



EL GEMELO DIGITAL EN EL ASTILLERO 4.0
Una perspectiva contextual: concepto, cronología y partes involucradas



Instituto de Ingeniería de España
Madrid, 7 de mayo de 2019

arecamanr@gmail.com

Navantia es el principal constructor naval español y primer empleador industrial en las provincias en las que opera



Astilleros Ría de Ferrol

Empleo: 14.340

- Ferrol
- Fene

- Directos: 2.035
- Externalizados: 1.726
- Indirectos: 10.579

Actividades

- Construcción militar y civil
- Reparaciones
- Turbinas



Navantia

Empleo: 34.695

- Directos: 4.934
- Externalizados: 3.777
- Indirectos: 25.548

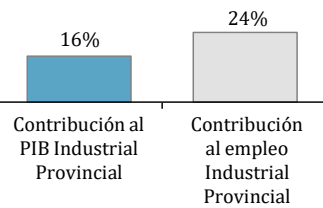
Centro Corporativo Madrid

Empleo: 1577

- Directos: 259
- Indirectos: 1.318

Actividades

- Ingeniería, Programas, Compras, Comercial
- Áreas corporativas



Astilleros Bahía de Cádiz

Empleo: 11.125

- San Fernando
- Puerto Real
- Cádiz
- Rota

- Directos: 1.535
- Externalizados: 1.465
- Indirectos: 8.125

Actividades

- Construcción militar y civil
- Reparaciones
- Sistemas de combate



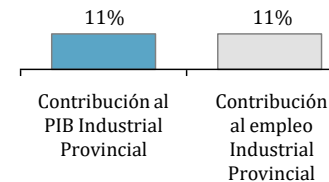
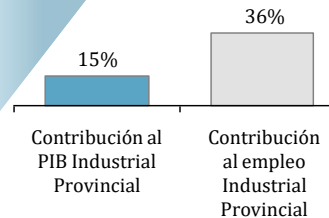
Astillero Dársena de Cartagena

Empleos: 7.217

- Directos: 1.105
- Externalizados: 586
- Indirectos: 5.526

Actividades

- Construcción militar (submarinos)
- Reparaciones
- Motores



El gemelo digital en el Astillero 4.0

Los buques de guerra son los productos principales de Navantia



FRAGATA-DESTRUCTOR

> 6 000 t de desplazamiento

600 espacios

250 sistemas

25 000 tubos

450 000 m. cable eléctrico/fibra óptica

12 500 equipos eléctricos

50 000 señales

650 proveedores directos

1,5 millones de horas de ingeniería naval

4,5 millones de horas de producción

El gemelo digital en el Astillero 4.0

Los buques de guerra son productos de complejidad extraordinaria

Submarine Complexity

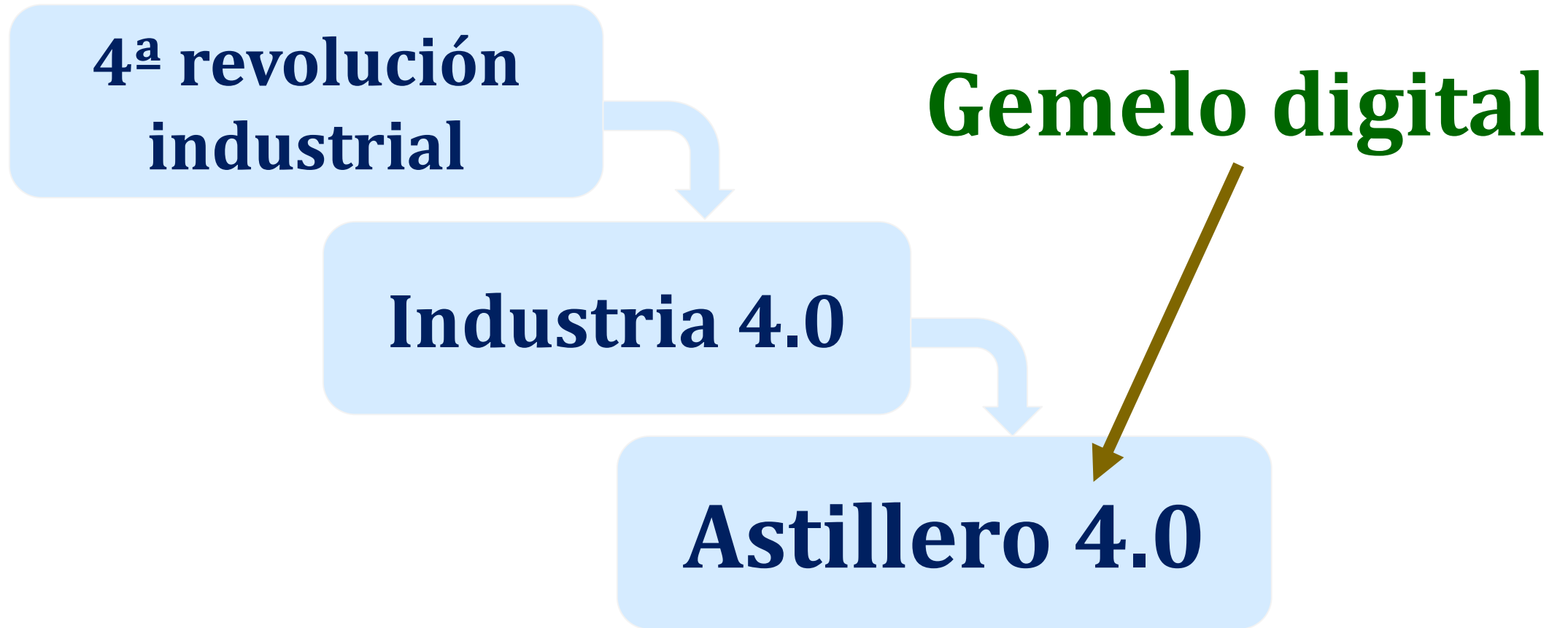
The Collins Class submarines are complex military vessels. Over 33,000 drawings and 5,000 work orders were produced before the Collins Class submarine build process even began, and once work commenced, each submarine took 2.5 million hours to assemble.

Relative Complexity of Submarines



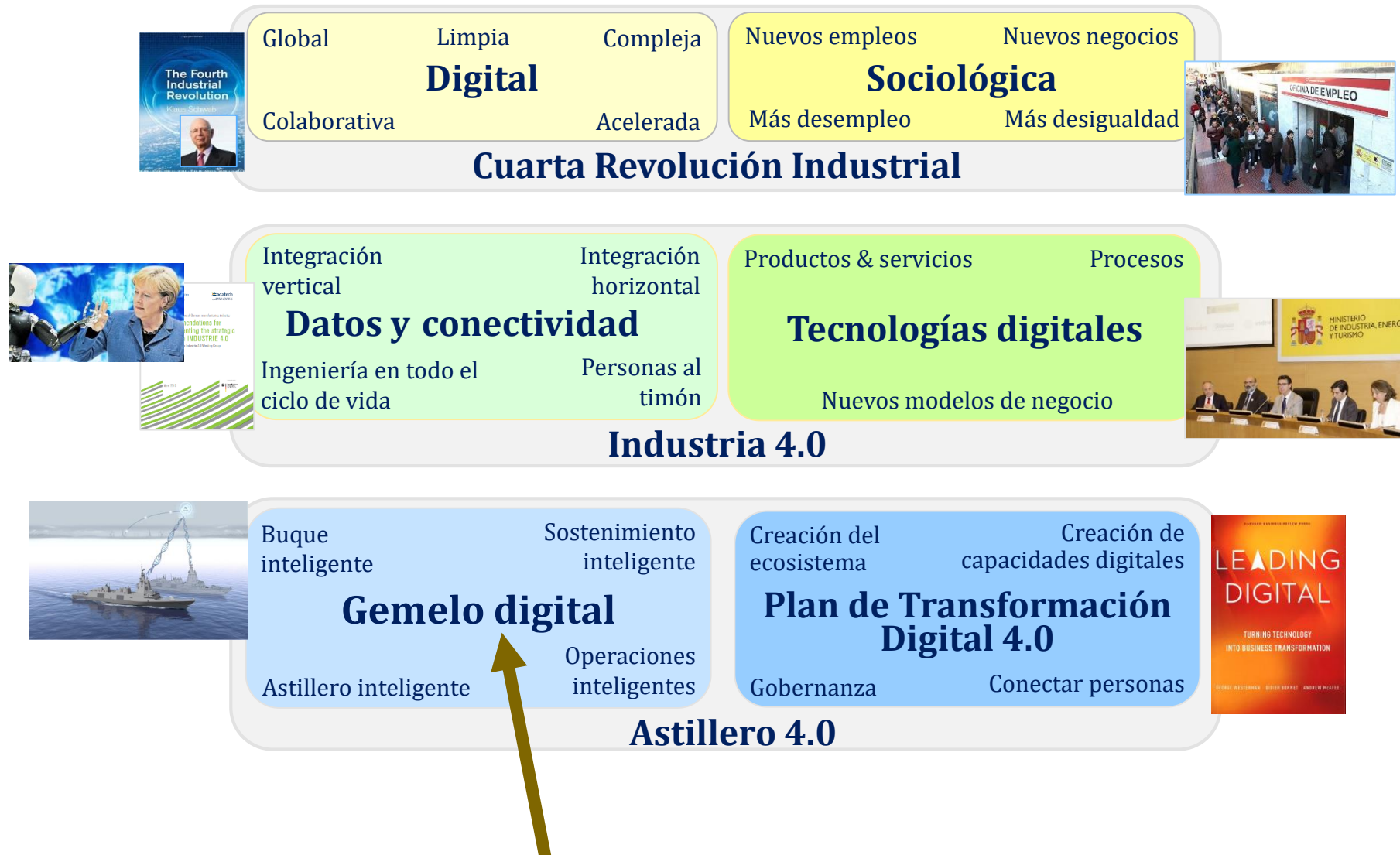
Platform Complexity Metrics	Battle Tank	Boeing 777	Frigate	Collins Class Submarine
Weight (tonnes)	30	250	3,600	3,000
Length (metres)	7	60	118	78
Number of systems	25	40	60	108
Number of suppliers	600	550	600	1,600
Crew size	4	10	163	43
Number of parts to assemble	14,000	100,000	170,000	500,000
Number of person hours to assemble	5,500	50,000	1,200,000	2,500,000
Construction time (months)	7	14	22	60
Price (AUD \$M)	4	300	600	1,000

El gemelo digital es clave de bóveda del Astillero 4.0



Marco general

El gemelo digital es clave de bóveda del Astillero 4.0



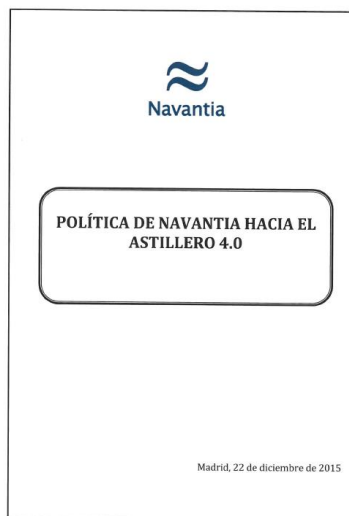
El gemelo digital en el Astillero 4.0

Hitos relevantes en la evolución del Astillero 4.0

Arranque de Astillero 4.0 en la Convención interna celebrada en Los Peñascales en diciembre de 2014



Presentación pública en la Semana Naval de la Armada de septiembre de 2015



Establecimiento de la *Política hacia el Astillero 4.0* en diciembre de 2015



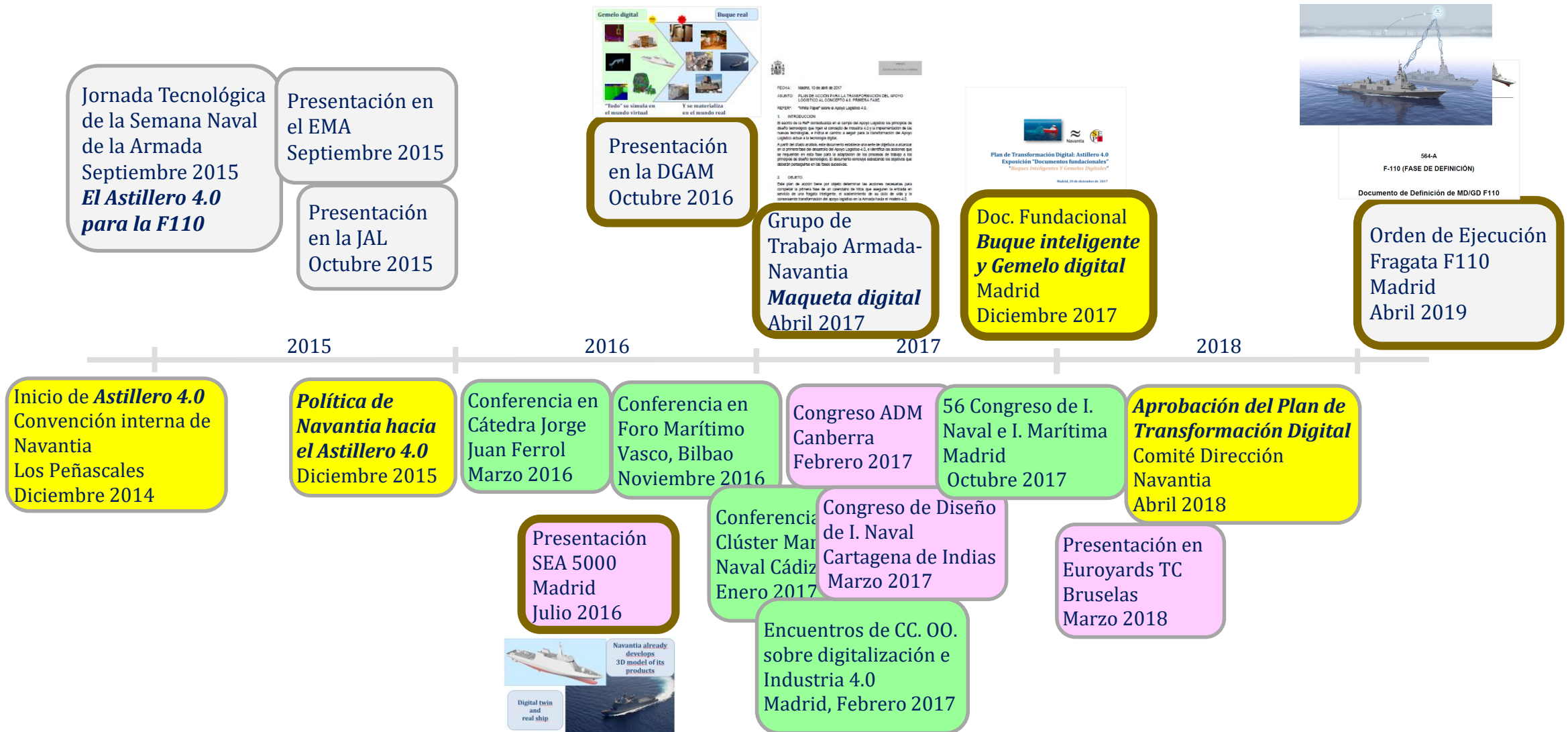
El Astillero 4.0 es uno de los tres pilares del *Plan Estratégico* de Navantia firmado en diciembre de 2018



La *Orden de Ejecución* de las fragatas F110 (4318 M€) firmada el 23 de abril de 2019 es la primera que contiene requisitos de gemelo digital

El gemelo digital en el Astillero 4.0

Evolución y difusión del gemelo digital - Cronología



Marco conceptual

El gemelo digital es clave de bóveda del Astillero 4.0



Las tecnologías digitales del Astillero 4.0 convergen en el gemelo digital

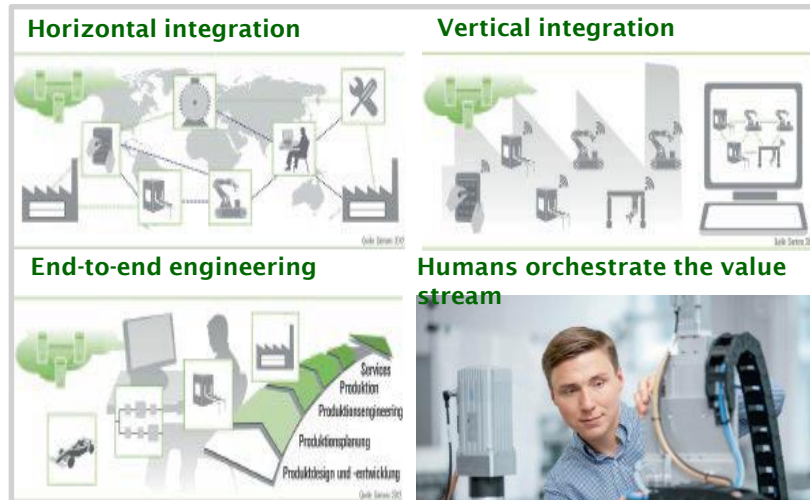
Las tecnologías digitales son asequibles, la clave para su uso está en las personas, en las organizaciones

Marco conceptual

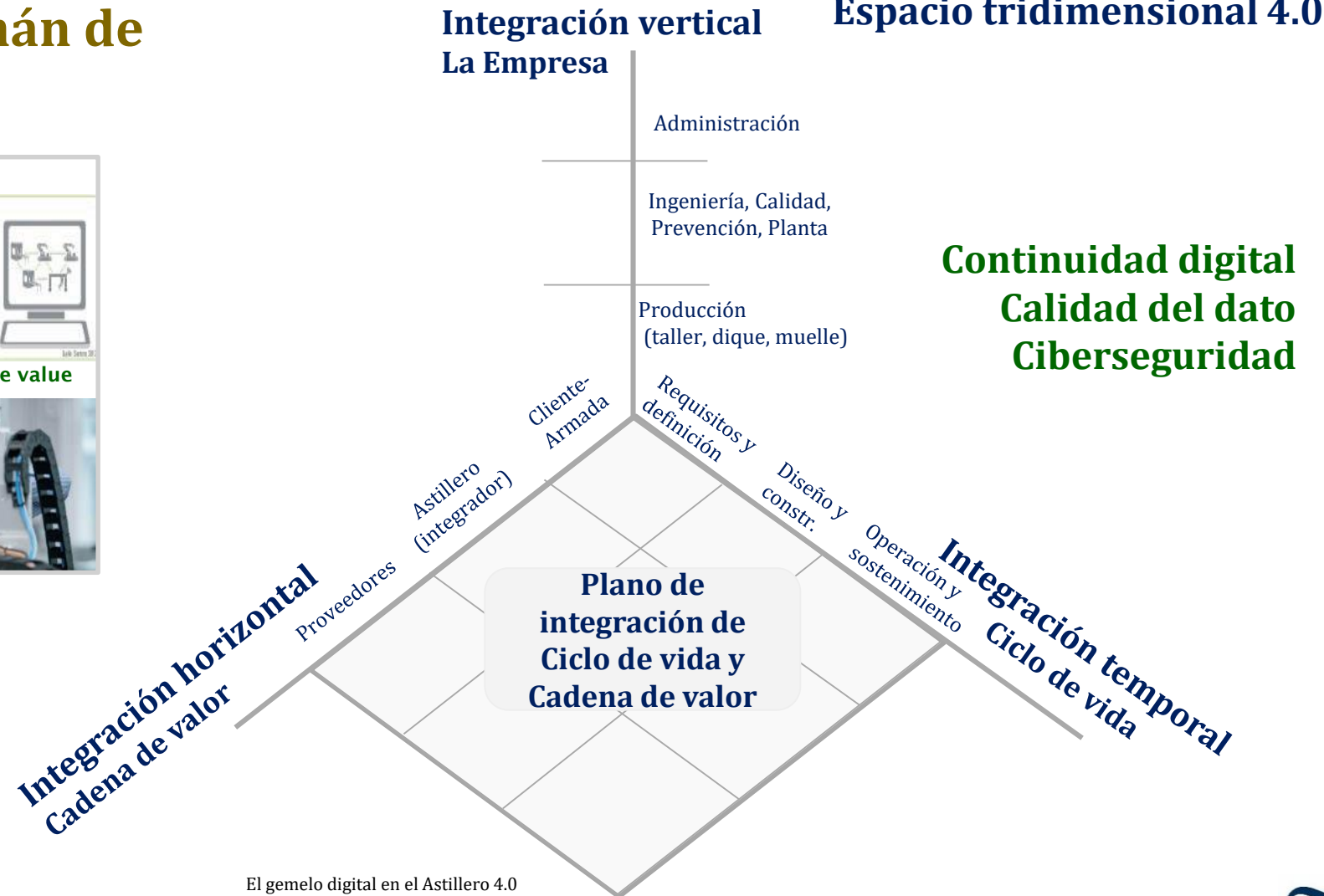
El gemelo digital es clave de bóveda del Astillero 4.0



Navantia ha adoptado el modelo alemán de Industria 4.0



Integración digital
Espacio tridimensional 4.0



Marco conceptual

Referencias fundamentales del gemelo digital

Like an avatar for the actual product, the digital twin allows the company to visualize the status and condition of a product that may be thousands of miles away



A Digital Twin is an integrated multiphysics, multiscale, probabilistic simulation of an as-built vehicle or system

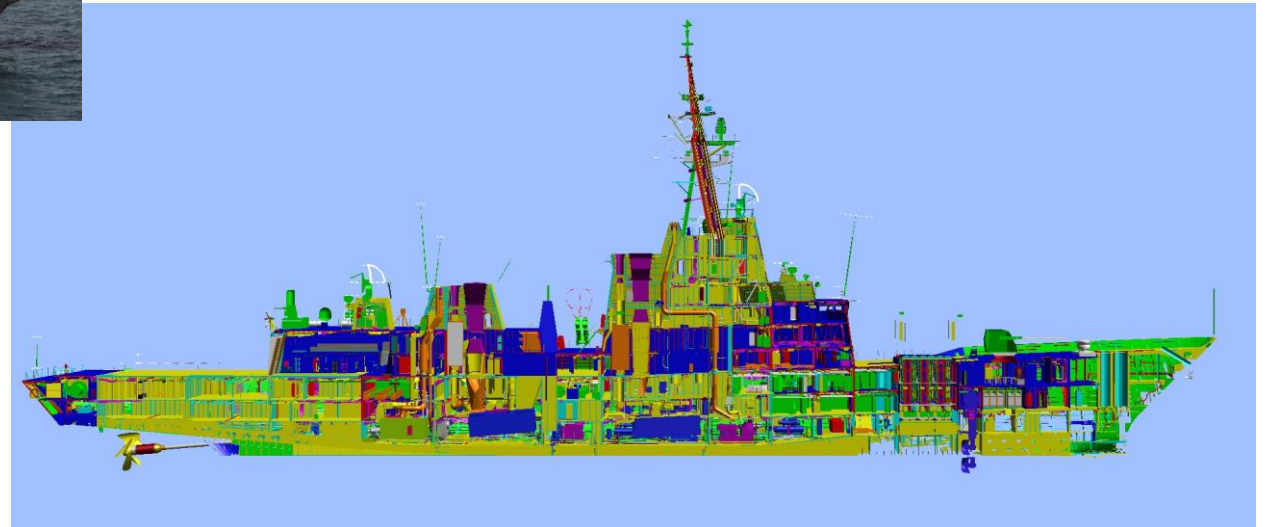
Marco conceptual

El gemelo digital componente del dúo BI-GD



No existe un gemelo digital como no sea hermano de un buque inteligente

La maqueta digital es solo el primer componente del gemelo digital



Marco conceptual

Definiciones

Gemelo digital

Es una réplica digital multifísica de alta resolución y fidelidad de un elemento o sistema inteligente real que caracteriza su condición material, funcionalidad, prestaciones y comportamiento ante las solicitudes de su entorno en cada momento a lo largo de su ciclo de vida. Esta caracterización deriva de la integración de la información real, la registrada históricamente y la obtenida por modelos predictivos, siendo su fin último la creación continua de valor del sistema binario ciberfísico BI-GD al que pertenece.



Plan de Transformación Digital: Astillero 4.0
Exposición "Documentos fundacionales"
"Buques Inteligentes Y Gemelos Digitales"

Madrid, 20 de diciembre de 2017



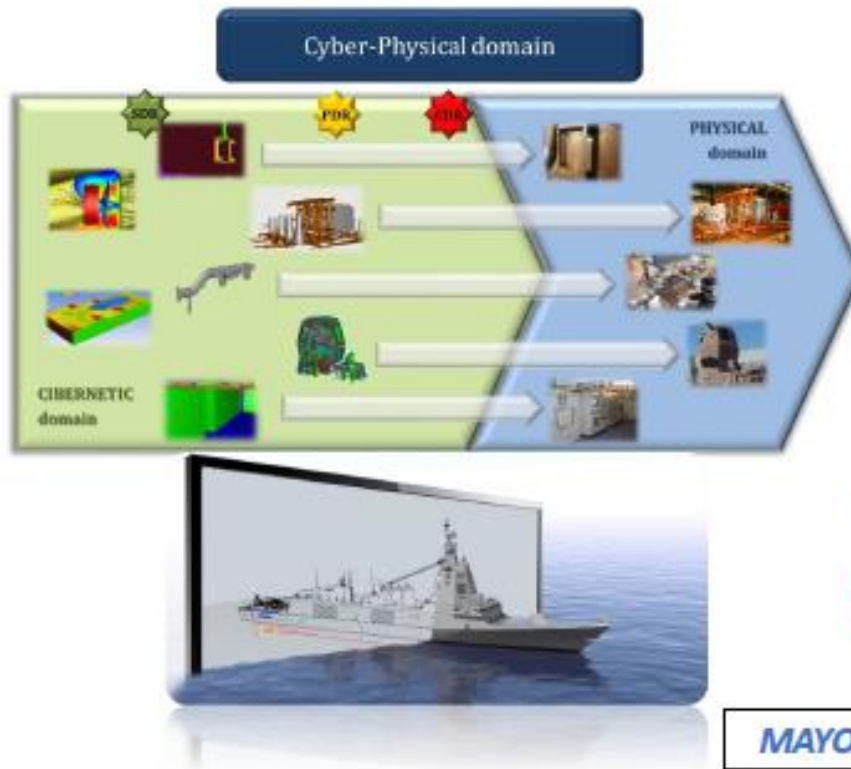
Buque inteligente

Está integrado por sistemas y componentes inteligentes que dispone de los medios tecnológicos para sensar, procesar y transmitir la información relevante hacia los sistemas ciberfísicos BI-GD y PI-GD con objeto de mejorar la eficacia y seguridad en la construcción, operación y sostenimiento.

Marco conceptual

Definiciones

Gemelo Digital – Construye – Valida – Despliega - **Explota**



INGENIERIA E2E (EXTREMO A EXTREMO)
BUQUE COMO ACTIVO PARTE DE UN SISTEMA DE SISTEMAS (SoS)

SU EXPLOTACION POTENCIA LAS DECISIONES HUMANAS

- ⇒ Operación Segura y Eficiente
- ⇒ Máxima capacidad operativa
- ⇒ Monitorización y gestión del estado de Salud
- ⇒ Respeto medioambiental
- ⇒ Control Remoto / Autónomo

MEJORA DE LAS OPERACIONES

⇒ GD/Plataforma Inteligente de Producto/Planta/Base
CADENA DE SUMINISTRO Y OTROS AGENTES DE INTERES



MAYOR APORTACION DE VALOR AL PRODUCTO Y SU SERVICIO

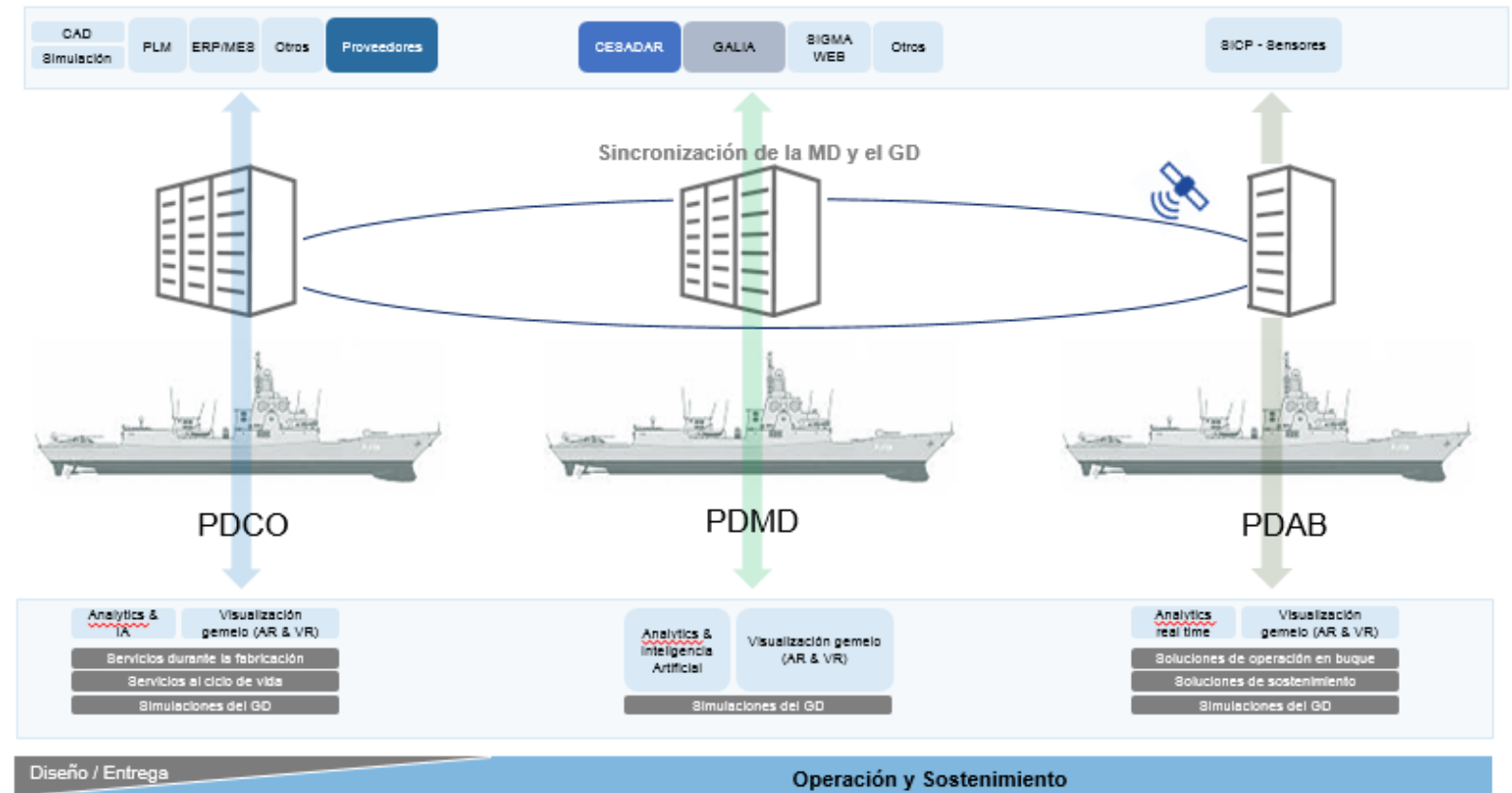
Gemelo digital de la fragata F110

El gemelo digital de la fragata F110 es un mundo de información compartida



La Orden de Ejecución de las fragatas F110 conteniendo requisitos de gemelo digital se firmó el 23 de abril de 2019

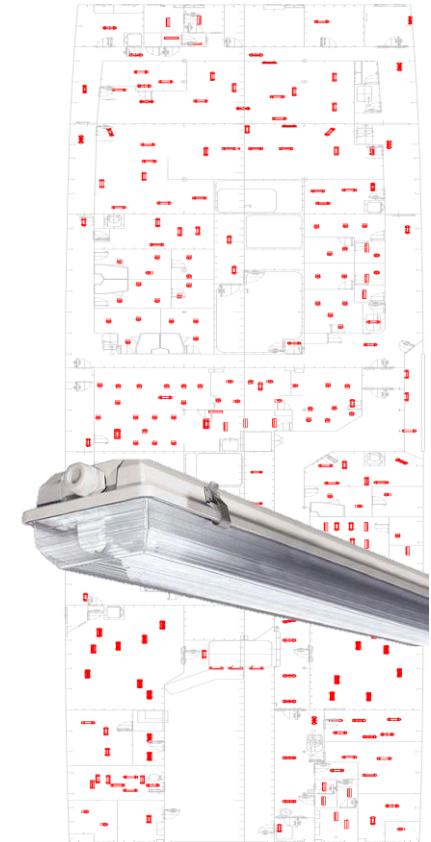
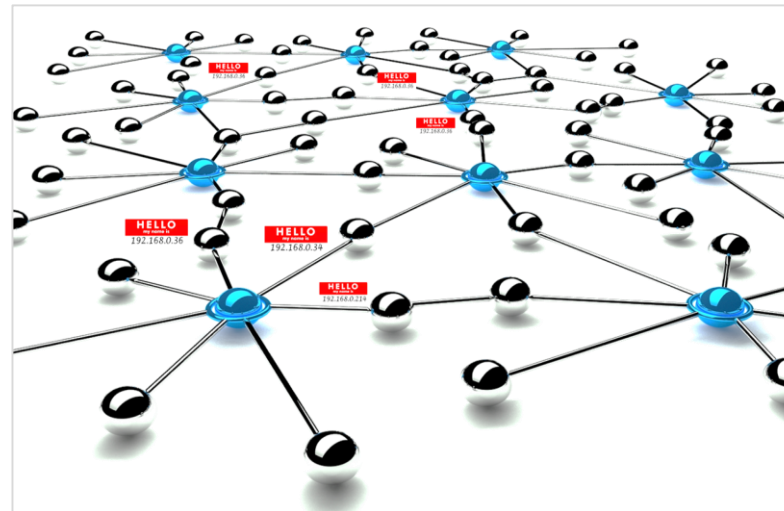
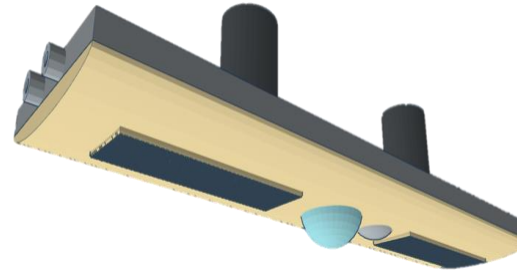
Infraestructura



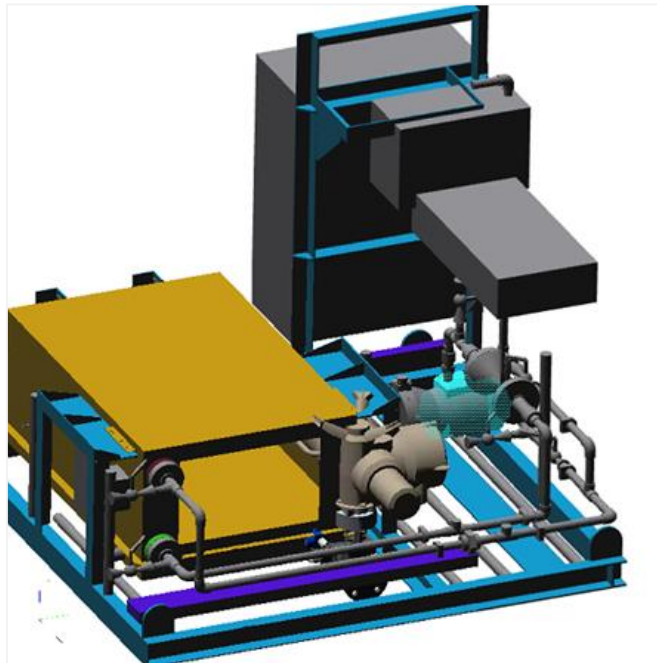
La fragata F110 buque inteligente



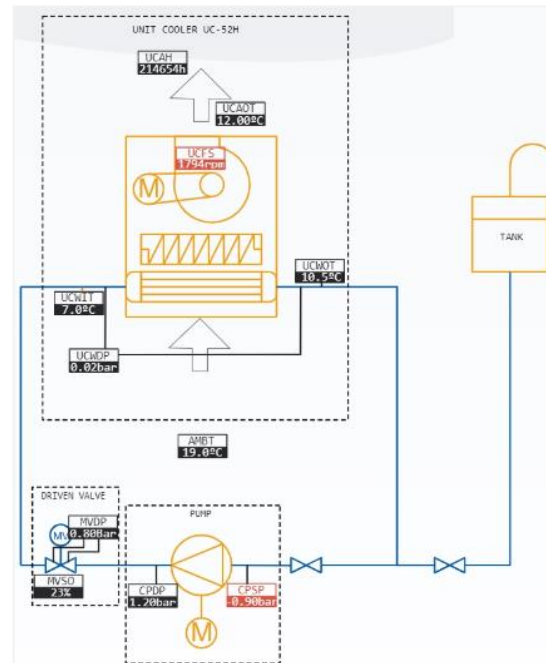
El Sistema de Servicios Integrados SSI proporciona la conectividad interna del buque inteligente



Primer piloto del gemelo digital del buque inteligente F110



Modelo geométrico



Modelo funcional

PARTICIPANTES PRINCIPALES

Azcue (Bomba)

CT Ingenieros (Ingeniería de detalle)

Elinco (Cuadro eléctrico/arrancador)

Fernández Jove (Válvula)

Frizonia (Enfriador)

Navantia – Sistemas (Control)

PTC (Thingworx)

UMI UDC-Navantia (Fase 2)

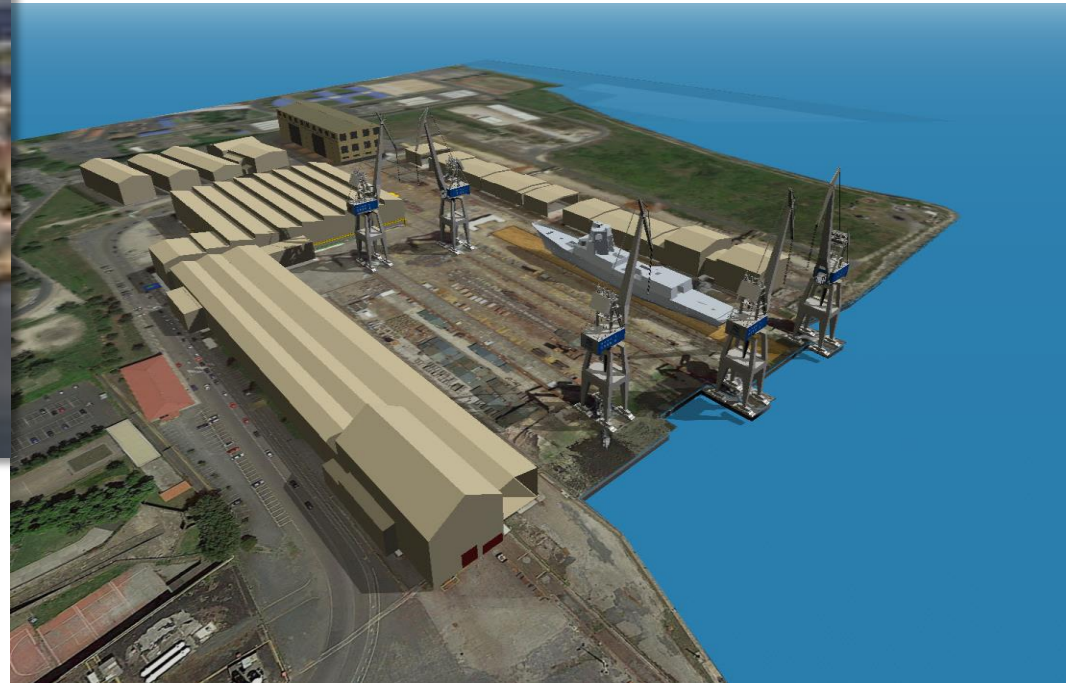
Modelo colaborativo

Marco conceptual

El gemelo digital componente del dúo AI-GD

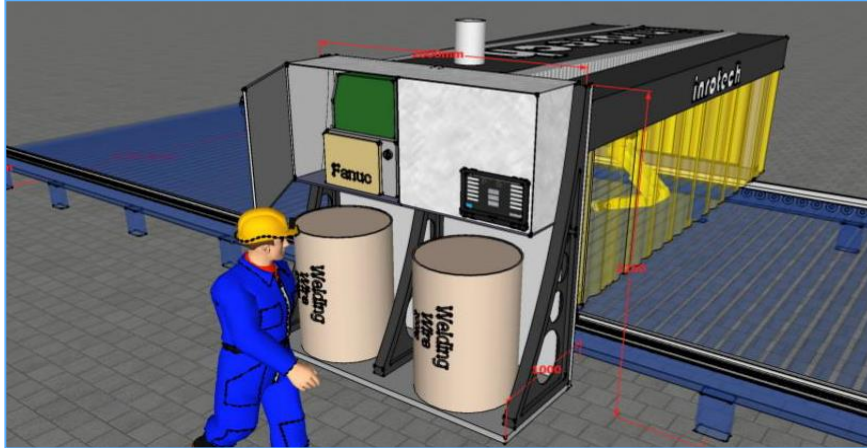


Astillero inteligente y su gemelo digital



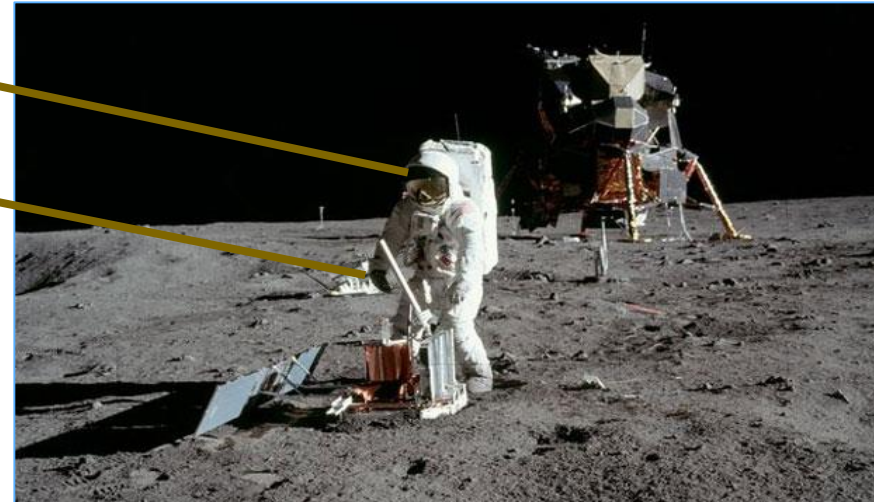
Marco conceptual

El gemelo digital de las personas en el Astillero 4.0



Gemelo digital de las personas

Hoy una persona lleva encima más capacidad TIC que el Apolo 11



El gemelo digital en el Astillero 4.0

La colaboración es el reto principal del Astillero 4.0



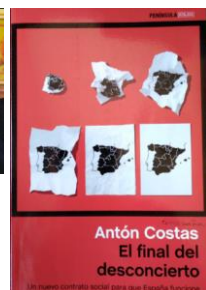
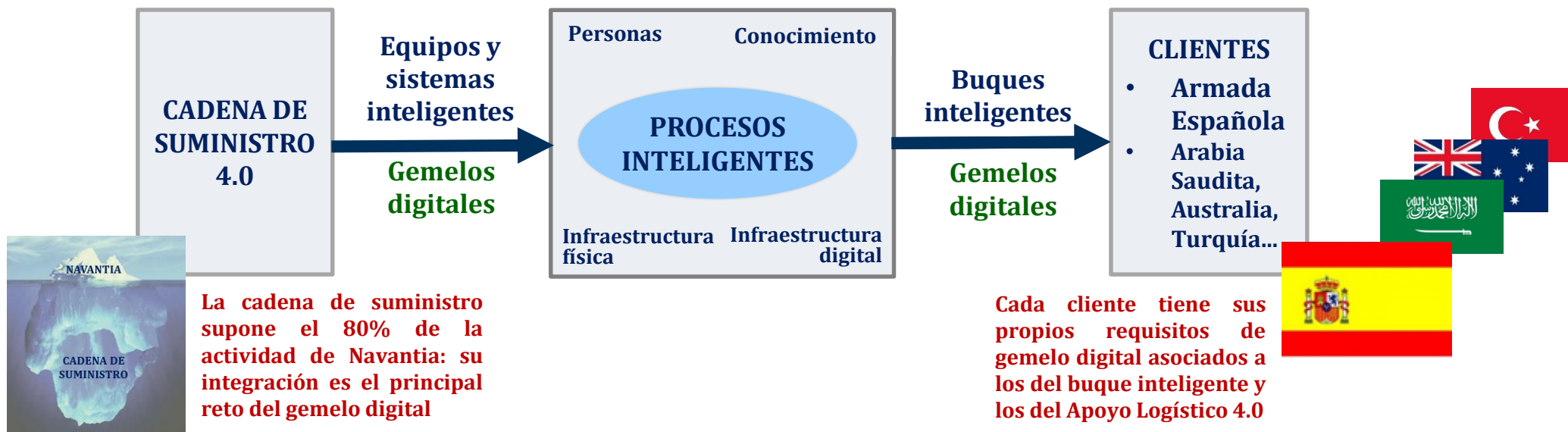
*Yes we can,
pero no solos*

Queremos un PACTO 4.0



El gemelo digital en el Astillero 4.0

La colaboración es el reto principal del gemelo digital



El tamaño medio de la empresa española es la restricción más importante al que se enfrenta la economía española...

¿también el gemelo digital?

El gemelo digital es parte esencial del Plan de Transformación Digital de Navantia

