



**Universidad
de La Laguna**

ESCUELA DE DOCTORADO Y ESTUDIOS DE POSGRADO

Puertos 4.0 en Canarias: una perspectiva futura.

Trabajo Fin de Máster
Máster en Gestión Náutica y Transporte Marítimo
Marzo de 2024

Autor:
Juan Eleazar Ruiz Armas
45.375.228T

Tutor/a:
Prof. Dr. José Agustín González Almeida

Escuela Politécnica Superior de Ingeniería
Sección Náutica, Máquinas y Radioelectrónica Naval
Universidad de La Laguna; Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado

D/D^a. José Agustín González Almeida, Profesor de la UD de La Laguna, perteneciente al Departamento de Ingeniería Civil, Náutica y Marítima de la Universidad de La Laguna:

Expone que:

D. **Juan Eleazar Ruiz Armas** con **DNI 45375228T**, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de máster titulado: **Puertos 4.0 en Canarias: una perspectiva futura**.

Revisado dicho trabajo, estimo reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente documento.

En Santa Cruz de Tenerife a 7 de marzo de 2024.

Fdo.: José Agustín González Almeida.

Tutor/a del trabajo.

Ruiz Armas, J.E. (2024). *Puertos 4.0 en Canarias: una perspectiva futura*. Trabajo de Fin de Máster. Universidad de La Laguna.

RESUMEN

El presente artículo proporciona una visión general sobre la evolución de los puertos a lo largo del siglo XXI, destacando su papel en el comercio internacional y su transformación hacia la Revolución Industrial 4.0. Especialmente, se resaltan los conceptos de “Smart Ports” y “Ports 4.0” claves para la digitalización y automatización de los puertos, particularmente enfocado a los puertos canarios.

Se mencionan las principales tecnologías revolucionarias de esta transformación, como la IA, el IoT, Big Data, Blockchain y Computación en la nube, mostrando ejemplos de su aplicación en puertos como Rotterdam y Shanghái. Destaca la importancia estratégica de los puertos canarios en el transporte marítimo y su adaptación para ser puertos tecnológicamente competitivos, mencionando proyectos en fase de desarrollo e implementación con el apoyo de Autoridades Portuarias de Las Palmas y de Tenerife, enfocados a mejorar la eficiencia logística, seguridad, protección ambiental y la toma de decisiones anticipadas. Por último, se analizan las ventajas y desafíos que conlleva la implementación de las tecnologías implicadas en los puertos 4.0 en Canarias.

Palabras claves: [Smart Ports, Ports 4.0, digitalización, automatización y puertos canarios].

Ruiz Armas, J.E. (2024). *Puertos 4.0 en Canarias: una perspectiva futura*. Trabajo de Fin de Máster. Universidad de La Laguna.

ABSTRACT

This article provides an overview of the evolution of ports throughout the 21st century, highlighting their role in international trade and their transformation towards the Industrial Revolution 4.0. In particular, it highlights the concepts of "Smart Ports" and "Ports 4.0" as key to the digitisation and automation of ports, with a particular focus on the Canary Islands ports.

The main revolutionary technologies of this transformation are mentioned, such as AI, IoT, Big Data, Blockchain and Cloud Computing, showing examples of their application in ports such as Rotterdam and Shanghai. It highlights the strategic importance of Canarian ports in maritime transport and their adaptation to be technologically competitive ports, mentioning projects in the development and implementation phase with the support of the Port Authorities of Las Palmas and Tenerife, focused on improving logistics efficiency, safety, environmental protection and early decision making. Finally, the advantages and challenges involved in the implementation of the technologies involved in ports 4.0 in the Canary Islands are analysed.

Keywords: [Smart Ports, Ports 4.0, digitalisation, automation and Canary Islands ports].

1. Introducción

Los puertos hasta finales del pasado siglo XX, como, el transporte de mercancías se consideraba únicamente una actividad operativa. Sin embargo, hoy en día, la globalización de las actividades de producción y distribución ha llevado al crecimiento del comercio internacional, creando la necesidad de gestionar el transporte a través de la diferenciación estratégica, cumpliendo los tiempos de entrega y reduciendo los costos de transporte y logística. Por lo tanto, el transporte de mercancías se ha convertido en un importante facilitador de estas transacciones comerciales. Considerado el más rentable de los distintos modos de transporte, el sector marítimo representa alrededor del 80% del comercio mundial. (Justavino-Castillo et al., 2020; Ramos et al., 2021).

Con la aceleración de la actividad productiva, el desarrollo de procesos automatizados, la inteligencia artificial, y la interacción de los diferentes trabajos, a determinado que se esté viviendo una Revolución Industrial 4.0 (Choi, 2021). En esta revolución la administración y explotación de los datos son un punto principal de dicha revolución, permitiendo la interacción del mundo real y lo digital (physical - to digital - to physical), el aprendizaje autónomo junto con la introducción de los robots con la capacidad de aprender y desempeñar tareas cada vez más difíciles. Además, de crecer en la oferta de bienes y servicios, aporta nuevas formas de organización y cambios a nivel social (World Economic Forum, 2016).

Con el avance de la tecnología aparecen nuevos conceptos/terminologías, como el de Smart Port, se define como el empleo de la tecnología en la operativa portuaria tradicional, transformando los servicios portuarios para que sean eficientes, interactivos, dinámicos y mayor transparencia. (Heilig et al., 2017). La finalidad es satisfacer las necesidades y requerimientos de los clientes y usuarios. Los pilares fundamentales incluyen, por un lado, la sostenibilidad de las instalaciones portuarias desde el punto de vista medioambiental y, por otro, la orientación del puerto hacia la ciudad y sus ciudadanos, proporcionando espacios y servicios de alta prestaciones y calidad. (Serrano, 2020). Otro concepto, Puertos 4.0 (Ports 4.0), es un concepto vinculado con la revolución industrial 4.0, pero ya ligado a la operativa de los puertos. En España hay una fuerte apuesta por tener puertos 4.0, por eso se ha creado un fondo de capital puertos 4.0, a través de los puertos estatales y autoridades portuarias, con un enfoque en la innovación (de la Peña Zarzuelo et al., 2020).

Toda esta nueva ola de desarrollo y crecimiento tecnológico hace reflexionar sobre la importancia de tener unos puertos modernizados y a la vanguardia. Por un lado, hace que esa región o país sea muy competitivamente con otros grandes puertos Internacionales. La

consecuencia es la atracción de inversión, implantación de tecnologías experimentales, aumento de la economía con creación de empleo directo e indirecto.

Para todo ello, hay unas principales tecnologías que han revolucionado el sector, dirigen el rumbo en esta nueva era industrial. La inteligencia artificial (IA), como un sistema informático que puede aprender de los datos, reconocer la correlación entre patrones de conjuntos de datos específicos y, finalmente, decidir acciones con intervención humana limitada o incluso nula (Msc et al., 2019). El internet de las cosas (IoT), siendo una red interactiva mundial que vincula objetos físicos y virtuales identificados de forma única para la comunicación, configuración y actuación (Sullivan et al., 2020). Big Data Analytics (BDA), da la cualidad de manejar grandes cantidades de datos con los que encontrar patrones, modelos o respuestas útiles a una pregunta (Ellingsen & Aaslan, 2019). Blockchain, forma de realizar transacciones con mayor seguridad, registro dichas transacciones, digitalización de documentos, etc. (Ichimura et al., 2022). Cloud Computing (CC), software con escalabilidad en línea con el objetivo de conectarse con un dispositivo y desde cualquier lugar al software, aportando Flexibilidad, agilidad e implementar servicios digitales económicamente (Han et al., 2021). Hay muchas más tecnologías haciendo evolucionar los puertos junto con esta cuarta revolución industrial.

La relevancia hacia los puertos canarios es primordial para que un archipiélago con una gran dependencia del transporte marítimo sea competitiva, rentable tanto para el residente como para el inversor extranjero, con la sostenibilidad y la adopción tecnológica como principios. Asumiendo los retos como las infraestructuras, conectividad, competencias y formación de la plantilla, consideraciones regulatorias y de seguridad, inversión financiera, como principales retos. Los objetivos y la finalidad de este artículo son ver las tendencias tecnológicas globales en materia de puertos marítimos, cual es la situación actual de los puertos canarios y un análisis de como implementar esas tecnologías a los puertos canarios.

2. Metodología.

La metodología a seguir proporciona un marco sistemático para llevar una revisión bibliográfica sobre el tema Puertos 4.0 y su implementación y desarrollo en los puertos de las Islas Canarias.

2.1. Definición del alcance y objetivos.

Objetivo: analizar la literatura existente sobre los conceptos de “Ports 4.0” y “Smart Port” y, examinar cómo se está llevando a cabo su implementación en los puertos canarios.

Alcance: Se revisarán estudios académicos, informes institucionales, artículos de prensa y otras fuentes relevantes publicadas a partir de el año 2010 hasta fecha actual (2024).

2.2. Identificación de la literatura.

Bases de datos: Se realizará una búsqueda en bases de datos académicas como Academic Search, Dialnet y Google Scholar, empleando términos de búsqueda como “Ports 4.0”, “Smart Ports”, “Canary Islands Ports”, “Port innovation”, “Tecnología Inteligente en Puertos”, entre otros.

Fuentes adicionales: Se incluirán los informes institucionales, documentos de organizaciones internacionales, noticias y comunicados de prensa relacionados con la modernización de los puertos canarios.

2.3. Selección y criterios de inclusión.

Criterios de inclusión: Se tendrán en consideración estudios que aborden específicamente el concepto “Ports 4.0”, así como aquellos que analicen casos de experiencias o estudios de desarrollo en los puertos canarios.

Criterio de exclusión: Se excluirá estudios que no estén disponibles en los idiomas español e inglés, además, los que no estén relacionados directamente con el tema de estudio.

2.4. Extracción y síntesis de datos.

Recopilación de información y datos relevantes de los estudios y documentos seleccionados, sobre las tecnologías y soluciones utilizadas para el desarrollo de puertos 4.0, los beneficios y desafíos y, proyectos implementados en puertos pioneros. Se extraerá la información más relevante y áreas de interés.

2.5. Presentación y redacción del estudio.

Se redactará un documento de manera clara y estructurada que represente los hallazgos de la revisión bibliográfica y pequeños puntos de vista o conclusiones del autor. Se incluirán discusiones y conclusiones de los puntos principales, identificación de áreas de investigación futura y sugerencias de implementación efectiva para acercar a los puertos canarios a puertos referentes en el concepto Ports 4.0.

3. Desarrollo y discusión

3.1. Tendencias Globales en Puertos Inteligentes

La implementación de tecnologías en puertos marítimos de todo el mundo para la transformación hacia Puertos 4.0, implica la adopción de diversas tecnologías avanzadas para mejorar la eficiencia, la sostenibilidad y la capacidad, algunas de las principales tecnologías claves (Nexusintegra, n.d.):

Inteligencia artificial (IA): La IA se utiliza para la toma de decisiones, el mantenimiento preventivo y la automatización de procesos, lo que conduce a una mayor productividad y beneficios. A modo de ejemplo de la implementación de la tecnología IA, Singapur es pionera destacando el proyecto OptETruck, el objetivo es optimizar los movimientos de camiones, reducir los viajes vacíos y reducir emisiones de carbono, para ello se junto con dos soluciones digitales “SmartBooking” y “iBOX”, formando un ecosistema logístico inteligente para conectar digitalmente terminales de contenedores, transportistas, depósitos e instalaciones logísticas (PSA Singapore, 2023). Otra característica es permitir a los transportistas y socios compartir recursos con la finalidad de rentabilizar los viajes y su flota.

Internet de las cosas (IoT): La IoT permite que los dispositivos se conecten y comuniquen entre sí para recopilar y transmitir datos, lo que permite monitorear y optimizar las operaciones portuarias en tiempo real. La empresa ABB líder en tecnología de electrificación y automatización, posee un músculo muy fuerte en el mundo marítimo – portuario, destacando la automatización de las grúas portuarias de contenedores, como por ejemplo las grúas STS (Ship to Shore). La solución remota de ABB opera cualquier grúa para manipular contenedores desde una sala de control, separa a los humanos de las grandes máquinas, proporciona un ambiente más seguro, saludable y cooperativo en los operarios, mejora la visión de la operativa a través de cámaras, capacidad de ampliación de zonas y puntos de visión y permite un funcionamiento más eficiente del tiempo de uso de la grúa (ABB,

n.d.). ABB está presente en puertos como el de Hutchison Ports Stockholm en Norvik, terminal de contenedores de Altenwerder en Hamburgo, Terminal marítima Hutchison Ports ECT Euromax en Maasvlakte (Rotterdam), etc. pros

Análisis Big Data: La gestión de grandes volúmenes de datos es crucial para la optimización de las operaciones portuarias y tener una mayor tasa de éxito en la toma de decisiones. En el puerto de Rotterdam y con la colaboración de IBM, se ha desarrollado una base para el análisis predictivo llamado “Pronto”, al recabar datos de diferentes fuentes como pronósticos meteorológicos, horarios de envíos y el seguimiento de buques. Pronto otorga predicciones de la llegada de buques, teniendo en cuenta los factores meteorológicos, tráfico marítimo, mareas, etc. Brindando la posibilidad de una anticipada planificación (Cserhat, 2023). Además, se puede emplear en la gestión de riesgos y garantizar seguridad en las operativas portuarias, al poder analizar datos de cámaras de vigilancia, diferentes sensores, base de datos de aduanas, con todo esto las autoridades Portuarias pueden identificar posibles amenazas.

Blockchain: La tecnología blockchain se está implementado para ofrecer mayor eficiencia, transparencia y seguridad. Como ejemplo de ello tenemos a CircularPort, tienen como objetivo solucionar la gestión de residuos marinos, CircularPort es una plataforma que utiliza la tecnología blockchain, donde se garantiza la trazabilidad y transparencia de la información en toda cadena de residuos portuarios, desde el capitán del barco, hasta autoridades portuarias, y plantas de tratamiento. El proyecto a podido hacer pruebas piloto con la Autoridad Portuaria de Baleares (blue room innovation, 2023).

Otro proyecto es Quay Connect, utilizado en el puerto de Rotterdam, empleando la tecnología blockchain agiliza los procedimientos aduaneros para exportaciones al Reino Unido, permitiendo el intercambio automático de información con las autoridades aduaneras, digitalizando y simplificando los procesos aduaneros, a la vez que se reducen los errores y tiempos. Con las pruebas realizadas se ha ahorrado económicamente un 30% (Elías, 2023).

3.2. Estado Actual de los Puertos Canarios

En la actualidad los principales puertos marítimos canarios con carácter comercial son:

- Puerto de Arrecife en Lanzarote.
- Puerto del Rosario en Fuerteventura.
- Puerto de La Luz de Las Palmas en Gran Canaria.
- Puerto de Santa Cruz de Tenerife.
- Puerto de Santa Cruz de La Palma.

- Puerto de San Sebastián de La Gomera.
- Puerto de La Estaca en el Hierro.

De los mencionados destacan el Puerto de La Luz de Las Palmas de Gran Canaria y el Puerto de Santa Cruz de Tenerife (Puertos del Estado, 2022). siendo los más importantes a nivel comercial, movilidad de mercancía marítima, pero el puerto de Las Palmas se impone (Tabla 1).

Tabla 1. Tráfico Marítimo de mercancías y pasajeros del Puerto de Las Palmas y Puerto de Santa Cruz de Tenerife.

| 2023 | Puerto de Santa cruz de Tenerife | Puerto de Las Palmas |
|---------------------------|----------------------------------|----------------------|
| N.º Pasajeros cruceristas | 817.550 | 710.040 |
| N.º Buques Mercantes | 7.627 | 10.266 |
| Arqueo Bruto (Ton.) | 127.635 | 209.330 |
| Graneles Líquidos (Ton.) | 4.095.725 | 5.432.081 |
| Graneles Sólidos (Ton.) | 353.966 | 134.321 |
| Suministro (Ton.) | 564.694 | 2.281.024 |
| N.º Contenedores (TEU) | 475.215 | 1.086.981 |

Fuente: Instituto Canario de Estadísticas (ISTAC, 2023).

En rasgos generales, canarias es un centro logístico clave, destacando en diversas actividades marítimas como el suministro / avituallamiento de buques, las reparaciones navales, la pesca, y está reconocida como la “estación de servicio del Atlántico” por su papel destacado en el suministro de combustible (Tovar et al., 2015; Puerto de Las Palmas, 2024). A pesar de los desafíos planteados por la crisis sanitaria mundial, los puertos canarios, han demostrado capacidad de recuperación y han seguido desempeñando un papel vital para garantizar el transporte y el suministro de bienes esenciales a la región.

3.3. Aplicación de Tecnologías en los Puertos Canarios

El avance de los puertos canarios hacia transformarse en puertos tecnológicamente competitivos y poder categorizarse puertos 4.0, se encuentran en un punto de iniciativa emprendedora e inversora tanto interna como externa. En este caso, destaca el programa Ports 4.0 impulsado por Puertos del Estado y las Autoridades Portuarias Españolas, con la creación de un fondo de capital Ports 4.0 de hasta 20 millones, para atraer, apoyar y facilitar la aplicación del talento y emprendimiento del sector portuario español (Ports 4.0, 2024).

La Autoridad Portuaria de Las Palmas y Tenerife, en la nueva convocatoria del programa Ports 4.0, se involucran en proyectos con carácter de apoyo directo y como agentes facilitadores y/o sede de desarrollo. A continuación, se exponen algunos:

SMART COAST 4.0

Smart Coast 4.0 se enfoca en la mejora de la seguridad, protección y la eficiencia logística en infraestructuras portuarias. El proyecto emplea tecnología de última generación en sensores a tiempo real, cámaras ópticas, radares marítimos, etc. al mismo tiempo que utiliza información obtenida por terceros como datos satelitales. Las principales tecnologías integradas en el proyecto son la IA, comunicación 5G y cloud computing.

Los principales desarrollos en funcionamiento son “Maritime Safety” aporta datos del oleaje, rebase de la costa y una visibilidad atmosférica direccional, otro es “AI Guard”, brinda la detección y seguimiento de embarcaciones para la seguridad y en el futuro a la navegación remota y autónoma (PLOCAN, 2024).

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN DE CONTAMINANTES IN SITU EN ENTORNOS PORTUARIOS.

Se trata de equipos portátiles que detentan de forma in-situ sustancias contaminantes en las aguas portuarias en tiempo real. La tecnología utilizada es, Nanotecnología, Biotecnología y Sensorización. Este proyecto se desarrollo en la sostenibilidad ambiental, la seguridad y protección (Ports 4.0, 2024).

PRESTAMAR

Proyecto con apoyo de ambas Autoridades Portuarias de Canarias. Consiste en una herramienta de software integrada y alineada con el concepto Smart Port 4.0 para ayudar a la toma de decisiones de las operaciones portuarias de carga y descarga en las terminales. Facilitará medidas reales sobre las condiciones marítimo – meteorológicas y de la estabilidad del buque atracado durante las maniobras de carga y descarga, el software dará recomendaciones ante situaciones problemáticas (Ports 4.0, 2024). Se emplea tecnología de IA, Big Data y IoT, con desarrollo principalmente en la digitalización de procesos y plataformas inteligentes.

TRANSLATE

El proyecto Translate, es una plataforma de servicios de intercambio de mensajería abierta e interoperable para la logística portuaria, integrando plataformas logístico – portuarias, como Port Community system, Ventanillas Únicas, Simple, etc. El fin de Translate es a través de la nube facilitar a los operadores económicos la interconexión con otras plataformas de un modo transparente y un valor añadido empleando las tecnologías de Blockchain, Cloud y Automatización de procesos (opPORTunity, 2024).

SILEX

Consiste en un sistema de descarbonización de los buques, dicho sistema atrapa y extrae los gases contaminantes (CO₂, NO_x, SO_x) siendo atrapados por filtros de materiales como la Zeolita X13. Los gases extraídos pasan a estar retenidos en un circuito cerrado de agua, añadiendo óxido de calcio, el material obtenido tiene valor para aplicaciones de restauración de suelos agrícolas o como catalizador para obtener hidrógeno verde. El proyecto está enfocado en la sostenibilidad ambiental y energética, contando con el apoyo de las empresas Fred Olsen y Astican y, las Autoridades de Las Palmas y el Clúster Marítimo de Canarias (Ports 4.0, 2024).

Se observa que los puertos canarios tienen la visión puesta en desarrollar puertos más digitales y automatizados, acercándolos a los conceptos de Smart Ports y Ports 4.0, no más lejos de la realidad la mayoría son iniciativas en fases muy tempranas. Un buen punto de referencia para los puertos canarios es atraer la tecnología desarrollada e implementada en puertos más avanzados como el de Rotterdam, dando a conocer a dichas empresas, el potencial de Canarias dentro del tráfico marítimo y sus ventajas fiscales dentro de España como puntos hacia esa importación de tecnología o capacidad de desarrollarlas en sus puertos.

3.4. Ventajas y Desafíos

El tejido portuario de Canarias se enfrenta a las ventajas y desafíos de la implementación de los conceptos “Smart Ports” y “Ports 4.0”. Las potenciales ventajas son un aumento del tejido empresarial e innovación, una mayor eficiencia de la operativa, una mejorada sostenibilidad, eficiencia en la gestión y un aumento de la calidad del servicio ofrecida a los clientes (de la Peña Zarzuelo et al., 2020). La incorporación de las nuevas tecnologías permite a los puertos canarios operar de una manera más eficiente desde el punto de vista productivo y sostenible (UIMP, 2023). Además, mejora la capacidad de gestionar y

manejar unos volúmenes de carga mayores, a la vez que, reduce el tiempo y los errores en los procesos de la cadena operativa.

Sin embargo, toda esta implementación de tecnología presenta enormes desafíos, como la necesidad de grandes inversiones en infraestructuras y formación del personal, sumando el fomento de atraer inversión externa, la gestión de la ciberseguridad, el sufrimiento que puede acarrear la adaptación de cambios culturales y organizativos, el sentimiento que puede surgir de la incertidumbre de la novedad, complejidad y los problemas asociados a las tecnologías (Prosertek, 2023).

4. Conclusión

Tras la búsqueda bibliográfica, se destaca el cambio significativo que ha experimentado el transporte marítimo y la gestión portuaria en el siglo XXI. La globalización ha impulsado la necesidad de una gestión eficiente y estratégica, con la que cumplir las exigencias en los tiempos de entregas y reducir así, los costes logísticos para convertir el transporte marítimo en un crucial facilitador del comercio internacional. Este contexto del entorno actual justifica la importancia de la implementación de los puertos 4.0 en Canarias, como una forma de incentivar el desarrollo tecnológico propio como la atracción externa, favoreciendo un aumento de la economía con la creación de nuevas empresas, así como, empleos directos e indirectos.

Tomando como referencias los puertos más desarrollados a nivel Puertos 4.0 (Rotterdam y Shanghái), y alguno de sus proyectos pioneros, se destacan, el internet de las cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA), el análisis Big Data, el blockchain y la computación en la nube, como algunas de las principales tecnologías que han revolucionado el sector portuario transformando los puertos a Smart Port. Por último, se presentan proyectos en base de desarrollo e implementación en los puertos canarios que con el apoyo de las Autoridades Portuarias y del Estado, afirman el buen rumbo hacia la digitalización y la automatización de los puertos canarios.

5. Referencias

- ABB Group. (n.d.). *Remote crane operations*. <https://new.abb.com/ports/solutions-for-marine-terminals/our-offerings/container-terminal-automation/remote-crane-operation>
- Blue Room Innovation. (2023). *CircularPort Waste Traceability*. <https://www.blueroominnovation.com/en/circularport-puertos-4-0/>
- Choi, Á. (2021). España ante la Revolución Industrial 4.0: mercado laboral y formación. *Araucaria*, 23(47). <https://doi.org/10.12795/araucaria.2021.i47.21>
- Cserhat, N. (2023). *Bid Data Management in Smart Ports: Unlocking Supply Chain Insights*. Medium. <https://news.morpheus.network/big-data-management-in-smart-ports-unlocking-supply-chain-insights-3d8b5aec1b0a>
- de la Peña Zarzuelo, I., Soeane, M. J. F., & Bermúdez, B. L. (2020). Industry 4.0 in the port and maritime industry: A literature review. *Journal of Industrial Information Integration*, 20, 100173.
- Elías, A. (2023). *El puerto de Rotterdam a la vanguardia de las nuevas tecnologías*. <https://smart-river.com/2023/02/el-puerto-de-rotterdam-nuevas-tecnologias/>
- Ellingsen, O., & Aasland, K. E. (2019). Digitalizing the maritime industry: A case study of technology acquisition and enabling advanced manufacturing technology. *Journal of Engineering and Technology Management*, 54, 12-27.
- Han, H., Liu, Z., Wang, X., & Li, S. (2021, May). Research of the relations among cloud computing, internet of things, big data, artificial intelligence, block chain and their application in maritime field. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1927, No. 1, p. 012026). IOP Publishing.
- Heilig, L., Lalla-Ruiz, E., & Voß, S. (2017). Digital transformation in maritime ports: analysis and a game theoretic framework. *Netnomics: Economic research and electronic networking*, 18(2-3), 227-254.
- Ichimura, Y., Dalaklis, D., Kitada, M., & Christodoulou, A. (2022). Shipping in the era of digitalization: Mapping the future strategic plans of major maritime commercial actors. *Digital Business*, 2 (1), 100022.
- ISTAC. (2023). *Tráfico marítimo de mercancías de Puertos del Estado por puertos de Canarias y periodos*. Instituto Canario de Estadísticas. <https://www3.gobiernodecanarias.org/aplicaciones/appsistac/jaxi->

istac/tabla.do?uripx=urn:uuid:884def45-a024-4f1d-a050-964981683fe0&uripub=urn:uuid:35717f3f-feaf-4be6-8487-722ff4757eec

Justavino-Castillo, M. E., Gil-Saura, I., y Fuentes-Blasco, M. (2020). Efectos de la sostenibilidad y del valor logístico en las relaciones entre empresas de transporte marítimo. *Estudios Gerenciales*, 36(157), 377-390.

Msc, E. E. L., den Breejen Msc, E. E., & van den Broek PhD, J. H. (2019, October). A Business Process Framework and Operations Map for Maritime Autonomous and Unmanned Shipping: MAUSOM. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1357, No. 1, p. 012017). IOP Publishing.

Nexusintegra. (n.d.). *Puertos inteligentes: la transformación de la industria portuaria*. <https://nexusintegra.io/smart-ports-transformation-port-industry/>

OpPORTunity. (2024). *Proyectos Ports 4.0 con implantación en Puertos de Tenerife*. <https://opportunity.puertosdetenerife.org/proyectos/translate-3/>

PLOCAN. (2024). *Proyecto SMART COAST 4.0: eficiencia logística, Seguridad y Protección para las infraestructuras Portuarias*. <https://plocan.eu/proyecto-smart-coast-4-0-eficiencia-logistica-seguridad-y-proteccion-para-las-infraestructuras-portuarias>

Ports 4.0. (2024). *Ports of Spain Tradetech Fund*. Puertos del Estado. https://www.ports40.es/static/ports_40

Ports 4.0. (2024). *Proyectos Pre-Comerciales seleccionados de manera definitiva en la tercera convocatoria de Ports 4.0*. <https://www.ports40.es/resources/Dossier%20Proyectos%20Pre-Comerciales%203%C2%BACONV%20WEB.pdf>

Prosertek. (2023). *Ports 4.0: How technology is transforming port operations*. Prosertek Harbor Equipment. <https://prosertek.com/blog/ports-4-0-how-technology-is-transforming-port-operations/>

PSA Singapore. (2023). *PSA innovates with OptETruck, a Digital Solution for Singapore's Haulier Sector to Achieve Fleet Optimisation and a Greener Footprint*. <https://www.singaporepsa.com/2023/07/26/psa-innovates-with-optetruck-a-digital-solution-for-singapores-haulier-sector-to-achieve-fleet-optimisation-and-a-greener-footprint/>

Puertos de Las Palmas. (2024). *Puerto de Las Palmas*. <https://www.palmasport.es/en/las-palmas-port/>

- Puertos del Estado. (2022). *Dossier General. Sistema portuario español de titularidad estatal*.
https://www.puertos.es/eses/BibliotecaV2/Dossier%20general_Puertos%20del%20EstadoV.06.pdf
- Ramos, M. Q., Vides, K. A., y Gómez, S. P. (2021). Estrategias para potenciar la competitividad internacional de Puertos Marítimos en contextos globalizados. *Revista de ciencias sociales*, 27(3), 250-271.
- 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.
- Sullivan, B. P., Desai, S., Sole, J., Rossi, M., Ramundo, L., & Terzi, S. (2020). Maritime 4.0—opportunities in digitalization and advanced manufacturing for vessel development. *Procedia manufacturing*, 42, 246-253.
- Tovar, B., Hernández, R., & Rodríguez-Déniz, H. (2015). Container port competitiveness and connectivity: The Canary Islands main ports case. *Transport Policy*, 38, 40-51.
- UIMP. (2023). *Semana Portuaria UIMP 2023*. Universidad Internacional Menéndez Pelayo.
<https://wapps001.uimp.es/uxxiconsultas/ficheros/4/65624folleto.A5.APS.UIMP.2023-.FC11.FINAL.pdf>
- World Economic Forum. (2016). *The future of jobs: Employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution*. Ginebra: WEF.

Permiso de divulgación del Trabajo Fin de Máster

El alumno **Juan Eleazar Ruiz Armas**, autor del trabajo final de Grado titulado “**Puertos 4.0 en Canarias: una perspectiva futura**”, y tutorizado por el/los profesor/es **D. José Agustín González Almeida**, a través del acto de presentación de este documento de forma oficial para su evaluación (registro en la plataforma de TFM), manifiesta que **PERMITE** la divulgación de este trabajo, una vez sea evaluado, y siempre con el consentimiento de su/s tutor/es, por parte de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, del Departamento de Ingeniería Civil, Náutica y Marítima de la Universidad de La Laguna, para que pueda ser consultado y referenciado por cualquier persona que así lo estime oportuno en un futuro.

Esta divulgación será realizada siempre que ambos, alumno y tutor/es del Trabajo Final de Grado, den su aprobación. Esta hoja supone el consentimiento por parte del alumno, mientras que el profesor, si así lo desea, lo hará constar en futuras reuniones, una vez finalizado el proceso de evaluación del mismo.

Nota: Este documento será obligatorio presentarlo como última hoja del documento final del TFM.