

Los Digital Twins y el poder de los datos

Miguel Ángel Galicia Celemín – Industry 4.0 Product Manager

25.02.2026



Un poco sobre mi...



🚗 Comencé mi trayectoria profesional en el **Grupo Renault**, optimizando líneas de producción de motores. Hoy, en **Telefónica Tech**, como **Product Manager**, mi día a día consiste en ayudar esas empresas en su digitalización y en la integración de las tecnologías de la **Industria 4.0**.

🎓 Soy **Ingeniero de Organización Industrial** (grado por la Univ. Valladolid y Máster por la UPM). Pero **nunca he dejado de aprender**, formándome especialmente sobre **Negocios (MBA)** e **IA Generativa aplicada**.

Un poco de historia...

“Houston, tenemos un problema”

La NASA, en los años 70, fue la primera organización en crear **simulaciones sobre el comportamiento de las naves** o equipamientos para asegurar la viabilidad y seguridad de sus misiones de exploración espacial.

En estas misiones cada nave/cápsula en el espacio se replicaba exactamente en una versión terrestre. **El control de la misión simulaba sobre esta última cualquier problema** que pueda surgir en la que está en el espacio para averiguar rápidamente cómo corregirlo.

CC 13, we've got one more item for you, when you get a chance. We'd like you to stir up your cryo tanks. In addition, I have shaft and trunnion --

CMP Okay.

CC -- for looking at the Comet Bennett, if you need it.

CMP Okay. Stand by.

LMP Okay, Houston --

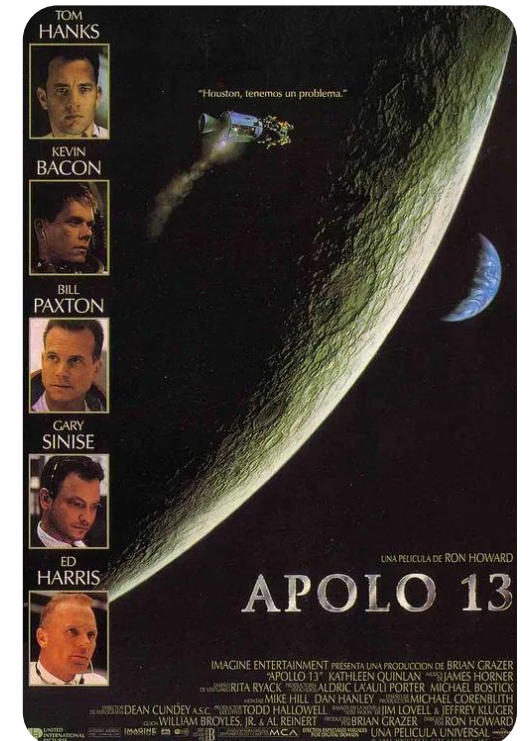
CDR I believe we've had a problem here.

CC This is Houston. Say again, please.

CDR Houston, we've had a problem. We've had a MAIN B BUS UNDERVOLT.

CC Roger. MAIN B UNDERVOLT.

CC Okay, stand by, 13. We're looking at it.





¿Qué es un Digital Twin?

¿Qué es un Digital Twin?

“Digital Twin” o Gemelo digital: El espejo del mundo físico

“Un **Digital Twin** o **Gemelo Digital** es un **modelo virtual** (o virtualización) que **replica** el comportamiento de un **activo** (objeto, producto, servicio...), **sistema o múltiples sistemas** (existentes o potenciales) del mundo real”

El gemelo digital **se alimenta** de los **datos** recibidos para **poder realizar simulaciones, optimizar el proceso** de toma de decisiones y **orquestrar su funcionamiento** (maquinaria, operarios, materiales, etc.).

El **Gemelo Digital** puede **proporcionar** nuevas perspectivas (**insights**) sobre el **diseño, la fabricación, la operación** y los servicios asociados al Gemelo real.

- Puede utilizarse para realizar **predicciones what-if** de procesos de producción con el fin de avanzar en las decisiones de optimización, evitando así incluso paradas de fabricación.
- Mediante la **monitorización y gestión en tiempo real**, puede analizar su reacción real ante determinadas situaciones, aprendiendo a mejorar su rendimiento y eficacia de operación y reacción ante las mismas.



Principales Vendors de digital twin:



¿Cómo funciona?



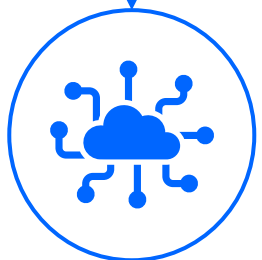
¿Cómo funciona?

Sentir, pensar, actuar



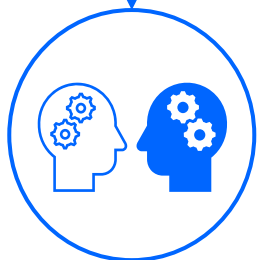
Sentir

A través de sensores, se recogen datos en tiempo real



Pensar

Análisis de datos, obtención de conclusiones y aprendizaje continuo



Actuar

Soluciona incidencias, propone optimizaciones, predice operaciones

Se recopilan datos, tanto del activo/proceso objeto del digital twin, como de su entorno.

- Estos **datos** pueden ser **relativos a**: ciclo de vida de un producto, sus especificaciones de diseño, sus procesos de producción, información de ingeniería, de producción (incluyendo materiales, piezas, métodos y control de calidad).
- La cantidad de datos que recoja determinará también con qué precisión el modelo digital simula la versión física: **Cuanta más información se recopile del producto, servicio o proceso en estudio, el modelo será capaz de entregar predicciones más confiables.**
- Es importante que la recopilación de estos **datos** se produzca con la frecuencia suficiente y necesaria, es decir, los datos deben de ser variables, llegando incluso a transmitirse **en “tiempo real”**.
- Las **fuentes de obtención de** estos **datos** pueden ser IT, u OT (sensores IoT conectados, cámaras, drones, robots cuadrúpedos...)

¿Cómo funciona?

Sentir, pensar, actuar



Sentir

A través de sensores, se recogen datos en tiempo real



Pensar

Análisis de datos, obtención de conclusiones y aprendizaje continuo



Actuar

Soluciona incidencias, propone optimizaciones, predice operaciones

Se analizan y procesan los datos para conformar el **Gemelo Digital** propiamente dicho.

- **Los datos** recogidos **alimentan un modelo matemático/computacional** que replica el comportamiento del original.
- Este modelo suele estar **alojado en la nube (cloud)**, lo que habilita una gran capacidad de cómputo disponible.
- **Este modelo, gracias a la Inteligencia Artificial y al Machine Learning, “aprenderá” continuamente.**
- A su vez, con el fin de facilitar la comprensión de los resultados arrojados, el modelo puede conectarse a una **maqueta digital** (representaciones **CAD, 2D, 3D...**) y/o Realidad Extendida (**Realidad Aumentada, Virtual...etc**).

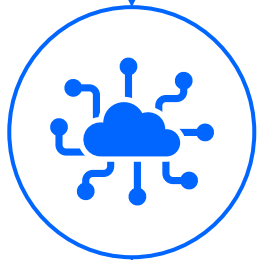
¿Cómo funciona?

Sentir, pensar, actuar



Sentir

A través de sensores, se recogen datos en tiempo real



Pensar

Análisis de datos, obtención de conclusiones y aprendizaje continuo



Actuar

Soluciona incidencias, propone optimizaciones, predice operaciones

El modelo generado puede ser utilizado para diferentes **casos de uso**, dependiendo de la necesidad concreta:

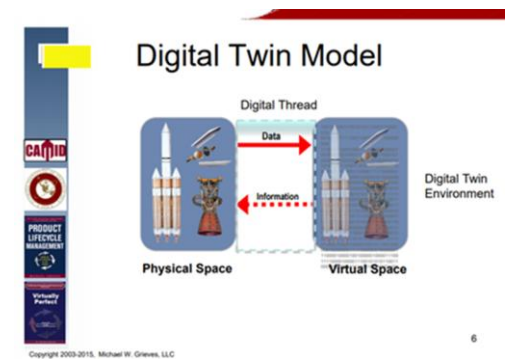
- **Predicción:** Predecir el comportamiento y estado futuro de sistemas completos (como una parte o la totalidad de una fábrica, edificio, parque eólico o ciudad) utilizando datos actuales y registros relevantes del historial operativo.
- **Simulación:** Recrear simulaciones que predicen los efectos y comportamientos de ese objeto/proceso en escenarios hipotéticos (simulaciones de fábrica antes de la apertura o la implementación de cambios significativos, la simulación de la red ferroviaria o la simulación del tráfico...).
- **Mantenimiento:** garantizan la eficacia operativa de un sistema, ayudando al personal de mantenimiento durante las paradas programadas o las tareas de reparación, proporcionándoles información detallada sobre el activo físico o el sistema.
- **Visualización:** visualizar un sistema mediante elementos visuales 3D (a menudo utilizando dibujos CAD) que ayudan a crear una mejor transparencia.
- **Interoperabilidad de activos:** permiten la extracción en tiempo real de datos de activos en diversas dimensiones, incluyendo características, propiedades, estados, parámetros, datos de medición y capacidades.
- **Simulación de prototipo:** simular diferentes diseños de un posible producto futuro antes de su fabricación, eliminando así la necesidad de construir prototipos y permitiendo la prueba rápida de miles de variaciones del producto.



Digital Twins en Industria

Origen y casos de uso de los Digital Twins en Industria

El concepto de gemelos digitales se atribuye a David Gelernter y a su libro "Mirror Worlds", pero fue **Michael Grieves**, del Instituto de Tecnología de Florida, quien **lo aplicó al concepto de fabricación en 2002**.



Los principales tipos/casos de uso de Digital Twins en Industria son:

- **Digital twin de línea/proceso productivo:** modelado digital de líneas y activos, construyendo una fábrica (o red de fábricas) virtual en paralelo que permite reducir tiempos de paro e inactividad.
- **Digital Twin de flujos logísticos:** campos de prueba virtuales (2D/3D), optimizando rutas, AGVs, robots y operarios, gestionando flotas de contenedores, monitorizando envíos o el diseño de grandes sistemas logísticos.
- **Digital Twin de prototipos:** Valida el diseño de un prototipo virtual de un producto o una máquina en diferentes entornos antes de su propia fabricación. Permite reducir los defectos del producto, mejorando la planificación y su entrega, además de la calidad del mismo.



Demo: Digital Twin de un proceso de fabricación aditiva con un brazo robótico

El objetivo de la demo es mostrar los beneficios de un proceso de fabricación sincronizado en tiempo real con su representación digital y monitorizado por un dashboard de control: aumento de la eficiencia, ahorros CO2, ahorro energético en la operación, reducción de materiales de deshecho.

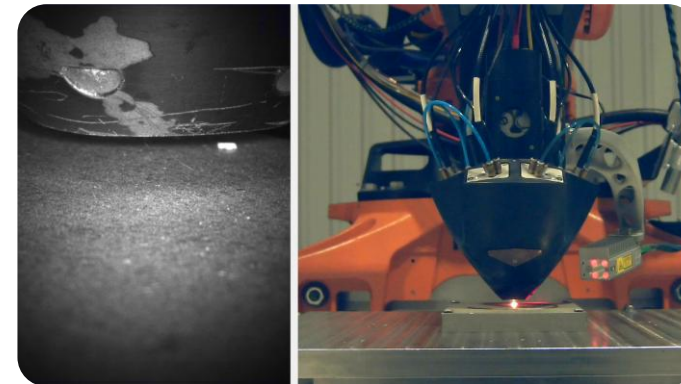
Funcionamiento:

• Modo “Control”:

El gemelo digital replica en tiempo real el funcionamiento del proceso real.

• Modo “Simulación”:

- El gemelo digital **simula cómo afectaría una modificación** del parámetro “**velocidad del brazo del robot**” al resto de parámetros medidos (piezas fabricadas/hora, piezas defectuosas/hora, índice de calidad...)
- **Existirá una velocidad óptima** a partir de la cual los parámetros irán empeorando.
- **Puesto que es una simulación, el brazo robótico real no se ve afectado** por las modificaciones que realicemos en este modo.



1

Modo “Control”

2

Modo “Simulación”



Digital Twin de una fábrica: Producción de acero



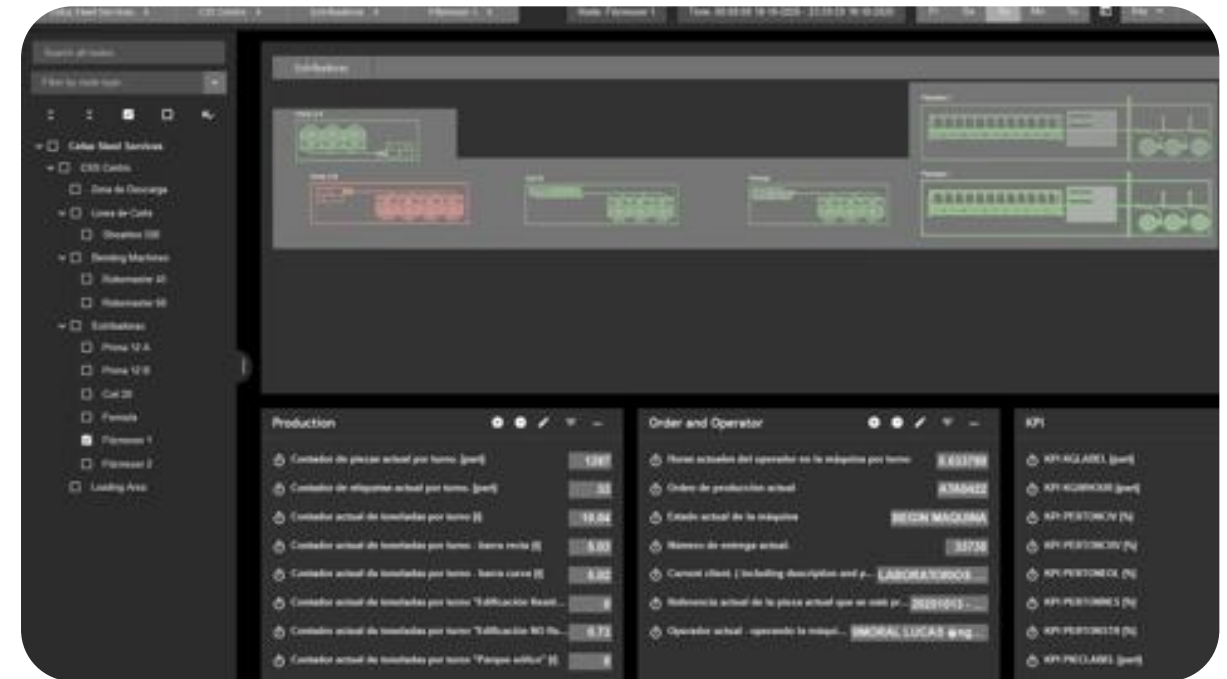
Gemelo digital flexible y escalable, que permite **validar nuevos escenarios de producción** sin alterar el proceso de fabricación existente y tomar **decisiones** más seguras **basadas en datos fiables** en tiempo real.

Solución:

- Obtención de **datos históricos y actuales** a través del software MES (estado de las máquinas, información de pedidos, posicionamiento de activos, valores de proceso...).
- Creación de una **réplica** virtual de los elementos **del proceso**: grúas, operarios, materiales, etc.
- **Predicción** de los procesos de **producción, evitando paradas no programadas** en la fabricación. Herramientas para **informes de validación de KPIs**.

Beneficios:

- **Supervisión del proceso productivo en tiempo real.**
- **Reducción** de los **costes** operativos, **mejora continua** del proceso de producción, y **mayor eficiencia y productividad.**



Proyecto europeo Horizonte 2020 «IoTDigitalTwin»

Digital Twin de una fábrica: Producción de vehículos



Virtualización completa de su fábrica en Barcelona y su conexión con 5G para mejorar el proceso de toma de decisiones.

Solución:

- **Conexión** de la maquinaria industrial **vía 5G** para capturar datos en tiempo real.
- Procesamiento de los datos generados y alimentación del modelo virtual (**gemelo digital**) de toda la fábrica.
- Realización de **simulaciones del proceso** productivo, **optimización** de la toma de **decisiones** y **orquestración** del funcionamiento de **toda la fábrica**.

Beneficios:

- **Baja latencia** en las comunicaciones (intercambio de datos en **tiempo real**) y **ausencia de cables** gracias al 5G.
- **Mejora en la toma de decisiones** gracias a la búsqueda ágil y precisa de los mejores escenarios posibles.



Primera fábrica digitalizada con 5G en España para procesos industriales.

Digital Twin para visualización de un puerto en tiempo real



Interconexión de grúas, vehículos y empleados mediante la fusión de diferentes tecnologías avanzadas de **comunicación y localización**, con el objetivo de **mejorar la seguridad portuaria**.

Solución:

- Todos los **agentes implicados** (grúas, vehículos, empleados...), **registran su posición** con gran precisión mediante unidades de comunicación.
- Un **Sistema de Transporte Inteligente Cooperativo (C-ITS)**, procesa la información y **permite la coordinación del tráfico** portuario entre las distintas partes implicadas.
- Un **sistema de alarma avisa** a los conductores de grúas, camiones y personal a pie **de una posible colisión** con elementos fijos y móviles, y envía una **notificación instantánea** a un **centro de control en caso colisión**.

Beneficios:

- **Mayor seguridad en el tráfico portuario**, minimizando los accidentes tanto entre elementos móviles como entre elementos móviles y fijos.
- **Mayor eficiencia en la toma de decisiones** gracias a la supervisión en tiempo real de la terminal.



Visión 0: 0 accidentes, 0 víctimas mortales

Digital twin de flujos logísticos de AGVs



Desarrollo e implementación personalizada de un gemelo digital para la **optimización de los flujos logísticos de AGVs**.

Solución:

- Adquisición y **captura de datos históricos y en tiempo real** de **sensores, AGVs, empleados** conectados y **rutas** del sistema MES/SCADA.
- **Procesamiento y tratamiento** de dichos datos y virtualización (creación del Digital Twin).
- **Simulación** del proceso para conocer el impacto logístico de **incorporar nuevos AGVs o cambiar las rutas**. Resultados e **informes** basados en **diferentes escenarios** con el fin de evaluar y verificar la eficacia de las posibles modificaciones.

Beneficios:

- Producción sin papel y totalmente digitalizada.
- Obtención del **mapa de calor** con las áreas más sensibles a los efectos logísticos.
- **Reducción del riesgo de fallos sin comprometer la producción.**
- **Optimización del número de AGVs** para cada ruta.



+ 87,5-95% OEE* (eficiencia)

+ 25% Velocidad de producción

Digital Twin de buques a lo largo de todo su ciclo de vida



Plataforma digital que facilita el **diseño, construcción y apoyo al ciclo de vida de los buques** de la Armada.

Solución:

- **Fase 1 - Prototipo: Visualización precisa de piezas virtuales en un entorno real mediante Realidad Mixta (RM).**
- **Fase 2 - Producto en construcción:** escaneo en tiempo real de bloques de barcos en construcción, creando una réplica virtual 3D de los mismos.
- **Fase 3 - Producto entregado y en funcionamiento:** El gemelo digital permite a la Armada **visualizar** el estado y **condición** de aquel **a miles de millas de distancias** en el mar. A medida que los datos alimentan **el gemelo**, este **evoluciona para reflejar los cambios reales** en el producto físico.

Beneficios:

- **Fase 1:** Ahorro de tiempo por medio de la **detección temprana de defectos** en fase de diseño.
- **Fase 2:** **Validación, con exactitud y en tiempo real, de la construcción** de cada bloque del buque.
- **Fase 3:** **Visualización** del estado de todos los buques conectados **sin necesidad de estar en el sitio.**



Ahorro del 30 % en el escaneo 3D y la comprensión de la estructura del barco

Remote Digital Twins: Creación de gemelos digitales para mantenimiento

Captura y recreación del **entorno en 3D**, mediante **cámaras 3D** y sensores **LiDAR**, permitiendo digitalizar y gestionar activos en tiempo real.

Solución:

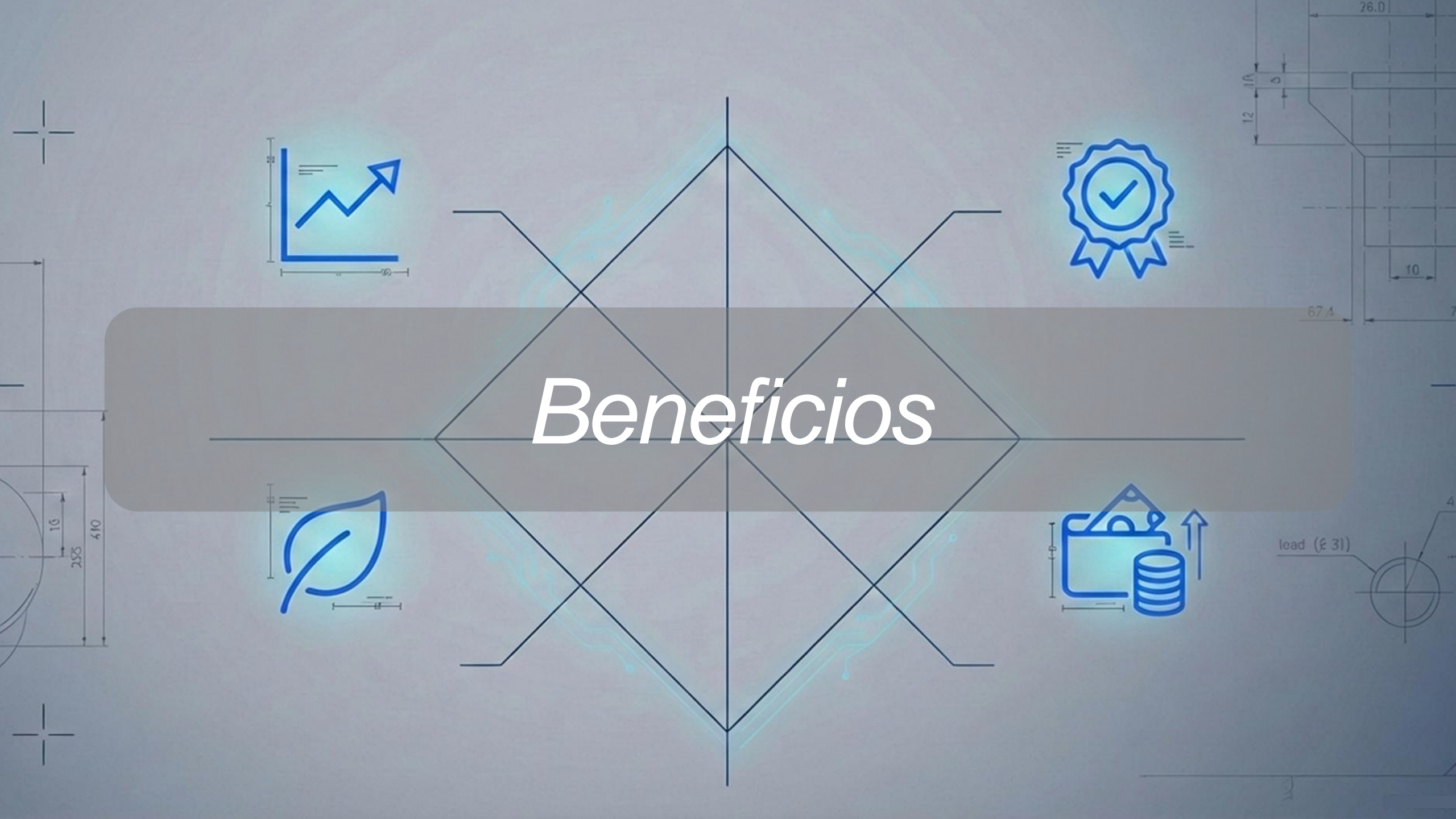
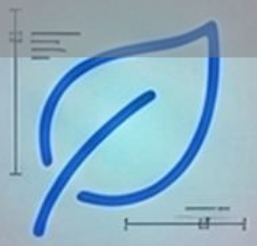
- Realización de **rondas de inspección mediante robots cuadrúpedos** equipados con **cámaras** (espectro visible, térmicas..) y **sensores** (LiDAR*, temperatura, humedad gases...).
- Captura de datos 3D (nube de puntos) y datos provenientes de los sensores. Transmisión de datos al gemelo digital 3D con el fin de **automatizar las tareas de mantenimiento** preventivo y predictivo.
- Estas **rondas** de inspección se pueden realizar de forma **autónoma/desasistida o teleoperadas** por un profesional a distancia.

Beneficios:

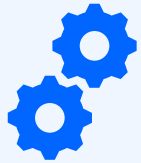
- Visualización de la instalación de forma remota **minimizando los desplazamientos** del personal.
- **Gestión de activos de forma eficiente** y segura.
- **Monitorización** de los activos **en tiempo real durante todo su ciclo de vida**.
- **Reducción del tiempo en la resolución de averías**.
- Automatización de los procesos e **impulso de la seguridad física (security) y laboral (safety)**.



Beneficios



Mejora y optimización continua, de forma global y en tiempo real



Aumento de la eficiencia y la productividad

Gracias a la búsqueda ágil y precisa de los mejores escenarios posibles, basándose en datos reales actuales (y en datos históricos).



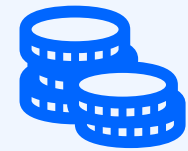
Incremento de la calidad

Al poder reaccionar de forma rápida sobre posibles desviaciones en los prototipos o en el proceso productivo.



Fomento de la sostenibilidad

Ahorro de CO2, ahorro energético en la operación y reducción de materiales de deshecho.



Reducción de costes operativos

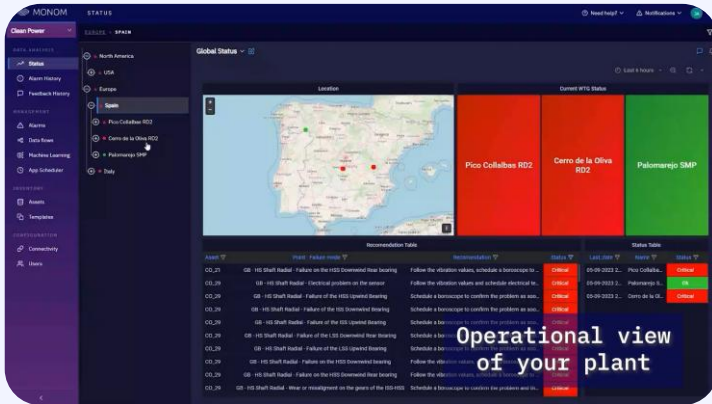
Permite reducir los costes operativos, disminuyendo el riesgo de fallos sin poner en peligro la producción.

Digital Twins en otros sectores



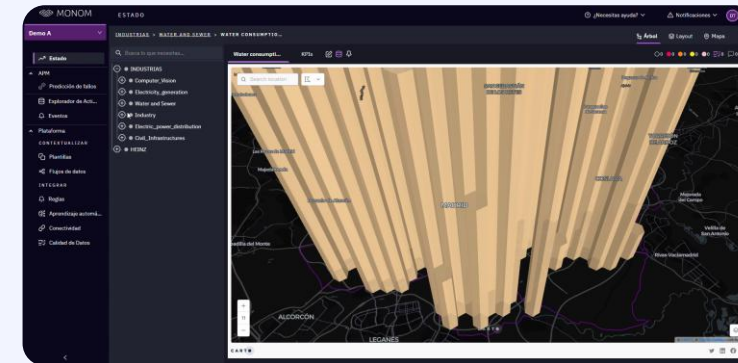
Digital Twins en otros sectores

Más allá de la Industria: Un mundo “gemelo”



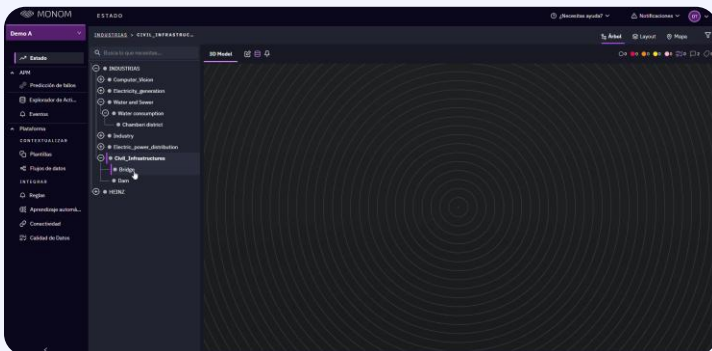
Energía

Gemelo digital de parques y generadores eólicos



Smart Metering

Gemelo digital del consumo de agua por edificio dentro de un área determinada



Infraestructuras civiles

Gemelo digital que estudia, replica, simula y predice el comportamiento de puentes, presas...



Salud

Diferentes usos aplicados a la donación de órganos, formación quirúrgica o rastreo de contactos

El futuro



El futuro

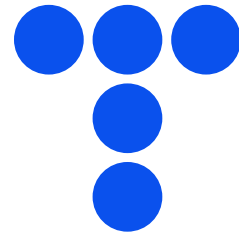
Gemelo Digital de la Organización (DTO) y el metaverso

Actualmente, se empieza a trabajar en **gemelos digitales de las organizaciones (DTO)** que permite visualizar cómo interactúan las funciones, los procesos y los indicadores clave de rendimiento para impulsar el valor de toda la organización. Disponer de información continua y en tiempo real es clave para impulsar importantes oportunidades de negocio.

En esa misma línea; si hablamos de organizaciones, empresas, **fábricas... El siguiente paso** de los Gemelos Digitales consistirá en transferir esa información, en **tiempo real**, a las instalaciones de producción, donde los **operadores humanos, asistidos por robots** semiautónomos, convertirán esos datos en objetos físicos. Por tanto, estas nuevas plantas de producción funcionarán como un Internet de las Cosas (**IoT**) **autoorganizado y basado en la inteligencia artificial**.

En definitiva, todos estos esfuerzos sobre el gemelo digital pensamos que nos van a llevar **poco a poco a construir** ese **metaverso** del que tanto se habla y del que esto serían como piezas que poco a poco van a crear un gran puzzle en el que estaremos conviviendo la parte virtual o digital con la realidad física.





Telefónica Tech