

“¿Por qué la mayoría de los puertos aún no están preparados para las llegadas de buques justo a tiempo?”

Gabriel Ferrús Clari

Logística Portuaria

Digitalización, JIT Arrivals, modelos de madurez, estándares, optimización de escalas de buques (Port Call Optimization), PortCDM.

Por lo general, la optimización de los procesos de escala de buques en puerto se afronta como un reto tecnológico, cuando, en realidad, el principal obstáculo no es disponer de sistemas, sino que la comunidad portuaria sepa coordinarse, confiar en los datos compartidos y tomar decisiones conjuntas a partir de ellos.

Muchas comunidades portuarias ya disponen de sistemas Port Community Systems (PCS), se han desarrollado sofisticados sistemas de planificación de escalas, es posible establecer puentes que conectan unos sistemas con otros (APIs) y existen estándares (como IALA S-211, TIC4.0 o DCSA) que permiten que los distintos actores compartan la información clave de la escala en un lenguaje común.

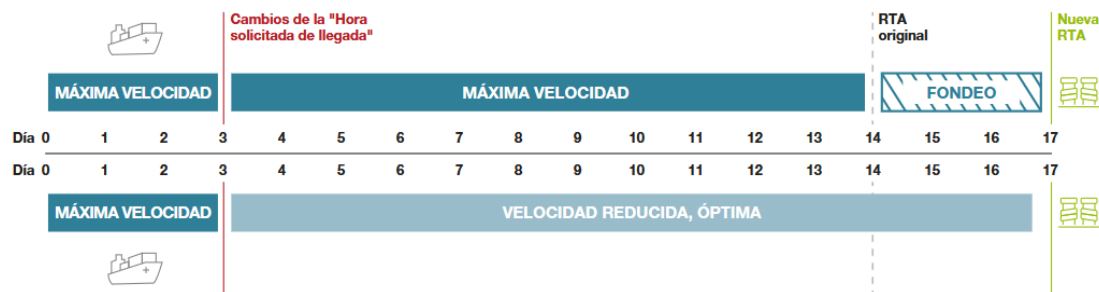
Sin embargo, pocas, si las hay, son las comunidades portuarias que han alcanzado el nivel de coordinación, confianza y gobernanza necesario para convertir esos datos en decisiones colaborativas que permitan operar bajo principios de las llegadas justo a tiempo (Just-in-Time Arrivals) y que optimicen la secuencia de entradas y salidas de buques (Port Call Optimization).

Parece claro, por tanto, que las comunidades portuarias deben complementar sus estrategias tecnológicas con iniciativas para fortalecer la cohesión. La implantación de plataformas, estándares y servicios digitales es una condición necesaria, pero no suficiente. Solo cuando se entiende que optimizar el conjunto genera más valor que optimizar cada organización por separado, los datos dejan de ser un fin en sí mismos y se convierten en un catalizador de la eficiencia.

Con el fin de dar respuesta a las crecientes exigencias regulatorias en materia de reducción de emisiones y, al mismo tiempo, mejorar la eficiencia de las escalas portuarias, el sector marítimo-portuario ha desarrollado diversas iniciativas basadas en la digitalización, el intercambio de información y la optimización de la coordinación entre los distintos actores. Entre ellas destaca la iniciativa promovida por la Organización Marítima Internacional (OMI) para favorecer **las llegadas justo a tiempo** (Just-in-Time (JIT) Arrivals).

Un concepto que persigue que los buques puedan **ajustar su velocidad para llegar al puerto exactamente cuando los recursos necesarios están disponibles**, evitando esperas innecesarias y reduciendo su consumo de combustible y sus emisiones (GloMEEP, 2020). La lógica parece sencilla: si todos los actores involucrados en los procesos disponen de mejor información y la comparten en tiempo real, las operaciones serán más eficientes.

Ilustración 1| Comparativa de funcionamiento habitual con respecto a la llegada JIT.



Fuente: Guía de la llegada justo a tiempo – Obstáculos y posibles soluciones (Proyecto GloMEEP (2020)).

En este contexto, la **planificación de una llegada** justo a tiempo **se basa en un proceso iterativo de coordinación entre el puerto y el buque**. A partir del conocimiento de la situación operativa del **puerto**, es decir, la disponibilidad de atraque, prácticos, remolcadores, amarradores u otros recursos críticos, el servicio de control de tráfico del puerto propone una hora solicitada de llegada (Requested Time of Arrival, **RTA**) que optimiza la secuencia prevista de entradas y salidas de buques y la utilización de los recursos disponibles. A su vez, el **buque** responde con una hora planificada de llegada (Planned Time of Arrival, **PTA**), calculada en función de sus capacidades operativas y de la velocidad necesaria para alcanzar dicha hora. Este intercambio puede repetirse sucesivamente hasta que ambas partes **alcanzan un horario mutuamente aceptado**.

Para que este proceso sea **viable**, resulta imprescindible que el puerto disponga de **sistemas colaborativos** capaces de integrar y **compartir información operativa en tiempo real** (Pahl, 2024). El conocimiento actualizado sobre el estado de las terminales, la disponibilidad de servicios náuticos, así como sobre la evolución del resto de escalas programadas, constituye la base para calcular y actualizar la RTA con suficiente antelación y fiabilidad.

Como consecuencia, muchos puertos han invertido en sistemas de información, Port Community Systems, plataformas colaborativas tipo PortCDM, herramientas de planificación y soluciones de intercambio de datos. Sin embargo, la realidad demuestra que **disponer de tecnología no equivale necesariamente a operar bajo principios Just-in-Time**.

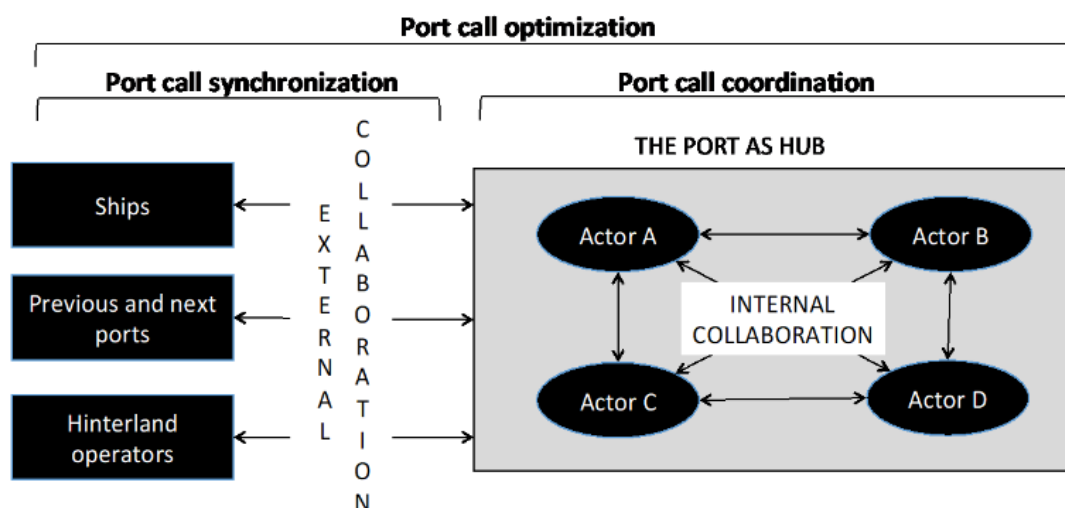
De hecho, una pregunta incómoda comienza a emerger en numerosos foros portuarios: **¿por qué, después de años digitalizando procesos, siguen existiendo tiempos de espera, cambios de planificación de última hora y recursos infrautilizados?** La respuesta no suele encontrarse en la ausencia de datos, sino en la **dificultad para romper con la tradicional falta de transparencia en los procesos** y poder **transformar esos datos en decisiones coordinadas** entre todos los participantes de la escala.

El principal reto del Just-in-Time no es tecnológico, es colaborativo

A diferencia de otros procesos de transformación digital, **el éxito de una escala Just-in-Time no depende de una única organización**. Requiere que navieras, consignatarios, terminales, prácticos, remolcadores, amarradores, autoridades portuarias y servicios de control marítimo compartan una **visión común** de la operación, compartiendo eventos clave en tiempo real y actualizando las previsiones de forma precisa, y **actúen sobre ella de forma coordinada**. Una terminal puede estar altamente digitalizada y disponer del TOS (Terminal Operating System) más avanzado del mercado y, aun así, no ser capaz de operar en modo JIT si el resto de los actores continúan trabajando con información fragmentada o los procedimientos no están sincronizados.

Por este motivo, la cuestión relevante ya no es si un puerto dispone de herramientas digitales avanzadas. La verdadera pregunta es si su comunidad portuaria ha alcanzado el **grado de madurez necesario para utilizar esas herramientas** de forma conjunta, dejar atrás los silos de información y las integraciones uno a uno y generar valor colectivo.

Ilustración 2 | Procesos de colaboración entre actores de la comunidad portuaria asociados a la optimización de escalas.



Fuente: Lind, M. et al.(2018). *Port collaborative decision making (PortCDM): An enabler for port call optimization empowered by international harmonization*.

La experiencia acumulada durante la última década confirma que la **implantación del Just-in-Time Arrivals es**, ante todo, un **proceso progresivo de construcción de confianza, estandarización de datos, alineamiento de procedimientos y establecimiento de**

mecanismos de gobernanza compartida. El concepto de Port Collaborative Decision Making (**PortCDM**), desarrollado como uno de los pilares fundamentales del paradigma Sea Traffic Management (**STM**), fue validado mediante pruebas piloto en nueve puertos europeos, demostrando que los beneficios de la sincronización operacional dependen menos de la tecnología disponible que de la capacidad de los actores para compartir información de forma estructurada y actuar sobre una conciencia situacional común. Del mismo modo, las iniciativas posteriores de **Port Call Optimization (PCO)** impulsadas por la International Association of Ports and Harbours (**IAPH**), incluidas las demostraciones desarrolladas en puertos como Rotterdam y Singapur, han reforzado la misma conclusión: antes de optimizar una escala es **imprescindible que todos los participantes compartan una versión coherente y fiable de la realidad operacional**, así como un entendimiento común de los procesos que la sustentan.

Actualmente, los principales **estándares** para el intercambio de información en las escalas portuarias **ya no evolucionan en direcciones divergentes**, sino hacia una visión común con **eventos normalizados, semántica armonizada y planificación colaborativa**. Esta convergencia también se refleja en los proyectos europeos actualmente en desarrollo, como **MISSION y DYNAPORT**, que están validando enfoques interoperables para la optimización de escalas y trayectos de navegación mediante el intercambio seguro de información, la mejora de la conciencia situacional y la sincronización de las decisiones operativas entre buques, puertos y proveedores de servicios.

El verdadero **desafío** ya no consiste en desarrollar nuevas tecnologías, sino en conseguir que **organizaciones con objetivos, responsabilidades y culturas diferentes sean capaces de utilizarlas de forma coordinada**.

El espejismo tecnológico

Existe una tendencia a creer que la incorporación de nuevas herramientas digitales se traduce de forma automática en mejoras operativas. Sin embargo, la experiencia demuestra que **la mera disponibilidad de tecnología no garantiza su aprovechamiento efectivo**. Un sistema puede implantarse correctamente desde el punto de vista técnico y, aun así, permanecer infrautilizado por los potenciales usuarios si los procesos, los incentivos o los mecanismos de toma de decisiones no evolucionan al mismo ritmo. La transformación digital no consiste únicamente en digitalizar información, sino **en transformar la forma en que las organizaciones la utilizan para generar valor** (Westerman et al., 2014).

Esta limitación adquiere una relevancia particular en el ámbito portuario, donde la eficiencia de una escala no depende de una organización aislada, sino de la capacidad de múltiples actores para coordinar decisiones sobre recursos compartidos. La salida de un buque afecta a la disponibilidad futura de atraques, prácticos, remolcadores y amarradores; la llegada simultánea de varios buques obliga a establecer prioridades en función de factores como la tipología de tráfico, el tamaño del buque, los servicios requeridos o los compromisos operativos existentes. **Las decisiones adoptadas en una escala condicionan así las alternativas disponibles para las siguientes, generando una red de dependencias operativas que se extiende a todo el sistema portuario**. En este contexto, no basta con

optimizar una escala de forma aislada; **es necesario optimizar el conjunto de escalas y recursos del puerto**. Hay que hacer que la totalidad de actores involucrados se sumen, pues de no ser así se producirán sesgos. Como señalan Arjona et al. (2020), el potencial del **Just-in-Time depende de la capacidad de los distintos participantes para compartir información y colaborar en la toma de decisiones**, más que de la mera disponibilidad de tecnología.

La literatura sobre transformación organizativa coincide en señalar que **los principales obstáculos rara vez son tecnológicos**: la resistencia al cambio, la dificultad para alinear intereses o la falta de mecanismos de gobernanza compartida (Kotter, 1995; Weill & Ross, 2004). Pero el desafío del Just-in-Time va un paso más allá, porque no consiste en transformar una organización, sino en coordinar varias organizaciones independientes —navieras, terminales, proveedores náuticos, autoridades portuarias— que operan bajo estructuras de gobierno, incentivos y objetivos distintos. Aquí el **problema central no es la adopción tecnológica, sino** la capacidad para **compartir** información fiable y tomar decisiones coordinadas entre **partes que no responden a una misma cadena de mando**.

Esta ha sido precisamente una de las principales conclusiones extraídas de las pruebas piloto de PortCDM y de los trabajos posteriores sobre Maritime Informatics, disciplina que sistematiza buena parte de estos hallazgos (Lind et al., 2020). Los beneficios del intercambio de información no derivan únicamente de una mayor disponibilidad de datos, sino de la **capacidad de los actores para construir una conciencia situacional compartida** y coordinar sus acciones a partir de ella (Lind et al., 2018). Desde esta perspectiva, el Just-in-Time no constituye únicamente un proyecto de digitalización, sino un ejercicio de gobernanza colaborativa entre organizaciones.

En consecuencia, la cuestión clave ya no es si la comunidad portuaria dispone de la tecnología necesaria para intercambiar información en tiempo real. La verdadera pregunta es **si existe la madurez organizativa** suficiente para **confiar** en esa información, **incorporarla** a los procesos de decisión y **actuar de forma coordinada** a partir de ella.

De compartir información a compartir decisiones

La mayoría de las iniciativas de digitalización portuaria se han concentrado en la primera mitad de la ecuación: compartir información. El verdadero salto cualitativo, sin embargo, se produce cuando la comunidad portuaria es capaz de **compartir decisiones**.

Compartir información significa que un práctico conoce la ETA actualizada de un buque. Compartir decisiones significa que naviera, práctico, terminal y autoridad portuaria usan esa misma ETA para ajustar juntos la planificación de la escala y los procesos que lleva asociados. Compartir información da visibilidad. Compartir decisiones genera coordinación y transparencia. Y es precisamente ahí, en ese segundo paso, donde se diferencia una comunidad digitalizada de una comunidad realmente preparada para operar bajo principios Just-in-Time y lograr secuencias de escalas óptimas que minimicen los tiempos muertos y alineen la actuación de todas las partes con el objetivo común de maximizar la eficiencia del conjunto de escalas.

El verdadero cuello de botella: construir una comunidad madura

Conviene distinguir entre la madurez digital y la madurez colaborativa de un puerto. La primera se refleja en los sistemas que integra, los datos que intercambia y las APIs que expone. La segunda reside en la capacidad de compartir información fiable, confiar en los datos de terceros, utilizar definiciones comunes, alinear las decisiones operativas y optimizar la escala en su conjunto, en lugar de cada tramo por separado.

Un **puerto puede ser digitalmente sofisticado** y avanzado tecnológicamente y seguir siendo, en términos de comunidad, poco cohesionado. Puede tener un PCS de última generación y, al mismo tiempo, carecer de acuerdos formales de intercambio de información o de mecanismos que permitan tomar una decisión operativa de forma conjunta, en lugar de en cascada, con cada eslabón reaccionando tarde a lo que el anterior ya decidió y comunicó por otra vía.

Es una distinción incómoda porque desplaza la responsabilidad. Es más fácil pedir presupuesto para un nuevo módulo de software que poner en marcha un grupo de trabajo en el que participen la autoridad portuaria, los prácticos, los remolcadores, las terminales y las navieras o las consignatarias para acordar cómo van a compartir información y, sobre todo, cómo van a confiar en ella. Mientras que la **tecnología se compra**, la **confianza se construye**.

¿Cómo puede saber un puerto en qué nivel de madurez se encuentra?

Responder a esa pregunta requiere algo más que medir el número de sistemas implantados o el volumen de información que circula entre organizaciones. Requiere evaluar hasta qué punto la comunidad portuaria ha desarrollado las capacidades necesarias para compartir información fiable, generar confianza en los datos, coordinar decisiones y operar como un único sistema.

Con ese propósito hemos desarrollado el **Port Community Maturity Model** (PCMM) (Ferrús et al., 2026). El modelo recoge más de una década de experiencia acumulada en el Puerto de Valencia y en proyectos europeos como Monalisa 2.0, STM Validation y MIS-SION.

Su objetivo no es clasificar puertos ni establecer rankings. Su utilidad reside en proporcionar un lenguaje común que permita identificar **dónde se encuentra una comunidad** portuaria, cuáles son las **barreras** que limitan su evolución y qué pasos deberían abordarse para seguir avanzando y evolucionar hacia operaciones colaborativas basadas en los principios del Just-in-Time Arrivals.

El PCMM define cinco niveles de madurez, que van desde el más reactivo hasta el plenamente colaborativo:

Nivel 1 – Reactivo. Cada organización involucrada en el proceso de escalas de buques toma las decisiones que le afectan de forma individualizada. La forma habitual de intercambiar información entre ellas es mediante llamadas telefónicas, correos electrónicos o radio VHF y las decisiones se toman con una visibilidad muy limitada del conjunto.

Nivel 2 – Optimización local. Las organizaciones empiezan a digitalizar sus propios procesos, pero siguen trabajando de forma aislada en silos. La mejora es interna, pero la coordinación entre actores continúa siendo limitada y la confianza en las estimaciones aún es reducida.

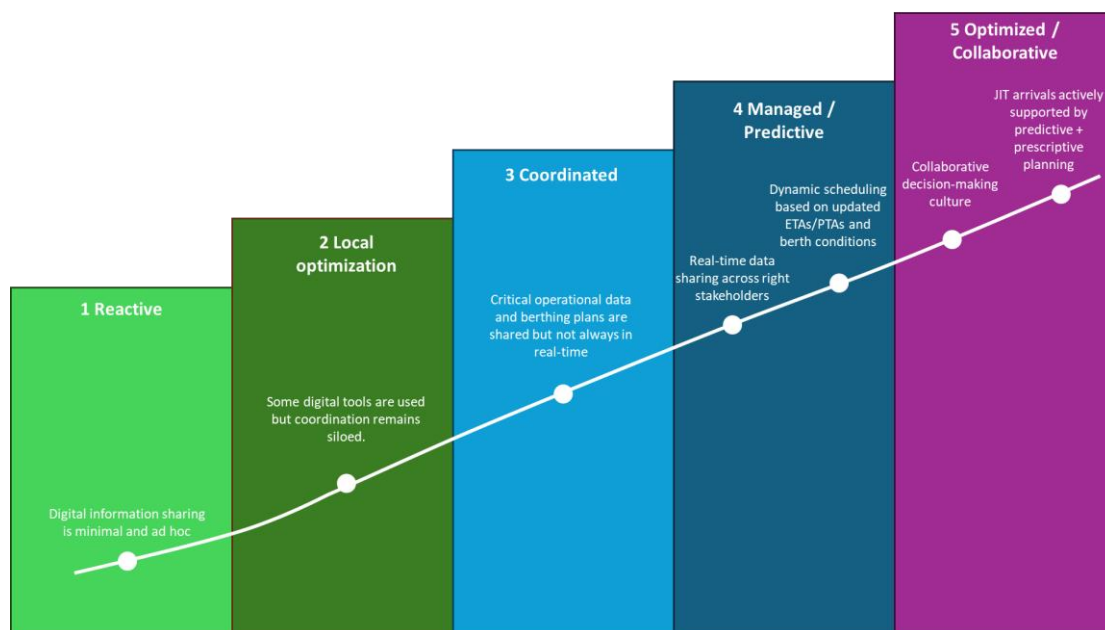
Nivel 3 – Coordinado. La comunidad comienza a compartir eventos y datos mediante estándares y plataformas comunes. Se construye una conciencia situacional compartida, aunque muchas decisiones siguen requiriendo validación manual y confianza personal.

Nivel 4 – Predictivo. La información compartida permite anticipar conflictos, optimizar recursos y planificar la escala con mayor precisión. Sin embargo, la gobernanza y los mecanismos de decisión colaborativa todavía continúan evolucionando: quién accede a qué, en qué condiciones, con qué garantías de fiabilidad.

Nivel 5 – Colaborativo. La comunidad actúa como un verdadero ecosistema. Los datos ya no solo se comparten: sustentan decisiones conjuntas, permiten operar bajo principios Just-in-Time y optimizar la secuencia completa de las escalas en beneficio del conjunto del puerto.

¿Cómo puede un puerto mejorar su nivel de madurez?

Ilustración 3 | Port Community Maturity Model.



Fuente: Ferrús Clari, G., et al (2026). *Enabling Just-In-Time Port Arrivals through Port Community Maturity Models*.

Presentados los niveles para poder evaluar el estado, llega el momento de plantearse cómo poder subir de nivel. Para ello, conviene entender qué implica cruzar cada una de las tres barreras que separan a un puerto reactivo de uno verdaderamente colaborativo.

La autoevaluación que presentamos a continuación no busca una puntuación exacta en base a las preguntas: persigue facilitar la reflexión e identificar los elementos que dificultan pasar de un nivel al siguiente superior.

Datos y visibilidad — La barrera típica entre el nivel 1 y el nivel 2.

Esta barrera consiste, sencillamente, en extraer la información de las llamadas, los correos o el software de cada actor y ponerla en un sistema que todos puedan consultar en el mismo momento. No hace falta ningún estándar sofisticado para cruzarla: basta con que los hitos de la escala se registren digitalmente y en tiempo real.

- ¿Se comparten digitalmente los hitos principales de la escala (fondeo, práctico a bordo, amarre, inicio y fin de operativa de carga y descarga) entre todos los actores relevantes?
- ¿Esa información está disponible en tiempo real, o llega con retraso y requiere confirmación telefónica?
- ¿Se monitoriza sistemáticamente la precisión de las ETA y RTA declaradas frente a lo que finalmente ocurre?

Estándares y confianza — La barrera típica entre el nivel 2 y el nivel 3.

Aquí el problema ya no es tener los datos, sino que signifiquen lo mismo para todos. Si cada actor interpreta los eventos de manera diferente, o nadie verifica la calidad de lo que comparte, la información deja de ser fiable, aunque ya exista en un sistema común.

- ¿Todos los actores usan definiciones comunes para los mismos eventos, o cada uno los interpreta a su manera?
- ¿Se mide de forma explícita la calidad del dato que se intercambia, o simplemente se asume que es correcto?
- ¿Existen acuerdos formales de intercambio de información, con roles y niveles de acceso definidos?

Gobernanza y decisión — El salto final, de la coordinación técnica (niveles 3-4) a la decisión colaborativa (nivel 5).

Esta es la barrera más difícil de vencer, porque ya no depende de tecnología ni de acuerdos técnicos, sino de ceder margen de decisión. Implica aceptar que la secuencia óptima de una escala rara vez coincide con lo que le conviene a cada actor por separado, y que alguien, o algún mecanismo colectivo, debe poder decidir por el conjunto.

- ¿Las decisiones operativas relevantes como la secuenciación de escalas, asignación de recursos, ajustes de velocidad, etc. se toman de forma colaborativa entre los actores implicados, o cada uno decide por su cuenta y los demás se adaptan después?
- ¿Se optimiza la secuencia completa de la escala como un proceso conjunto, o cada actor optimiza únicamente la parte que a él le afecta?

- ¿Existen mecanismos formales como los comités operativos, los protocolos de escalado, acuerdos de nivel de servicio, etc. para resolver conflictos de prioridad entre actores, o se resuelven caso a caso según quién tenga más peso en ese momento?

La lógica para avanzar es acumulativa. Según en qué bloque se falle, el freno es distinto:

- **Si el bloqueo está en el primer bloque de datos:** la prioridad aún no es la gobernanza, es conseguir que la información básica circule en tiempo real.
- **Si hay intercambio de datos, pero falla el nivel de confianza:** tu freno son los estándares y la confianza en la información compartida, no la falta de sistemas.
- **Si las respuestas son afirmativas en los dos primeros bloques, pero negativas en el tercero** (el caso más frecuente entre los puertos con grandes volúmenes de tráfico): tu tecnología ya está lista para el nivel 5. Lo único que falta es que la comunidad se sienta a acordar cómo va a tomar decisiones de forma conjunta.

Más Smart Community que Smart Port

Durante años hemos hablado de Smart Ports para referirnos a los puertos que utilizan nuevas tecnologías para transformar los servicios portuarios tradicionales en servicios interactivos y dinámicos, de forma que sean más eficientes y transparentes (Serrano, 2020). Quizá haya llegado el momento de prestar más atención al concepto de **Smart Community**. Porque un puerto inteligente no es el que acumula más sistemas, sensores o plataformas: es aquel cuya comunidad es **capaz de transformar los datos en decisiones** y las **decisiones en resultados**.

Lecciones a extraer

Los proyectos de innovación como STM Validation, MISSION y DYNAPORT, y las pruebas piloto impulsadas por la Port Call Optimization Network continúan siendo elementos esenciales para avanzar en la madurez digital de las comunidades portuarias. Sin embargo, el análisis realizado sugiere que estas iniciativas responden principalmente a los requisitos asociados a los niveles 3 y 4 del Port Call Maturity Model (PCMM).

El **tránsito hacia el nivel 5**, en el que el JIT deja de depender de iniciativas aisladas para convertirse en una práctica operativa sistemática, requiere abordar un problema de naturaleza diferente. Más allá de la disponibilidad de plataformas tecnológicas, resulta necesario **establecer mecanismos de gobernanza** que definan los compromisos de cada actor, los procesos de coordinación entre organizaciones y los principios sobre los que se sustenta la confianza en el dato compartido y en las decisiones derivadas de él.

Desde esta perspectiva, la cuestión central deja de ser la selección de nuevas herramientas tecnológicas y pasa a ser el **desarrollo de las capacidades organizativas e institucionales** necesarias para la **toma de decisiones coordinada**. En otras palabras, una vez alcanzado un determinado nivel de madurez tecnológica, el principal desafío ya no reside en compartir información, sino en construir los **mecanismos de confianza y gobernanza** que permitan **compartir decisiones**.

Referencias bibliográficas

Arjona Aroca, J., Giménez Maldonado, J. A., Ferrús Clari, G., Alonso i García, N., Calabria, L., & Lara, J. (2020). Enabling a green just-in-time navigation through stakeholder collaboration. *European Transport Research Review*, 12(1), 22. Disponible en: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1186/s12544-020-00417-7.pdf>. [Consultado 13-08-2026].

Ferrús Clari, G., Sandiás Corbillón, G., Giménez Maldonado, J. A., Melero Corell, J., Enríquez Manilla, A., & Lara López, J. M. (2026). Enabling Just-In-Time Port Arrivals through Port Community Maturity Models. Accepted for publication in *Proceedings of the Transport Research Arena (TRA 2026)*. [Consultado 13-08-2026].

Kotter, J. P. (1995). Why transformation efforts fail. *Harvard business review*, 73(2), 59-67. [Consultado 13-08-2026].

Lind, M., Ward, R., Bergmann, M., Haraldson, S., Zerem, A., Hoffmann, J., & Eklund, E. (2020). Maritime informatics for increased collaboration. In *Maritime informatics* (pp. 113-136). Cham: Springer International Publishing. [Consultado 13-08-2026].

Lind, M., Bergmann, M., Haraldson, S., Watson, R. T., Park, J., Gimenez, J., & Andersen, T. (2018). Port collaborative decision making (PortCDM): An enabler for port call optimization empowered by international harmonization. *STM Validation Project*, 1(5). [Consultado 13-08-2026].

Pahl, J. (2024). Just-in-time port call optimization: Challenges and IT-systems. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2867, No. 1, p. 012009). IOP Publishing. [Consultado 13-08-2026].

Proyecto GloMEEP del FMAM, el PNUD y la OMI y miembros de la GIA. (2020). *Guía de la llegada justo a tiempo – Obstáculos y posibles soluciones*. [Consultado 13-08-2026].

Serrano, B. M. (2020). Clasificación de los diez primeros smart ports en el sistema portuario español desde una perspectiva económica, social, institucional, medioambiental y el grado de digitalización. *Revista Digital del Cedex*, (196), 4-21. [Consultado 13-08-2026].

Weill, P., & Ross, J. W. (2004). IT governance on one page. Available at SSRN 664612. [Consultado 13-08-2026].

Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2014). Leading digital: Turning technology into business transformation. Harvard Business Press. [Consultado 13-08-2026].

Pharos 39.0

Valenciaport Knowledge Hub

www.pharos390.com

info@pharos390.com