

Estándares digitales: de la fragmentación a la interoperabilidad

Jorge Melero Corell

Digitalización

Automatización, Big Data, Puertos

El sector del transporte enfrenta una brecha crítica de digitalización a pesar de los rápidos avances tecnológicos en otras industrias. Mientras que la automatización y la conectividad han transformado muchos sectores económicos, el transporte y la logística continúan dependiendo en gran medida de documentos en papel, llamadas telefónicas y sistemas fragmentados. Esta desconexión es particularmente evidente en los puertos, donde la ausencia de estándares comunes ha creado un panorama tecnológico desigual que varía dramáticamente según la región y la capacidad de inversión.

En respuesta a este desafío, organizaciones internacionales y líderes de la industria han dado un paso al frente para promover la estandarización y la transformación digital. Iniciativas como la Digital Container Shipping Association (DCSA), el Digital Transport and Logistics Forum de la Unión Europea y el Terminal Industry Committee 4.0 (TIC4.0) están trabajando para establecer marcos comunes que permitan el intercambio fluido de datos y la interoperabilidad en el sector marítimo-portuario.

Este análisis examina el estado actual de la estandarización en el transporte y explora cómo estas diversas iniciativas pueden colaborar para abordar el desafío de la digitalización. Al comprender el panorama de los esfuerzos existentes y sus potenciales sinergias, las partes interesadas pueden posicionarse mejor para participar y beneficiarse de la transformación digital en curso del sector.

Con la llegada de la **informática**, la economía encontró un aliado clave para la **gestión**, el **control** y la **automatización de procesos**. Actividades que antes requerían largos tiempos de ejecución pasaron a completarse en pocas horas, con una precisión muy superior a la alcanzada por un operario humano. Además, la irrupción de **Internet** abrió un nuevo abanico de posibilidades, al permitir la **transmisión de datos en tiempo real** desde los propios dispositivos, transformando la forma en que las organizaciones operan y toman decisiones.

Pese a estos avances, comparado con otros sectores, el sector del **transporte** muestra un menor grado en cuanto a **niveles de adopción tecnológica**. A día de hoy, sigue siendo habitual encontrar documentos impresos, llamadas telefónicas o transmisiones por radio para realizar solicitudes, trámites o el control de mercancías.

Si centramos el foco en los **puertos**, pese al auge de las **terminales automatizadas**, nos encontramos con una implantación muy desigual que, además, suele depender en gran medida del **nivel de desarrollo local**. Como resultado, se configura un panorama altamente **fragmentado**, en el que la **ausencia de estándares** se convierte en la norma general.

Ante este contexto, tanto las **industrias** como las **instituciones** han decidido dar un paso al frente. A pioneros como **Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport** (UN/EDIFACT) o el código de barras se han ido sumando iniciativas como la Digital Container Shipping Association (DCSA), el Digital Transport and Logistics Forum de la Unión Europea (DTLF), la Open Logistics Foundation (OLF) o el Terminal Industry Committee 4.0. Aunque todas ellas cubren áreas distintas, comparten un mismo **objetivo**: fomentar la **creación** y **adopción** de estándares y **regulaciones** comunes que faciliten la implantación de **estándares digitales** en el **sector logístico** y del **transporte**.

El presente análisis pretende arrojar luz sobre el panorama actual de la **estandarización** en el **transporte** y sobre cómo las distintas iniciativas pueden colaborar entre sí para hacer frente al gran reto de la **digitalización** del **sector marítimo-portuario**.

Análisis

En la actualidad, los **avances tecnológicos** permiten mantener conversaciones naturales y fluidas, generar imágenes o automatizar tareas mediante **inteligencias artificiales** a través de casi cualquier medio. Sin embargo, el sector del **transporte** presenta todavía un grado limitado de **digitalización** en comparación con otros ámbitos. En efecto, aún a día de hoy, en numerosos entornos, se sigue confiando en las llamadas telefónicas, las comunicaciones por radio, el intercambio de correos electrónicos o incluso en documentos en papel para transmitir información relativa al trayecto, la mercancía o la reserva de servicios.

Por otra parte, la implantación de **sistemas digitales** ha seguido ritmos muy desiguales, normalmente al calor de **inversiones** en grandes **instalaciones portuarias** u **operadores de terminal**, que han actuado como "incentivo" para la adopción de estos sistemas por parte de otros **modos de transporte**. De acuerdo con el estudio conjunto de Boston Consulting Group y TIC4.0 (2025), aquellos **puertos** que han alcanzado una masa crítica en

capacidad de terminal o ecosistema “tienen un grado de **digitalización** significativamente más maduro” (Parlongue et al. 2025).

En el contexto **portuario**, la adopción de tecnologías como el **Internet of Things (IoT)**, la **inteligencia artificial**, el **big data**, **blockchain** y las **redes de alta velocidad** (como 5G) posibilita una gestión más eficiente de los **recursos**, una mayor **trazabilidad del flujo de mercancías** y la **optimización** de los **procesos operativos**. Estas innovaciones contribuyen a reducir los tiempos de espera, agilizar el manejo de carga y minimizar la congestión interna, lo que se traduce en una mejora sustancial de la **productividad** y de la experiencia de todos los actores de la **cadena logística**. Además, la **digitalización** favorece la **sostenibilidad ambiental**, al permitir la monitorización y el control de emisiones.

Por lo que respecta a la **automatización de terminales**, de acuerdo con Drewry (2024), en el año 2024, sólo 72 **terminales de contenedores** de las 850 que existen a lo largo y ancho del mundo estaban total o parcialmente automatizadas (Port Economics, Management and Policy 2024). Además de costosa, la automatización de una **instalación portuaria** sea de nueva construcción o adaptación, lleva aparejada el despliegue de soluciones de **software** y hardware para «tejer» la red de comunicaciones entre las máquinas y los operadores. Con una buena implementación, estos últimos pueden utilizar los datos generados para evaluar el rendimiento de las instalaciones.

Sin embargo, existe una gran diversidad en las soluciones adoptadas, puesto que éstas suelen depender de la naturaleza de la **inversión**: el hecho de si la inversión es en *brown-o greenfield*¹, el fabricante de la maquinaria, país de implantación, empresa son condicionantes importantes, además del tipo de **sistemas** utilizados por las **autoridades portuarias**. No obstante, la transición hacia **sistemas digitales** no está exenta de retos.

Uno de los principales es el alto **coste inicial de implementación**, que puede suponer una barrera especialmente para **puertos** de menor tamaño o regiones con menos recursos. La inversión en **infraestructura digital**, **sensores IoT**, **redes 5G** y **sistemas automatizados** requiere **una planificación financiera sólida** y a veces alianzas público-privadas o instrumentos de financiación verde. Finalmente, también existen **barreras culturales** y **organizativas**: muchas organizaciones del **sector logístico-portuario** están acostumbradas a procesos tradicionales y requieren una transformación de mentalidad, formación del personal y gestión del cambio para adoptar plenamente tecnologías digitales. Este aspecto humano es tan importante como la inversión tecnológica; sin la participación activa de los actores clave para la toma de decisiones y una formación adecuada los **sistemas avanzados** no podrán desplegar todo su potencial.

La industria, afortunadamente, ha reaccionado impulsando avances en el **marco normativo** y promoviendo iniciativas de colaboración a nivel internacional en torno a la **digitalización** y los **estándares comunes**. En este ámbito, la **International Maritime Organization (IMO 2022)** está promoviendo la **adopción de estándares digitales**, cuyo despliegue

¹ «Brownfield»: operación ejecutada sobre una infraestructura ya existente
«Greenfield»: operación ejecutada “desde cero”, sin infraestructura preexistente

técnico y alineación se ven reforzados por el registro de estándares de la International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities (**IALA**), que facilita su implementación coherente por parte de **autoridades marítimas, puertos y proveedores tecnológicos**.

Más allá del puerto, la **digitalización** del **transporte** en su conjunto —desde la carretera hasta el ferrocarril— impulsa una **cadena logística** más transparente y **eficiente**. Estas estrategias conectan distintos modos de transporte, facilitan la **sincronización** de **datos** en tiempo real y abren **nuevas oportunidades** para **viajes multimodales eficientes y sostenibles**. Con ello se persigue reducir la congestión, aumentar la seguridad vial y disminuir las emisiones, generando a su vez un entorno más accesible y competitivo para usuarios y operadores.

En el plano político, la **Unión Europea (UE)** está promoviendo la **homogeneización** de **trámites** y el **reconocimiento mutuo** de **documentos**; prueba de ello son iniciativas como la European Maritime Single Window Environment (EMSWe) y la Electronic Freight Transport Information (eFTI). En este contexto se ha creado el **Digital Transport and Logistics Forum (DTLF)**, un grupo de expertos establecido por la Comisión Europea cuya misión es **asesorar** y **apoyar** la **digitalización** del **transporte** y la **logística** en toda la UE. Con un mayor nivel de concreción:

- El DTLF reúne a representantes públicos y privados de distintos modos de transporte y eslabones de **la cadena logística** con el objetivo de facilitar el diálogo, coordinar aspectos técnicos y formular **recomendaciones** que impulsen la **interoperabilidad** de **datos** y el **intercambio electrónico** de información entre operadores y autoridades. Entre sus principales ámbitos de trabajo figura el apoyo a la aplicación del Reglamento (UE) 2020/1056 sobre Información Electrónica de Transporte de Mercancías, así como el desarrollo de sistemas federados de **intercambio de datos** que permitan una visibilidad integral de las **cadena de suministro multimodales**, reduciendo cargas administrativas y mejorando la eficiencia operativa en el transporte de mercancías.
- El **proyecto eFTI4EU** fue el primer gran esquema europeo diseñado para hacer realidad el Reglamento (UE) 2020/1056, creando la **base técnica y operativa** para el **intercambio datos** de transporte en **formato digital** entre operadores y autoridades. Cofinanciado por el programa Connecting Europe Facility (CEF), eFTI4EU reúne a 23 socios de nueve Estados miembros y cuatro observadores para definir una arquitectura de referencia para los eFTI Gates y realizar pruebas piloto tanto a nivel nacional como transfronterizo. Su objetivo es **armonizar** el **enfoque europeo** sobre el **intercambio electrónico** de **información logística** —superando las soluciones dispares actuales— y preparar el terreno para una adopción generalizada de la **digitalización** del **transporte** de mercancías dentro de la UE.

- Apoyando y ampliando esta primera fase, el **proyecto eFTI4ALL** toma el relevo para integrar a más Estados miembros y a los propios **operadores económicos** en el despliegue de **soluciones digitales interoperables**. También financiado bajo el CEF, eFTI4ALL desarrolla y prueba entornos de intercambio de datos eFTI (tanto eFTI Gates como plataformas) en escenarios reales, incluyendo casos de uso como el transporte multimodal o mercancías peligrosas, con el fin de asegurar que las soluciones técnicas funcionan en operaciones logísticas reales y no solo en entornos de laboratorio.
- Sobre esta base, el proyecto **eFTI4LIVE** representa la siguiente etapa evolutiva del ecosistema eFTI, con financiación propia de 23,8M€ y participación de 31 socios de 16 Estados miembros. eFTI4LIVE se centra en aspectos críticos para la implantación operativa: **certificación de plataformas, gobernanza, marcos de interoperabilidad y planificación del “go-live”**, con el objetivo de que el sistema eFTI sea una realidad totalmente funcional, fiable y **sin papel** para 2027.

En cuanto a las **iniciativas** que favorecen la **cooperación**, destacan en el ámbito marítimo la DCSA y la IPCSA (2023). A diferencia de TIC4.0, cuyo enfoque se describirá a continuación, la DCSA se centra especialmente en la documentación del proceso portuario y de la carga, como el *Electronic Bill of Lading*, así como en la **modelización** de los **procesos marítimos**. Por su parte, la IPCSA agrupa a operadores portuarios, gestores de ventanillas únicas, autoridades portuarias e incluso aeroportuarias, con el objetivo de promover, asesorar y facilitar el **intercambio electrónico** de información entre los distintos actores de la **cadena logística**.

TIC 4.0

TIC4.0 es una asociación internacional sin ánimo de lucro con presencia en todos los continentes. Su nacimiento se remonta al año 2018, cuando la **Federación de Compañías y Terminales Privadas Europeas** (FEPORT², por sus siglas en inglés) y la **Asociación de Fabricantes de Equipamiento Portuario** (PEMA³, en inglés) decidieron fundarla para dar respuesta a los **retos** que plantea la adopción de **nuevas tecnologías** en el **ámbito portuario**. Ambas la gestaron con el objetivo de la creación de **estándares digitales unificados** orientados a la **adopción** de las **tecnologías** de la Industria **4.0** por parte de la **comunidad portuaria**. De esta manera, se intenta solventar la brecha tecnológica existente en el sector portuario para introducir estas soluciones avanzadas. Actualmente cuenta con 70 miembros activos, entre ellos, **grandes operadores de terminales** como DP World, APM Terminals o TiL⁴, fabricantes de maquinaria como Konecranes o Kalmar y proveedores de servicios como Kaleris o DSP. Gracias a esta diversidad de miembros, TIC4.0 es capaz de aunar la visión de todos los actores implicados en la **cadena logística portuaria**, dotando

² Federation of European Private Port Companies and Terminals

³ Port Equipment Manufacturers Association

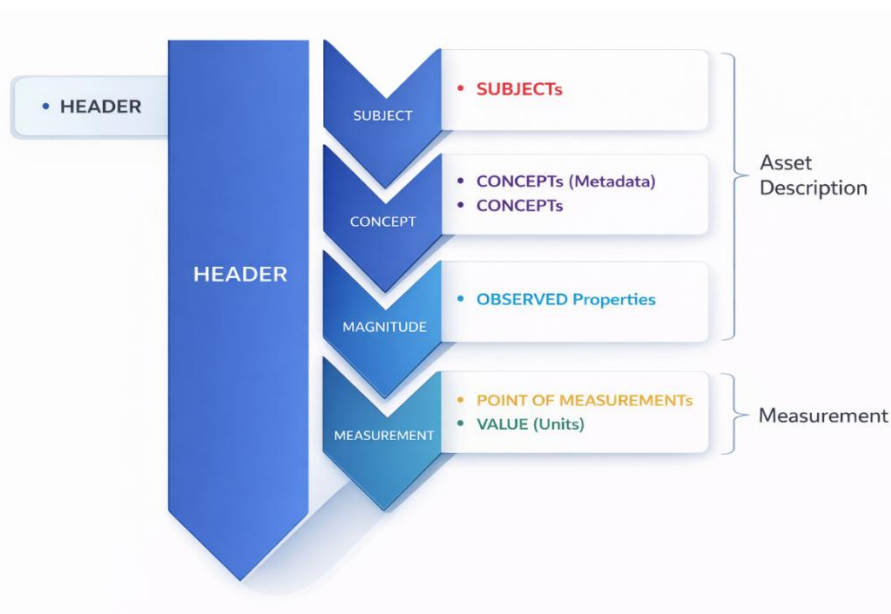
⁴ Terminal Investment Limited, sociedad perteneciente al grupo MSC

a sus **estándares** de una gran calidad y relevancia.

De forma similar al funcionamiento de los comités de **estandarización internacionales** ISO o CEN, expertos designados por las empresas se reúnen en grupos de trabajo que abordan diferentes temáticas como **automatización de terminales**, **gemelos digitales** o **mantenimiento de maquinaria**, entre otras muchas. Desde su nacimiento, TIC4.0 ha publicado nuevas versiones de su estándar de forma continuada; a día de hoy, han recopilado cientos de definiciones de conceptos clave en 18 publicaciones. Todas ellas están disponibles para su descarga en Internet⁵, mientras que, en un hito clave para la Asociación, el estándar va a adquirir estatus de “Public Available Specifications” (PAS) por el British Standards Institute. Este reconocimiento supone un paso previo a la transformación en estándar oficial internacional por parte de ISO, objetivo marcado para el año 2029.

Los **estándares digitales de TIC4.0** emplean una **semántica común**, derivada del “Resource Description Framework”, que emula, en cierto modo, la estructura del lenguaje humano (sujeto → predicado → objeto). Mediante ella, el usuario puede modelar “cualquier realidad” que precise representar en un entorno digital, incluso más allá de las terminales portuarias, gracias a su flexibilidad; el modelo de datos generado únicamente es una “estructura básica” que adquiere sentido una vez el usuario aplica el “diccionario” de su campo. A modo de ejemplo, en el proyecto europeo FOR-FREIGHT se llevó a cabo, con éxito, una aplicación experimental en el campo del transporte aéreo modelando el movimiento de una carga entre la terminal del puerto del Pireo (Atenas) y el aeropuerto de Atenas.

Ilustración 1| Estructura de la semántica de TIC4.0



Fuente: Terminal Industry Committee 4.0

⁵ <https://tic40.atlassian.net/wiki/spaces/TIC40Definitions/overview?homepageId=9699495>

Aunque la **implantación** de un **estándar digital unificado** pueda parecer lejana, ya es una realidad en varios enclaves. Puertos como Malta o Hamburgo han implementado este estándar de forma efectiva. En el primer caso, se ha desplegado un **sistema de monitorización** que permite, por un lado, supervisar en tiempo real los movimientos y el estado de la maquinaria y, por otro, generar una base de datos para el análisis del **rendimiento operativo** de la **terminal**.

TIC4.0, además, forma parte del subcomité oficial de la **ISO “Ports and Terminals”** como entidad asociada. Fundado en 2025 a iniciativa directa de China, este órgano promueve la creación de **estándares mundiales** en el ámbito de la **logística portuaria**. Además de TIC4.0, participan los órganos oficiales de **estandarización** de países como Estados Unidos, Alemania, Noruega, Francia, Arabia Saudí, Corea, Japón o Azerbaiyán, reforzando su autoridad y universalidad.

Por último, la Asociación también está activa en el **ecosistema europeo de innovación**, donde ha participado en los proyectos FOR-FREIGHT, SEAMLESS y MISSION y ha sido aceptada en Waterborne, la plataforma europea de innovación en el sector marítimo y de transporte fluvial.

Conclusiones

La **digitalización** del **transporte** ofrece ventajas claras en términos de **eficiencia, competitividad** y **sostenibilidad**. El uso de datos en tiempo real, plataformas de intercambio de información y **sistemas interoperables** permite **optimizar rutas, reducir tiempos de espera**, mejorar la **trazabilidad** de las mercancías y facilitar la coordinación entre los distintos actores de la **cadena logística**. Todo ello se traduce en menores costes operativos, mayor fiabilidad en las operaciones y una mejor capacidad de planificación, tanto para operadores como para cargadores y autoridades públicas. Además, la digitalización es un habilitador clave para avanzar en objetivos medioambientales, al reducir emisiones mediante una gestión más eficiente del transporte y una mejor integración multimodal.

Sin embargo, esta **transformación** se enfrenta a importantes dificultades estructurales. El **sector del transporte** está altamente **atomizado**, con un gran número de pequeñas y medianas empresas que cuentan con poco músculo financiero y recursos humanos limitados para asumir los costes de inversión en tecnología, adaptación de sistemas o formación del personal. A ello se suma la **coexistencia** de **sistemas heredados poco compatibles** entre sí, lo que dificulta la **interoperabilidad** y reduce el impacto real de las soluciones digitales cuando no se aplican de forma coordinada a lo largo de toda la cadena.

Otro reto relevante es la **cultura empresarial del sector**, tradicionalmente muy orientada a la operativa diaria y con **escaso margen** para la **innovación estratégica**. En muchos casos persiste una cierta **resistencia al cambio**, motivada por la percepción de que la digitalización supone más complejidad administrativa o un aumento de la carga de trabajo a corto plazo. Sin una adecuada gestión del cambio, acompañada de incentivos claros y beneficios tangibles, existe el riesgo de que las herramientas digitales no se utilicen plenamente o se conviertan en meros requisitos formales.

Además de la **transformación interna** de las empresas del transporte, las **iniciativas digitales europeas** son un **factor decisivo** para superar los **retos estructurales del sector**. Proyectos y marcos como el eFTI de la UE están sentando las bases para sustituir el papeleo por intercambios de datos electrónicos **estandarizados** y seguros entre operadores y autoridades, lo que reducirá costes administrativos y facilitará la interoperabilidad transfronteriza y multimodal. En este esfuerzo también juega un papel clave el DTLF, que coordina a agentes públicos y privados para promover la **interoperabilidad de datos** y la implementación técnica de estos marcos. Más allá de los proyectos normativos, **plataformas de cooperación** como **TIC4.0**, que agrupan a empresas innovadoras de la industria y proveedores de servicios, ayudan a trasladar soluciones avanzadas (p. ej. IoT, análisis de datos, **automatización**) al corazón de la logística y el transporte. Esto no solo hace accesible la digitalización a organizaciones con menor capacidad económica, sino que fomenta **ecosistemas colaborativos** que **reducen la fragmentación** del mercado y facilitan la transición cultural hacia modelos de transporte más **eficientes, resilientes y sostenibles**.

Finalmente, la **digitalización** plantea **desafíos** transversales como la **ciberseguridad**, la **gobernanza del dato** y la **necesidad de estándares comunes**, especialmente en entornos **multimodales y transfronterizos**. Superar estos obstáculos requiere no solo inversión tecnológica, sino también **coordinación público-privada**, **marcos regulatorios** claros y una visión compartida a nivel europeo, que permita que la digitalización del transporte sea un verdadero motor de **competitividad y resiliencia**, y no una fuente adicional de fragmentación.

Referencias bibliográficas

PARLONGUE, David *et al.* 2025. *Digital transformation and the next wave of port efficiency*. Boston: Boston Consulting Group; Terminal Industry Committee 4.0. Disponible en: <https://web-assets.bcg.com/pdf-src/prod-live/digital-transformation-next-wave-port-efficiency.pdf> [Consultado 21/01/2026].

PORT ECONOMICS, MANAGEMENT AND POLICY. 2024. *Fully and semi-automated container terminals*. Disponible en: <https://porteconomicsmanagement.org/pemp/contents/part6/terminal-automation/fully-semi-automated-container-terminals-total-hectares/> [Consultado 19/01/2026].

BOSTON CONSULTING GROUP; TERMINAL INDUSTRY COMMITTEE 4.0. 2025. *Digital maturity of ports and terminal ecosystems*. París: BCG.

DIGITAL CONTAINER SHIPPING ASSOCIATION. 2024. DCSA. Disponible en: <https://dcsa.org> [Consultado 19/01/2026].

DREWRY MARITIME RESEARCH. 2024. *Container terminal automation annual review 2024*. Londres: Drewry.

EUROPEAN COMMISSION – DIGITAL TRANSPORT AND LOGISTICS FORUM. 2024. Bruselas: Comisión Europea.

EUROPEAN MARITIME SAFETY AGENCY. 2026. *European Maritime Single Window environment (EMSWe)*. EMSA. <https://www.emsa.europa.eu/emsw.html> [Consultado 19/01/2026].

EUROPEAN UNION. 2020. *Regulation (EU) 2020/1056 on electronic freight transport information (eFTI)*. Official Journal of the European Union.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION – IMO. 2022. *Strategy on Maritime Digitalization*. Londres: IMO.

INTERNATIONAL PORT COMMUNITY SYSTEMS ASSOCIATION – IPCSA. 2023. *Position papers on Port Community Systems and data exchange*. Róterdam: IPCSA.

Pharos 39.0

Valenciaport Knowledge Hub

| www.pharos390.com

| info@pharos390.com