

# REPORTE DE TECNOLOGÍA: **GEMELOS DIGITALES**



Copyright © 2024 Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons CC BY 3.0 IGO (<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo/legalcode>). Se deberá cumplir los términos y condiciones señalados en el enlace URL y otorgar el respectivo reconocimiento al BID.

En alcance a la sección 8 de la licencia indicada, cualquier mediación relacionada con disputas que surjan bajo esta licencia será llevada a cabo de conformidad con el Reglamento de Mediación de la OMPI. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil (CNUDMI). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones que forman parte integral de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta obra son exclusivamente de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del BID, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



## **AUTORES**

Lucía Latorre  
Eduardo Rego  
Lorenzo de Leo

## **SUPERVISOR**

Mariana Gutierrez

## **COLABORADOR**

Rafael Vasquez

# TechLab

Los TechReports son una iniciativa del Laboratorio de Tecnologías Emergentes del departamento de TI del BID, conocido como TechLab, que se encarga de explorar, experimentar y difundir información sobre nuevas tecnologías para conocer su impacto en el Grupo BID y la región de ALC.



**Agradecimientos:** El equipo del BID desea agradecer a todas las personas que participaron en entrevistas y brindaron información clave para este documento.



# TABLA DE CONTENIDO

● <b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	5
● <b>INTRODUCCIÓN</b>	6
Definición	6
Tecnologías habilitadoras	7
Beneficios de los gemelos digitales	8
● <b>APLICACIONES Y CASOS DE USO</b>	10
Procesos de fabricación	10
Salud y biotecnología	11
Urbanismo y gestión de ciudades	12
Energía y recursos	13
Cadena de suministro	14
Agricultura	14
Transporte	15
Educación y Formación	16
Retail	16
● <b>GEMELOS DIGITALES EN LAC</b>	17
● <b>DESAFÍOS Y CONSIDERACIONES</b>	18
Desafío técnicos y operativos	19
Consideraciones éticas	20
● <b>EL FUTURO DE LOS GEMELOS DIGITALES</b>	21
● <b>REFERENCIAS ADICIONALES</b>	21
● <b>GLOSARIO DE TÉRMINOS</b>	22



# RESUMEN EJECUTIVO

---

**En la era de la transformación digital, los gemelos digitales emergen como una herramienta revolucionaria que promete redefinir cómo interactuamos y optimizamos nuestro entorno físico y digital.**

---

Estos modelos virtuales precisos de objetos, procesos o sistemas abren nuevas posibilidades para entender y mejorar desde complejas infraestructuras hasta operaciones cotidianas.

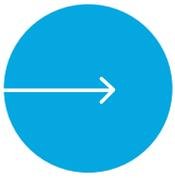
Los gemelos digitales encuentran aplicaciones innovadoras en una amplia gama de sectores. En la manufactura, permiten optimizar el diseño de productos, predecir el mantenimiento de maquinaria y personalizar la producción. En salud, facilitan diagnósticos precisos, tratamientos personalizados y planificación quirúrgica avanzada. En el urbanismo, apoyan la planificación eficiente de ciudades y la gestión de situaciones complejas. En energía, promueven la eficiencia y sostenibilidad de sistemas e infraestructuras. En agricultura, mejoran el manejo de cultivos, el uso de recursos y el bienestar animal.

La implementación exitosa de gemelos digitales se apoya en tecnologías como IoT, IA, realidad virtual y computación en nube. Estas permiten la recopilación de datos en tiempo real, el análisis avanzado, la visualización inmersiva y la gestión escalable de información.

Los beneficios de los gemelos digitales son significativos, incluyendo la optimización del diseño y desarrollo, la mejora en la toma de decisiones, el mantenimiento predictivo, la eficiencia operativa, la experimentación segura, la personalización y la gestión del ciclo de vida del producto.

Sin embargo, la implementación de gemelos digitales también presenta desafíos técnicos, como la integración con sistemas existentes, la gestión de grandes volúmenes de datos y la seguridad y privacidad de la información. Además, plantea consideraciones éticas respecto a la privacidad, la autonomía, la justicia y el impacto en el empleo.

Mirando hacia el futuro, los gemelos digitales se perfilan como una tendencia inevitable. Las organizaciones innovadoras ya los reconocen como una ventaja competitiva significativa. Se prevé que la IA simplificará su implementación y que la migración a la nube acelerará su adopción en América Latina y el Caribe.



# INTRODUCCIÓN

En la era de la transformación digital, los gemelos digitales emergen por su potencial de redefinir cómo interactuamos y mejoramos nuestro entorno físico. Al permitir la creación de un puente entre el mundo real y el virtual, abren nuevas puertas para entender y optimizar desde complejas infraestructuras hasta procesos cotidianos.

Este reporte se enfoca en informar y educar sobre el concepto y la importancia de los gemelos digitales, destinado a un público general sin conocimientos previos sobre el tema. Está organizado para cubrir desde definiciones básicas hasta aplicaciones prácticas, tecnologías habilitadoras, beneficios, desafíos, proporcionando así una base para la comprensión de este tema.



## DEFINICIÓN

Los gemelos digitales constituyen réplicas virtuales precisas de objetos, procesos o sistemas físicos. Su propósito es simular y anticipar el comportamiento de sus equivalentes en el entorno real. Un gemelo digital se configura mediante un sistema informático que, al procesar las mismas variables que su contraparte física, produce resultados idénticos. A diferencia de los simuladores, que típicamente se enfocan en aspectos específicos o en el comportamiento bajo condiciones concretas, los gemelos digitales ofrecen una simulación completa y dinámica. Se actualizan constantemente con datos en tiempo real, lo que les permite reflejar fielmente el estado presente del objeto físico.

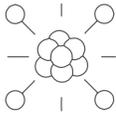
Desde su concepción, la tecnología de gemelos digitales ha experimentado una evolución notable, avanzando de ser meros modelos conceptuales a convertirse en sistemas sofisticados empleados en sectores como la manufactura, la salud y el urbanismo. Este

progreso ha sido posible gracias al desarrollo de tecnologías emergentes, incluyendo la Internet de las cosas (IoT)<sup>1</sup>, la inteligencia artificial (IA)<sup>2</sup> y el análisis de datos.

### Existen principalmente cuatro tipos de gemelos digitales:



**Componente:** Se enfoca en las partes individuales de un producto, modelando el comportamiento y las condiciones de un solo componente. Por ejemplo, un gemelo digital de un engranaje en un motor permite analizar su desempeño bajo diversas condiciones operativas, facilitando la optimización de su diseño para mayor durabilidad y eficiencia. Este análisis detallado ayuda en la mejora continua de los componentes críticos de un producto.



**Activo:** Representa un objeto físico específico y todos sus componentes, permitiendo estudiar cómo interactúan entre sí para prever el rendimiento del conjunto. Un ejemplo es el gemelo digital de un motor de avión, que integra todos sus componentes para simular y predecir su comportamiento en diferentes situaciones operativas, lo cual es crucial para el mantenimiento predictivo y la optimización del ciclo de vida del activo.



**Sistema:** Esta categoría abarca la modelación de varios activos y sus interacciones dentro de un sistema más amplio, buscando comprender cómo la suma de las partes afecta el funcionamiento general. Por ejemplo, el gemelo digital de un sistema de transporte público, que incluye vehículos, señalización y control de tráfico, puede utilizarse para analizar y mejorar la eficiencia del sistema, reducir tiempos de espera y optimizar rutas.



**Proceso:** El enfoque aquí se centra en modelar procedimientos operativos o empresariales para incrementar su eficiencia. A diferencia de los otros tipos, que se concentran en lo físico, este se enfoca en la secuencia de operaciones. Un ejemplo sería el gemelo digital de la cadena de montaje de una fábrica automotriz, permitiendo simular y optimizar cada etapa de la producción, desde la recepción de materiales hasta el ensamblaje final del vehículo, buscando mejorar la eficiencia y reducir los costos operativos.

## TECNOLOGÍAS HABILITADORAS

El vasto potencial de los gemelos digitales reside en su habilidad para incorporar y aprender de datos en tiempo real, mejorando así las decisiones y predicciones. La implementación exitosa de los gemelos digitales se suele apoyar en un conjunto de tecnologías avanzadas, destacándose el IoT y la IA. Estas tecnologías no solo constituyen la infraestructura fundamental para el desarrollo y la actualización continua de los gemelos digitales, sino que también facilitan un análisis exhaustivo y una simulación precisa de comportamientos en el entorno real.

1. Internet de las cosas (IoT): Red de objetos físicos ("cosas") que están equipados con sensores, software y otras tecnologías para conectar y compartir datos con otros dispositivos y sistemas a través de internet.

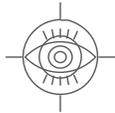
2. Inteligencia artificial (IA): Conjunto de tecnologías y técnicas que permiten a las máquinas realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana, como el aprendizaje, la adaptación, la resolución de problemas y la toma de decisiones.

● **El IoT** conecta los gemelos digitales con su contraparte física mediante el uso de sensores y dispositivos inteligentes, permitiendo la recolección de datos en tiempo real. Esta interconexión es crucial para asegurar que los gemelos digitales reflejen de manera precisa el estado y las condiciones operativas actuales, esencial para un monitoreo efectivo y actualizaciones dinámicas.

● **La IA** desempeña un papel clave en el manejo y análisis de los amplios volúmenes de datos asociados a los gemelos digitales. Mediante técnicas de aprendizaje automático y análisis predictivo, la IA mejora significativamente la toma de decisiones y la capacidad de anticipar futuros comportamientos y necesidades, permitiendo a los gemelos digitales adaptarse y optimizar operaciones de manera proactiva.

Hay otras tecnologías que, dependiendo de los objetivos y de las circunstancias, se pueden integrar para aplicar la aplicabilidad y efectividad de los gemelos digitales.

**A continuación, se presentan algunos ejemplos:**



**Realidad Virtual (VR) y Realidad Aumentada (AR):** Estas tecnologías transforman la manera en que interactuamos con los gemelos digitales, proporcionando plataformas inmersivas para una visualización detallada de los datos. La VR y la AR permiten a los usuarios examinar modelos virtuales en un entorno seguro, mejorando la comprensión de interacciones complejas y evaluando modificaciones potenciales sin riesgos.



**Computación en la nube<sup>3</sup> y Big Data<sup>4</sup>:** La escalabilidad ofrecida por la computación en la nube es esencial para almacenar y procesar la ingente cantidad de datos generados por los gemelos digitales. El análisis de Big Data, por otro lado, facilita la identificación de insights valiosos, asegurando una gestión eficiente de los gemelos digitales. Estas tecnologías conjuntas permiten un análisis avanzado y la utilización efectiva de la información recopilada, promoviendo mejoras continuas en los procesos y sistemas modelados.

---

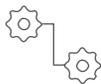
## **BENEFICIOS DE LOS GEMELOS DIGITALES**

Los gemelos digitales ofrecen una amplia gama de beneficios que pueden transformar cómo las organizaciones diseñan, construyen, operan y mantienen sus productos, procesos y sistemas.

<sup>3</sup> Computación en la nube (Cloud computing): Modelo de computación que utiliza recursos de cómputo remotos, generalmente ubicados en centros de datos, para almacenar y procesar datos. Permite a los usuarios acceder a servicios y aplicaciones a través de internet.

<sup>4</sup> Big Data: Conjunto de datos tan grande y complejo que las aplicaciones de procesamiento de datos tradicionales son insuficientes para manejarlo. Incluye el análisis, captura, búsqueda, compartición, almacenamiento, transferencia, visualización, y privacidad de grandes volúmenes de datos. Big Data se utiliza para revelar patrones, tendencias y asociaciones, especialmente en relación con el comportamiento humano y las interacciones.

## Entre los beneficios más destacados se encuentran los siguientes:



**Optimización del diseño y desarrollo:** Los gemelos digitales permiten simular y analizar el comportamiento de un producto o sistema antes de su construcción o implementación física, facilitando la identificación y corrección de problemas potenciales, lo que resulta en un proceso de diseño más eficiente y en productos de mayor calidad.



**Mejora en la toma de decisiones:** Al integrar datos en tiempo real y utilizar análisis avanzados, los gemelos digitales proporcionan insights valiosos que mejoran la toma de decisiones en todos los niveles de una organización, desde la gestión operativa hasta la estrategia de negocio.



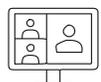
**Mantenimiento predictivo:** Gracias a la capacidad de predecir el desgaste y el fallo potencial de los componentes, los gemelos digitales pueden ayudar a pasar de un mantenimiento reactivo a un mantenimiento predictivo, reduciendo los tiempos de inactividad no planificados y extendiendo la vida útil de los activos.



**Eficiencia operativa:** Los gemelos digitales pueden optimizar las operaciones al permitir la simulación y análisis de procesos en diferentes escenarios. Esto conduce a una mejor planificación, una asignación más eficiente de los recursos y una reducción de los costos operativos.



**Innovación y experimentación segura:** Al proporcionar un entorno seguro para la experimentación, los gemelos digitales permiten a las empresas probar nuevas ideas y conceptos sin el riesgo de dañar los sistemas físicos o interrumpir las operaciones existentes, fomentando la innovación continua.



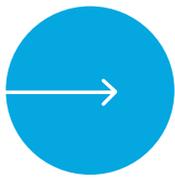
**Personalización y flexibilidad:** Los gemelos digitales apoyan la personalización de productos y servicios para satisfacer las necesidades específicas de los clientes, así como la adaptación rápida a los cambios en el mercado o en las preferencias de los consumidores.



**Gestión del ciclo de vida del producto:** Ofrecen una visión integral del ciclo de vida de un producto, desde su concepción hasta su desmantelamiento, permitiendo un seguimiento detallado y la optimización continua de cada etapa.



**Sostenibilidad:** Al optimizar el diseño de productos y procesos y mejorar la eficiencia operativa, los gemelos digitales pueden contribuir a la reducción del consumo de energía y de los desechos, apoyando las iniciativas de sostenibilidad de las empresas.



# APLICACIONES Y CASOS DE USO



## PROCESOS DE FABRICACIÓN

Los gemelos digitales están revolucionando los procesos de fabricación al ofrecer simulaciones detalladas y análisis predictivos, lo que permite a las empresas optimizar sus operaciones, reducir costos y mejorar la calidad del producto<sup>5</sup>. A continuación, se presentan algunos ejemplos concretos de cómo se utilizan los gemelos digitales en la fabricación, destacando su aplicación, las tecnologías asociadas y los beneficios obtenidos.

En el sector de la **automoción**, los fabricantes están aprovechando los gemelos digitales para llevar a cabo simulaciones avanzadas del comportamiento de los vehículos bajo diversas condiciones ambientales y operativas antes de la creación de prototipos físicos. Esto incluye evaluar aspectos críticos como la resistencia, la aerodinámica y la seguridad. Para ello, se apoyan en la IA, que analiza los datos obtenidos de las simulaciones para prever resultados con gran precisión, y en el IoT, que recopila información de vehículos en funcionamiento para afinar los modelos virtuales. El resultado es una notable reducción de costos y tiempos en las fases de diseño y desarrollo, permitiendo realizar múltiples iteraciones de diseño sin la necesidad de prototipos físicos, lo cual, a su vez, mejora la calidad y la seguridad de los vehículos producidos.

En lo que respecta al **mantenimiento de maquinaria industrial**, los fabricantes implementan gemelos digitales para anticiparse a posibles fallos. Mediante la simulación

5. Gemelos digitales en la fabricación: optimización y control de procesos Publicado por Metaverso Pro, sin fecha especificada <https://metaverso.pro/blog/gemelos-digitales-en-la-fabricacion-optimizacion-y-control-de-procesos/>

del desgaste de las máquinas a lo largo del tiempo y la detección de anomalías, estas herramientas permiten prevenir problemas antes de que afecten la producción. La recopilación de datos en tiempo real a través de IoT y el análisis de estos mediante técnicas de Big Data son esenciales en este proceso, facilitando un mantenimiento predictivo que minimiza los tiempos de inactividad y extiende la vida útil de los equipos, asegurando así una mayor eficiencia operativa.

La **personalización masiva** es otro ámbito donde los gemelos digitales están marcando la diferencia. Permiten a las empresas de bienes de consumo adaptar sus líneas de producción para ofrecer productos personalizados con la eficiencia de la producción en masa. Esto se logra mediante la integración de los sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP)<sup>6</sup> y de gestión de relaciones con clientes (CRM)<sup>7</sup> con los modelos digitales, lo que posibilita ajustes automáticos en la producción basados en preferencias individuales de los clientes. Eso permite satisfacer la demanda de personalización sin sacrificar eficiencia o incrementar significativamente los costes.

---

## SALUD Y BIOTECNOLOGÍA

En el ámbito de la salud y la biotecnología, los gemelos digitales se están estableciendo como herramientas transformadoras capaces de revolucionar los enfoques hacia diagnósticos, tratamientos y la planificación de intervenciones quirúrgicas<sup>8</sup>. Estas réplicas digitales de órganos humanos o sistemas biológicos abren la puerta a la simulación y el análisis de cómo el cuerpo humano podría responder a distintas condiciones o tratamientos, sin exponer al paciente a ningún riesgo.

Un avance notable en este campo es el desarrollo de software que puede **predecir cómo un paciente responderá a ciertos tratamientos** con semanas o meses de anticipación<sup>9</sup>. Este tipo de innovaciones subraya el potencial de los gemelos digitales para optimizar la atención médica, permitiendo tratamientos altamente personalizados que se ajustan a las necesidades específicas de cada paciente.

Además, instituciones académicas entre las cuales destaca la Universidad de Stanford están liderando el camino en la implementación de gemelos digitales con proyectos que incluyen la **creación de réplicas exactas de órganos humanos**, como el corazón. Estas herramientas no solo simulan en tiempo real el funcionamiento del órgano sino que también se han convertido en recursos valiosos para el estudio y manejo de condiciones complejas, facilitando a los profesionales médicos la planificación de procedimientos quirúrgicos con una precisión sin precedentes.

---

6. Sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP): Software empresarial que gestiona e integra los procesos importantes de una organización, incluyendo finanzas, cadena de suministro, operaciones, comercio, reportes, manufactura, y recursos humanos. Los sistemas ERP permiten a las organizaciones utilizar un sistema de aplicaciones integradas para gestionar el negocio y automatizar muchas funciones de back office relacionadas con la tecnología, servicios y recursos humanos.

7. Sistemas de gestión de relaciones con clientes (CRM): Estrategia de gestión de todas las relaciones e interacciones de una empresa con sus clientes y potenciales clientes. Un sistema CRM ayuda a las empresas a conectarse con sus clientes, simplificar procesos, y mejorar la rentabilidad. Utiliza datos sobre las interacciones con los clientes para ayudar en ventas, marketing, y servicio al cliente.

8. El futuro de la medicina: qué son los gemelos digitales y para qué sirven. Publicado por Semana, 19/03/2019 <https://www.semana.com/vida-moderna/articulo/el-futuro-de-la-medicina-que-son-los-gemelos-digitales-y-para-que-sirven/606160/>

9. Salud: los gemelos digitales pueden ser el futuro de la medicina. Publicado por El Día, 16/04/2023 <https://www.eldia.com/nota/2023-4-16-7-42-28-salud-los-gemelos-digitales-pueden-ser-el-futuro-de-la-medicina-toda-la-semana>

El impacto de los gemelos digitales se extiende más allá de la medicina predictiva hacia la personalización del cuidado médico. Integrando datos específicos del paciente con modelos computacionales avanzados, es posible diseñar terapias especializadas que mejoran significativamente los resultados de salud y reducen los efectos adversos. El futuro promete una era en la que los diagnósticos rápidos, los tratamientos personalizados y la planificación quirúrgica precisa se conviertan en la norma. Con el desarrollo continuo e integración de los gemelos digitales en el cuidado de la salud, se vislumbra un potencial enorme para mejorar la calidad de vida de los pacientes.

---

## URBANISMO Y GESTIÓN DE CIUDADES

En el ámbito del urbanismo y la gestión de ciudades, los gemelos digitales están marcando una revolución tecnológica, abriendo un abanico de posibilidades para una gestión urbana más adaptativa, sostenible e inclusiva. Mediante la simulación, análisis y mejora de entornos urbanos de forma virtual, estas réplicas digitales precisas de ciudades o sus componentes específicos promueven una gestión eficiente de los recursos urbanos<sup>10 11</sup>. Este enfoque no solo optimiza la movilidad, los servicios públicos y la planificación de espacios verdes, sino que también mejora la capacidad de respuesta a emergencias, destacando la versatilidad y el impacto transformador de los gemelos digitales en la planificación urbana y la gestión de situaciones complejas. Al abordar desde la optimización de la infraestructura hasta la preparación para emergencias, los gemelos digitales se consolidan como herramientas indispensables en el desarrollo de ciudades más inteligentes, habitables y preparadas para el futuro, evidenciando cómo pueden transformar tanto la planificación a largo plazo como los desafíos inmediatos en entornos urbanos.

Un enfoque notable es el desarrollo de modelos para evaluar conceptos como las **“ciudades de 15 minutos”**, en las que todos los servicios esenciales están a no más de quince minutos a pie o en bicicleta de los ciudadanos<sup>12</sup>. Esto es posible gracias a la capacidad de los gemelos digitales para simular diversas condiciones y escenarios urbanos, utilizando para ello la integración de tecnologías avanzadas como la IoT, la IA y el aprendizaje automático. Estas herramientas permiten un análisis detallado de grandes volúmenes de datos en tiempo real, facilitando una planificación urbana que mejora la accesibilidad y la eficiencia de la ciudad.

Los gemelos digitales también juegan un papel crucial en la **gestión y respuesta ante situaciones complejas**, como desastres naturales, congestionamientos de tráfico o problemas de seguridad pública. Ofrecen a las autoridades la posibilidad de simular el impacto de diversas estrategias de respuesta antes de su implementación, mejorando la preparación y la resiliencia urbana. Este enfoque predictivo y preventivo no solo optimiza las respuestas en situaciones críticas, sino que también protege a la población, asegurando una mayor seguridad y bienestar para los habitantes de la ciudad.

---

10. Smart Cities - Generación de gemelos digitales de ciudades. Publicado por ArcGIS Hub, sin fecha especificada <https://gemelo-digital-en-arcgis-gemelodigital.hub.arcgis.com/pages/smart-city>

11. ¿Qué es una Smart City? Tendencias 2024. Publicado por IEBS Business School, 10/01/2024 <https://www.iebschool.com/blog/smart-cities-ciudades-inteligentes-innovacion/>

12. Barcelona desarrolla un gemelo digital para saber si es una 'ciudad de 15 minutos'. Publicado por El Español, 11/04/2023 [https://www.elespanol.com/invertia/disruptores-innovadores/autonomias/cataluna/20230411/barcelona-desarrolla-gemelo-digital-saber-ciudad-minutos/753924837\\_0.html](https://www.elespanol.com/invertia/disruptores-innovadores/autonomias/cataluna/20230411/barcelona-desarrolla-gemelo-digital-saber-ciudad-minutos/753924837_0.html)

# ENERGÍA Y RECURSOS

En el sector de la energía y recursos, los gemelos digitales se están utilizando para mejorar la eficiencia, la sostenibilidad y la gestión de infraestructuras críticas. Esta tecnología permite simular procesos y sistemas energéticos en un entorno virtual, ofreciendo así la capacidad de analizar y optimizar su funcionamiento en tiempo real, sin interferir en las operaciones físicas.

Los gemelos digitales en este sector abarcan desde componentes individuales, como turbinas eólicas, hasta sistemas completos de producción y distribución de energía. Permiten una mejor planificación y operación al proporcionar información detallada sobre el rendimiento, el mantenimiento y la gestión de recursos.

Un área de aplicación clave es la **producción y distribución de energía**, donde las soluciones digitales pueden hacer que las plantas de electricidad operen de manera más eficiente y limpia. Las empresas de servicios públicos utilizan IoT para monitorear redes de distribución y transmisión de electricidad, mejorando la eficiencia y gestionando fluctuaciones de demanda. Además, facilitan el control remoto de instalaciones de energía renovable, como parques eólicos, mejorando así su gestión y contribuyendo a la sostenibilidad.

Otro ejemplo notable de la aplicación de gemelos digitales en la gestión de recursos y energía es el desarrollo de un **modelo digital del clima de la Tierra**<sup>13</sup>. Este proyecto innovador utiliza gemelos digitales para simular y predecir patrones climáticos globales con un alto grado de precisión. Al ofrecer una representación detallada y dinámica de los cambios atmosféricos y climáticos, este gemelo digital permite a los investigadores, planificadores y gestores de recursos naturales evaluar mejor las estrategias para la mitigación de desastres naturales y la optimización del uso de recursos energéticos. Los beneficios de este enfoque incluyen una mejor planificación en respuesta a fenómenos climáticos extremos y una mayor capacidad para prever y mitigar los impactos ambientales adversos, contribuyendo así a la sostenibilidad y eficiencia en la gestión de los recursos energéticos.

Además, los gemelos digitales apoyan la **transición hacia edificios más inteligentes y neutros en carbono**. Por ejemplo, el uso de tecnología IoT y modelado de gemelos digitales para la gestión de edificios puede automatizar sistemas de iluminación y control climático, reduciendo así la huella de carbono de los edificios. Esto no solo mejora la eficiencia energética, sino que también contribuye significativamente a reducir las emisiones de dióxido de carbono relacionadas con la energía<sup>14</sup>.

Estas aplicaciones de los gemelos digitales en el sector energético y de recursos no solo mejoran la eficiencia y sostenibilidad, sino que también ayudan a las empresas a generar valor al reducir costos operativos y materiales, y al mejorar la eficiencia operativa. Por lo tanto, los gemelos digitales se presentan como una herramienta esencial para enfrentar los desafíos del cambio climático y promover un uso más sostenible de los recursos energéticos.

13. NVIDIA Announces Earth Climate Digital Twin, Publicado por NVIDIA. 18/03/2024, <https://nvidianews.nvidia.com/news/nvidia-announces-earth-climate-digital-twin>

14. Cómo IoT, AI y Gemelos Digitales ayudan a alcanzar los objetivos de sustentabilidad. Publicado por Microsoft News Center Latinoamérica, 30/11/2022 <https://news.microsoft.com/es-xl/como-iot-ai-y-gemelos-digitales-ayudan-a-alcanzar-los-objetivos-de-sustentabilidad/>

# CADENA DE SUMINISTRO

En la esfera de la cadena de suministro, la introducción de gemelos digitales está marcando una notable evolución tecnológica, transformando la forma en que se modelan, analizan y optimizan los sistemas logísticos y de distribución complejos. Mediante la creación de modelos virtuales detallados, los gemelos digitales facilitan una gestión de la cadena de suministro desde la planificación hasta la entrega final de productos, mejorando la eficiencia y la resiliencia de estas redes<sup>15,16,17</sup>. A continuación, exploraremos cómo los gemelos digitales se aplican en distintos aspectos de la cadena de suministro, resaltando sus usos, tecnologías complementarias y los beneficios derivados.

En el corazón de la **optimización de la cadena de suministro**, los gemelos digitales permiten simular y mejorar los flujos de trabajo y la logística de distribución. Mediante la integración de IoT y la aplicación de IA y aprendizaje automático, las empresas pueden predecir comportamientos y optimizar las rutas de entrega y la asignación de recursos. Esto minimiza las interrupciones y mejora significativamente el servicio al cliente, resultando en redes de distribución y logística más eficientes y adaptativas<sup>18,19</sup>.

La **gestión y supervisión de inventarios** se benefician enormemente de los gemelos digitales, permitiendo a las empresas monitorear los cambios de stock en tiempo real y gestionar la ubicación de artículos de manera más eficaz. Este uso avanzado de la tecnología facilita la predicción de la demanda de los clientes con una precisión sin precedentes, optimizando el inventario y reduciendo el exceso o la falta de stock<sup>20</sup>.

---

## AGRICULTURA

En el sector agrícola, los gemelos digitales están emergiendo como una herramienta clave para la innovación y la sostenibilidad, remodelando la forma en que se gestionan los cultivos, el ganado y los recursos naturales. Integrando datos de múltiples fuentes como el suelo, la condición de las plantas, redes de sensores ambientales, predicciones meteorológicas e imágenes de alta resolución de UAVs y satélites, es posible crear modelos virtuales precisos de granjas y ecosistemas agrícolas que permiten simular, analizar y optimizar prácticas agrícolas, desde la siembra hasta la cosecha. A continuación, examinaremos cómo se aplican los gemelos digitales en distintas áreas de la agricultura, destacando sus implementaciones, las tecnologías asociadas y los beneficios que aportan.

15. Gemelos Digitales en la Cadena de Suministros. Publicado por OBS Business School, 20/08/2020 <https://www.obsbusiness.school/blog/gemelos-digitales-en-la-cadena-de-suministros>

16. Qué son los Gemelos Digitales y cómo pueden ayudar en la cadena de suministro. Publicado por Decide Soluciones, 16/02/2021 <https://decidesoluciones.es/gemelos-digitales-cadena-de-suministro/>

17. Gemelo digital en logística y cadena de suministro. Publicado por Tecnología para la Industria, 23/11/2023 <https://tecnologiaparalaindustria.com/gemelos-digitales-en-logistica-y-cadena-de-suministro/>

18. Cómo usar los gemelos digitales en las cadenas de suministro. Publicado por MIT Sloan Review México, 19/08/2022 <https://mitsloanreview.mx/data-ia-machine-learning/como-usar-los-gemelos-digitales-en-las-cadenas-de-suministro/>

19. The Complete Guide To Supply Chain Digital Twins. Publicado por Coupa, 19/07/2022 <https://www.coupa.com/blog/supply-chain/complete-guide-supply-chain-digital-twins>

20. Cómo usar los gemelos digitales en las cadenas de suministro. Publicado por MIT Sloan Review México, 19/08/2022 <https://mitsloanreview.mx/data-ia-machine-learning/como-usar-los-gemelos-digitales-en-las-cadenas-de-suministro/>

Los gemelos digitales están revolucionando el **manejo de cultivos** al permitir a los agricultores simular diferentes estrategias de siembra, irrigación y uso de fertilizantes para maximizar los rendimientos mientras minimizan el impacto ambiental. Utilizando datos recogidos a través de IoT, como sensores de humedad del suelo y drones de monitoreo, junto con IA y aprendizaje automático, los modelos pueden predecir cómo afectarán ciertas prácticas a la salud y productividad de los cultivos. Esto conduce a una agricultura más precisa y eficiente, capaz de adaptarse a las cambiantes condiciones climáticas y a las necesidades específicas de cada parcela.

En áreas donde el agua es un recurso escaso, los gemelos digitales ofrecen soluciones para **una gestión más sostenible**. Al modelar el ciclo del agua dentro de un ecosistema agrícola, los agricultores pueden optimizar el uso del agua, asegurando que los cultivos reciban la cantidad necesaria en el momento adecuado. Esto no solo mejora la eficiencia del uso del agua, sino que también reduce la dependencia de riego excesivo, contribuyendo a la conservación de recursos hídricos vitales.

En la ganadería, los gemelos digitales están **mejorando la salud y el bienestar animal** mediante la simulación y el monitoreo de las condiciones de vida del ganado. Modelos virtuales detallados de granjas permiten a los productores evaluar el impacto de diferentes prácticas de manejo y condiciones ambientales en el bienestar animal. Esto facilita la implementación de estrategias que promueven una mayor salud animal, lo cual, a su vez, puede conducir a una producción más ética y sostenible<sup>21</sup>.

La capacidad de **prever brotes de plagas y enfermedades** es otro beneficio significativo que los gemelos digitales aportan a la agricultura. Al integrar datos históricos y actuales sobre condiciones climáticas, prácticas agrícolas y presencia de plagas, estos modelos pueden identificar patrones que indican el riesgo de futuros brotes. Esto permite a los agricultores tomar medidas preventivas, reduciendo la necesidad de pesticidas y mejorando la salud general de los cultivos<sup>22</sup>.

---

## TRANSPORTE

En el sector del transporte, los gemelos digitales desempeñan un rol fundamental en la transformación de cómo se abordan la planificación, la operación y el mantenimiento de la infraestructura y los vehículos. Creando modelos virtuales que replican con precisión las redes de transporte, desde carreteras y ferrocarriles hasta aeropuertos y puertos, facilitan una gestión más eficaz y sostenible del tránsito de personas y bienes<sup>23</sup>.

21. Enhancing Smart Agriculture by Implementing Digital Twins: A Comprehensive Review. Publicado por MDPI en Sensors, 11/08/2023 <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/16/7128>

22. Enhancing Smart Agriculture by Implementing Digital Twins: A Comprehensive Review. Publicado por MDPI en Sensors, 11/08/2023 <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/16/7128>

23. Digital twin in transportation infrastructure management: a systematic review. Publicado por Intelligent Transportation Infrastructure - Oxford Academic, 06/11/2023 <https://academic.oup.com/iti/article/doi/10.1093/iti/iia024/7370943>

# EDUCACIÓN Y FORMACIÓN

En el ámbito de la educación, los gemelos digitales están empezando a jugar un papel transformador, abriendo nuevas vías para la enseñanza personalizada, la gestión de las instituciones educativas y el desarrollo de entornos de aprendizaje innovadores. Al crear modelos virtuales de entornos educativos, estos sistemas permiten simular y optimizar procesos de enseñanza y aprendizaje, así como la infraestructura y los recursos educativos, mejorando tanto la experiencia del estudiante como la eficacia del personal docente.

Los gemelos digitales ofrecen una oportunidad sin precedentes para personalizar la educación, adaptando los contenidos y métodos de enseñanza a las necesidades individuales de cada estudiante. Mediante el análisis de datos en tiempo real sobre el rendimiento y el comportamiento de los estudiantes, estos modelos pueden identificar estilos de aprendizaje específicos y necesidades educativas, permitiendo a los docentes ajustar sus estrategias pedagógicas de manera efectiva para maximizar el aprendizaje.

Los gemelos digitales posibilitan la creación de entornos de aprendizaje virtuales e inmersivos que replican situaciones reales o históricas, facilitando experiencias educativas ricas y atractivas. Estos entornos pueden ser especialmente valiosos en campos como la medicina, la ingeniería y las ciencias, donde los estudiantes pueden experimentar y practicar con situaciones complejas sin los riesgos asociados con el mundo real.

---

## RETAIL

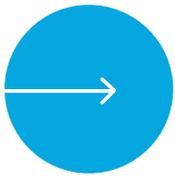
En el dinámico sector del retail, los gemelos digitales están impulsando una transformación profunda, ofreciendo a los minoristas la capacidad de simular y optimizar sus cadenas de suministro, experiencias de cliente y operaciones en tienda de manera virtual<sup>25</sup>. Estas réplicas digitales integradas permiten una gestión más eficaz y una mejora en la experiencia de compra, fundamentándose en una integración avanzada de datos en tiempo real de sensores y sistemas empresariales.

Entre los diferentes casos de uso de los gemelos digitales en retail<sup>26, 27</sup>, mencionamos el **diseño personalizado de la experiencia de compra**. Mediante modelos virtuales de clientes, los minoristas pueden optimizar desde la seguridad en tienda hasta la gestión energética, y personalizar el servicio al recomendar productos específicos que se ajusten a las preferencias y necesidades de cada consumidor. La recopilación de datos a través de avatares digitales facilita una comprensión más profunda de los patrones de comportamiento del consumidor, mejorando la segmentación de mercado y la eficacia de las estrategias de marketing.

25. Making retail smarter with digital twins. Publicado por BCS, The Chartered Institute for IT, 03/04/2023 <https://www.bcs.org/articles-opinion-and-research/making-retail-smarter-with-digital-twins/>

26. Revolutionizing the retail supply chain with digital twins. Publicado por Microsoft Industry Blogs, 26/01/2021 <https://www.microsoft.com/en-us/industry/blog/retail/2021/01/26/revolutionizing-the-retail-supply-chain-with-digital-twins/>

27. How Digital Twin Technology Is Disrupting The Retail Industry. Publicado por Challenge Advisory, octubre de 2018 <https://www.challenge.org/insights/digital-twins-in-retail/>



# GEMELOS DIGITALES EN LAC



En América Latina y el Caribe, los gemelos digitales están encontrando aplicaciones innovadoras en diversos sectores, desde la mejora de la logística portuaria hasta la promoción de una economía digital inclusiva.

El caso de uso de los gemelos digitales en el Canal de Panamá es un claro ejemplo de cómo la tecnología de vanguardia puede revolucionar la gestión y operación de infraestructuras críticas. La expansión del Canal de Panamá, un proyecto valorado en 5.25 mil millones de dólares, incluyó la implementación de un gemelo digital utilizando el proceso de Modelado de Información para la Construcción (BIM)<sup>28</sup>. Este enfoque permitió a los equipos simular escenarios futuros, mejorando significativamente la calidad del diseño, la constructibilidad y la operación y mantenimiento (O&M) de las nuevas esclusas. Estas esclusas, ubicadas en los lados Atlántico y Pacífico del canal, cuentan con tres cámaras cada una, capaces de elevar y descender embarcaciones más de 85 pies utilizando menos agua que las esclusas existentes, lo que las habilita para manejar los modernos barcos “Post-Panamax”.

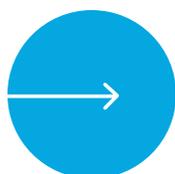
La creación del gemelo digital del Canal de Panamá no solo mejoró la productividad y facilitó la comunicación entre los diseñadores, constructores y operadores, sino que también estableció un nuevo estándar en la aplicación de tecnologías digitales avanzadas en proyectos de infraestructura de gran escala. La capacidad para replicar sistemas mecánicos y eléctricos y ejecutar numerosos escenarios permitió a los operadores locales gestionar cada aspecto de las operaciones de manera eficiente, preparándolos para manejar operaciones normales, mantenimiento y situaciones de emergencia. Este enfoque innovador demuestra el potencial de los gemelos digitales para mejorar no solo la fase de construcción de un proyecto, sino también su ciclo de vida completo, permitiendo decisiones más rápidas y fundamentadas que refuerzan la seguridad y eficiencia de infraestructuras esenciales a nivel mundial.

28. Digital Twinning the Panama Canal: A model to enhance project delivery and performanc, Publicado por Stantec, <https://www.stantec.com/en/markets/energy/panama-canal-digital-twin>

29. Digitization in ports: Application of digital twins to complex logistics, Publicado por ECLAC en 12/2022, <https://www.cepal.org/en/publications/48528-digitization-ports-application-digital-twins-complex-logistics>

La digitalización de puertos mediante la implementación de gemelos digitales está transformando las operaciones portuarias y logísticas, enfrentando desafíos como la optimización del espacio físico y la adaptación a eventos climáticos extremos. Este avance tecnológico, destacado en el Boletín FAL de la CEPAL<sup>29</sup>, ofrece una solución innovadora para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de los servicios portuarios en América Latina y el Caribe. Los gemelos digitales permiten la simulación de escenarios sin riesgos, facilitando la toma de decisiones estratégicas y operativas. Esta tecnología no solo promete reducir costos y emisiones nocivas, sino que también mejora la fiabilidad y competitividad de los puertos, asegurando su papel crucial en el comercio internacional y las cadenas de valor globales.

Con el auge de la digitalización, los puertos se convierten en nodos inteligentes dentro de la cadena de suministro, capaces de responder dinámicamente a las demandas del comercio global. La aplicación de gemelos digitales posibilita una gestión portuaria más ágil y adaptativa, donde la planificación y la respuesta a emergencias se basan en análisis predictivos y la optimización de recursos. Este enfoque no solo alinea a los puertos de la región con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, sino que también prepara el terreno para una integración más profunda en la economía digital global, marcando un paso adelante hacia la modernización y la eficiencia logística en América Latina y el Caribe.



## DESAFÍOS Y CONSIDERACIONES



29. Digitization in ports: Application of digital twins to complex logistics, Publicado por ECLAC en 12/2022, <https://www.cepal.org/en/publications/48528-digitization-ports-application-digital-twins-complex-logistics>

# DESAFÍO TÉCNICOS Y OPERATIVOS

Los desafíos técnicos y operativos de implementar y gestionar gemelos digitales son múltiples y variados, reflejando la complejidad de replicar sistemas físicos en el mundo digital<sup>30,31</sup>.

A continuación, se detallan estos desafíos de manera más específica y aplicada.



**Integración con sistemas existentes:** La integración de gemelos digitales con sistemas existentes es un desafío crítico, dada la diversidad de tecnologías, protocolos y estándares presentes en el entorno de TI de cualquier organización. Los gemelos digitales deben poder comunicarse y operar sin problemas con sistemas legados, lo cual a menudo requiere el desarrollo de interfaces de programación de aplicaciones (APIs)<sup>32</sup> personalizadas o el uso de middleware<sup>33</sup> para facilitar la interoperabilidad. Además, es crucial garantizar que la integración no perturbe las operaciones existentes, lo que requiere una planificación cuidadosa y pruebas exhaustivas<sup>34</sup>.



**Gestión de grandes volúmenes de datos:** Los gemelos digitales generan, recopilan y procesan cantidades masivas de datos para replicar y predecir el comportamiento de sus contrapartes físicas. La gestión efectiva de estos datos es esencial para el funcionamiento preciso del gemelo digital<sup>35</sup>. Esto incluye desafíos como el almacenamiento seguro de datos, el procesamiento en tiempo real, la análisis para la extracción de insights útiles, y la garantía de la calidad y coherencia de los datos. Además, con el volumen de datos en constante aumento, las soluciones de gestión de datos deben ser escalables y flexibles para adaptarse a las crecientes necesidades de almacenamiento y procesamiento.



**Seguridad y privacidad de los datos:** La protección de la información contra vulnerabilidades es una prioridad, dado que los gemelos digitales a menudo manejan datos sensibles y confidenciales<sup>36</sup>. Esto requiere la implementación de sólidas medidas de seguridad para salvaguardar los datos contra accesos no autorizados, ataques cibernéticos y otras amenazas. La encriptación de datos, tanto en reposo como en tránsito, junto con el uso de autenticación robusta y control de acceso, son prácticas recomendadas en este ámbito.

30. Integration Challenges for Digital Twin Systems-of-Systems. Publicado por IEEE/ACM International Workshop on Software Engineering for Systems-of-Systems and Software Ecosystems, mayo de 2022 [https://www.researchgate.net/publication/359618724\\_Integration\\_Challenges\\_for\\_Digital\\_Twin\\_Systems-of-Systems](https://www.researchgate.net/publication/359618724_Integration_Challenges_for_Digital_Twin_Systems-of-Systems)

31. Digital twins: needs, challenges and understanding. Publicado por The ODI, 22/10/2019 <https://theodi.org/news-and-events/blog/digital-twins-user-research/>

32. Programación de aplicaciones (APIs): Conjunto de rutinas, protocolos y herramientas para construir software y aplicaciones. Facilita la creación de software al proporcionar los bloques de construcción, permitiendo a los desarrolladores integrar funcionalidades de terceros sin necesidad de escribir el código desde cero.

33. Middleware: Software que actúa como un puente entre las aplicaciones y otros herramientas o bases de datos para garantizar la comunicación y la gestión de datos. Facilita el desarrollo de aplicaciones al permitir que los desarrolladores realicen solicitudes de entrada/salida sin necesidad de escribir procedimientos específicos para cada dispositivo o tipo de base de datos.

34. Integration Challenges for Digital Twin Systems-of-Systems. Publicado por IEEE/ACM International Workshop on Software Engineering for Systems-of-Systems and Software Ecosystems, mayo de 2022

[https://www.researchgate.net/publication/359618724\\_Integration\\_Challenges\\_for\\_Digital\\_Twin\\_Systems-of-Systems](https://www.researchgate.net/publication/359618724_Integration_Challenges_for_Digital_Twin_Systems-of-Systems)

35. Integration Challenges for Digital Twin Systems-of-Systems. Publicado por IEEE/ACM International Workshop on Software Engineering for Systems-of-Systems and Software Ecosystems, mayo de 2022

[https://www.researchgate.net/publication/359618724\\_Integration\\_Challenges\\_for\\_Digital\\_Twin\\_Systems-of-Systems](https://www.researchgate.net/publication/359618724_Integration_Challenges_for_Digital_Twin_Systems-of-Systems)

36. Integration Challenges for Digital Twin Systems-of-Systems. Publicado por IEEE/ACM International Workshop on Software Engineering for Systems-of-Systems and Software Ecosystems, mayo de 2022 [https://www.researchgate.net/publication/359618724\\_Integration\\_Challenges\\_for\\_Digital\\_Twin\\_Systems-of-Systems](https://www.researchgate.net/publication/359618724_Integration_Challenges_for_Digital_Twin_Systems-of-Systems)



**Mantenimiento de la confianza de los usuarios:** Para que los gemelos digitales sean verdaderamente efectivos, es fundamental mantener la confianza de los usuarios en la precisión y seguridad de estos sistemas. Esto implica no solo asegurar la protección de los datos, sino también garantizar que los gemelos digitales reflejen fielmente las condiciones y comportamientos de sus contrapartes físicas. La transparencia en cuanto a cómo se recopilan, procesan y utilizan los datos puede ayudar a fortalecer la confianza de los usuarios. Además, es importante establecer y seguir estrictos estándares éticos en el desarrollo y operación de gemelos digitales.

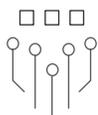
En conjunto, estos desafíos subrayan la necesidad de un enfoque multidisciplinario para el diseño e implementación de gemelos digitales, que combine expertise en TI, ingeniería, seguridad de datos y ética. La superación de estos obstáculos es esencial para aprovechar plenamente el potencial de los gemelos digitales como herramientas para la optimización de procesos, la innovación en productos y servicios, y la toma de decisiones basada en datos.

## CONSIDERACIONES ÉTICAS

Los gemelos digitales, como representaciones virtuales detalladas de procesos, sistemas o entidades reales, tienen el potencial de transformar industrias al mejorar la eficiencia, productividad y capacidad predictiva. Sin embargo, su implementación requiere una reflexión cuidadosa sobre varios aspectos éticos cruciales<sup>37 38</sup>.



**Privacidad y transparencia:** La gestión de la privacidad y el consentimiento es primordial, ya que los gemelos digitales implican la recopilación y análisis de grandes volúmenes de datos, incluidos datos personales o sensibles. Es vital garantizar el manejo ético de estos datos, protegiendo la privacidad a través del consentimiento informado y asegurando la seguridad de la información frente a accesos no autorizados. La transparencia en el manejo de los datos y el poder explicar las decisiones tomadas por los gemelos digitales son esenciales para mantener la confianza de los usuarios<sup>39</sup>.



**Autonomía y control:** A medida que estos sistemas se vuelven capaces de realizar tareas autónomamente, surge la preocupación sobre la autonomía y el control. La pregunta de hasta qué punto los sistemas inteligentes deberían tomar decisiones es fundamental, subrayando la necesidad de mantener un equilibrio entre la eficiencia proporcionada por la automatización y la supervisión humana necesaria para garantizar decisiones responsables y éticas<sup>40</sup>.

37. Digital Twins: Ethical and Societal Impacts. Publicado por IEEE, 19/04/2022 <https://cmt.ee.org/futuredirections/2022/04/19/cognitive-digital-twins-ethical-and-societal-impacts/>

38. Digital Twins: Potentials, Ethical Issues, and Limitations. Publicado por arXiv, 20/07/2022 <https://arxiv.org/abs/2208.04289>

39. Digital Twins: Potentials, Ethical Issues, and Limitations. Publicado por arXiv, 20/07/2022 <https://arxiv.org/abs/2208.04289>

40. Digital Twins: Potentials, Ethical Issues, and Limitations. Publicado por arXiv, 20/07/2022. <https://arxiv.org/abs/2208.04289>

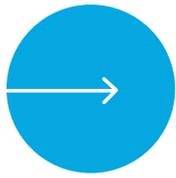
41. Digital twins: qué son para qué sirven y cuáles son los beneficios y problemas de los gemelos digitales", publicada por Xataka el 26/05/2021, <https://www.xataka.com/pro/digital-twins-que-sirven-cuales-beneficios-problemas-gemelos-digitales>



**Justicia y equidad:** Es imperativo que el diseño e implementación de gemelos digitales se realice de manera que no perpetúe ni agrave desigualdades existentes. Esto implica un esfuerzo consciente para evitar sesgos en la recopilación de datos y análisis, asegurando que el impacto de estas tecnologías sea equitativo y beneficioso para todos los sectores de la sociedad.



**Impacto en el empleo y la sociedad:** El impacto de los gemelos digitales en el empleo y la sociedad en general también merece una consideración cuidadosa<sup>41</sup>. La automatización y optimización que facilitan pueden tener efectos significativos en el mercado laboral, subrayando la importancia de abordar cómo estas tecnologías pueden transformar las oportunidades laborales y las competencias requeridas.



## EL FUTURO DE LOS GEMELOS DIGITALES



En el umbral de la transformación digital, los gemelos digitales emergen como una tendencia no solo prometedora sino también inevitable. En la actualidad, ser pioneros en la adopción de esta tecnología representa un valor agregado considerable, equiparable a lo que el correo electrónico significó en sus inicios. Las organizaciones más innovadoras, aquellas que buscan constantemente liderar mediante la inversión en nuevas tecnologías, reconocen ya los gemelos digitales como una ventaja competitiva significativa. Esta proactividad no solo les permite asumir riesgos calculados sino también tomar decisiones más informadas y, por ende, más acertadas. Mirando hacia el futuro, se vislumbra un escenario en el cual los gemelos digitales se convertirán en una herramienta estándar, al punto de que será impensable concebir un negocio sin su integración.

La inteligencia artificial (IA) juega un papel crucial en este panorama evolutivo. La implementación de gemelos digitales demanda una comprensión exhaustiva de los datos disponibles, así como la estructuración de modelos que incorporen todas las variables pertinentes. Aquí es donde la IA se erige como un catalizador, con el potencial de simplificar y agilizar significativamente el proceso de implementación y configuración de estos modelos. Se anticipa que la intervención de la IA no solo facilitará estos procesos iniciales, sino que también contribuirá a reducir los costos asociados a la implementación de los gemelos digitales, democratizando así su acceso.

En el contexto de América Latina y el Caribe (LAC), la transición hacia la nube se presenta como un factor determinante para el futuro de los gemelos digitales. A día de hoy, muchos negocios en la región todavía dependen de infraestructuras de servidores locales (on-premise), lo cual limita su capacidad de escala y flexibilidad. Sin embargo, a medida que más empresas adopten soluciones en la nube, experimentarán una escalabilidad mejorada que facilitará la implementación rápida de gemelos digitales. Esta migración hacia la nube promete no solo acelerar el despliegue de los gemelos digitales sino también optimizar su rendimiento, asegurando que las empresas de LAC no se queden atrás en la carrera por la innovación digital.



## REFERENCIAS ADICIONALES



### What is a Digital Twin?

Publicado por IBM

<https://www.ibm.com/topics/what-is-a-digital-twin>

### Gemelo digital | Qué es, cómo funciona, ventajas y aplicaciones

Publicado por Futuro Eléctrico

<https://futuroelectrico.com/gemelo-digital/>

### Ejemplos de gemelos digitales

Publicado por Digi International, 12/05/2023

<https://es.digi.com/blog/post/digital-twin-examples>

### Gemelos digitales: qué es, tipos y ejemplos

Publicado por Repsol, sin fecha especificada

<https://www.repsol.com/es/energia-futuro/tecnologia-innovacion/gemelos-digitales/index.cshtml>



# GLOSARIO DE TÉRMINOS

**BIG DATA** Conjunto de datos tan grande y complejo que las aplicaciones de procesamiento de datos tradicionales son insuficientes para manejarlo. Incluye el análisis, captura, búsqueda, compartición, almacenamiento, transferencia, visualización, y privacidad de grandes volúmenes de datos. Big Data se utiliza para revelar patrones, tendencias y asociaciones, especialmente en relación con el comportamiento humano y las interacciones.

**COMPUTACIÓN EN LA NUBE (CLOUD COMPUTING)** Modelo de computación que utiliza recursos de cómputo remotos, generalmente ubicados en centros de datos, para almacenar y procesar datos. Permite a los usuarios acceder a servicios y aplicaciones a través de internet.

**INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA)** Conjunto de tecnologías y técnicas que permiten a las máquinas realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana, como el aprendizaje, la adaptación, la resolución de problemas y la toma de decisiones.

**INTERNET DE LAS COSAS (IOT)** Red de objetos físicos (“cosas”) que están equipados con sensores, software y otras tecnologías para conectar y compartir datos con otros dispositivos y sistemas a través de internet.

**MIDDLEWARE** Software que actúa como un puente entre las aplicaciones y otros herramientas o bases de datos para garantizar la comunicación y la gestión de datos. Facilita el desarrollo de aplicaciones al permitir que los desarrolladores realicen solicitudes de entrada/salida sin necesidad de escribir procedimientos específicos para cada dispositivo o tipo de base de datos.

**PROGRAMACIÓN DE APLICACIONES (APIS)** Conjunto de rutinas, protocolos y herramientas para construir software y aplicaciones. Facilita la creación de software al proporcionar los bloques de construcción, permitiendo a los desarrolladores integrar funcionalidades de terceros sin necesidad de escribir el código desde cero.

**SISTEMAS DE GESTIÓN DE RELACIONES CON CLIENTES (CRM)** Estrategia de gestión de todas las relaciones e interacciones de una empresa con sus clientes y potenciales clientes. Un sistema CRM ayuda a las empresas a conectarse con sus clientes, simplificar procesos, y mejorar la rentabilidad. Utiliza datos sobre las interacciones con los clientes para ayudar en ventas, marketing, y servicio al cliente.

**SISTEMAS DE PLANIFICACIÓN DE RECURSOS EMPRESARIALES (ERP)** Software empresarial que gestiona e integra los procesos importantes de una organización, incluyendo finanzas, cadena de suministro, operaciones, comercio, reportes, manufactura, y recursos humanos. Los sistemas ERP permiten a las organizaciones utilizar un sistema de aplicaciones integradas para gestionar el negocio y automatizar muchas funciones de back office relacionadas con la tecnología, servicios y recursos humanos.

