzo en blanco para la implementación de **tecnología avanzada**.



Introducción

*La Eurorregión Galicia-Norte de Portugal combina tradición marítima e innovación tecnológica para transformar su sector naval en un motor de competitividad y desarrollo sostenible.*

La realidad empresarial de la denominada Eurorregión Galicia-Norte de Portugal convive con una asimetría de desempeño: la región gallega acumula la mayor parte de masa empresarial del sector, mientras que la portuguesa destaca catalogada como territorio innovador fuerte según el EIS. Son estas características las que llevan a determinar la lógica de cooperación para elevar el valor añadido de la unión. Estas áreas cuentan con un amplio margen de mejora que justifica claramente la complementariedad de la conjunción de ambas.

Esta complementariedad evidencia que el principal reto no reside únicamente en la capacidad productiva, sino en la incorporación efectiva de tecnología a lo largo de la cadena de valor. En este contexto, el sector auxiliar naval, formado mayoritariamente por pymes y con un peso clave en el empleo (en Galicia se estiman alrededor de 10.000 empleos directos y hasta 25.000 indirectos), se convierte en un ámbito estratégico de intervención. Su grado de digitalización y madurez tecnológica condiciona directamente la competitividad del conjunto del sector naval.

El esfuerzo tecnológico en el sector auxiliar naval resulta esencial para capitalizar las fortalezas de la Eurorregión. La cooperación transfronteriza permite combinar la base industrial gallega con la mayor intensidad innovadora del Norte de Portugal, orientando la adopción de tecnologías avanzadas hacia un aumento del valor añadido, la productividad y la sostenibilidad del sector marino-marítimo en su conjunto.

El sector marino-marítimo en la Eurorregión Galicia-Norte de Portugal se configura como un ecosistema industrial y de servicios con fuerte peso económico y alto impacto en el empleo, cuya competitividad depende en gran medida de la capacidad de su cadena de valor para incorporar innovación y digitalización. Este liderazgo se asienta en un espacio transfronterizo con una sólida identidad marítima histórica, donde el mar ha sido tradicionalmente la base de la pesca, la industria transformadora (especialmente la conservera), la construcción naval, los puertos comerciales y el transporte marítimo.

**228**  
Empresas

## Eurorregión

### Concentración industrial naval

70,2% Galicia 29,8% Portugal

Implantación territorial muy marcada en Galicia en las zonas de A Coruña y Pontevedra. Las áreas de influencia costera más destacadas en Portugal son Oporto, Viana do Castelo y Aveiro.

## Norte Portugal

### Capacidad innovadora

**20,5%**

Gasto en i+D del territorio de cooperación

## Galicia

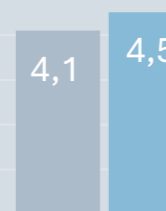
### Genera anualmente

**192M€**

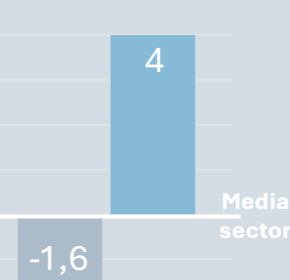
88% de la riqueza generada por la eurorregión en el sector naval

## Unión estratégica

### Empleo Tecnológico intensivo



### Productividad Sector naval respecto al marino-marítimo



# Principales retos del sector

Los retos a los que se enfrenta el sector naval en la Eurorregión de **Galicia y Norte de Portugal**

Al igual que otras industrias estratégicas, el sector se encuentra inmerso en un proceso de transformación en el que los avances tecnológicos se han convertido en el principal factor de cambio. La incorporación de soluciones digitales avanzadas es una condición necesaria para mantener la competitividad, responder a las crecientes exigencias del mercado y avanzar hacia modelos más eficientes y sostenibles. En este contexto, aspirar a posicionarse como un sector puntero en la adopción e implementación de estas tecnologías supone un reto significativo. Al mismo tiempo, representa una oportunidad clave para anticiparse, integrar de forma ordenada la tecnología y adaptar las competencias profesionales asociadas puede traducirse en un mayor valor añadido, en nuevos modelos de negocio y en una ventaja competitiva sostenible a medio y largo plazo para toda la cadena de valor naval.

2.

**Insuficiente intensidad de I+D+i y actividad tecnológica** en parte del territorio. El Norte de Portugal se posiciona como “territorio innovador fuerte” mientras que Galicia se presenta como “innovador moderado”, por lo que se puede concluir que la cadena de valor necesita reforzar su músculo tecnológico para sostener competitividad internacional.

**Obstáculos para la transición a un modelo más tecnológico:** Falta de conocimiento, incertidumbre sobre la rentabilidad y necesidad de capacitación de trabajadores e impacto en perfiles laborales

4.

6.

**Dificultad para distribuir la inversión.** En muchas ocasiones la problemática no es meramente técnica, también es necesario poder evaluar económicamente las soluciones y facilitar la interacción con los proveedores tecnológicos. El reto es reducir la incertidumbre y que las decisiones de inversión sean informadas y comparables.

1.

**Brecha de productividad y valor añadido**, planteando un reto estructural consistente en elevar el VAB y la competitividad del naval de la Eurorregión en su conjunto, lo que sugiere la necesidad de cooperación entre agentes.

**Competitividad basada en digitalización avanzada.** La digitalización se presenta como palanca clave en este entorno, a través de la creación de ecosistemas tecnológicos, mapa de habilitadores y formación. El reto radica en convertir esfuerzos puntuales en un modelo estandarizable a la totalidad del sector, con tecnologías facilitadoras y arquitectura clara.

3.

5.

**Transformación del empleo y adecuación de competencias.** La implantación tecnológica obliga a redefinir funciones y competencias: perfiles que requieren reciclaje, nuevos perfiles y otros que tenderán a desaparecer. El reto es hacer la transición sin pérdida de capacidad productiva, asegurando itinerarios formativos y actualización de cualificaciones.

7.

**Necesidad extrapolar a casos reales.** A través de la ejecución de pilotos lograr crear un modelo escalable al conjunto del tejido del sector.

# Twin Navaux

Un proyecto que da respuesta a un entorno que demanda soluciones tecnológicas para desarrollar todo su potencial.

## El proyecto:

Twin NavAux es un proyecto de cooperación transfronteriza enmarcado en el Programa Interreg España–Portugal (POCTEP) 2021–2027 que tiene como finalidad impulsar la adopción del Gemelo Digital de producto en el sector auxiliar naval de la Eurorregión Galicia–Norte de Portugal.

El proyecto nace del contexto del importante peso del sector naval en ambas regiones, pero también de la necesidad de avanzar hacia modelos productivos más digitales, eficientes y con mayor valor añadido, especialmente en un tejido empresarial compuesto en su mayor parte por pymes. Precisamente en este sentido, Twin Navaux se enmarca en el sector auxiliar naval ya que es en este eslabón de la cadena de valor donde se concentran, de forma más acusada, tanto las limitaciones para la adopción de tecnologías avanzadas como el mayor potencial de impacto.

Focalizar el proyecto en este ámbito permite actuar sobre el núcleo que condiciona el valor añadido final del buque, facilitando que la digitalización —y en particular el GD de producto— se consolide de forma transversal en la industria naval de la Eurorregión, con un claro efecto tractor y demostrador sobre el conjunto del sector.

## Objetivo principal:

Establecer las condiciones tecnológicas, de capacitación (I+D+i, humanas y empresariales) y económicas necesarias para facilitar la implantación general de modelos de Gemelo Digital de producto en el sector auxiliar del naval en el área de cooperación Galicia–Norte de Portugal.

El gemelo digital es una representación virtual dinámica de un activo, sistema o proceso que se alimenta de datos reales y se mantiene sincronizada con su comportamiento a lo largo del tiempo. A diferencia de un modelo o simulación estática, el gemelo digital integra información procedente de sensores, sistemas de información y fuentes externas, lo que permite reflejar el estado actual del elemento físico, analizar su rendimiento y anticipar su evolución. Su valor reside en la capacidad de combinar modelización, datos en tiempo real y analítica avanzada para generar conocimiento relevante.

En cualquier ámbito de aplicación, los gemelos digitales se utilizan para simular escenarios, optimizar procesos y apoyar la toma de decisiones sin intervenir directamente sobre el sistema real. Permiten evaluar alternativas de diseño, prever fallos, planificar mantenimientos, reducir riesgos y mejorar la eficiencia operativa. Gracias a su naturaleza evolutiva, el gemelo digital acompaña al activo durante todo su ciclo de vida, convirtiéndose en una herramienta estratégica para la innovación, la mejora continua y la gestión basada en datos.

El Gemelo Digital otorga al sector auxiliar naval una herramienta clave para mejorar la competitividad, la eficiencia operativa, la innovación de producto y la generación de nuevas fórmulas de negocio.

**Optimización de diseño y prestaciones:** permite simular comportamientos del equipo en operación antes de fabricarlo, reduciendo errores y sobrecostes.

**Mantenimiento predictivo y mejora de la fiabilidad:** el seguimiento continuo del equipo embarcado a través de sensores y recopilación de datos permite anticipar fallos, reducir paradas y mejorar la calidad del servicio.

**Nuevos modelos de negocio:** servicios “as a service” basados en datos del GD (monitorización, upgrades, mantenimiento avanzado), que posicionan a las empresas auxiliares en cadenas globales de valor.

**Contribución a objetivos verdes:** permite ajustar consumos y emisiones de los equipos a bordo, alineándose con el Pacto Verde Europeo y normativa ambiental.

**Estandarización y escalabilidad:** al definir una arquitectura de referencia, se puede replicar el modelo de Gemelo Digital en distintas líneas de producto, reduciendo así costes de implantación.

El proyecto Twin NavAux está financiado por el Programa Interreg España–Portugal (POCTEP) 2021–2027, con un presupuesto total de 1.386.666,38 euros, cofinanciado por el FEDER en el marco de la cooperación transfronteriza entre Galicia y el Norte de Portugal y contribuye a sus objetivos porque materializa, en un sector estratégico transfronterizo, el paso de la cooperación a resultados medibles en innovación, digitalización y competitividad empresarial.

**Refuerza el ecosistema transfronterizo de innovación,** reuniendo a ámbito público, clúster, entidades universitarias y tecnológicas y pymes para transferir conocimiento y tecnología hacia el tejido empresarial auxiliar naval. Esto va en línea con la prioridad del POCTEP de consolidar el ecosistema de innovación y crear redes de conocimiento y empresariales.

**Busca la asimilación de tecnologías avanzadas por parte de pymes.** El núcleo del proyecto es facilitar la adopción del Gemelo Digital de producto en la industria auxiliar naval mediante diagnóstico tecnológico, arquitectura/guía y pilotos, es decir, asimilar tecnología avanzada en empresas y no solo en entornos académicos.

**Se focaliza en favorecer la capacitación y mejorar la competitividad del sector** abordando las barreras típicas de adopción en pymes (conocimiento, rentabilidad y perfiles profesionales) mediante formación, definición de itinerarios y herramientas de evaluación económica, para que la digitalización sea viable y escalable a todo el sector.

# Actividades

## La estructura de Twin Navaux se articula en un plan de trabajo compuesto por 6 actividades

Estas actividades encadenan diagnóstico, capacitación, planificación y despliegue, con dos líneas transversales de gobernanza y comunicación. La estructura persigue acelerar la adopción del Gemelo Digital en la industria auxiliar naval de Galicia-Norte de Portugal, reduciendo barreras tecnológicas y de conocimiento, y aterrizando el cambio en pilotos reales que dejen metodología, aprendizajes y herramientas de referencia.

### 1. Identificación de capacidades tecnológicas para el desarrollo de un Gemelo Digital en el sector auxiliar naval:

establecer el “estado del arte”, evaluar la situación del sector e identificar/seleccionar las tecnologías necesarias para estandarizar un modelo de gemelo digital ajustado a necesidades empresariales.

### 2. Capacitación del sector en la transición al modelo de Gemelo Digital:

doble enfoque de capacitación, combinando (i) perfiles profesionales impactados y (ii) adopción de decisiones económicas (ROI), incluyendo itinerarios formativos y una herramienta de evaluación económica.

### 3. Guía de implantación del Gemelo Digital en las empresas auxiliares del naval:

seleccionar casos/pilotos y definir una hoja de ruta práctica para la implantación, orientada a guiar a las empresas en el despliegue ordenado de tecnologías del gemelo.

### 4. Diseño y arranque de pilotos de Gemelo Digital de producto en empresas auxiliares del naval:

diseñar, arrancar, implantar y hacer seguimiento de 3 pilotos de gemelo digital de producto, con el objetivo de disponer al final de una guía completa de implementación basada en la experiencia.

### 5. Coordinación:

asegurar una coordinación y gestión óptimas mediante un modelo centralizado apoyado en un Comité de Seguimiento, garantizando coherencia técnica, administrativa y de avance.

### 6. Comunicación:

dar visibilidad y garantizar la difusión de acciones y resultados, con énfasis en los grupos objetivo y en la correcta comunicación del apoyo de la UE.

# El consorcio

## Estructura vertebradora del proyecto: Los agentes del cambio

El partenariado consiste en una triple hélice transfronteriza que cubre todo el ciclo de implantación del Gemelo Digital en el sector auxiliar naval: desde la política de innovación y la planificación estratégica, pasando por la generación de conocimiento y tecnología, hasta la validación en empresas reales.

Se articula una alianza con visión 360° combinando el mercado y las necesidades reales de las empresas con un clúster sectorial y empresas auxiliares tractoras que actúan como “early adopters” de los pilotos de Gemelo Digital; con universidades y un centro tecnológico que aportan el conocimiento tecnológico y científico sobre tecnologías facilitadoras; y con organismos públicos que aseguran el anclaje en las estrategias de innovación de la Eurorregión, asegurando coherencia con las RIS y con la agenda pública de digitalización industrial. De este modo el consorcio integra planificación estratégica, conocimiento tecnológico y validación industrial.



CIS  
Tecnología e Deseño

Organismo público impulsor de innovación y beneficiario principal del proyecto, el CIS perteneciente a *DXPEM Consellería de Economía e Industria*, lidera la coordinación del proyecto, la gobernanza, el seguimiento técnico-económico y el alineamiento con las estrategias de I+D+i y digitalización.



UDC  
Universidade da Coruña.

Prestigiosa institución gallega con histórica trayectoria y amplia experiencia en tecnologías navales; avala y lidera el diseño y arranque de los pilotos de GD, definiendo arquitectura, comunicación entre agentes y modelos de simulación.



ACLUNAGA  
Asociación Clúster del Naval Gallego

Única agrupación empresarial específica del naval gallego y principal punto de encuentro y de representación de todo el entramado a nivel empresarial y social del sector. Aporta conocimiento del mercado, capilaridad sectorial y liderazgo en el análisis y las acciones de capacitación y difusión hacia el tejido empresarial.



Universidade  
Portugalense Infante Dom Henrique

Entidad educativa portuguesa referente internacional del ámbito científico-técnico. Contribuye al análisis del estado del arte tecno-lógico, estudios de mercado y tecnologías habilitadoras complementando el trabajo de la UDC.



CATIM,  
Centro de Apoio Tecnológico  
à Indústria Metalomecânica

Centro tecnológico portugués que actúa como punto en común de intereses, empresas industriales y organismos públicos. Desde su posición experta en la industria 4.0 lidera la capacitación del sector y aporta experiencia en proyectos de digitalización y formación industrial.



INDUSTRIAS FERRI, S.A

Pyme gallega con más de 50 años de experiencia en el sector del equipamiento naval. Actúa como demostradora en la guía y los pilotos, aportando su experiencia en la industria y su conocimiento de las demandas del mercado internacional.



IBERCISA  
Deck Machinery S.A.

Empresa gallega especializada en el desarrollo de soluciones tecnológicas en el ámbito de maquinaria de cubierta; se presenta como empresa piloto, convirtiéndose en un caso real de aplicación del Gemelo Digital a equipos navales y validando la viabilidad técnica y el retorno económico del proyecto.



ELECTRORAYMA, S.L

Tras más de 30 años de trayectoria esta pyme gallega dedicada al mantenimiento, asistencia e instalación eléctrica en el ámbito naval; aporta experiencia previa en proyectos similares con Navantia y se propone un entorno idóneo como piloto para desarrollar esta clase de soluciones tecnológicas.

Durante el proceso de desarrollo del proyecto los miembros del consorcio se han **coordinado** y han concretado **puntos de control** para realizar el **seguimiento riguroso del plan**.

# Actividades técnicas

**01**\_\_\_\_\_

Identificación

**02**\_\_\_\_\_

Capacitación

**03**\_\_\_\_\_

Guía

**04**\_\_\_\_\_

Pilotaje

# Evolución temporal de las actividades y entregables del proyecto

A continuación, se recoge una visión temporal del desarrollo del proyecto Twin Navaux, en la que se reflejan las actividades realizadas y los entregables generados en cada fase.



# 01

## Identificación



Estado del arte

Madurez tecnológica

Arquitectura tecnológica

# Identificación de capacidades tecnológicas para el desarrollo de un Gemelo Digital en el sector auxiliar naval

Esta actividad llevó a cabo la elaboración de una **base tecnológica común** para la implantación del Gemelo Digital de producto en el sector auxiliar naval, mediante el análisis de tecnologías facilitadoras, la evaluación del nivel de madurez del sector y la definición de un modelo estándar de referencia.

Esta actividad ha permitido establecer una visión estructurada y compartida del punto de partida tecnológico del sector auxiliar naval en la eurorregión Galicia-Norte de Portugal, identificando tanto las tecnologías clave para el desarrollo de gemelos digitales de producto como el grado real de preparación de las empresas para su adopción. El trabajo realizado

sienta las bases para una implantación progresiva y realista del Gemelo Digital en el sector, reduciendo incertidumbres técnicas, facilitando la toma de decisiones y asegurando que los desarrollos posteriores se apoyen en un modelo tecnológico común, escalable y alineado con las capacidades existentes y los objetivos del proyecto Twin NavAux.

**Acción 01.1** Análisis del estado del arte de las tecnologías clave relacionadas con el Gemelo Digital

**Acción 01.2** Evaluación del nivel de madurez tecnológica del sector, identificando fortalezas y áreas de mejora.

**Acción 01.3** Definición de una arquitectura tecnológica estándar que sirva como guía para la implantación de gemelos digitales de productor

Esta actividad constituye el primer paso para una adopción ordenada y eficaz del Gemelo Digital, permitiendo alinear visión estratégica, madurez tecnológica y viabilidad real en el sector auxiliar naval.



Participantes

El trabajo combinó **análisis tecnológico y evaluación del sector**, contrastando las capacidades existentes en las empresas con las **tecnologías necesarias para implantar gemelos digitales**. Este enfoque permitió obtener una visión realista y aplicable al contexto del sector auxiliar naval.

# Catálogo del estado del arte de implantación de tecnologías para la puesta en marcha de un Gemelo Digital



Esta actividad llevó a cabo el **análisis del estado del arte de las tecnologías facilitadoras del Gemelo Digital de producto**, con especial foco en su aplicación al sector auxiliar naval, como base para entender los requisitos tecnológicos actuales y futuros del mercado.

## Lecciones aprendidas y buenas prácticas para la implementación de Gemelos Digitales:

- Importancia de **definir objetivos claros** alineados con las necesidades empresariales.
- Desarrollar **modelos precisos** que representen los sistemas navales
- **Evaluar las distintas tecnologías y plataformas** para seleccionar aquellas que mejor se ajusten a los requisitos funcionales, técnicos y económicos.
- Aplicar medidas sólidas de **ciberseguridad y protección de datos** que salvaguarden la información y aseguren el cumplimiento normativo.
- **Asegurar una integración eficaz** de datos procedentes de múltiples fuentes.
- La implantación debe concebirse como un **proceso dinámico, sujeto a evaluación y mejora continua**
- Necesidad de garantizar la **calidad y seguridad de la información**
- **Capacitar** al personal para un uso óptimo de la tecnología.

# 01. Identificación

La acción 1.1 proporciona un marco de referencia actualizado sobre el estado del arte de las tecnologías facilitadoras del Gemelo Digital aplicables al sector auxiliar naval, identificando las principales tendencias, soluciones y casos de uso relevantes a lo largo de la cadena de valor.



Este análisis permite comprender el papel de tecnologías como la analítica de datos, la simulación, el IoT o la inteligencia artificial como habilitadores clave del gemelo digital de producto, y sirve como base para evaluar su aplicabilidad real en el contexto del sector y orientar los siguientes pasos del proyecto.

## Tendencias futuras

- Mayor sofisticación de los modelos**  
mayor capacidad para anticipar comportamientos y optimizar procesos en tiempo real.
- Enfoque en la seguridad cibernética** con un mayor énfasis en protocolos de ciberseguridad y gestión de riesgos
- Gestión del ciclo de vida**  
que facilitará una gestión más eficiente de los activos y una optimización del rendimiento.
- Integración de tecnologías inmersivas y metaverso**  
experiencias más inmersivas y realistas, facilitando la visualización de entornos complejos
- Gemelos digitales colaborativos y en red** que permitan compartir información en tiempo real entre distintos agentes
- Gemelos multi-escala**  
capaces de representar sistemas a diferentes niveles de detalle

## Elaboración de un Informe de vigilancia tecnológica y estado del arte

Establece un marco común de comprensión sobre qué tecnologías son necesarias y cómo se combinan para habilitar un Gemelo Digital de producto. Ofrece una visión estructurada y comprensible del ecosistema tecnológico del Gemelo Digital.

Análisis de capacidades

tecnológicas necesarias para implantar gemelos digitales y evaluación de la situación del sector al respecto



Esta actividad llevó a cabo el análisis la situación del sector auxiliar naval gallego en relación con sus capacidades tecnológicas, con el fin de conocer su punto de partida real para la implantación de Gemelos Digitales

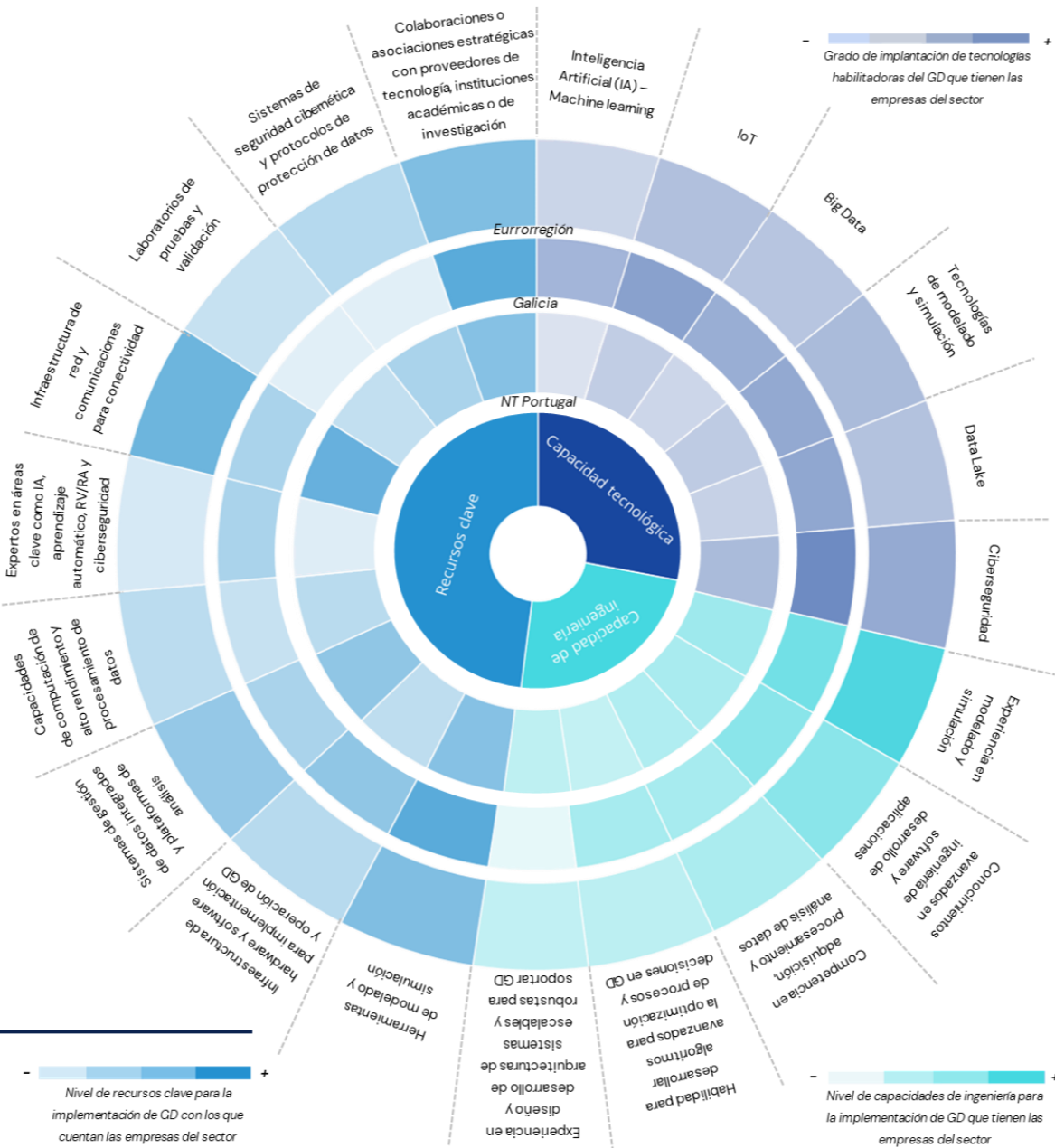
La Actividad 1.2 se centró en analizar las capacidades tecnológicas del sector naval gallego con el objetivo de conocer su grado de preparación para implantar Gemelos Digitales. Para ello se estudió la cadena de valor y las oportunidades que esta tecnología puede ofrecer, recopilando información detallada sobre procesos, productos y sistemas empleados por las empresas, así como sobre el perfil de sus profesionales cualificados.



Durante la actividad, se recopiló información mediante trabajo de gabinete y entrevistas a empresas, abordando su estructura, procesos, productos, servicios y las tecnologías utilizadas en diseño, fabricación y puesta en servicio.

01. Identificación

Mapa de capacidades tecnológicas, de ingeniería y recursos clave para la implementación de Gemelo Digital de producto en el sector naval de la Eurorregión



Elaboración de un Informe de situación del naval Galicia – Norte de Portugal

en la implantación de tecnologías facilitadoras del Gemelo Digital que proporciona un marco de referencia sólido que orienta el diseño y la implantación de futuros proyectos de gemelo digital en la industria naval.

228 empresas componen el sector naval en la Eurorregión:

70,2% radicadas en Galicia  
29,8% radicadas en Portugal

21 asistentes al proceso participativo:

El 56,7% indica que han desarrollado o están desarrollando proyectos basados en las tecnologías facilitadoras del Gemelo Digital

El 41% cuentan con departamentos dedicados exclusivamente al desarrollo de proyectos tecnológicos y de innovación.

La capacitación del equipo emerge como una de las principales áreas de mejora del sector, sin embargo, las asociaciones con centros tecnológicos y de conocimiento pueden ser una solución valiosa para abordarlo.

Identificación de tecnologías precisas para la estandarización de un modelo de gemelo digital (según las necesidades de las empresas)



Esta actividad realizó la definición de un modelo de referencia que permita implantar gemelos digitales de producto de forma estandarizada en el sector auxiliar naval, adaptándose a distintos niveles de madurez tecnológica empresarial.

A partir del conocimiento obtenido en la acción 1.2, se establecieron qué herramientas y protocolos deben aplicarse según el nivel de complejidad que cada empresa quiera alcanzar, desde soluciones básicas con funcionalidades mínimas hasta implementaciones avanzadas con integración en la nube y explotación de datos. Este trabajo permitió concretar una arquitectura estandarizada que servirá como referencia común y que será validada en los pilotos de la Actividad 4, asegurando que las empresas del sector puedan adquirir las capacidades tecnológicas requeridas.

La estandarización tecnológica es un elemento clave para facilitar la adopción del Gemelo Digital en el tejido empresarial.

01. Identificación



El documento pone de manifiesto la importancia de contar con una definición clara y compartida del concepto de gemelo digital, diferenciándolo de soluciones parciales (como los modelos digitales o las sombras digitales) que no alcanzan un nivel completo de integración. Se indica que un gemelo digital eficaz debe mantener una relación continua y bidireccional entre el producto físico y su representación digital, permitiendo reflejar su estado real y conservar información histórica relevante.

Contenido

- 1 Funcionalidades de un gemelo digital
- 2 Arquitectura básica de un gemelo digital
- 3 IoT: datos, sensores, protocolos de comunicación
- 4 Desarrollo de modelos de simulación
- 5 Almacenamiento de datos
- 6 Visualización

Señala que la elección del entorno de despliegue (local, nube o edge) debe ajustarse a cada caso, pudiendo combinarse para optimizar rendimiento, seguridad y capacidad de respuesta.

Destaca los modelos de simulación como elemento principal del gemelo digital. Estos modelos, basados tanto en principios físicos como en técnicas de análisis de datos, permiten comprender mejor el funcionamiento del producto, anticipar posibles incidencias y evaluar distintos escenarios de operación o diseño.

Subraya la importancia de la ciberseguridad como un elemento transversal en toda la arquitectura del gemelo digital. Se concluye que la protección de los datos, el control de accesos y la seguridad de los dispositivos conectados son aspectos esenciales para garantizar la fiabilidad, la integridad y la confianza en este tipo de soluciones.

Además, la actividad incluyó visitas técnicas y participación en ferias y congresos, fundamentales para contrastar el modelo y enriquecerlo con experiencias reales del entorno industrial.

# 02

## Capacitación



Perfiles profesionales

Itinerarios formativos

Evaluación económica

# Capacitación del sector en la transición al modelo de Gemelo Digital

Capacitación integral del sector auxiliar naval para afrontar la transición al modelo de Gemelo Digital, abordando tanto la adaptación de los perfiles profesionales más impactados como el refuerzo de las capacidades para la toma de decisiones económicas asociadas a su implantación.

## 02. Capacitación

### Acción 02.1

### Análisis de perfiles profesionales más impactados por el cambio de paradigma



Lidera

Esta actividad llevó a cabo la identificación y análisis de los perfiles profesionales impactados por la implantación del Gemelo Digital, así como de las competencias necesarias para garantizar una adopción eficaz y sostenible del nuevo modelo.

El análisis incorpora la identificación de las nuevas funciones y tareas asociadas a las tecnologías del Gemelo Digital, así como la determinación de las competencias necesarias para su desarrollo, considerando tanto las unidades de competencia recogidas en los Catálogos Nacionales de Cualificaciones Profesionales como aquellas

no contempladas actualmente. Este trabajo permite detectar brechas competenciales, evaluar la adecuación de la formación existente y formular propuestas de nuevas unidades de competencia, sentando las bases para el diseño de itinerarios formativos específicos y alineados con las necesidades reales del sector.

Como resultado de esta acción, se elaboró un

### Protocolo de definición de nuevas funciones en el sector

auxiliar naval para la implementación de tecnologías asociadas al Gemelo Digital.

### Resultados obtenidos

Mapa de perfiles profesionales impactados por el modelo de Gemelo Digital.

Identificación de gaps de competencias en el sector auxiliar naval.

Propuesta de nuevas funciones y competencias asociadas al Gemelo Digital.

**Acción 02.1 Análisis de perfiles profesionales** más impactados por el cambio de paradigma

**Acción 02.2 Definición de itinerarios formativos** e impartición de acciones formativas teórico-prácticas

**Acción 02.3 Herramienta para la evaluación económica** de tecnologías del Gemelo Digital en las auxiliares del Naval

La actividad aborda la transición al Gemelo Digital desde una doble perspectiva complementaria:

La capacitación técnica y funcional de los profesionales implicados en el diseño, desarrollo y explotación del gemelo digital.

La capacitación estratégica y económica de los perfiles directivos y de decisión, orientada a reducir la incertidumbre asociada a la inversión en tecnologías del gemelo digital.



Coordinador



Participantes

## Definición de itinerarios

formativos e impartición de acciones formativas teórico-prácticas



A través de esta actividad se ha iniciado un **diseño y despliegue de itinerarios formativos** adaptados a los perfiles profesionales identificados, orientados a la adquisición de competencias clave para la implantación y explotación del Gemelo Digital.

A partir del diagnóstico competencial realizado, se han definido programas formativos enfocados a la adquisición de capacidades en tecnologías clave asociadas al Gemelo Digital —como big data, inteligencia artificial, simulación, IoT, entornos cloud, machine learning y realidad virtual/aumentada— combinando contenidos teóricos y prácticos.

Estos itinerarios se articulan a través de la Academia Twin NavAux, una plataforma online concebida como entorno de referencia para la capacitación continua del sector, que integra contenidos en modalidad on-demand y formación guiada (online o presencial), lo que permitirá una actualización progresiva y alineada con la evolución de las necesidades del sector auxiliar naval.

Como resultado de esta acción, se elaboró un **Programa de reciclaje profesional, mediante plataforma online “Academia Twin Navaux”**

02.  
Capacitación

## Herramienta para la evaluación económica de tecnologías del Gemelo Digital en las auxiliares del Naval



El objetivo de esta actividad ha sido **facilitar la toma de decisiones económicas sobre la implantación del Gemelo Digital** mediante una herramienta que permita evaluar costes, alternativas tecnológicas y escenarios de inversión.

La herramienta contribuye a **reducir la incertidumbre, acelerar los procesos de adopción tecnológica y fortalecer un ecosistema colaborativo en torno al Gemelo Digital.**

Como resultado de esta acción, se crea una **Herramienta económica para la evaluación de tecnologías del Gemelo Digital en las auxiliares del naval.**

La herramienta actúa como punto de encuentro entre la demanda y la oferta tecnológica en el ámbito de los Gemelos Digitales. permite identificar y catalogar el ecosistema tecnológico de la euroregión Galicia-Norte de Portugal, estructurar las **necesidades reales** de las empresas y conectar dichas demandas con proveedores capaces de ofrecer soluciones ajustadas desde el punto de vista técnico y económico.

Desarrollada en colaboración con el **hub de digitalización DIHGIGAL**, la plataforma ofrece funcionalidades de búsqueda avanzada, comparación de alternativas, consulta de casos de éxito e interacción directa entre demandantes y proveedores, incorporando además un enfoque de evaluación económica que permite estimar costes y apoyar la toma de decisiones sobre la viabilidad y el retorno de la inversión.



# 03

## Guía de actuación



Identificación pilotos

Guía

# Guía para la implantación del Gemelo Digital en las empresas auxiliares del naval

La identificación de oportunidades reales de aplicación de gemelos digitales de producto en el sector auxiliar naval, es una de las fases clave del Twin Navaux. Dado que será a través de la demostración de casos de uso reales como se pueda avanzar desde una aproximación teórica hacia resultados concretos y tangibles, alineados con las necesidades del sector.

En esta fase del proyecto, sobre la base del conocimiento generado en fases previas, se configuró un marco que permitió **avanzar desde el análisis del contexto y de las tecnologías disponibles hacia la definición de proyectos concretos, acompañados de una guía de implementación.** Este planteamiento está orientado a facilitar una adopción progresiva del gemelo digital, con control de riesgos y orientación a resultados.

**Acción 03.1** Identificación de pilotos para la implantación de tecnologías del gemelo

**Acción 03.2** Definición de la guía para la implantación de pilotos de gemelo digital

## Acción 03.1

### Identificación de pilotos para la implantación de tecnologías del gemelo



A través de esta acción se abordó la **selección de proyectos piloto de gemelo digital de producto con mayor potencial de aplicación en el sector.** El objetivo principal fue identificar, entre un conjunto de posibles casos de uso, aquellos que presentaban mejores condiciones para convertirse en demostradores dentro del marco del proyecto, con el doble objetivo de validar la tecnología en condiciones reales y servir de referencia para el sector, motivando la inversión a través de la observación de resultados tangibles.

Este proceso se apoyó en el conocimiento generado en acciones previas del proyecto, en particular en el **análisis del estado del sector y de sus cadenas de valor**, en la identificación de tecnologías clave y en la **metodología de evaluación económica y estratégica definida.** Sobre esta base, se realizó un análisis comparativo de las distintas alternativas, orientado a su priorización.

Como resultado de este trabajo, se seleccionaron **tres proyectos piloto, considerados representativos, viables y alineados con la realidad y las necesidades actuales del sector.** Esta selección constituyó el punto de partida para las fases posteriores de definición e implementación.

Gemelo Digital de cabrestante de grúa para la transferencia de material en plataformas eólicas marinas de Ferri S.A. *Desarrollado por la Universidade da Coruña*

Gemelo Digital para estimación de tensión en máquina estibadora sin sensores dedicados de Ibercisa Deck Machinery S.A. *Desarrollado por la Universidade da Coruña*

Gemelo Digital mantenimiento predictivo de sistemas de refrigeración de Electrorayma S.L. *Desarrollado por la Universidade Portucalense*

Tres proyectos piloto que **convierten el gemelo digital en una realidad tangible para el sector**, demostrando su aplicación práctica y su potencial de transformación



Coordinador



Participantes

Acción 03.2

## Definición de la guía para la implantación de pilotos de Gemelo Digital



Una vez priorizados y seleccionados los proyectos piloto, se desarrolló la Acción 03.2, orientada a la **concreción de la planificación y a la puesta en marcha de cada piloto**. Esta acción permitió transformar cada iniciativa en un plan de acción estructurado, claro y ejecutable, definiendo de forma ordenada los pasos necesarios para su desarrollo.

El trabajo realizado facilitó una implantación coherente con los **objetivos estratégicos del sector y adaptada a la realidad operativa de las entidades participantes**, integrando desde las fases iniciales la definición de actividades, la planificación de tareas, el seguimiento del avance y la evaluación de resultados. De este modo, se sentaron las bases para una ejecución coordinada de los pilotos y para la generación de conocimiento transferible a futuras iniciativas.

Como resultado, se dispuso de una guía por proyecto piloto, concebida como herramienta práctica para guiar la ejecución, coordinar a los agentes implicados y preparar el camino para una posible extensión o replicación de las soluciones desarrolladas.



La **guía de implantación de un Gemelo Digital** fija un marco para la implantación del GDen entorno operativo. Por un lado, establece, analiza y define la arquitectura tecnológica requerida para construir y operar un Gemelo Digital, describe cuales son elementos técnicos que intervienen y cómo se articulan para convertir el comportamiento del sistema físico en información utilizable y trazable. Por otra parte, la guía incorpora un segundo nivel orientado a la estandarización del proceso de implantación a bordo, estableciendo una secuencia de fases y actividades para planificar, ejecutar y controlar el piloto de manera reproducible. Se detalla el ciclo de vida del dato a lo largo de cada fase del proceso, garantizando consistencia operativa y trazabilidad, y facilitando la replicabilidad del enfoque.

### Elementos tecnológicos:

- **Sensórica / IoT:** selección e instrumentación de sensores en el equipo físico, recogida de datos en series temporales, calibración y primer acondicionamiento de señal.
- **Capa Edge:** hardware cercano al activo (vinculado a PLC) para agregar, filtrar y analizar datos localmente, reducir latencia y conectar con nube/tierra mediante protocolos industriales, con medidas básicas de seguridad y control de acceso.
- **Entornos de simulación:** plataformas de modelado multidominio para construir modelos del sistema y habilitar interoperabilidad y cosimulación.
- **Entornos de ejecución:** capa donde se ejecutan los modelos, a menudo apoyada en entornos abiertos como Python por su versatilidad.
- **Analítica:** almacenamiento ordenado de datos reales y simulados y explotación para predicción de fallos, análisis “what-if”, sensores virtuales y optimización operativa/energética.
- **Visualización:** capa de interacción con operarios y técnicos mediante dashboards para interpretar información y soportar la toma de decisiones.
- **Ciberseguridad:** protección del gemelo como enlace bidireccional IoT, incorporando un enfoque de ciber-resiliencia.

### Proceso de implementación del piloto:



La guía se aplicó en la ejecución de los pilotos y servirá como **referencia para futuros proyectos**. Puede consultarse completa en este [enlace](#)

# 04

## Pilotaje



Diseño y arranque

Implantación y seguimiento

# Diseño y arranque de pilotos de Gemelo Digital de producto

04.  
Piloteaje

Todas las actividades desarrolladas hasta este punto confluyen en esta fase del proyecto, en la que se **materializa la puesta en marcha de tres pilotos de gemelo digital** de producto en empresas del sector. Esta actividad constituye el núcleo central del proyecto, al **trasladar a un entorno real de operación los análisis, metodologías y guías definidos** en las fases previas.

Acción 04.1 Diseño y arranque de pilotos

Acción 04.2 Pilotos de gemelo digital:  
implantación y seguimiento

La actividad se estructuró en dos acciones complementarias. La primera se centró en el diseño y arranque de los proyectos piloto, abordando la definición funcional y técnica de cada gemelo digital, así como la preparación de los entornos necesarios para su puesta en marcha. La segunda acción se orientó a la implantación y seguimiento de los pilotos, con la ejecución de las tareas planificadas, la validación de las funcionalidades y el control de su funcionamiento en condiciones reales.

Acción 04.1

## Diseño y arranque de pilotos



En esta primera fase se llevó a cabo la **definición, desarrollo y puesta en operación de los pilotos**, en estrecha colaboración con las empresas participantes: ElectroRayma S.L., Ibercisa Deck Machinery S.A y Ferri S.A.. Para ello, la Universidade da Coruña y la Universidade Portucalense Infante D. Henrique trabajaron conjuntamente con las empresas desde las fases iniciales, identificando en cada caso el equipo o sistema de mayor interés dentro de su producción habitual y definiendo su funcionamiento y parámetros de operación.

Este enfoque permitió **evaluar el nivel de sensorización** necesario para el desarrollo de los modelos de simulación asociados a los gemelos digitales. A partir de este análisis, se definió una **arquitectura IoT para la adquisición y compartición de datos**, incorporando una **capa Edge destinada a realizar un primer procesamiento de la información**, optimizando así la eficiencia y robustez del sistema.

Una vez establecida esta base técnica, la siguiente fase del proyecto se centró en la implementación de los pilotos, con la puesta en marcha de los gemelos digitales en entornos reales de operación y su validación progresiva. En las páginas siguientes se describen de forma detallada las características, enfoque y alcance de cada uno de los tres pilotos desarrollados.

La implementación de los pilotos permitió validar en condiciones reales las principales funcionalidades de los gemelos digitales, incluyendo la **monitorización en tiempo real**, el **mantenimiento predictivo**, la **optimización del diseño**, la **mejora de la eficiencia operativa** y el **apoyo a las tareas de mantenimiento**.



Coordinador



Participantes

# Gemelo Digital de máquina estibadora de grúa en plataformas eólicas marinas

Piloto Ferri S.A. y Universidade da Coruña



04.  
Piloto

El piloto implementado por la empresa Ferri y desarrollado por la Universidade da Coruña consiste en un **Gemelo Digital de un cabrestante (winch) integrado en una grúa para la transferencia de material en plataformas eólicas marinas**. Se trata de un equipo crítico, sometido a cargas severas, en el que la fiabilidad y la seguridad operativa son esenciales. El objetivo del piloto es disponer de información en tiempo real sobre el estado del equipo y apoyar la toma de decisiones durante la operación.

Mediante la combinación de datos reales y modelos de simulación, el **gemelo digital ofrece una representación fiel del comportamiento del cabrestante, facilitando la detección temprana de fallos y la optimización de la operación**.

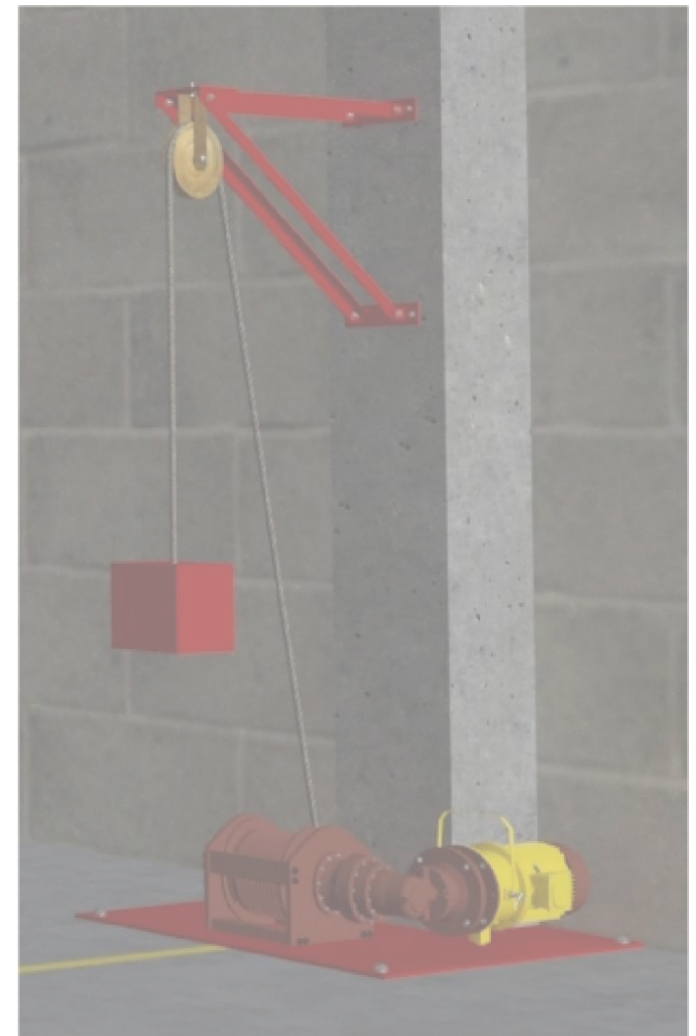


## enfoque tecnológico

El gemelo digital se apoya en una **arquitectura tecnológica distribuida**, que combina la adquisición de datos del equipo real con su procesamiento y análisis en distintos niveles. El sistema integra la sensorización del cabrestante, el **preprocesado de datos en una capa Edge** y el **procesamiento y almacenamiento en la nube**, garantizando una operación eficiente y robusta.

El piloto incorpora un **modelo híbrido** que combina dos enfoques complementarios. Por un lado, un **modelo basado en datos** reproduce el comportamiento eléctrico y electrónico del sistema a partir de las señales medidas. Por otro, un **modelo basado en leyes físicas** representa el comportamiento mecánico del cabrestante, permitiendo estimar variables clave que no se miden directamente, como la tensión en el cable.

La combinación de ambos modelos ofrece una representación fiel del comportamiento del equipo en condiciones reales de operación, facilitando la detección de desviaciones, la anticipación de fallos y la mejora del rendimiento. Como complemento, y además de la interfaz gráfica específica del piloto, el CIS Tecnoloxía e Deseño (Xunta de Galicia) está desarrollando un **entorno de realidad virtual (metaverso)** que permite visualizar el funcionamiento del cabrestante sin necesidad de disponer del equipo físico. El entorno se conecta en tiempo real a los datos del gemelo digital, facilitando su uso con fines divulgativos y formativos.



El gemelo digital habilita un conjunto de funcionalidades orientadas a mejorar la operación, el mantenimiento y la seguridad del equipo:

- Monitorización avanzada en tiempo real
- Detección de degradación y desviaciones
- Apoyo al mantenimiento y a la operación segura
- Visualización del equipo en entorno de realidad virtual

# Gemelo Digital para estimación de tensión en cabrestante sin sensores dedicados

Piloto Ibercisa S.A. y Universidade da Coruña



Ibercisa y la Universidade da Coruña han implementado un **Gemelo Digital de una máquina estibadora con control de tensión**, utilizada para pretensar y almacenar cable metálico empleado en **tareas de anclaje o remolque**. Un proceso que exige un control de los valores de tiro para garantizar la seguridad y el correcto funcionamiento.

El objetivo del piloto es obtener de forma precisa la tensión en el cable de un winche de tiro sin necesidad de sensores permanentes especializados, utilizando únicamente los sensores habituales de la máquina.

El gemelo digital permite **estimar con precisión la tensión del cable sin sensores dedicados**, simplificando la instrumentación y mejorando el control operativo de la máquina.

## —enfoque tecnológico

El gemelo digital se apoya en un enfoque tecnológico que **combina monitorización en tiempo real mediante tecnologías IoT, modelos de simulación 1D y analítica en la nube**, integrando tanto datos reales como datos simulados. Esta combinación permite construir una réplica virtual precisa del sistema físico y estimar la tensión en el cable sin necesidad de sensores permanentes especializados, utilizando únicamente los parámetros eléctricos y las rpm del motor, garantizando así un control fiable y eficiente del funcionamiento de la máquina.

Para asegurar la fiabilidad del gemelo digital, se llevó a cabo un **proceso específico de ajuste y validación del modelo**. Con este fin, se diseñaron e instalaron de forma temporal sensores adicionales de posición y tensión, que permitieron obtener medidas reales durante la operación de la máquina.

Estos datos se utilizaron para **calibrar el modelo y establecer una correlación precisa entre la tensión real del cable y las variables que monitoriza habitualmente la máquina**, como los parámetros eléctricos y las rpm del motor.

Una vez validada esta relación, el gemelo digital es capaz de estimar la tensión del cable de forma indirecta, sin necesidad de mantener sensores especializados de manera permanente.

Este enfoque permite comparar el comportamiento real y el simulado, detectar desviaciones en el proceso de enrollado y reforzar el control del funcionamiento de la máquina en condiciones reales de operación.

## —Calibración y validación

El modelo de simulación incorpora de forma virtual todos los sensores y variables de operación, permitiendo una réplica fiel del sistema físico. La **comparación continua entre valores reales y simulados facilita la detección de desviaciones y contribuye a garantizar el funcionamiento óptimo de la máquina**, reduciendo complejidad, costes de instrumentación y dependencia de sensores especializados.



## Gemelo Digital mantenimiento predictivo para un sistema de refrigeración

Piloto Electrorayma S.L. y Universidade Portucalense

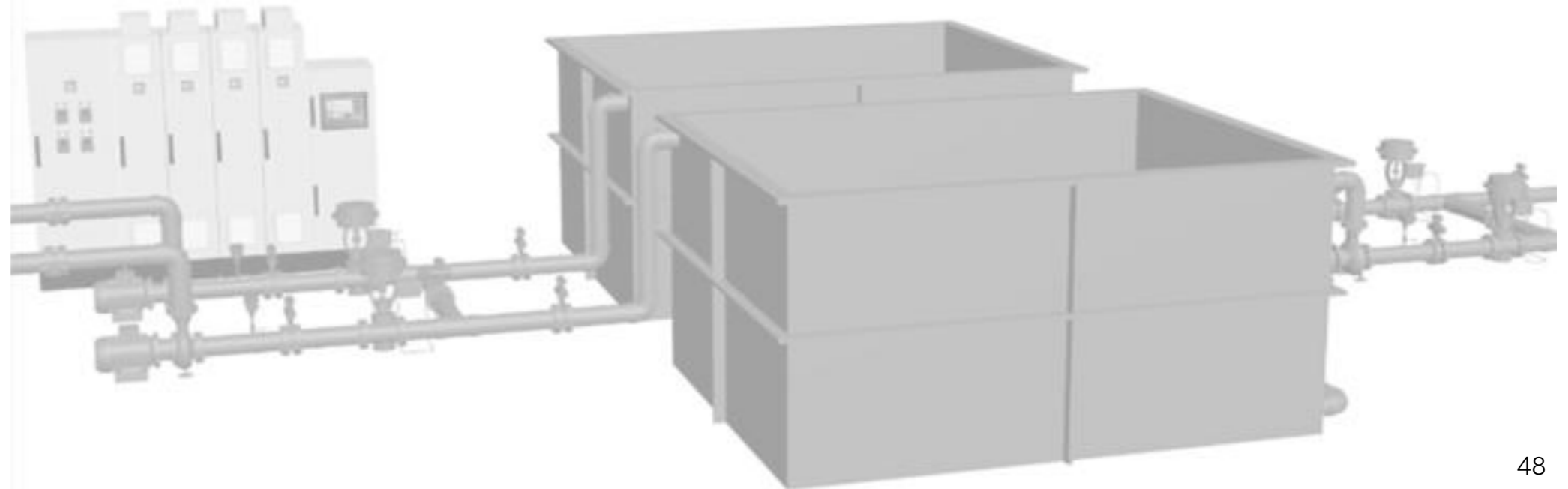


El piloto desarrollado por Electrorayma y la Universidade Portucalense se centra en el **sistema de control de agua de refrigeración de un buque**, un subsistema clave para garantizar la estabilidad térmica de motores, generadores y equipos electrónicos sensibles. Un fallo en este sistema puede comprometer directamente la operatividad general del buque, por lo que su control es una cuestión clave del proceso.

La selección de este subsistema respondió a criterios **de relevancia operativa, disponibilidad de datos y viabilidad técnica**, constituyendo un caso representativo para evaluar el potencial del **mantenimiento predictivo basado en datos**.

Su complejidad moderada permite el modelado sin las barreras propias de sistemas altamente interdependientes, al tiempo que la existencia de datos históricos de operación y mantenimiento refuerza su idoneidad.

Este piloto se plantea, además, como ejemplo de cómo las empresas **pueden identificar los equipos más relevantes de su producción** a la hora de aplicar tecnologías de gemelo digital.



El gemelo digital se apoya en la explotación de los **datos procedentes de los sensores existentes** en el sistema de refrigeración, complementados, cuando fue necesario, con la simulación de variables críticas adicionales. Los datos se sometieron a un proceso de preprocesamiento y análisis exploratorio, orientado a garantizar su calidad y a identificar patrones relevantes de comportamiento.

Sobre esta base, se desarrollaron modelos de machine learning enfocados a la predicción de fallos, empleando técnicas de regresión, redes neuronales y análisis de series temporales. La validación se realizó mediante simulaciones en distintos escenarios operativos, evaluando la capacidad predictiva del sistema antes de su despliegue.

Como complemento, se implementó una interfaz gráfica que proporciona paneles de monitorización en tiempo real y genera alertas ante posibles fallos o necesidades de mantenimiento.

### \_\_\_Enfoque tecnológico

Los resultados preliminares confirman el potencial del gemelo digital para **reducir la aparición de fallos inesperados, aumentar la vida útil de los componentes y optimizar la gestión de repuestos**, contribuyendo al mismo tiempo a una mejora de la eficiencia energética del sistema. La disponibilidad de información en tiempo real **favorece una toma de decisiones más proactiva por parte de los operadores**, reforzando una operación más segura, eficiente y sostenible.



**Comunicación**

# Visibilidad, divulgación y acciones de comunicación de proyecto

A través de las acciones de difusión implementadas, se ha logrado alcanzar a aproximadamente **322 personas**



## \_\_\_Vídeo institucional

Realización de un vídeo de presentación que aglutina y sintetiza los hitos más relevantes del proyecto, y que a su vez son narrados por los agentes que han intervenido en el mismo.



## \_\_\_Presentación de proyectos



Actos de presentación de los proyectos y de sus principales hitos, enfocados a compartir avances, aprendizajes y resultados con el sector y los stakeholders institucionales.

## \_\_\_Jornadas divulgativas



Sesiones formativas orientadas a capacitar a los profesionales del sector en tecnologías clave del Gemelo Digital, combinando contenidos técnicos, resolución de dudas en tiempo real y espacios de networking para favorecer el intercambio de conocimiento.

## \_\_\_Artículos en revistas

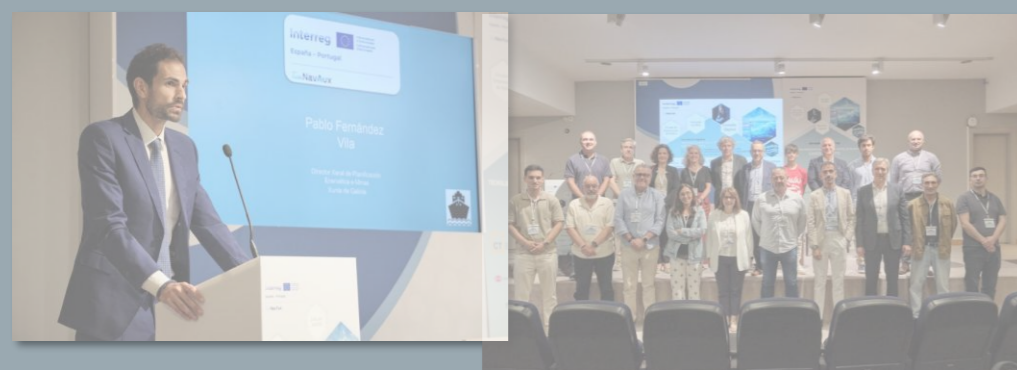
Elaboración y publicación de contenidos técnicos y divulgativos en medios especializados, contribuyendo a la transferencia de conocimiento y a la difusión de buenas prácticas en Gemelo Digital.

## \_\_\_Cooperation Day



Jornadas divulgativas celebradas en Ferrol y Porto, orientadas a divulgar los resultados de los proyectos y del apoyo financiero de Interreg entre grupos que habitualmente no tienen acceso a este tipo de conocimientos. En este caso el discurso se ha dirigido a estudiantes de grados superiores de FP de ambos lados de la frontera.

## \_\_\_Jornadas participativas



Encuentros abiertos al sector orientados al intercambio de experiencias, la reflexión conjunta y la puesta en común de casos de éxito en torno al Gemelo Digital.

## \_\_\_Difusión en RRSS

Acciones de comunicación digital orientadas a dar visibilidad al proyecto en LinkedIn, X e Instagram.

## \_\_\_Ferias y eventos sectoriales

Participación en ferias y eventos especializados para presentar el proyecto, compartir avances y resultados, y reforzar el posicionamiento del Gemelo Digital en el sector auxiliar naval.



# Metodología de evaluación de impacto

Basada en el análisis del nivel de madurez alcanzado por cada piloto, los resultados obtenidos durante su desarrollo y su adecuación a los objetivos definidos y al contexto del sector naval transfronterizo.

La metodología permite una evaluación homogénea y comparable de pilotos con distinto grado de madurez, identificando tanto impactos observados como potenciales.



El enfoque metodológico se articula en dos niveles complementarios

## Evaluación individual por piloto

Atiende al contexto específico, objetivos, alcance funcional y resultados obtenidos

## Análisis comparativo agregado

Basado en criterios homogéneos, que permite sintetizar y contrastar los impactos observados entre los distintos casos analizados.

La evaluación se articula en cuatro dimensiones comunes, aplicadas de forma homogénea a los tres pilotos:

### Requisitos y cumplimiento

Analiza el encaje normativo, ético y organizativo de los gemelos digitales, así como los principales riesgos y condicionantes para su despliegue.

### Experiencia de usuario

Recoge el valor percibido, la usabilidad de las soluciones y su impacto en los tiempos y procesos de trabajo.

### Desempeño técnico

Evalúa el grado de validación alcanzado, la precisión, la fiabilidad y el potencial de escalado de cada piloto.

### Desempeño económico

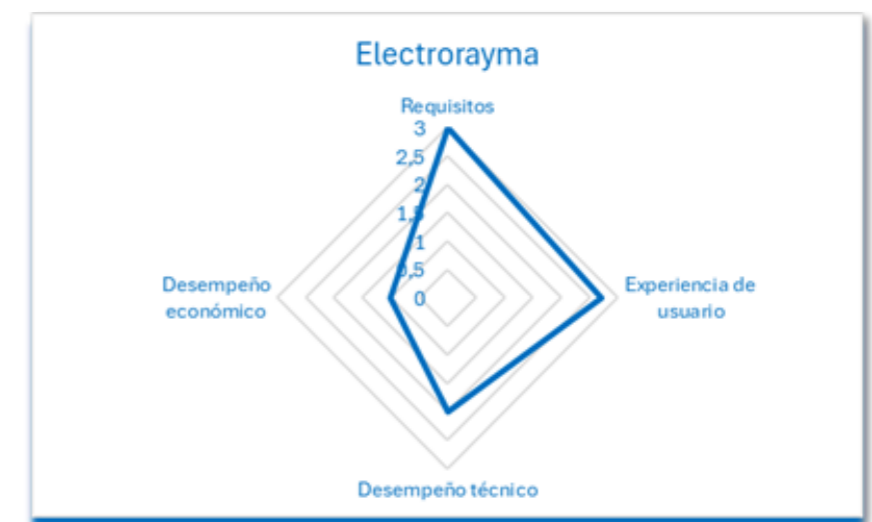
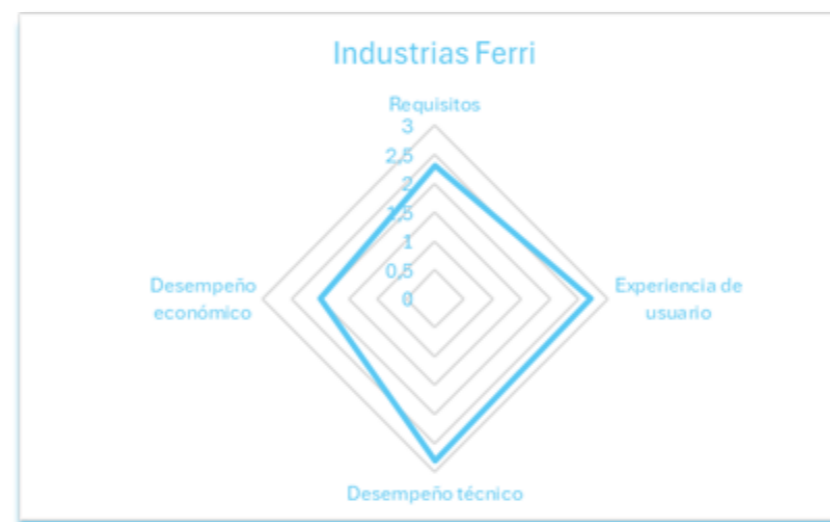
Aborda los costes asociados al desarrollo y los beneficios económicos esperados.

La evaluación se apoya en la revisión documental de los desarrollos realizados, en entrevistas y cuestionarios a las empresas participantes y en el análisis de los resultados obtenidos en entornos controlados o simulados, explicitando en todo momento los límites de la evidencia disponible.

# Análisis comparativo y conclusiones

Con el fin de sintetizar los resultados de la evaluación individual y facilitar una lectura conjunta, se ha aplicado un **sistema de scoring normalizado** que traduce las valoraciones cualitativas en una escala común. Este *scoring* no tiene como objetivo establecer un ranking entre los pilotos, sino ofrecer una visión comparativa de su desempeño en las 4 dimensiones analizadas: **requisitos, experiencia de usuario, desempeño técnico y desempeño económico**.

Resultados de la evaluación de impacto en términos de scoring



## Requisitos y cumplimiento

El análisis comparativo muestra que los tres pilotos presentan **un alto grado de cumplimiento normativo y ético**, sin barreras relevantes en materia de protección de datos o legislación laboral. No obstante, se observan diferencias en el estado regulatorio y en las necesidades de certificación de cara a su futura implantación comercial.

## Experiencia de usuario

En términos de **experiencia de usuario**, los resultados son positivos en los tres casos, destacando el valor aportado en seguridad, comprensión del sistema, apoyo al mantenimiento y diferenciación del producto.

## Matriz de impacto y viabilidad

A partir de una **matriz de impacto y viabilidad** se sintetiza el valor generado por cada piloto y las condiciones necesarias para su implantación en entornos reales:

Los pilotos de **Ibercisa e Industrias Ferri** se sitúan en un escenario **de alto impacto y viabilidad media**, con resultados técnicos sólidos y valor operativo demostrado, condicionados principalmente por la necesidad de completar procesos de certificación.

El piloto de **ElectroRayma** se posiciona en un **escenario de alta viabilidad e impacto medio**, con una solución robusta y adaptable cuyo valor operativo deberá confirmarse mediante validación en entornos reales.

## Desempeño económico

En cuanto al **desempeño económico**, **ninguno de los pilotos presenta un retorno inmediato**, en línea con su carácter de I+D. No obstante, se identifican beneficios a medio y largo plazo en Ibercisa, un enfoque aún exploratorio en ElectroRayma y una clara aportación en reducción de riesgos, tiempos y diferenciación tecnológica en el caso de Industrias Ferri.

## Desempeño técnico

Este es el ámbito donde se observan **mayores diferencias entre los pilotos**. Ibercisa presenta resultados sólidos y validados con datos reales, con un alto impacto operativo. ElectroRayma muestra una solución técnicamente robusta, aunque su impacto es aún potencial al no haberse validado en entornos reales. El piloto de Industrias Ferri ha logrado una monitorización y modelización completas, si bien la evaluación de fallos reales requerirá una fase de operación más prolongada.

Interreg



Cofinanciado por  
la Unión Europea  
Cofinanciado pela  
União Europeia

España – Portugal

TwinNavAux

TWIN

NAVUX