



BOLETÍN 406 /

FACILITACIÓN,
COMERCIO Y LOGÍSTICA
EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Tecnologías exponenciales para la gestión del tráfico fluvial de mercancías

Introducción

La Cuarta Revolución Industrial está transformando nuestra forma de vivir y trabajar, y con ello, la totalidad de los procesos productivos. En particular, los procesos logísticos y de transporte presentan múltiples oportunidades para la aplicación de nuevas tecnologías, que están cambiando la manera en que se



Introducción	1
I. Navegación Inteligente	2
II. La Autoridad Portuaria como rol clave en la implementación de un <i>Smart Waterway System</i>	9
III. Beneficios de la implementación de un <i>River Community System</i>	11
IV. Conclusiones y reflexiones finales	12
V. Bibliografía	13
VI. Publicaciones de interés	15

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.

El autor de este documento es Rodrigo Mariano Díaz, consultor de la Unidad de Servicios de Infraestructura de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Para mayores antecedentes sobre esta temática contactar a: miryam.saade@un.org.

El autor agradece a los involucrados en este documento, en especial a la Asociación Internacional Permanente para los Congresos de Navegación (PIANC), a la Comisión Internacional de Sistemas de Comunidad Portuaria (IPCSA) y a la Unidad de Servicios de Infraestructura de la CEPAL.

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 los autores y pueden no coincidir con las de la Organización o las de los países que representa.

Esta publicación debe citarse como: R. M. Díaz, "Tecnologías exponenciales para la gestión del tráfico fluvial de mercancías", *Boletín FAL*, N° 406, Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2025.

Copyright © Naciones Unidas, 2025

Todos los derechos reservados

S.2401078[S]



CEPAL



planifican y ejecutan las tareas dentro de la cadena de distribución. En este contexto, la Asociación Internacional Permanente para los Congresos de Navegación, o PIANC (por sus siglas en inglés) ha trabajado desde principios del siglo XXI en la elaboración de documentos y estándares para facilitar la implementación de estas tecnologías (PIANC, 2019). Asimismo, se han logrado implementaciones exitosas, acompañadas de abundante documentación y estándares que centralizan los procesos comerciales relacionados con la navegación. Las instituciones involucradas en estos desafíos también crearon la Comisión Internacional de Sistemas de Comunidad Portuaria (IPCSA), para apoyar nuevos proyectos basados en las lecciones aprendidas de iniciativas previas, aprovechando las tecnologías emergentes para mejorar los sistemas existentes (IPCSA, 2015).

Este estudio tiene como objetivo considerar estas experiencias para la gestión de las vías navegables de América del Sur. Se busca sentar las bases para que instituciones públicas de alcance nacional y regional se posicionen como líderes en la promoción de la transformación digital de la logística para el comercio exterior. De esta manera se reduciría el riesgo operativo y la brecha digital con otras regiones del mundo, lo que incrementaría la competitividad de los actores involucrados, independientemente de su escala.

El estudio está organizado en cuatro secciones. En la primera se presenta reseña documental junto con algunos casos de éxito sobre tecnologías de Navegación Inteligente y Sistemas de Comunidad Portuaria. En la segunda sección se explica brevemente la importancia de la Autoridad Portuaria como líder para la implementación de estos procesos aunada a los beneficios esperables. En la tercera sección, se realiza un análisis detallado de los beneficios derivados de la implementación de un Sistema de Comunidad de Río, con el objetivo de unificar los procesos documentales y operativos en una plataforma de servicios a nivel nacional. Finalmente, el estudio concluye con los hallazgos obtenidos y los posibles pasos a seguir para optimizar el uso de las vías navegables interiores.

I. Navegación Inteligente

Los estudios recientes de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) coinciden con los análisis del Foro Económico Mundial al señalar que uno de los principales riesgos asociados con las tecnologías exponenciales de la Cuarta Revolución Industrial es la creciente brecha entre países. Esta disparidad se manifiesta entre aquellos que cuentan con la capacidad económica y estratégica para integrar y aprovechar tecnologías avanzadas, como la inteligencia artificial, el Internet de las cosas, *blockchain* y las comunicaciones basadas en 5G, frente aquellos que no logran innovar sus procesos de manera oportuna. Esta situación destaca la posible brecha en competitividad entre los puertos mediterráneos que dependen de la eficiencia en el uso de las vías navegables y aquellos que emplean

tecnologías avanzadas para optimizar recursos y reducir tiempos de gestión documental. En esta sección se analizarán dos modelos que han demostrado ser efectivos para resolver estas problemáticas: los Sistemas de Vías Navegables Inteligentes (SWS, por sus siglas en inglés, *Smart Waterway System*) y los Sistemas de Comunidad Portuaria (PCS).

A. Vías navegables inteligentes

Si bien en la literatura actual no hay una definición precisa del concepto anglosajón de *Smart Waterways System*, existe consenso tácito en que se refiere a un avanzado sistema de monitoreo y pronóstico de navegabilidad de una ruta de pasajeros o de carga. Este sistema puede estar compuesto por ecosondas instaladas en los barcos que navegan por el río, complementadas con datos de boyas de balizamiento equipadas con tecnología topográfica y sistemas de transmisión de datos, así como toda información relacionada con la navegabilidad que no requiera intervención manual.

Para que un sistema sea considerado un Sistema de Vías Navegables Inteligentes, no es suficiente con la adquisición y almacenamiento de datos; también es preciso contar con los elementos adecuados para procesar esta información y las herramientas necesarias para generar un modelo hidrológico preciso. Esto incluye, por ejemplo, la capacidad de prever niveles bajos de agua, reconstruir la topografía del lecho de la vía navegable y recibir datos actualizados en tiempo real, así como proporcionar previsiones precisas sobre la navegabilidad, (Erdrink, 2011).

La construcción de un SWS está basada en el concepto de Servicio de Información de Río o *River Information Services* (RIS) y es impulsado por la Dirección General de Movilidad y Transporte de la Unión Europea. Los RIS se sustentan en 2 pilares:

- i) Servicios relacionados con el tráfico,
- ii) Servicios relacionados con el transporte.

Dentro de los servicios relacionados con el tráfico, los cuales son de interés del presente documento, se encuentran¹:

- *Fairway Information Services* (FIS), o Servicio de información sobre los canales navegables, contiene información geográfica, hidrológica y administrativa sobre la infraestructura de la vía fluvial y en el área de RIS que es requerida por los usuarios para planificar, ejecutar y monitorear un viaje. La información de FIS es información unidireccional: de la costa al barco o de la costa a las oficinas de los participantes.
- *Strategic Traffic Information* (STI) corresponde a la información que afecta a las decisiones a mediano y largo plazo de los usuarios RIS.
- *Tactical Traffic Information* (TTI) es la información que afecta a las decisiones inmediatas de navegación en la situación real del tráfico y en el entorno geográfico cercano a la gestión del tráfico.
- *Calamity abatement* significa las acciones de apoyo necesarias para limitar las consecuencias de una calamidad/accidente/incidente.

Desde la aplicación de la RIS en Europa, los grupos técnicos proporcionan plataformas internacionales que garantizan el desarrollo y el mantenimiento armonizados de estas normas. Estos equipos de trabajo actúan como órganos consultivos de instituciones como la Comisión Europea, la Comisión Central para la Navegación en el Rin (CCNR), la Comisión del Danubio (DC) y la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE) sobre los procesos de normalización de la RIS (*River Information Services* (RIS), 2022). La formación de este equipo de trabajo y el establecimiento de estándares han optimizado la navegación fluvial mediante el uso de tecnología avanzada. En los últimos años, se ha avanzado considerablemente en la integración y usabilidad de estos sistemas, enfocándose en el desarrollo de plataformas que ofrecen servicios integrales a través de un único punto de acceso. Ejemplos actuales incluyen el canal de acceso al puerto de aguas profundas

¹ Schlewing, 2010.

de Posorja en Ecuador; el proyecto AIRIS, que gestiona el río Guadalquivir en Sevilla, España; el proyecto BULRIS, que da soporte al sector búlgaro del río Danubio, entre otros. Los dos últimos ejemplos se describen a continuación.

1. Proyecto Airis, Puerto de Sevilla

El objetivo de AIRIS es desarrollar un sistema informático que abarque desde Sanlúcar de Barrameda hasta Sevilla, empleando tecnologías innovadoras para mejorar la gestión del tráfico de buques mediante la provisión de datos en tiempo real. El Puerto de Sevilla está situado en el interior del territorio, a unos 89 km de la costa, y la navegación por el Guadalquivir viene marcada por el régimen de mareas, de forma que los buques navegan por el canal coincidiendo con la pleamar. Conocer el estado de la vía navegable con mayor precisión en base al estándar RIS permite aprovechar al máximo la capacidad de la vía navegable y mejorar el acceso marítimo a Sevilla. Mediante este sistema, la Autoridad Portuaria de Sevilla monitoriza parámetros tales como la altura y la calidad del agua, las corrientes y las mareas. Una mayor cantidad y calidad de información del tráfico de la vía (sobre las características de los barcos y su carga, detecta posibles obstáculos a la navegación, etc.), facilita la gestión del tráfico y se optimizan los recursos. Estas herramientas favorecen una coordinación más eficiente de las operaciones portuarias y la navegación.

Airis ofrece actualmente los siguientes servicios²:

- FIS: aporta información geográfica, hidrológica y meteorológica captada a través de los sensores inteligentes desplegados en el Guadalquivir,
- TIS: ofrece datos que mejoran la toma de decisiones durante la travesía del buque y garantiza la seguridad en la navegación y optimiza la eficiencia operativa y la gestión del tráfico marítimo.
- TMS: facilita la organización del tráfico marítimo de forma ágil y segura con herramientas como el planificador de la navegación, a partir de condiciones físicas del río, batimetría y el tráfico existente.

2. Proyecto Acceso a puerto Posorja, Ecuador

La Autoridad Portuaria de Guayaquil (APG) en conjunto con el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), fabricaron e instalaron la señalización náutica a lo largo de las 21 millas que posee el canal de acceso al puerto de Aguas Profundas de Posorja. Cada boya cuenta, además del equipo lumínico, con un Sistema de Identificación Automática (AIS). En total, se han instalado 23 boyas con el mismo sistema, además de una enfilada de luz sectorizada (cañón de luces LED) ubicada en la Isla Puna. Esta última tiene un alcance de 10 millas náuticas y, mediante una luz blanca, guía al navegante por la ruta correcta. La tecnología de todo este equipamiento permite a los marinos conocer la posición de las boyas en tiempo real. El canal de 16,5 metros de profundidad permite la navegación de buques Neo Panamax y Post Panamax, y su tráfico se monitorea las 24 horas, los siete días de la semana, a través de un Sistema de Tráfico Marítimo (VTS) que será operado por la APG, y que constituye el primero a instalarse en Ecuador (APG, 2019).

B. Port Community System

Los *Port Community Systems* (PCS), o Sistemas de Comunidad Portuaria, pueden resolver los problemas de interoperabilidad y, de esta manera, fortalecer el sistema logístico de un país. Estos sistemas son una herramienta utilizada para integrar diversos actores relevantes en la interfaz portuaria en una misma plataforma.

² Véase Autoridad Portuaria de Sevilla, 2021.





El estudio realizado por (Álvarez y Sánchez, 2021), denominado “Cadenas de suministros inteligentes”, explora los factores claves para la transformación digital de las cadenas de suministros. Se destaca que actualmente en América Latina y el Caribe, el nivel de digitalización de los procesos se encuentra por debajo del deseado, debido a diferentes aspectos del contexto. Al mismo tiempo se señala que existe una marcada diferencia en el nivel de digitalización entre las instituciones instaladas en la región con presencia y origen internacional, con el nivel de digitalización de las PYMEs de la región, desbalance que es más pronunciado aún en aquellos países con economías más limitadas, transformándose en un riesgo elevado para la subsistencia de dichas economías.

La implementación de soluciones integrales centralizadas del modelo de *app economy*, habitualmente asociado a nombres como Uber o PedidosYa, donde las soluciones se presentan en una modalidad de uso a costo transaccional, podrían acercar posiciones entre la oferta y la demanda de un servicio. Posteriormente, el acceso y explotación de servicios de estas plataformas podría hacerse de múltiples maneras, ajustadas a la escala y necesidad de cada participante. Por ejemplo, un usuario que ocasionalmente realice transacciones con el sistema, podría hacerlo a través de un portal en una página de internet o una aplicación desarrollada para acceso con un teléfono móvil inteligente de uso cotidiano, mientras que un puerto que accede diariamente al sistema, podría hacerlo a través de una interfaz única entre sus sistemas internos y el PCS, y desde este último, a la información brindada por todos los intervinientes de la cadena.

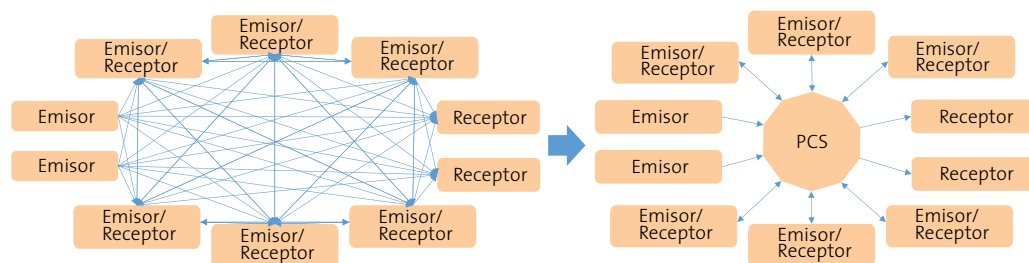
En una comunidad de actores heterogéneos como es el sector logístico fluvial, el flujo de información resulta complejo y cada etapa de intercambio deja una copia de la información en los sistemas de los intervinientes de manera aislada. En consecuencia, la cantidad de errores posibles (incluso sin la intervención humana en los datos), es equivalente a cuantos sistemas intervengan en dicho intercambio. Podrían generarse diferentes versiones de los datos que representan a la misma entidad física, por quedar detenidos en parte de la cadena sin la debida actualización, situación que puede hacer extremadamente compleja la trazabilidad de la información transaccional en caso de detección de errores. Naturalmente, estos errores se multiplican si el intercambio ocurre en formato de formulario en papel, donde además de los errores propios del procesamiento del dato, se da lugar a errores en la transcripción que las personas realizan de esta información.

Al mismo tiempo, los canales de interacción y los mensajes de intercambio electrónico pueden presentar tantas variantes de formato como actores involucrados en la cadena, lo que genera sistemas muy complejos y aumenta considerablemente el esfuerzo y los

costos necesarios para desarrollar y mantener las interfaces. En un **Sistema de Comunidad Portuaria (PCS)**, como se muestra en el diagrama 1, los mensajes solo tienen dos direcciones: envío o recepción, y el formato de intercambio es uniforme para todos los participantes. Además, el PCS retiene una única versión del dato, a la cual todos los actores pueden consultar o hacer referencia.

Diagrama 1

Complejidad de los procesos de comunicación y su simplificación a través de un *Port Community System*



Fuente: Elaboración propia.

Nota: PCS: *Port Community System*.

El PCS es una herramienta importante para mejorar la resiliencia de la cadena de suministros ya que, por tratarse de una solución tecnológica de gran escala, tiene una pertinencia técnica que le permite cuidar los factores de disponibilidad, confidencialidad e integridad de la información, reduciendo los riesgos de pérdida de operatividad y exfiltración de datos, propios del aumento de la superficie expuesta a ataques de ciberseguridad.

La Asociación Internacional de Sistemas de Comunidad Portuaria (IPCSA) ha publicado una serie de recomendaciones y prácticas que resultan útiles a la hora de determinar los pasos a seguir para llevar adelante un proyecto de PCS que beneficie a la comunidad portuaria, entendiendo que esa dirección redundará en beneficios individuales, tales como³:

- Reducción del tiempo de salida al mercado por medio de servicios para manejar las reservas, la programación, el seguimiento y la documentación,
- Rastreo y localización de todo el proceso de envío puerta a puerta,
- Simplificación de las declaraciones y permisos de comercio, utilizando los servicios del PCS para facilitar el proceso de despacho de la carga,
- Barreras automatizadas para el despacho en el puerto,
- Información que permite que los transportistas y los camioneros planifiquen mejor los traslados, lo cual mejora los plazos totales de entrega,
- Menor cantidad de procesos y de intercambio de documentos,
- Mayor velocidad de procesamiento de un gran volumen de información,
- Eliminación de cargas redundantes de datos, gracias a las interfaces entre los sistemas, que hacen más confiable la obtención de la información.

Según Mendes Constante, 2019, en el marco del estudio llevado adelante por el Banco Interamericano de Desarrollo, los modelos de negocio para desarrollar un PCS son los expresados a modo de resumen en el cuadro 1, el cual detalla las características más importantes para tener en cuenta en cada uno de ellos.

³ IPCSA, 2015.

Cuadro 1

Modelos existentes de propiedad y operación de los *Port Community System*

Modelo de Propiedad	Modelo de Operación	Características
Público	Público	<ul style="list-style-type: none">Liderazgo gubernamental.Fortalecimiento de la integración e interoperabilidad en Gobierno a Gobierno (G2G) y Empresa a Gobierno (B2G).Se requiere apoyo financiero y gobernanza para lograr un modelo sostenible y atractivo que responda a las estrategias públicas.Dificultad de la administración pública para poder llevar adelante la agilidad y eficiencia que requiere la plataforma.
Público	Privado	<ul style="list-style-type: none">La administración pública toma un rol activo en el PCS para asegurar la estrategia y neutralidad entre las partes interesadas.Una empresa privada se ocupa de la sustentabilidad con criterio comercial.Requiere un cuidadoso diseño de las políticas regulatorias para evitar los monopolios sobre datos, logrando neutralidad y equidad.
Privado-Público	Privado Público-Privado	<ul style="list-style-type: none">Se establecen acuerdos contractuales dinámicos entre una o más partes públicas y privadas que afrontan los riesgos técnicos, financieros y operativos.
Privado	Privado	<ul style="list-style-type: none">Suelen ser soluciones muy orientadas a la eficiencia operativa.Dificulta el manejo neutral de intereses, lo cual puede derivar en soluciones fragmentadas o inequidades comerciales.Se requiere un alto compromiso del privado con las estrategias de desarrollo público de mediano y largo plazo.

Fuente: Elaboración propia, sobre la base en información del BID (Mendes Constante, 2019).

C. Implementaciones tecnológicas actuales de *Port Community System*: casos de éxito

1. ValenciaPort (modelo público)

ValenciaPort gestionado por la Autoridad Portuaria de Valencia (APV) involucra los puertos de Valencia, Sagunto y Gandía que conforman el movimiento comercial de contenedores más importante de España en el Mar Mediterráneo. La APV asumió todos los costos de capital y operativos como parte de su plan de desarrollo estratégico para contar con un puerto moderno y digital. Actualmente, la comunidad portuaria está convencida de sus beneficios y está firmemente comprometida con la continuidad del PCS, y analiza la posibilidad de asignar una estructura de costos que traslade el 50% a los participantes del ecosistema (Mendes Constante, 2019).

Los servicios brindados por ValenciaPort son⁴:

- Transporte marítimo:
 - Salidas y llegadas/*schedule*
 - Reservas de carga
 - Instrucciones de embarque
- Operaciones Portuarias
 - Gestión de escalas
 - Gestión de mercancías peligrosas
 - Listas de carga y descarga
- Transporte Terrestre
 - Gestión del transporte por carretera
 - Gestión del transporte por ferrocarril
 - Entradas y salidas de terminales

⁴ ValenciaPort, 2021.

- Aduana
 - Declaración de mercancías
 - Información aduanera
- Otros servicios
 - Información de peso bruto verificado (VGM)
 - Seguimiento de la carga

2. Antwerp Port Community System (APCS), puerto de Amberes (modelo público–privado)

El APCS es propiedad de la Autoridad Portuaria de Amberes y de Alfaport Antwerpen, y es gestionado por un comité directivo conformado por representantes de los sectores público y privado de la comunidad portuaria. En el año 2018 se convirtió en NxtPort, la cual es una plataforma abierta que ofrece los servicios preexistentes de APCS (similares a los ofrecidos por ValenciaPort), e incorpora un *marketplace* para desarrollo de soluciones logísticas que amplifiquen los servicios de intercambio de mensajes alojados en APCS. Esta idea es similar a la utilizada por Google en su *Play Store* para los teléfonos con sistemas operativos Android, pero aplicada a la plataforma del PCS. Es decir, un tercero que quiera desarrollar una idea aplicable al ámbito portuario puede registrarse en la plataforma NxtPort y desarrollar su solución, eligiendo también el modelo de negocio propio de la plataforma. Actualmente la comunidad está formada por 12.000 usuarios pertenecientes a 4.000 instituciones (C-Point, 2021).

3. Portnet, puerto de Singapur (modelo privado)

Portnet es una solución que nació en el año 1984 como solución interna de la firma Port of Singapore Authority (PSA), y representa el modelo tradicional de centralización de información en infraestructura bajo responsabilidad completa de Portnet.com. Lo cual presenta un punto de atención respecto a un posible monopolio sobre la información, además de representar un doble riesgo, por pertenecer Portnet a un privado con intereses dentro de la comunidad, lo que dificulta la neutralidad de las operaciones (Portnet, 2021).

Las funciones principales brindadas por Portnet son:

- Pedidos en línea de servicios portuarios
 - Declaración de servicio y buques
 - Solicitud de amarre
 - Servicios de estiba
 - Servicios de manipulación de grúas de patio
 - Servicios de pilotos, remolcadores y botes acuáticos
 - Servicios de monitoreo de *reefers*
 - Servicios de etiquetado, monitoreo y fumigación para cargas de mercancías peligrosas (tipo DG, o *Dangerous Goods*)
 - Instalaciones de depósito en el muelle
- Módulos de proceso de trabajo de los clientes
 - Listas de trabajo de transportistas y funciones de subcontratación
 - Solicitudes de permisos gubernamentales
 - Orden de entrega electrónica (EDO) y procesamiento de entrega
 - Almacén de contenedores y orden de liberación
 - Integración de sistema de soporte a sistema
- Facilitación del cumplimiento
 - Facilita la carga y descarga eficiente y efectiva de contenedores en el momento del atraque
 - Guía la autorización de camiones en las “puertas de flujo” de PSA
 - Evita la sobreestiba durante la planificación
 - Herramienta proactiva de administración de excepciones

- Seguimiento y localización
 - Estado del contenedor, incluidos los horarios de llegada y descarga
 - Estado del buque, incluida la ubicación actual, y los cambios en los detalles de atraque
 - Horarios detallados: envío, atraque y grúa de patio
 - Datos de planificación de buques
 - Temperatura de los contenedores refrigerados
 - Consulta de servicios sobre mercancías peligrosas (DG)
- Funciones financieras
 - Intercambio electrónico de datos financieros (FEDI) de facturas
 - Facilitar los procesos de refacturación por parte de las navieras
 - Visualización en línea de los cargos de Portnet

II. La Autoridad Portuaria como rol clave en la implementación de un *Smart Waterway System*

Las autoridades portuarias han sido tradicionalmente responsables del desarrollo y mejora del área relacionada con las operaciones portuarias, que van desde la infraestructura, desarrollo y mantenimiento hasta la comercialización y gestión de instalaciones portuarias. Su función de gobernanza portuaria se refiere a las interacciones entre los sectores público y privado que influyen la organización portuaria en varios niveles, desde local hasta global. Es un tema complejo que está intrínsecamente ligado, en diversas combinaciones espaciales y temporales, a las distintas etapas de la historia, las culturas y la geografía, así como a las diferentes formas de organización política, económica y administrativa. Como órganos de gobierno portuario han sido proactivos en el desarrollo de sistemas de información portuaria a través de la disponibilidad y distribución de tecnologías de la información, la mejora de la interacción y el intercambio de información entre las partes interesadas, como aduanas, transitarios y transportistas. En la última década, han surgido nuevos desarrollos en las estrategias portuarias a nivel global y las autoridades portuarias están cambiando su naturaleza y función, asumiendo cada vez más un papel activo en la gestión de los sistemas logísticos y, en ocasiones, adoptando comportamientos de gestión y empresariales (Tijan, Jović, Panjako, y Žgaljić, 2021).

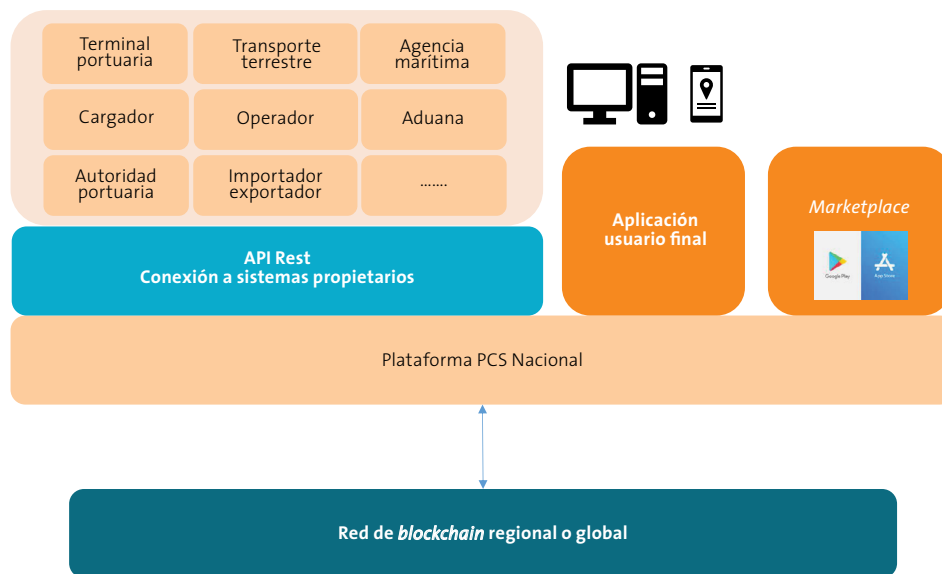
Actuando como una plataforma digital, un PCS facilita el intercambio inteligente y protegido de información entre usuarios de puertos públicos y privados. Sus funciones pueden extenderse de la plataforma a un SWS, y exponer los servicios de información para la navegación y los relacionados a la carga transportada en la misma plataforma operativa.

Las autoridades portuarias deberían desempeñar un papel clave en la mejora de la transformación digital del transporte y la cadena de suministro, operando como conectores entre todas las partes involucradas en el puerto, la costa y el interior del puerto (Safety4Sea, 2019a). Dado que la autoridad portuaria es responsable del desarrollo seguro, sostenible y competitivo de los puertos, puede representar el actor más importante de la implementación del PCS. La implementación de sistemas de información centralizados puede brindar beneficios para la autoridad portuaria ya que a través de estos podrían coordinar más fácilmente las actividades, monitorear a los operadores portuarios y controlar las operaciones. En consecuencia, las autoridades portuarias, a través de un PCS podrían contar con mayor cantidad y mejor calidad de información que alimentarían mejores decisiones para la realización de operaciones sostenibles (Tijan, Jović, Panjako, & Žgaljić, 2021).

La tecnología actual, facilita la implementación del modelo conceptual de PCS en plataformas que pueden integrar a toda escala de terminales y en diferentes formatos de uso. En el diagrama 2 se presenta un ejemplo de alto nivel de este posible concepto a desarrollar.

Diagrama 2

Concepto para un *Port Community System* adaptado a las posibilidades y necesidades actuales



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Las *Application Program Interface* (API) son mecanismos que permiten a dos componentes de *software* comunicarse entre sí mediante un conjunto de definiciones y protocolos.

El concepto desarrolla tres maneras de acceso, cada uno con sus propios modelos de negocio, multiplicando de esta manera las posibilidades de uso en diferentes escalas económicas. Al mismo tiempo, se incorpora la posibilidad de **desarrollo abierto desde las plataformas disponibles para dispositivos móviles** logrando dar espacio a la creación de nuevas soluciones.

La comunicación con redes abiertas de *blockchain*, permitiría funciones propias de esta tecnología. Dichas redes han sido exploradas en Díaz, Valdéz Figueroa y Pérez Salas (2021) (Díaz, Valdéz Figueroa, & Pérez Salas, 2021), las cuales podrían resultar favorables por sus características, tales como:

- **Consenso**, para concretar una transacción evitando la necesidad de una autoridad central, incluso traspasando fronteras.
- **Origen**, mediante la trazabilidad del dato que representa a un activo a través de los bloques desde su origen.
- **Inmutabilidad**, ya que los participantes no pueden alterar la transacción una vez que se ha registrado en el libro mayor.
- **Finalidad**, un solo libro mayor compartido proporciona un lugar al que ir para determinar la propiedad de un activo o la finalización de una transacción determinada (Ahuja, Gharehgozli, & Li, 2020).

La posible incorporación de *blockchain* en la plataforma podría, además de reducir el manejo de la información en papel (que puede hacerse mediante otras plataformas), mejorar los controles, reducir los fallos en los procesos documentales y habilitar contratos inteligentes que se ejecuten automáticamente cuando las condiciones establecidas por las partes sean alcanzadas; esta plataforma podría reducir sustancialmente las fricciones comerciales relacionadas con los controles transfronterizos, reduciendo la complejidad y bajando los costos logísticos (WEF, 2018).

Al mismo tiempo los contratos inteligentes podrían ser utilizados para facilitar la liquidación de los costos de peaje por uso de la hidrovía, incorporando variables provenientes del sistema RIS y otras condiciones pactadas previamente, incluyendo beneficios y penalizaciones por el uso eficiente o faltas a las normativas vigentes respectivamente. Esto evidenciaría una mejora sustancial en los procesos administrativos de facturación del peaje, incentivando el uso eficiente y la reducción de los cuellos de botella actuales.

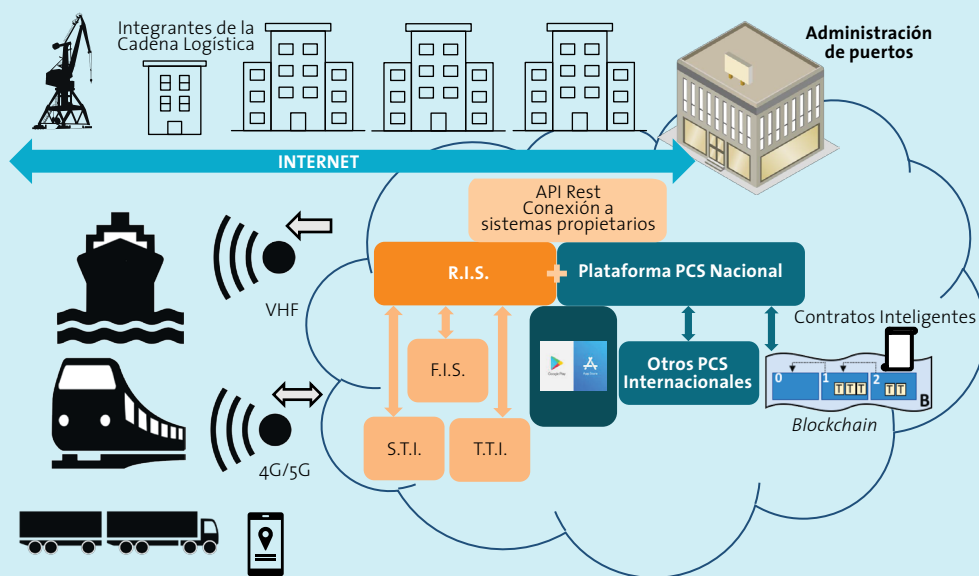
III. Beneficios de la implementación de un *River Community System*

En el presente, el proceso de digitalización y modernización de las actividades de las vías navegables se percibe como una necesidad independiente de la escala del proceso a abordar, tal como se indicó en las conclusiones del XXIX congreso de AAPA Latino (Sánchez, 2021). Sin embargo, el esfuerzo debería pasar por repensar los procedimientos vigentes desde las posibilidades que la tecnología actual permite, dedicar especial atención a la gestión del cambio y el liderazgo a asumir para su nuevo formato, y la definición estratégica del alcance de la comunidad a abordar, con una visión integradora que priorice el crecimiento de las economías locales y regionales. En tal sentido, las entidades de orden nacional o regional ocupan un lugar privilegiado para liderar estos cambios.

En la actualidad la tecnología y la información abundan, y el factor diferenciador está en la facilidad y rapidez con la que los individuos y las instituciones puedan acceder a ellas. Por lo tanto, brindar un servicio de *Smart Waterway System* con las características presentadas en primera sección, del cual se han presentado casos de éxito que actualmente se encuentran en funcionamiento, debería ser evaluado como una oportunidad para ser ofrecido de manera integral y centralizada en conjunto con un tradicional PCS. Es pertinente entonces, definir una plataforma a la que denominaremos *River Community System* (RCS) o Sistemas de Comunidad de Río, cuya finalidad es el intercambio en formato electrónico de la totalidad de la información necesaria para que el tráfico de mercancías y personas a través de la navegación fluvial pueda hacerse de manera eficiente, reduciendo o eliminando los inconvenientes que se generan en la atomización de los procesos técnicos y documentales que lo integran (véase el diagrama 3).

Diagrama 3

Esquema conceptual de un *River Community System*



Fuente: Elaboración propia.

Nota: RIS: Servicio de Información de Río o *River Information Services* es impulsado por la Dirección General de Movilidad y Transporte de la Unión Europea. Los RIS se sustentan en 2 pilares: i) servicios relacionados con el tráfico, y ii) servicios relacionados con el transporte. FIS: *Fairway Information Services*, o Servicio de información sobre los canales navegables, contiene información geográfica, hidrológica y administrativa sobre la infraestructura de la vía fluvial y en el área de RIS que es requerida por los usuarios para planificar, ejecutar y monitorear un viaje. La información de FIS es información unidireccional: de la costa al barco o de la costa a las oficinas de los participantes. STI: *Strategic Traffic Information* (STI) corresponde a la información que afecta a las decisiones a mediano y largo plazo de los usuarios RIS. TTI: *Tactical Traffic Information* (TTI) es la información que afecta a las decisiones inmediatas de navegación en la situación real del tráfico y en el entorno geográfico cercano a la gestión del tráfico.

IV. Conclusiones y reflexiones finales

- A pesar de los evidentes beneficios que la hidrovía aporta a la competitividad de las cadenas logísticas del ecosistema productivo del comercio exterior regional, aún falta implementar un sistema moderno e integrado de información activa en tiempo real. Este sistema debería mejorar la eficiencia en la navegación, la seguridad, el control y la asistencia proporcionada por las autoridades mediante el diseño e implementación de herramientas TIC⁵. Dichas herramientas pueden ofrecer variables e información relevante de todo el proceso en un solo sitio e incrementaría significativamente la gobernanza del sistema, convirtiéndose en un factor decisivo para la mejora continua del desempeño logístico. La integración y digitalización de los procesos de navegación en un único punto de servicio, mediante asistentes o plantillas electrónicas adaptadas a cada actividad, facilitaría tanto el conocimiento previo como la presentación posterior de la documentación. Esto representaría un factor decisivo para la reducción de riesgos operativos en un entorno caracterizado por alta competitividad e innovación tecnológica. Los casos presentados podrían servir como referencia para evaluar y emular las mejores prácticas, lo que permitiría alcanzar resultados similares a esos proyectos exitosos.
- El futuro se muestra auspicioso para la navegación autónoma en los canales interiores, según los estudios presentados por el Grupo de Trabajo 210 de la PIANC sobre Transporte Marítimo inteligente en Vías Navegables Interiores (PIANC, 2022). Dichos estudios sugieren la necesidad de implementar Sistemas de Información de Ríos (RIS), y advierten que las vías navegables que no adopten estos sistemas podrían enfrentar mayores riesgos para competir en este mercado emergente.
- La digitalización de los procesos desarrollada por los actores involucrados en la cadena logística internacional (puertos, navieras, agencias marítimas, cargadores, etc.) demuestra que los principales participantes han alcanzado niveles avanzados. Sin embargo, carecen de la capacidad para integrar soluciones de extremo a extremo. Ninguno de ellos puede avanzar por sí solo hacia la integración nacional o regional, ya que este proceso requiere el liderazgo firme de una entidad pública que pueda conciliar los intereses de todas las partes. Esta situación representa una gran oportunidad para que las entidades públicas de administración portuaria lideren la integración, y utilicen alguno de los modelos presentados, para lograr beneficios tanto individuales como comunitarios.
- La implementación de contratos inteligentes o *Smart Contracts* para la liquidación de los costos de peaje por el uso del canal podría ser una herramienta eficaz. Estos contratos permiten gestionar de manera automatizada múltiples y complejas variables, que benefician o penalizan a las embarcaciones según su comportamiento. Aquellas que actúen de manera responsable y contribuyan al bienestar de la comunidad podrían recibir incentivos, mientras que las que no cumplan con los estándares establecidos serían penalizadas. Este enfoque contribuiría a una operación más eficiente y transparente, optimizando el uso del canal y alineando los incentivos con prácticas sostenibles y responsables.
- La creación de un Sistema de Vías Navegables Inteligentes (SWS), a través de un *River Community System* (RCS), proporcionaría información en tiempo real sobre balizamiento y dragado, lo cual mejoraría significativamente la precisión en el cálculo de los peajes. Esta modalidad no solo optimizaría los costos operativos para las embarcaciones, sino que también incrementaría la satisfacción de los usuarios del sistema, que facilitarían nuevas oportunidades para la exportación, importación y la navegación en general. Actualmente, aunque esta información existe, no se entrega en tiempo real, lo que genera sobrecostos para las embarcaciones que navegan hacia los puertos interiores, y con ello, aumentan los retrasos y costos operativos innecesariamente.

⁵ Las TIC, o Tecnologías de la Información y la Comunicación, abarcan un amplio conjunto de herramientas y recursos tecnológicos utilizados para gestionar, procesar y comunicar información.

- La implementación de nuevas tecnologías y procesos de control para medir las emisiones de gases y partículas contaminantes, tanto en el tráfico fluvial como en el terrestre, debe ser una prioridad. Estas tecnologías permitirían gestionar la congestión en los accesos portuarios y las actividades de carga y descarga, y mitiguen los impactos ambientales. Estas medidas son fundamentales para internalizar los costos de la contaminación, que actualmente son asumidos por la sociedad, bajo el principio de “quien contamina paga”. Además, se podría considerar la creación de un sistema de incentivos para fomentar el uso del transporte fluvial en lugar de los modos terrestres, que generan grandes congestiones. Esta herramienta de regulación contribuiría a la sostenibilidad de una de las actividades económicas más importantes de la región: el transporte fluvial de mercancías, tanto para el comercio internacional como para el cabotaje fluvial, que hoy en día se encuentra subutilizado.

V. Bibliografía

- Ahuja, M., A. Gharehgozli, A., y K. Li (2020), “Blockchain and the supply chain”, from David Nazarian College of Business and Economics, 7 de abril [en línea] <https://www.porttechnology.org/technical-papers/blockchain-and-the-supply-chain/>.
- Álvarez, D., y R. J. Sánchez (2021), “Cadenas de suministro inteligentes América Latina”.
- Autoridad Portuaria de Guayaquil (2019), “Canal de acceso al puerto de Posorja posee moderna señalización náutica”, 01 de agosto [en línea] <http://www.puertodeguayaquil.gob.ec/nuevo-canal-de-acceso-posee-moderna-senalizacion-nautica/>.
- Autoridad Portuaria de Sevilla (2021), “Puerto de Sevilla”, 30 de abril [en línea] <https://www.puertodesevilla.com/autoridad-portuaria/proyectos-europeos/conectar-europa-cef/airis-i>.
- C-Point (2021), “Port of Antwerp, electronic solutions”, 01 de diciembre [en línea] <https://www.portofantwerp.com/en/electronic-solutions-we%E2%80%99ll-keep-moving-you-clearer>.
- Díaz, R. M., L. Valdéz Figueroa, y G. Pérez Salas (2021), “Oportunidades y desafíos para la implementación de blockchain en el ámbito logístico de América Latina y el Caribe”, en *Boletín FAL*, N° 387, Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), julio [en línea] <https://www.cepal.org/es/publicaciones/47098-oportunidades-desafios-la-implementacion-blockchain-ambito-logistico-america>.
- Erdbrink, C. (2011), “Definition study of smart”, Wageningen University and Research eDepot, julio [en línea] <https://edepot.wur.nl/342500>.
- IPCSA (2015), “How to develop a port community system”, [en línea] <https://ipcsa.international/publications/how-to-develop-a-port-community-system/>.
- Mendes Constante, J. (2019), “Casos de estudio internacional y buenas prácticas para la implementación de Sistemas de Comunidad Portuaria”, abril [en línea] https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Casos_de_estudio_internacional_y_buenas_pr%C3%A1cticas_para_la_implementaci%C3%B3n_de_Sistemas_de_Comunidad_Portuaria_es_es.pdf.
- PIANC (2022), *InCom WG 210: smart shipping on inland waterways*, The World Association for Waterborne Transport Infrastructure, 03 de marzo [en línea] <https://www.pianc.org/publications>.
- ____ (2019), *Guidelines and recommendations for river information services*, 09 de agosto [en línea] <https://www.pianc.org/publications/inland-navigation-commission/wg125-1>.
- Portnet (2021), *Portnet.com*, 10 de diciembre [en línea] <https://www.portnet.com>.
- River Information Services (RIS) (2022), *RIS related definitions*, 10 de mayo, [en línea] <https://www.risdefinitions.org/100-en.html>.

- Safety4Sea, (2019a), “ESPO presents European ports’ priorities for 2019-2024”, 27 de mayo [en línea] <https://safety4sea.com/espo-presents-european-ports-priorities-for-2019-2024/>.
- ___ (2019b), “One Sea: Leading the way to autonomous shipping”, 7 de octubre [en línea] <https://safety4sea.com/cm-one-sea-leading-the-way-to-autonomous-shipping/>.
- Sánchez, R. J. (2021), “Conclusiones XXIX congreso AAPA latino”, Pórtico Live, 15 de diciembre [en línea] <https://www.aapalatioamerica.com/images/2021/blog/postcovid.pdf>.
- Schlewing, A. (2010), “River information services (RIS)-multi-annual call 2010”, TEN-T Info Day, 31 de mayo [en línea] https://ec.europa.eu/inea/sites/default/files/download/events/june2010infoday/schlewing_tent_2010_info_day_ris_superfinal.pdf.
- Tijan, E., Jović, M., Panjako, A., & Žgaljić, D. (2021), *The role of port authority in port governance and port community system implementation* [en línea] <https://doi.org/10.3390/su13052795>.
- ValenciaPort, (2021), *ValenciaPort PCS*, 19 de diciembre [en línea] <https://www.valenciaportpcs.com/nuestros-servicios/>.
- World Economic Forum (WEF) (2018), “Trade Tech – A new age for trade and supply chain finance”, *White paper*, World Economic Forum, septiembre, Switzerland.

VI. Publicaciones de interés



Boletín FAL N° 393

Digitalización en puertos: aplicación de gemelos digitales en la complejidad logística

Diogo Aita

El presente *Boletín FAL* se inscribe dentro de las Reflexiones sobre Tecnologías Disruptivas en el Transporte de la CEPAL. Esta edición analiza en particular las oportunidades y los desafíos que la implementación de gemelos digitales puede tener en la competitividad de operaciones logísticas y puertos. El documento señala la importancia de los gemelos digitales como una de las nuevas tecnologías claves para el desarrollo de la infraestructura logística y urbana, cuya aplicación en los países de América Latina y Caribe proporcionaría muchos beneficios. En particular, permitiría optimizar las operaciones en los puertos de la región, lo que resulta fundamental para la inserción de los países en el comercio internacional y las cadenas globales de valor.

Disponible en:



Boletín FAL N° 400

Propuestas para ampliar la conectividad fluvial en América del Sur

Leonel Temer
Ernani Muraro
Juan Carlos Paz

En este *Boletín FAL* se presentan algunas oportunidades de integración física fluvial en América del Sur que podrían constituir un paso importante en el diseño de un sistema de navegación fluvial sostenible para la región, y al mismo tiempo se visualizan las oportunidades que la intermodalidad ofrece a la logística regional.

El presente documento se inscribe en los análisis sobre infraestructura y conectividad de la CEPAL. El estudio fue realizado con el apoyo del programa ordinario de cooperación técnica de la CEPAL, en el marco de las actividades del proyecto de la Cuenta de las Naciones Unidas para el Desarrollo, "Transport and trade connectivity in the age of pandemics: contactless, seamless and collaborative UN solutions".

Disponible en: