



BOLETÍN 412 /

FACILITACIÓN,  
COMERCIO Y LOGÍSTICA  
EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

50 años

Impulsando una  
infraestructura,  
un transporte  
y una logística  
sostenibles

# Transformación digital portuaria: sistemas comunitarios portuarios y gemelos digitales

## Introducción

En los últimos años, el comercio internacional y las cadenas globales de valor se han visto profundamente afectadas por diversos acontecimientos. La pandemia provocada por la enfermedad del COVID-19, los conflictos bélicos en curso y las tensiones comerciales entre grandes potencias han puesto en evidencia la vulnerabilidad de los sistemas logísticos mundiales. Como expone



Introducción	1
I. Sistemas Comunitarios Portuarios (PCS)	3
II. Gemelos digitales en la logística portuaria	9
III. Reflexiones finales y recomendaciones	11
IV. Bibliografía	13
V. Publicaciones de interés	16

El presente *Boletín FAL* tiene como objetivo analizar el papel de la transformación digital en los puertos de América Latina y el Caribe, con especial énfasis en los Sistemas Comunitarios Portuarios (Port Community Systems (PCS)) y los gemelos digitales como herramientas estratégicas para mejorar la eficiencia operativa, la resiliencia y la sostenibilidad de las cadenas de suministro. A partir de una revisión conceptual y del análisis de experiencias internacionales y regionales, el documento examina el grado de avance de estas tecnologías en la región, identifica brechas y desafíos persistentes y extrae lecciones relevantes para orientar la formulación de políticas públicas y la toma de decisiones en materia de modernización portuaria y logística.

El presente *Boletín FAL* fue preparado por Miryam Saade Hazin, Oficial a Cargo de la Unidad de Servicios de Infraestructura de la División de Comercio Internacional e Integración de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). La autora agradece la valiosa información proporcionada por David Ávila, pasante de la misma Unidad. Para mayores antecedentes contactar a miryam.saade@un.org.

Las Naciones Unidas y los países que representan no son responsables por el contenido de vínculos a sitios web externos incluidos en esta publicación.

No deberá entenderse que existe adhesión de las Naciones Unidas o los países que representan a empresas, productos o servicios comerciales mencionados en esta publicación.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de la autora y pueden no coincidir con las de la Organización o las de los países que representa.

Los límites y los nombres que figuran en los mapas incluidos en este documento no implican su apoyo o aceptación oficial por las Naciones Unidas.

Esta publicación debe citarse como: Saade Hazin, M. (2025). Transformación digital portuaria: sistemas comunitarios portuarios y gemelos digitales. *Boletín FAL*, 412 (4). Comisión Económica para América Latina y el Caribe.





la CEPAL (2025), el giro reciente en la política comercial e industrial de los Estados Unidos y las medidas de respuesta o represalia adoptadas por algunos socios comerciales han dado lugar a una nueva etapa de la globalización y de la interdependencia económica, caracterizada por lo que Farrell y Newman (2019, 2025) denominan “interdependencia instrumentalizada” (*weaponized interdependence*). Este concepto se refiere al uso de instrumentos económicos con fines geopolíticos, mediante la intervención en los flujos comerciales, de inversión y financieros, así como en el acceso a tecnologías estratégicas. Estos acontecimientos no solo alteraron el flujo regular de mercancías, sino que también evidenciaron la necesidad urgente de acelerar aún más la transformación digital de las infraestructuras críticas —en particular los puertos— como parte fundamental de las cadenas globales de suministro.

El papel del transporte marítimo en este contexto es indiscutible. Actualmente, cerca del 80% del volumen del comercio mundial de bienes se moviliza por vía marítima, lo que convierte a los puertos en nodos estratégicos para fortalecer la resiliencia del comercio exterior y garantizar el suministro de bienes esenciales (UNCTAD, 2021).

Para América Latina y el Caribe (ALC), una región altamente dependiente del comercio marítimo para avanzar hacia un desarrollo sostenible, este escenario plantea desafíos particularmente relevantes. Hoy más que nunca, la modernización y digitalización de las plataformas logísticas portuarias deben considerarse prioridades estratégicas para mejorar la competitividad regional.

La creciente complejidad y las disrupciones recientes de las cadenas de suministro, junto con los impactos climáticos cada vez más desafiantes y las mayores exigencias en materia de seguridad en las zonas portuarias, exigen puertos más eficientes en la economía global. En consecuencia, los puertos han dejado de ser infraestructuras físicas dedicadas exclusivamente al movimiento de mercancías para consolidarse como plataformas logísticas que prestan una amplia gama de servicios a múltiples actores, incluidos las autoridades portuarias, las navieras, los operadores de terminales, las agencias gubernamentales, los servicios aduaneros, los transportistas terrestres y las empresas logístico-industriales, entre otros.

En el contexto actual, el funcionamiento óptimo de un puerto ya no está determinado únicamente por su tamaño o capacidad instalada, sino por su eficiencia operativa y el nivel de digitalización de sus procesos. La pandemia del COVID-19 evidenció la vulnerabilidad de los puertos frente a eventos disruptivos, al tiempo que subrayó la necesidad de contar con herramientas digitales que brinden visibilidad, trazabilidad y capacidad de reacción ante situaciones de crisis.

En esta línea, Trelleborg (2020), una de las empresas líderes en soluciones portuarias, reveló que el 41% de quienes reservan espacio en buques pierde su cupo en más del 20%

de las ocasiones, mientras que otro 20% reporta demoras promedio superiores a seis horas. Estas ineficiencias no solo afectan a las empresas individualmente, sino que también generan cuellos de botella que comprometen el funcionamiento integral de la cadena de suministro, con impactos en el aumento de los costos logísticos y en la disminución de la competitividad regional.

Ante este panorama, Aita (2022) enfatiza que la eficiencia portuaria debe apoyarse en una profunda transformación digital, en la que la automatización y el uso intensivo de datos permitan anticipar operaciones, estimar con mayor precisión la hora de llegada de los buques y coordinar recursos con antelación. Para ello, la conectividad tecnológica y la digitalización deben considerarse ejes del cambio estructural en la industria portuaria. En el mismo documento, el autor identifica cinco funciones clave que todo puerto moderno debe cumplir: i) proporcionar servicios integrados al buque y a la carga; ii) actuar como interfaz eficiente entre el medio marítimo y terrestre; iii) consolidarse como entornos productivos que aporten valor agregado; iv) adaptarse a las tendencias logísticas globales; y v) posicionarse como puntos estratégicos dentro del sistema de producción, transporte y comercio mundial.

En este marco, dos instrumentos tecnológicos destacan por su potencial transformador: los Sistemas Comunitarios Portuarios (Port Community Systems, PCS) y los gemelos digitales. Estas herramientas no solo permiten optimizar procesos operativos, sino que también fortalecen la transparencia, la colaboración interinstitucional y la resiliencia frente a eventos disruptivos.

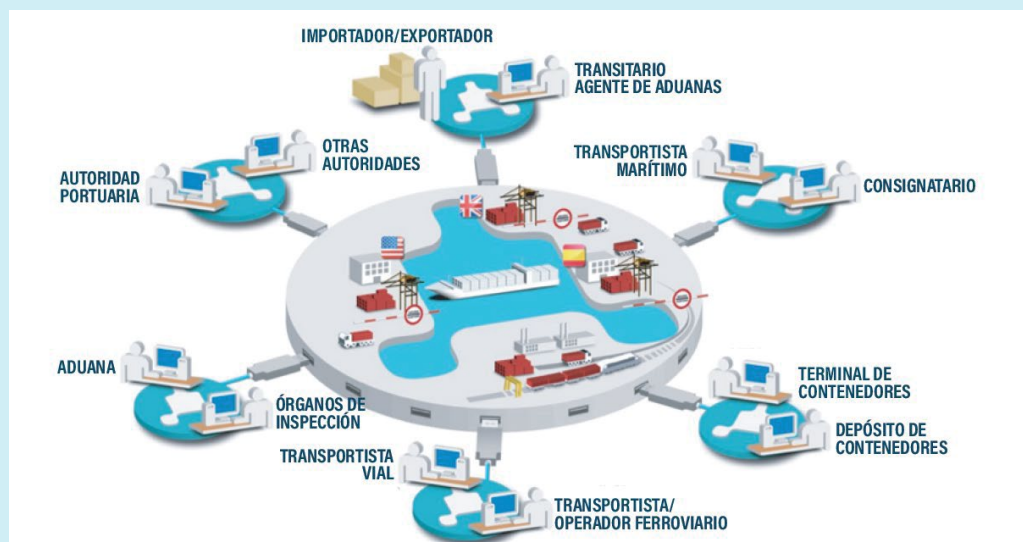
El objetivo de este Boletín FAL es subrayar la importancia de avanzar en el análisis y la implementación de ambas tecnologías en América Latina y el Caribe, revisar las experiencias relevantes, extraer las lecciones aprendidas y, finalmente, presentar recomendaciones de política pública orientadas a impulsar su adopción en los puertos de la región.

## I. Sistemas Comunitarios Portuarios (PCS)

Los Sistemas Comunitarios Portuarios (PCS, por sus siglas en inglés) son plataformas digitales diseñadas para facilitar el intercambio estructurado, seguro y en tiempo real de información entre los diversos actores que participan en el entorno portuario. Estos sistemas integran a autoridades aduaneras y marítimas, navieras, operadores logísticos, empresas de transporte terrestre, agencias marítimas y otros actores de la comunidad portuaria (véase la infografía 1).

### Infografía 1

Sistemas Comunitarios Portuarios: principales actores



Fuente: Mendes Constante y otros (2019) sobre la base de ValenciaportPCS.net.

Según la definición de la Asociación Internacional de Sistemas Comunitarios Portuarios (IPCSA), por sus siglas en inglés<sup>1</sup> EPCSA/IPCSA (2011, 2020), un PCS es una plataforma electrónica neutral y abierta que permite el intercambio inteligente, seguro y eficiente de información entre actores públicos y privados. Esta definición, retomada también por UNCTAD (2021), destaca el papel de los PCS en la reducción de tiempos de tramitación, la minimización de errores y la optimización de procesos documentales en el entorno portuario.

Valdés y Pérez (2020) enfatizan que un PCS no debe entenderse únicamente como un portal de información, sino como un nodo tecnológico de conectividad, capaz de capturar, procesar y redistribuir datos logísticos de manera automática. Una característica esencial de estos sistemas es que eliminan la duplicación de datos y evitan el reingreso manual de información en múltiples plataformas, diferenciándose así de soluciones digitales aisladas. En consecuencia, los PCS fortalecen la eficiencia operativa y mejoran la competitividad logística, especialmente en la articulación puerto-hinterland.

Por otro lado, Mendes Constante y otros (2019) agregan que el éxito de un PCS depende en gran medida del diseño de su modelo de negocio. Aspectos como la propiedad, el modelo operativo, las fuentes de financiamiento y la orientación de los servicios deben definirse considerando la estructura legal e institucional de cada comunidad portuaria. La evidencia señala que la resistencia al cambio —tanto en el sector público como en el privado— constituye uno de los desafíos centrales para su implementación. Cabe mencionar que no existe un único esquema de financiamiento aplicable a todos los PCS; por el contrario, este depende de la gobernanza y de los grupos de usuarios beneficiarios.

Actualmente, los modelos más comunes son los siguientes:

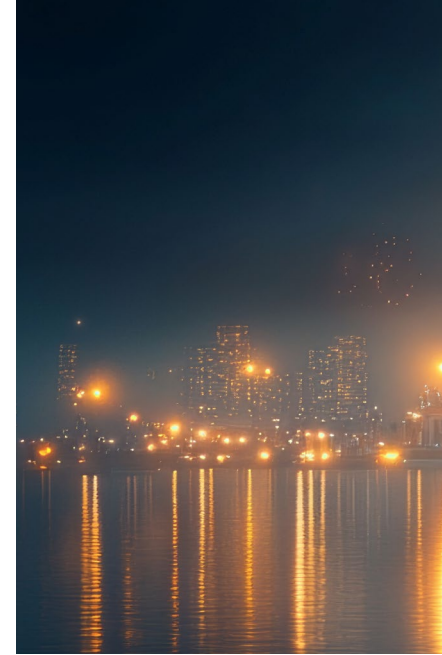
- **Financiamiento público** (por ejemplo, Puerto de Valencia, puertos de Róterdam y Ámsterdam, Puerto de Amberes).
- **Alianza público privada (APP)** (por ejemplo, Puerto de Barcelona, Puerto de Marsella).
- **Financiamiento privado** (por ejemplo, Puerto de Singapur, Puerto de Hamburgo, Puerto de Felixstowe).

Según Álvarez y Sánchez (2022), la implementación de un PCS genera importantes beneficios como: i) la reducción de costos administrativos; ii) la disponibilidad permanente de información precisa; iii) las mejoras en eficiencia y productividad; iv) el incremento de la competitividad global; v) el fortalecimiento de la intermodalidad; vi) la mayor satisfacción del cliente, vii) el cumplimiento de políticas portuarias; viii) la optimización del uso de infraestructuras costosas y limitadas; ix) la mayor seguridad y trazabilidad de cargas; y x) la visibilidad integral en la cadena logística.

Cabe señalar que la implementación de un PCS no depende únicamente del desarrollo tecnológico; requiere también de un conjunto de elementos institucionales, normativos y organizacionales. Así lo destaca la guía publicada por EPCSA/IPCSA (2011), que establece un proceso estructurado de 12 acciones para la puesta en marcha de un PCS, el cual demanda articular la coordinación institucional, la gobernanza, la adecuación jurídica y el desarrollo tecnológico. Estos pasos se describen a continuación:

- **Crear un entendimiento común del PCS.** Consiste en acordar, dentro de la comunidad portuaria, qué es un PCS, qué funciones tiene y qué beneficios aporta, utilizando definiciones estándar (EPCSA/IPCSA).

<sup>1</sup> La Asociación Internacional de Sistemas Comunitarios Portuarios (IPCSA, por sus siglas en inglés) es el organismo sucesor de la Asociación Europea de Sistemas Comunitarios Portuarios (EPCSA, por sus siglas en inglés). EPCSA fue creada en 2011 para agrupar a los principales PCS europeos y, tras su expansión global, adoptó en 2014 el nombre IPCSA para reflejar su alcance internacional.





- **Definir por qué se necesita un PCS.** Se establecen objetivos relacionados con eficiencia, intercambio electrónico de datos, cumplimiento regulatorio y competitividad.
- **Conformar la comunidad (*buy-in*).** Reúne a autoridades portuarias, aduanas, navieras, terminales, agencias marítimas y otros organismos gubernamentales; suele ser el paso más desafiante.
- **Designar embajadores.** Personas que promueven el PCS, comunican sus beneficios y facilitan la adopción aprendiendo de experiencias internacionales.
- **Establecer una estrategia de comunicación.** Mantener informada a la comunidad mediante comunicación bidireccional continua.
- **Identificar los procesos de negocio prioritarios.** Cada puerto tiene necesidades específicas; se deben seleccionar los procesos clave y definir mejoras frente a los procedimientos actuales.
- **Integrar aduanas.** Implica alinear el sistema con lineamientos de la OMA/WCO, avanzar hacia los Operadores Económicos Autorizados (AEO) y asegurar la presentación electrónica de datos.
- **Definir el marco legal.** Considera leyes de protección de datos, normativa marítima, regulaciones aduaneras y marcos internacionales para el intercambio electrónico.
- **Diseñar la organización del PCS.** Incluye definir si será público, privado o mixto, establecer su estructura de propiedad, su gobernanza y financiamiento.
- **Formar grupos de desarrollo.** Equipos multidisciplinarios responsables del diseño de la solución digital, la priorización de funcionalidades y la gestión de dependencias.
- **Aprovechar el conocimiento existente.** Se estudian PCS ya implementados, se incorporan buenas prácticas y se reutilizan estándares; no se comienza desde cero.
- **Asegurar la sostenibilidad a largo plazo.** Se definen flujos de ingresos (suscripciones, tarifas por servicio o transacción), actualizaciones periódicas y capacidades de mantenimiento.

En conjunto, estas 12 acciones garantizan que un PCS sea viable, interoperable, confiable y financieramente sostenible, además de asegurar que responda a las necesidades reales de la comunidad portuaria.

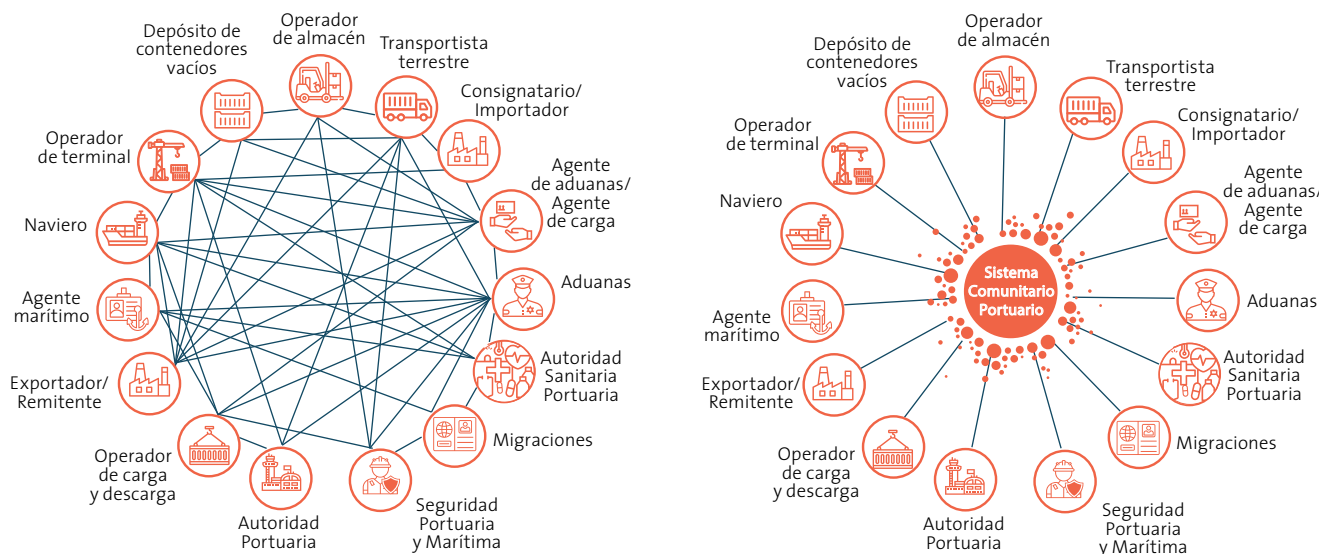
Desde el punto de vista técnico y funcional, el PCS se basa en una arquitectura tipo “*hub-and-spoke*”, lo cual le permite interconectarse con sistemas existentes —como Sistemas de Gestión de Terminales (TOS), plataformas de gestión portuaria, ventanillas únicas marítimas o aduaneras— y facilita la automatización de procesos. Esta capacidad convierte al PCS en un habilitador tanto de la colaboración vertical (entre distintos eslabones de la cadena de suministro) como de la horizontal (entre actores del mismo nivel que incluyen

competidores). Asimismo, el PCS puede cumplir funciones regulatorias cuando cuenta con mandato gubernamental, como ventanilla única nacional o como *Single Submission Portal*, lo que lo convierte en una herramienta clave para la gobernanza digital portuaria.

El diagrama 1 ilustra cómo el PCS actúa como nodo central de intercambio de información entre actores públicos y privados del ecosistema portuario. Gracias a la automatización de procesos interorganizacionales y la integración de sistemas, permite un flujo continuo de datos en tiempo real que optimiza la asignación de recursos —como muelles, equipos de patio y accesos terrestres— y favorece la coordinación y la eficiencia operativa.

**Diagrama 1**

Colaboración entre los miembros de la comunidad portuaria antes y durante la adopción de un Sistema Comunitario Portuario



**Fuente:** Traducción al español sobre la base del documento: Carlan, V., Christa, S., & Vanelslander, T. (2016). Port Community Systems costs and benefits: from competition to collaboration within the supply chain. Hellenic Institute of Transport.

EPCSA/IPCSA (2011) ha identificado beneficios adicionales, tales como: i) la reducción del tiempo de salida al mercado; ii) la trazabilidad puerta-a-puerta; iii) la simplificación de permisos comerciales; iv) el despacho automatizado; v) la disminución de redundancias gracias a la interoperabilidad; y v) la mejor calidad de los datos compartidos.

De acuerdo con el Banco Mundial (2024), la expansión global de los PCS ha seguido una lógica progresiva en la que muchos países han optado por desarrollar soluciones de alcance nacional, comenzando por un puerto principal y extendiéndolas al resto del sistema portuario. Esta tendencia responde tanto a la necesidad de contar con apoyo administrativo y financiero estatal como al objetivo de asegurar la interoperabilidad entre puertos y una visión de país en materia de digitalización logística. Incluso en Europa occidental —pionera histórica en esta materia— se observa el desarrollo de clústeres portuarios digitales y proveedores tecnológicos especializados, como SOGET y MGI (Francia), así como PORTEL Logistic Technologies y PORTIC (España), que han acompañado la estandarización de procesos y el despliegue de PCS a escala nacional. Sobre esta base, el Banco Mundial identifica cuatro grandes olas de implementación de PCS a nivel internacional, cuyas características y trayectorias permiten comprender el contexto en que América Latina y el Caribe está siendo parte de esta transformación.

La primera, entre 1982 y 2000, estuvo dominada por Europa y Asia, donde puertos como Hamburgo, Le Havre, Felixstowe y Singapur desarrollaron los primeros PCS del mundo, gracias al avance del intercambio electrónico de datos (EDI, Electronic Data Interchange) y a

marcos regulatorios que impulsaron la digitalización portuaria. En este período, el mercado común europeo desempeñó un papel clave: sus economías altamente dependientes del comercio internacional contaban con puertos de entrada competitivos y de alto rendimiento que invertían intensivamente en mecanización portuaria, multimodalidad y digitalización.

La segunda ola, entre 2001 y 2011, consolidó este proceso mediante la expansión de estándares internacionales promovidos por el Centro para la Facilitación del Comercio y las Transacciones Electrónicas de las Naciones Unidas (UN/CEFACT, United Nations Centre for Trade Facilitation and Electronic Business), la Organización Internacional de Normalización (ISO, International Organization for Standardization), la Organización Marítima Internacional (OMI, International Maritime Organization) y la Organización Mundial de Aduanas (OMA, World Customs Organization). La contribución de la OMI fue particularmente decisiva con la publicación del IMO Compendium on Facilitation and Electronic Business (edición 2001), que consolidó los estándares para el intercambio electrónico de información entre las naves y las autoridades regulatorias y operadores en tierra. Durante esta etapa, distintos puertos avanzaron en la implementación de PCS, entre ellos Valencia y Bilbao (España), Rotterdam (Países Bajos), Sines (Portugal), Rávena, Génova y La Spezia (Italia), así como los puertos de Shanghái y Dalian (China), Port Louis (Mauricio) y Cotonou (Benín), entre otros.

Sin embargo, es recién en la tercera ola, entre 2012 y 2017 —marcada por avances significativos tanto legales como tecnológicos— cuando los PCS comienzan a implementarse en América Latina y el Caribe. Chile, con el PCS del Puerto de Valparaíso, y Jamaica se convierten en los pioneros regionales, mientras que emergen iniciativas en Brasil (Puerto de Santos) y Canadá (Montreal y Prince Rupert). Esta ola estuvo impulsada por tecnologías más abiertas y flexibles, como el uso intensivo de Interfaz de Programación de Aplicaciones (APIs, por sus siglas en inglés), la computación en la nube, arquitecturas distribuidas y microservicios, que facilitaron la integración masiva entre actores logísticos.

Finalmente, una cuarta ola, iniciada en 2018 y aún en curso, marca un salto hacia PCS multimodales, basados en la nube e integrados con tecnologías emergentes como inteligencia artificial (IA), el Internet de las Cosas (IoT, Internet of Things), blockchain y los gemelos digitales (digital twins). Como señala el Banco Mundial, esta ola está siendo testigo de una profunda transformación del sector marítimo derivada de la adopción de tecnologías de la Industria 4.0, las cuales se espera contribuyan significativamente al aumento de la eficiencia y la efectividad de la logística global y de la gestión de las cadenas de suministro.

Si bien América Latina y el Caribe ha exhibido avances en el desarrollo de PCS, su nivel de implementación en la región aún dista del deseado para alcanzar su objetivo. Tal como lo señalan Álvarez y Sánchez (2022), la transformación digital de las cadenas de suministro sigue enfrentando obstáculos estructurales, entre los que destacan:

- baja digitalización de procesos;
- falta de interoperabilidad entre sistemas nacionales y subnacionales;
- marcos normativos insuficientes;
- resistencia institucional al intercambio de datos;
- brechas tecnológicas entre empresas según tamaño, competitividad y grado de internacionalización;
- inestabilidad política y económica;
- temor a la pérdida de empleos; y
- escasa oferta tecnológica adaptada a necesidades locales.

A ello cabe agregar, y tal como se detalla en UNCTAD (2023) y el Banco Mundial (2024), las persistentes y elevadas brechas en: i) infraestructura digital portuaria; ii) heterogeneidad tecnológica entre terminales; iii) limitada estandarización de los flujos de información; y iv) baja calidad de datos para uso operacional avanzado.

En el cuadro 1 se aprecia que la adopción de PCS en América Latina y el Caribe avanza, empero, de forma heterogénea y con marcadas diferencias entre países. Solo un grupo reducido de puertos —entre ellos Valparaíso, Kingston, Bridgetown, Buenos Aires y Nassau— cuenta

con PCS plenamente implementados, mientras que la mayoría de los países de la región permanece en fases iniciales de diseño, planificación o implementación parcial, como el Perú, Suriname, Trinidad y Tabago, Belice y Santa Lucía. Brasil, Chile, México y Trinidad y Tabago han optado por modelos escalonados que comienzan en puertos estratégicos y buscan evolucionar hacia plataformas de alcance nacional, siguiendo una tendencia internacional destacada por el Banco Mundial hacia PCS de cobertura sistémica.

En paralelo, economías más pequeñas del Caribe, como Santa Lucía y Suriname, avanzan en procesos de planificación e implementación que ofrecen oportunidades para estandarizar flujos logístico-portuarios y reducir brechas tecnológicas. Esta distribución confirma que la digitalización portuaria en la región continúa siendo incipiente y está condicionada por déficits en infraestructura digital, limitaciones institucionales y bajos niveles de estandarización operativa. En conjunto, los datos muestran que la región se encuentra en un punto de inflexión: si bien se registran progresos importantes, persiste la necesidad de acelerar la planificación, modernización y despliegue efectivo de PCS para mejorar la eficiencia logística, impulsar la competitividad y fortalecer la resiliencia de los sistemas portuarios.

### Cuadro 1

Sistemas Comunitarios Portuarios en América Latina y el Caribe: países seleccionados

País	Puerto	Estado/Fase	Año de inicio
Argentina	Puerto de Buenos Aires	Implementada	2019
	En evaluación la extensión al resto del país	Reevaluación	2020
Bahamas (Las)	Nassau Port	Implementada	2019
Barbados	Bridgetown Port	Implementada	2016
Belice	Puerto de Belice	En diseño	2023
Brasil	Puerto de Santos, Rio de Janeiro, Suape y Paranaguá en primeras fases. Se proyecta a nivel nacional	En desarrollo	2024
Chile	Puerto de Valparaíso	Implementada	2008, actualizado en 2023
	Puerto de San Antonio	En implementación	2023
	Resto de puertos	En desarrollo	2023
Jamaica	Puerto de Kingston	Implementada	2016
México	Puerto de Manzanillo	En desarrollo	2024
Perú	Puerto del Callao	En implementación	2017
Santa Lucía	Port Castries	Planificación	2023/2024
Suriname	Paramaribo Port	En implementación	2025
Trinidad y Tabago	Puerto de Point Lisas y Puerto de Puerto España	En diseño	2023

**Fuente:** Elaboración propia sobre la base de: Administración General de Puertos Sociedad del Estado (2019); Autoridad Portuaria Nacional del Perú (2020); Bahamas Customs Department (s/f); Barbados Port Inc. (s/f); Caribbean Development Bank (2020); CIP/OEA. (2024); CIP/OEA. (2024, July); Dominica Port Community System. (s/f); Empresa Portuaria Valparaíso, (s/f); Fundación Valenciaport. (2019). Government Press Office – Belize. (2023, December 14); Infraestructura Pública. (2023, October 25); International Trade Centre and Caribbean Development Bank (s/f); Jamaica Port Community System, (s/f); Ministry of Trade and Industry – Trinidad and Tobago. (2024, May 10); MundoMarítimo. (2024, September 3); Portal Portuario. (2019, November 27); Portside Caribbean. (2025, January 20); Puerto Manzanillo (México). (2021, March 31); Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística (SEMIL), Governo do Estado de São Paulo. (2024, April 17); Sindaport. (2024, July 9); World Bank. (2024, March 24) and World Bank. (2024, March 24), Chile and Barbados.

La expansión de los PCS constituye un pilar esencial para la modernización portuaria, no obstante, su efecto transformador se potencia cuando se integra con tecnologías avanzadas de análisis y simulación. En este contexto, los gemelos digitales emergen como la siguiente frontera de la transformación digital portuaria, ya que permiten modelar infraestructuras y operaciones en tiempo real, anticipar fallas, optimizar recursos y fortalecer la resiliencia de las cadenas logísticas. La evolución desde PCS hacia ecosistemas portuarios inteligentes exige no solo plataformas de intercambio de datos, sino también capacidades analíticas y

predictivas que permitan convertir esa información en decisiones operativas y estratégicas de alto impacto. En la sección siguiente se examina el papel de los gemelos digitales y su incipiente, pero creciente adopción en los puertos de la región.

## II. Gemelos digitales en la logística portuaria

El concepto de gemelo digital (*digital twin*) fue introducido por Michael Grieves en 2002 en el marco del enfoque de Product Lifecycle Management (PLM). Su fundamento consiste en la existencia de dos sistemas interconectados —uno físico y otro virtual— unidos por flujos bidireccionales de datos que permiten replicar, monitorear y optimizar el comportamiento de un activo a lo largo de su ciclo de vida (Grieves y Vickers, 2002). Aunque la formulación moderna proviene del ámbito industrial, uno de los antecedentes más emblemáticos se encuentra en el programa Apolo de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA, por sus siglas en inglés), donde réplicas físicas de las naves permitieron diagnosticar fallas y evaluar soluciones desde la Tierra (Piascik y otros, 2010; Caruso, Dumbacher y otros, 2010).

En los últimos años, esta tecnología ha trascendido hacia la manufactura y se ha extendido a sectores como energía, salud, aeronáutica y, más recientemente, al transporte marítimo y la logística portuaria. Según Hapag-Lloyd (2024), un gemelo digital constituye una representación virtual dinámica de un activo, infraestructura, proceso u operación, capaz de simular y optimizar su desempeño mediante sensores, flujos continuos de datos, inteligencia artificial y modelos avanzados de simulación. En 2025, la compañía destacó su creciente uso para optimizar rutas, mejorar la planificación operativa y fortalecer la resiliencia del transporte marítimo.

De forma complementaria, el BID (2024) caracteriza a los gemelos digitales como representaciones virtuales de sistemas físicos complejos que hacen posible simular, monitorear y optimizar procesos en tiempo real, lo que los convierte en una herramienta fundamental para anticipar cuellos de botella logísticos, mejorar la gestión de flujos de carga y apoyar decisiones estratégicas en entornos portuarios.

### A. Aplicación de los gemelos digitales en logística portuaria

---

En el ámbito portuario, Aita (2022) destaca que los gemelos digitales permiten modelar el impacto de las operaciones logístico-portuarias sobre las cadenas de suministro y sobre las comunidades, al facilitar tanto la reorganización de procesos como el desarrollo de *Smart Logistics*. La pandemia aceleró su adopción, al evidenciar la necesidad de contar con sistemas capaces de operar con datos en tiempo real y analítica avanzada para anticipar fallas, reducir inactividad, optimizar mantenimiento y adaptar procesos de manera ágil.

Para ello, el uso intensivo de datos constituye un requisito central: sensores IoT posibilitan conocer ubicación, condiciones y daños de contenedores individuales, información que se integra a modelos predictivos basados en *machine learning*. Estos modelos no se limitan a activos específicos, sino que abarcan redes completas —almacenes y/o, terminales— a través de modelos 3D y datos operativos actualizados, lo que permite evaluar inventarios, anticipar problemas y apoyar decisiones operativas y estratégicas.

Aita (2022) también subraya que el gemelo digital se ha consolidado como una de las tecnologías más relevantes para mejorar el desempeño de sistemas, procesos y servicios mediante monitorización, control remoto y simulación de cualquier tipo de activo. Aunque algunas empresas ya exploraban esta tecnología antes de la pandemia, la crisis sanitaria transformó la digitalización y la toma rápida de decisiones en requisitos indispensables para sostener la continuidad operativa. La incorporación de datos provenientes de sensores, combinados con *big data* y técnicas avanzadas de *machine learning*, permite generar modelos predictivos precisos capaces de reproducir estados actuales, pasados y futuros del sistema.

En esta misma línea, el BID (2024) documenta la creciente adopción de gemelos digitales en la industria portuaria global para enfrentar desafíos como la optimización del espacio, la reducción de emisiones, la planificación operativa y la gestión de emergencias. Un caso

emblemático es el Canal de Panamá, cuya expansión —valorada en más de 5.250 millones de dólares— incorporó un gemelo digital desarrollado mediante la metodología *Building Information Modeling (BIM)*. Esta herramienta permitió simular operaciones futuras, apoyar labores de mantenimiento y optimizar la gestión de las nuevas esclusas en ambos océanos.

En América Latina y el Caribe, la adopción de gemelos digitales en el ámbito portuario aún es incipiente, aunque avanza de manera progresiva en algunos de los principales nodos logísticos de la región, generalmente en el marco de estrategias más amplias de modernización, automatización y transformación digital de los sistemas portuarios. Los principales casos identificados, así como su estado de implementación y el año de referencia, se presentan en el cuadro 2.

## Cuadro 2

Gemelos Digitales en América Latina y el Caribe: países seleccionados

País	Puerto	Estado de implementación	Año
Brasil	Santos	En implementación	2024
Chile	San Antonio	En desarrollo	2025
	Valparaíso	En exploración	2025
Colombia	Cartagena	En implementación	2024
Perú	Callao	Implementado	2020
	Chancay	En implementación	2025

**Fuente:** Elaboración propia sobre la base de Mundo Marítimo (2025); Porto de Santos (2025); Grupo Puerto de Cartagena (2025); Puerto de Valparaíso (2025); Shanghai Municipal Government (2024) y Tyspa Digital Solutions. (2024).

A continuación se describen los principales casos de implementación y desarrollo de gemelos digitales en puertos de la región.

### 1. Brasil

En Brasil, la Autoridad Portuaria de Santos (APS), en línea con las tendencias internacionales de digitalización de los grandes puertos del mundo, inició a finales de 2024 el despliegue de un gemelo digital en el Puerto de Santos. Este proyecto forma parte de la estrategia de modernización del puerto y tiene como objetivos optimizar las operaciones, reducir costos y reforzar la seguridad. El gemelo digital funciona como un “laboratorio virtual” que permite el seguimiento en tiempo real del tráfico marítimo, el movimiento de carga y el uso de los atracaderos, así como la simulación de distintos escenarios operativos —por ejemplo, la introducción de nuevas rutas o cambios en la gestión del canal— sin afectar directamente las actividades portuarias. Esta herramienta facilita la anticipación de problemas operativos y una toma de decisiones más ágil y precisa (Porto de Santos, 2025; PortalPortuario.cl (2025).

### 2. Chile

En el caso de Chile, el San Antonio Terminal Internacional (STI) avanza en la implementación de una plataforma digital que integra gemelos digitales (DT) e inteligencia artificial (IA) como parte de su estrategia de modernización y eficiencia operativa. Esta plataforma permitirá consolidar en un entorno digital único las distintas áreas del terminal -operaciones, mantenimiento, energía, seguridad y control de accesos- y visualizar en tiempo real la actividad de equipos, naves y patios, optimizando la trazabilidad, la eficiencia y la toma de decisiones (Mundo Marítimo, 2025).

Por su parte, el Puerto de Valparaíso ha explorado activamente alternativas de innovación tecnológica a través de visitas técnicas a puertos líderes en China, como Yangshan en Shanghai —el mayor puerto automatizado del mundo— y Ningbo. Estas experiencias han permitido conocer en mayor profundidad el funcionamiento de los gemelos digitales aplicados a la gestión portuaria, particularmente en lo relativo al monitoreo en tiempo real

de la operación de las naves, el rendimiento de las grúas, los niveles de automatización y la operación telemática, con miras a evaluar su potencial adaptación a la realidad operativa del sistema portuario chileno (Puerto de Valparaíso, 2025).

### 3. Colombia

En Colombia, el Puerto de Cartagena ha consolidado un ecosistema tecnológico avanzado que integra inteligencia artificial, realidad virtual y análisis de datos en tiempo real para optimizar sus operaciones. Dentro de estas iniciativas, destaca la incorporación de gemelos digitales, que permiten contar con un modelo digital de la operación portuaria para comprender de manera integral el funcionamiento corporativo, anticipar escenarios y mitigar riesgos. La plataforma habilita la gestión y visualización de gemelos digitales en entornos 2D y 3D, a través de la integración de herramientas como BIM<sup>2</sup>, GIS<sup>3</sup> y GMAO<sup>4</sup> en un sistema centralizado. Dicha integración facilita el acceso a datos, modelos y control de activos y con ello, fortalece la innovación portuaria y eleva el estándar logístico del Puerto de Cartagena (Grupo Puerto de Cartagena, 2025; TYP SA Digital Solutions).

### 4. Perú

En el Perú, el Puerto del Callao constituye uno de los casos más avanzados de implementación de gemelos digitales en la región. En el Terminal Norte Multipropósito se ha desarrollado un sistema de gemelo digital mediante la metodología BIM con nivel de desarrollo LOD 500, que representa la infraestructura portuaria en su estado "*as-built*" e incorpora información detallada sobre instalaciones, especificaciones técnicas y mantenimiento. Este modelo permite una gestión digital integral de los activos físicos del puerto y se ha integrado con tecnologías como SCADA Ignition, herramientas de topografía y levantamientos LIDAR, así como modelos verificados en campo, nubes de puntos y visualización en 360°. En conjunto, estas capacidades facilitan el monitoreo en tiempo real y la simulación de escenarios operativos, los cuales permiten mejorar la toma de decisiones, reducir los costos operativos y disminuir la frecuencia de fallas (Monsó, 2023; BID, 2024; SENER, 2022). Esta experiencia fue reconocida con el Premio a la Excelencia en la Industria Portuaria 2022 de la AAPA y la Comisión Interamericana de Puertos de la OEA, en la categoría de Tecnología e Innovación (SENER, 2022).

Asimismo, el puerto de Chancay, concebido como un enclave logístico altamente automatizado del Pacífico Sur, ha incorporado una innovadora plataforma integrada de "energía + gemelo digital", desarrollada por COSCO Shipping en colaboración con la Universidad Marítima de Shanghai. A través del motor gemelo digital PortMeta3D, el sistema representa en un entorno tridimensional todas las entidades vinculadas a las operaciones portuarias y establece un marco de análisis para la gestión energética y la eficiencia operativa. Esta solución busca fomentar una operación portuaria inteligente, con especial énfasis en el control y la optimización de la eficiencia energética (Shanghai, 2024).

## III. Reflexiones finales y recomendaciones

La transformación digital de los puertos en América Latina y el Caribe no solo representa una oportunidad estratégica, sino un imperativo ineludible para aumentar la eficiencia, la resiliencia y la sostenibilidad de los sistemas logísticos de la región. En un contexto global caracterizado por crecientes incertidumbres derivadas de la crisis sanitaria, tensiones geopolíticas y cambios tecnológicos acelerados, la capacidad de los países para incorporar herramientas digitales en sus nodos portuarios será determinante para su inserción competitiva en las cadenas globales y regionales de valor, así como para fortalecer la resiliencia de las cadenas de suministro.

<sup>2</sup> Building Information Modeling.

<sup>3</sup> Geographic Information Systems.

<sup>4</sup> Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador.

En este proceso, dos instrumentos tecnológicos han emergido como pilares fundamentales de la modernización portuaria: los Sistemas Comunitarios Portuarios (PCS, por sus siglas en inglés) y los gemelos digitales. Ambos constituyen enfoques complementarios que, cuando se implementan de manera articulada, permiten mejorar la transparencia, la trazabilidad, la seguridad y la capacidad de planificación de las operaciones portuarias, contribuyendo de manera directa al desarrollo de infraestructuras resilientes, a la eficiencia en el uso de los recursos y a una mayor integración entre actores públicos y privados, en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

La evidencia internacional respalda este enfoque. La UNCTAD (2023) destaca que la digitalización portuaria —y los PCS en particular— no solo impulsa la eficiencia operativa, sino que constituye un pilar central para avanzar hacia la descarbonización del transporte marítimo y la logística. La digitalización habilita la descarbonización mediante herramientas que optimizan el rendimiento energético, reducen emisiones y fortalecen la gestión operacional. Tecnologías como la inteligencia artificial, el aprendizaje automático, el Internet de las Cosas (IoT) y los gemelos digitales permiten optimizar la velocidad, el ruteo, el mantenimiento predictivo y las operaciones portuarias, reduciendo tiempos de espera y consumo energético. Al mismo tiempo, la UNCTAD subraya la importancia de adoptar estas innovaciones bajo un enfoque de ciclo de vida completo, considerando la huella energética asociada al uso intensivo de centros de datos.

Este vínculo entre digitalización, eficiencia y sostenibilidad refuerza la necesidad —y urgencia— de acelerar la adopción de infraestructuras digitales avanzadas en los puertos de América Latina y el Caribe. Sin embargo, las experiencias analizadas muestran que la adopción de gemelos digitales en la logística portuaria de la región avanza de manera heterogénea y, en general, de forma incremental, concentrándose en puertos de gran escala y alto valor estratégico dentro de las cadenas de suministro regionales e internacionales. Los casos revisados evidencian que estas soluciones suelen implementarse como parte de procesos más amplios de modernización, automatización y digitalización, y no como herramientas aisladas, apoyándose en infraestructuras de datos, metodologías BIM, sensores IoT y plataformas de análisis avanzado.

Persisten, no obstante, desafíos relevantes para su expansión regional. Entre ellos destacan la interoperabilidad de los sistemas tecnológicos, la disponibilidad y calidad de los datos, el desarrollo de capacidades técnicas e institucionales, la gobernanza digital y la adecuación de los marcos regulatorios. Superar estas brechas es fundamental para que la digitalización portuaria contribuya efectivamente a cadenas de suministro más resilientes, inclusivas y sostenibles, capaces de absorber cualquier disrupción externa y adaptarse a escenarios cambiantes.

Asimismo, cerrar la brecha tecnológica entre las grandes economías y los países con menor nivel de desarrollo constituye un desafío central. La digitalización portuaria exige inversiones significativas que muchos países no pueden afrontar de manera individual. Por ello, el financiamiento se vuelve un elemento clave. Explorar esquemas innovadores que combinen recursos públicos, inversión privada y cooperación internacional resulta indispensable, particularmente en ámbitos como software, ciberseguridad, conectividad y gestión de datos, reforzando alianzas estratégicas en línea con el objetivo del Objetivo de Desarrollo Sostenible 17.

El desarrollo de capacidades técnicas e institucionales se perfila, además, como una condición habilitante para una transformación digital sostenible. La formación de talento humano, la actualización de perfiles profesionales y la promoción de una cultura digital entre operadores logísticos y autoridades portuarias son esenciales para garantizar la adopción efectiva y el aprovechamiento de estas herramientas en el largo plazo, y con ello reforzar la resiliencia operativa y la sostenibilidad de los sistemas portuarios.

En definitiva, la digitalización logística no debe entenderse como un lujo tecnológico, sino como una condición necesaria para enfrentar los desafíos del presente y del futuro. América Latina y el Caribe ya cuentan con experiencias prometedoras —como el Canal de Panamá, el puerto de Santos, el Puerto del Callao o el emergente megapuerto de Chancay— que demuestran que avanzar es posible, siempre que exista voluntad política, cooperación técnica y una

visión compartida de largo plazo. Apostar por esta transformación es apostar por un sistema portuario más eficiente, resiliente, seguro y alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y con el fortalecimiento de las cadenas de suministro regionales y globales.

## IV. Bibliografía

- Administración General de Puertos Sociedad del Estado (AGPSE). (2019). Informe de gestión 2019. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2019\\_informe\\_de\\_gestion\\_agpse\\_o.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2019_informe_de_gestion_agpse_o.pdf)
- Aita, Diogo. (2022). Digitalización en puertos: aplicación de gemelos digitales en la complejidad logística. Boletín FAL 393. Número 3 / 2022 / ISSN: 1564-4227. CEPAL.
- Álvarez, D. y R. J. Sánchez. (2022). “Sistemas logísticos flexibles: cadenas de suministro inteligentes en América Latina”, serie Comercio Internacional, N° 171 (LC/TS.2022/168), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2022.
- Autoridad Portuaria Nacional del Perú. (2020). APN presenta el proyecto Smart Port que permitirá transformar el puerto del Callao en un puerto inteligente. <https://www.gob.pe/institucion/apn/noticias/303513-apn-presenta-el-proyecto-smart-port-que-permitira-transformar-el-puerto-del-callao-en-un-puerto-inteligente>
- Bahamas Customs Department. (s/f). ECAS – Electronic Customs Automated Services. <https://www.bahamascustoms.gov.bs/ecas/>
- Banco Mundial. (2024). *Port Digitalization and Trade Facilitation: Lessons from Global Port Community Systems*. Washington, D.C.: Banco Mundial.
- Banco Mundial. (2024, March 24). Chile. Project document: Digital transformation and logistics (Chile). <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099100324110031896/p17658716b19obo80188ca1c5976a8ffa91>
- Barbados. Project document: Digital transformation of port systems (Jamaica). <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099100324105529687/p17658719b9caoe71acaee1dd423329640e>
- Barbados Port Inc. (s/f). Port Community System. <https://pcs.barbadosport.com/welcome>
- Caribbean Development Bank. (2020). Transformation of Caribbean maritime port services industry. [https://www.caribank.org/sites/default/files/publication-resources/Study\\_Transformation-of-Caribbean-Maritime-Port-Services-Industry\\_1.pdf](https://www.caribank.org/sites/default/files/publication-resources/Study_Transformation-of-Caribbean-Maritime-Port-Services-Industry_1.pdf)
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo, 2024). Reporte de tecnología: gemelos digitales.
- Carlan, V., Christa, S., & Vanellander, T. (2016). Port Community Systems costs and benefits: from competition to collaboration within the supply chain. Hellenic Institute of Transport.
- Caruso, J., D. Dumbacher y otros. (2010). Sustainable Space Exploration (NASA Technical Report), Washington, D.C.
- CEPAL, Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2025). Perspectivas del Comercio Internacional de América Latina y el Caribe, 2025 (LC/PUB.2025/20-P).
- CIP/OEA. (2024a). Digital port transformation: The future is now. <https://cip-magazine.shorthandstories.com/2024-cip-magazine-digital-port-transformation-the-future-is-now/>
- CIP/OEA. (2024b, July). Eficiencia y transparencia en la gestión operativa: Casos de PCS en la región. <https://portalcip.org/wp-content/uploads/2024/07/1-EFICIENCIA-Y-TRANSPARENCIA-EN-LA-GESTIÓN-OPERATIVA.pdf>
- Dominica Port Community System. (s/f). About us. <https://portcommunitysystem.azurewebsites.net/about-us/>
- Empresa Portuaria Valparaíso, (s/f). SILOGPORT – Sistema Logístico Portuario de Valparaíso. <https://www.puertovalparaiso.cl/silogport>
- European Port Community Systems Association (EPSCA). (2020). *Port Community Systems: Key to a Smart and Sustainable Logistics Chain*. Bruselas: EPSCA.
- European Port Community Systems Association (EPSCA). (2011), The role of Port Community Systems in the development of the Single Window. EPSCA.
- Farrell, H. y Newman, A. (2019). Weaponized interdependence: how global economic networks shape state coercion. *International Security*, 44(1), 42–79. doi.org/10.1162/ISEC\_a\_00351
- Farrell, H. y Newman, A. (2025). The weaponized world economy: surviving the new age of economic coercion. *Foreign Affairs*, 104(5).

- Fundación Valenciaport. (2019). Diseño de un sistema PCS para el Puerto de Buenos Aires. <https://www.fundacion.valenciaport.com/proyecto/disenio-de-un-sistema-pcs-para-el-puerto-de-buenos-aires/>
- Grievess, Michael y John Vickers. (2002). Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems (Excerpt)
- Government Press Office – Belize. (2023, December 14). Government to acquire and modernise Belize City Commercial Port and resolve all Ashcroft claims litigation. <https://www.pressoffice.gov.bz/government-to-acquire-and-modernise-belize-city-commercial-port-and-resolve-all-ashcroft-claims-litigation/>
- Grupo Puerto de Cartagena. (2025). Estrategias de innovación en los cinco puertos más eficientes del mundo. Puerto de Cartagena – Porticolive. <https://puertocartagena.com/es/porticolive/actualidad/articulos/estrategias-de-innovacion-en-los-cinco-puertos-mas-eficientes-del>
- Hapag-Lloyd. (2025). Digital Twins in Route Optimization and Planning, Digital Insights Dock, Hamburgo. <https://www.hapag-lloyd.com/en/online-business/digital-insights-dock/insights/2025/02/digital-twins-in-route-optimization-and-planning.html>
- Hapag-Lloyd. (2024). Digital Twins in the Shipping Industry – Benefits, Use Cases and Possibilities, Digital Insights Dock, Hamburgo. <https://www.hapag-lloyd.com/en/online-business/digital-insights-dock/insights/2024/03/digital-twins-in-the-shipping-industry.html>
- Infraestructura Pública. (2023, October 25). Antonio Dourthe: “Hay una política de Estado para generar una mejor logística para el país”. <https://www.infraestructurapublica.cl/antonio-dourthe-hay-una-politica-de-estado-para-generar-una-mejor-logistica-para-el-pais/>
- International Trade Centre and Caribbean Development Bank (s/f). Logistics chain study for Santa Lucia. <https://www.caribank.org/sites/default/files/publication-resources/Logistics%20Chain%20Study%20For%20St%20Lucia.pdf>
- IPCSA. (2020). The IPCSA Guidelines for Port Community Systems. International Port Community Systems Association.
- Jamaica Port Community System. (s/f). <https://www.jamaicapcs.com>
- Mendes Constante, Jonas. (2019). Coordinators: Krista Lucenti and Sergio Deambros. “International case studies and good practices for implementing Port Community Systems”. Inter-American Development Bank.
- MGI – Marseille Gyptis International. (2022). *The C15 Platform: A New Generation Port Community System*. Marsella: MGI Publications.
- Ministry of Trade and Industry – Trinidad and Tobago. (2024, May 10). MTI signs contract for implementation and maintenance of PCS in Trinidad and Tobago. <https://tradeind.gov.tt/mti-signs-contract-for-implementation-and-maintenance-of-pcs-in-trinidad-and-tobago/>
- Monsó, J. L. (2023). The digital twin developed by SENER for Port El Callao: enhancements in operational reliability, decision support, cost savings and reduced failures, documento técnico presentado en jornadas técnicas sobre digitalización portuaria. [https://www.portdufutur.fr/sites/portdufutur/files/fichiers/2023/12/JMed2023\\_26\\_B1\\_%20Monso2.pdf](https://www.portdufutur.fr/sites/portdufutur/files/fichiers/2023/12/JMed2023_26_B1_%20Monso2.pdf)
- Mundo Marítimo. (2025). En STI se desarrolla modelo pionero de gestión digital portuaria con inteligencia artificial. Mundo Marítimo. <https://www.mundomaritimo.cl/noticias/ensti-se-desarrolla-modelo-pionero-de-gestion-digital-portuaria-con-inteligencia-artificial>
- MundoMarítimo. (2024, September 3). Puerto San Antonio avanza firmemente en la implementación del Port Community System. <https://www.mundomaritimo.cl/noticias/puerto-san-antonio-avanza-firmemente-en-la-implementacion-del-port-community-system>
- Piascik, R. y otros (2010). NASA Technology Roadmap: Modeling, Simulation, Information and Processing Roadmap, NASA, Washington, D.C.
- PortalPortuario.cl. (2025). Brasil: Porto de Santos avanza en transformación tecnológica con implementación de gemelo digital. Publicado el 18 de febrero de 2025.
- PortalPortuario.cl. (2024, 30 de abril). <https://portalportuario.cl/presentan-port-community-system-que-se-implementara-en-puerto-de-san-antonio/>
- Port de Barcelona/PORTIC. (2021). *Annual Report on Digital Port Community Services*. Barcelona: Port de Barcelona.
- Puertos del Estado (España). (2020). *Transformación digital en el sistema portuario español*. Madrid: Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.

- Porto de Santos. (2025). Porto de Santos avança na transformação tecnológica com implantação de gêmeo digital. Porto de Santos. <https://www.portodesantos.com.br/2025/02/18/porto-de-santos-avanca-na-transformacao-tecnologica-com-implantacao-de-gemeo-digital/>
- Portside Caribbean. (2025, January 20). Suriname: Nickerie starts construction of port in 2025. <https://portsidecaribbean.net/index.php/features/411-suriname-nickerie-starts-construction-port-in-2025>
- Puerto Manzanillo (México). (2021, March 31). Avances del ESP/PCS en Manzanillo. <https://www.puertomanzanillo.com.mx/espi/0000001/noticia.php?id=126>
- Puerto Valparaíso. (2025). Puerto Valparaíso explora alternativas de innovación y nuevas tecnologías. <https://www.puertovalparaiso.cl/puerto-valparaiso-explora-alternativas-de-innovacion-y-nuevas>
- SENER. (2022). Sener's Digital Twin contributes to the APM Terminals Callao award. <https://www.group.sener/en/noticias/sener-digital-twin-contributes-apm-terminals-callao-award/>
- Shanghai Municipal Government. (2024). Gemelo digital de la Universidad Marítima de Shanghai y COSCO Shipping impulsará la operación inteligente del puerto de Chancay. Shanghai Municipal Government. <https://spanish.shanghai.gov.cn/sp-Editor'sPick-StudyinShanghai/20241202/d12cba9a82e047079accc8552463e1f7.html>
- Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística (SEMIL), Governo do Estado de São Paulo. (2024, April 17). SP vai implantar projeto piloto de operação portuária com plataforma digital. <https://semil.sp.gov.br/2024/04/sp-vai-implantar-projeto-piloto-de-operacao-portuaria-com-plataforma-digital/>
- Sindaport. (2024, July 9). Brasil inicia implantação de PCS no Porto de Santos. <https://www.sindaport.com.br/conteudo.php?id=29071>
- Sindaport. (2024, March 19). PCS nos portos brasileiros: primeiros passos. <https://www.sindaport.com.br/conteudo-pesquisa.php?id=28543>
- SOGET. (2023). *Digitalizing Port Logistics: Building Collaborative and Resilient Port Communities*. Le Havre: SOGET.
- Trelleborg. (2020), *Use of big data in the maritime industry* [en línea] [https://www.trelleborg.com/marine-and-infrastructure/~/\\_/media/marine--systems/resources/whitepapers--and--barometer--reports/downloads/tms\\_smartport\\_insightbee\\_report.pdf?la=en](https://www.trelleborg.com/marine-and-infrastructure/~/_/media/marine--systems/resources/whitepapers--and--barometer--reports/downloads/tms_smartport_insightbee_report.pdf?la=en)
- Typsa Digital Solutions. (2024). Gemelo digital en el Puerto de Cartagena. Typsa Digital Solutions. <https://typsadigitalsolutions.com/gemelo-digital-puerto-de-cartagena/>
- UNCTAD. (2023). *Review of Maritime Transport 2023*. United Nations.
- UNCTAD. (2021). *Review of Maritime Transport 2021*. United Nations. [https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2021\\_en\\_o.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2021_en_o.pdf)
- Valdés Figueroa, Luis y Pérez, Gabriel. (2020). Transformación digital en la logística de América Latina y el Caribe. *Boletín Fal* 381, número 5 / 2020 / ISSN: 1564-4227. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

## V. Publicaciones de interés



*Boletín FAL N° 406*

### Tecnologías exponenciales para la gestión del tráfico fluvial de mercancías

Rodrigo Mariano Díaz

El presente *Boletín FAL* analiza los sistemas de navegación inteligente, como los Smart Waterway Systems (SWS) y los Port Community Systems (PCS). El objetivo de este estudio es explorar las experiencias globales en la digitalización de los procesos logísticos y de navegación, para su aplicación a la gestión de las vías navegables en América del Sur. Se busca que las instituciones públicas nacionales y regionales lideren la transformación digital del comercio exterior, y con ello reduzcan los riesgos operativos y la brecha digital en comparación con otras regiones.

Disponible en:



*Boletín FAL N° 409*

### Mejor infraestructura para una mayor integración económica en América Latina y el Caribe

Miryam Saade Hazin  
Sebastián Herreros

El presente *Boletín FAL* analiza los avances y desafíos de la integración económica en América Latina y el Caribe, con énfasis en el rol del comercio intrarregional y la infraestructura logística y de transporte. Asimismo, identifica los principales obstáculos y oportunidades, y presenta recomendaciones estratégicas para fortalecer la integración regional y mejorar la competitividad y sostenibilidad de la región.

Disponible en:

