






Trends, challenges and opportunities of digitalization in port management: a systematic review between 2018 and 2022






Gianfranco Donayre Morán, Br. Internation Business¹, Josumi Esperanza Medina, Br. Internation Business², Frabrizio Mendoza Heredia, Br. Internation Business³, Bryan Salazar Crispin, Br. Internation Business⁴ and Jimmy Elías Sánchez Gómez, Ph. D. Global Business Administration⁵
^{1,5} Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, u201720203@upc.edu.pe, U201817823@upc.edu.pe, U201910940@upc.edu.pe, u201914031@upc.edu.pe, pcanjsan@upc.edu.pe

Abstract— Digitalization in port management has experienced notable growth in recent years, driving operational efficiency and automation in ports. This transformation has been especially relevant in an increasingly globalized and connected world, where the effective management of port operations is crucial. However, challenges such as COVID-19 have accelerated this digital adoption with the aim of reducing physical contact; In addition, emerging technologies such as: IoT, Blockchain, Big Data, BIM, Artificial Intelligence and Smart Port have been positioned as trends due to their significant impact, showing continuous potential. The general objective of this study is to analyze the trends, challenges, and opportunities of digitalization in port management for the period 2018-2022. The methodology will be developed under a qualitative approach with a systematic review of literature, for these academic repositories such as Scopus and WoS will be reviewed. In the discussion, the results obtained in relation to our specific objectives are presented, these demonstrate that trends such as emerging technologies considerably improve operational efficiency and strategic decision making in seaports. Challenges such as COVID-19 caused a notable increase in digitalization in seaports. On the other hand, the opportunities provided by digitalization in port management offer great possibilities, having the potential to improve efficiency and competitiveness. Finally, in the conclusions and recommendations section, the scope found after the bibliographic review and results is highlighted.

Keywords—Port management, digitalization, smart port, technology.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LEIRD).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LEIRD).
DO NOT REMOVE

Tendencias, desafíos y oportunidades de la digitalización en la gestión portuaria: una revisión sistemática entre el 2018 al 2022

Gianfranco Donayre Morán, Br. Internation Business¹, Josumi Esperanza Medina, Br. Internation Business²,
Frabrizio Mendoza Heredia, Br. Internation Business³, Bryan Salazar Crispin, Br. Internation Business⁴ y Jimmy
Elías Sánchez Gómez, Ph. D. Global Business Administration⁵
^{1,5} Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, u201720203@upc.edu.pe, U201817823@upc.edu.pe,
U201910940@upc.edu.pe, u201914031@upc.edu.pe, pcanjsan@upc.edu.pe

Resumen— La digitalización en la gestión portuaria ha experimentado un crecimiento notable en los últimos años, impulsando una eficiencia operativa y automatización en los puertos. Esta transformación ha sido especialmente relevante en un mundo cada vez más globalizado y conectado, donde la gestión eficaz de las operaciones portuarias es crucial. Sin embargo, desafíos como el COVID-19 han acelerado esta adopción digital con el objetivo de reducir el contacto físico; además tecnologías emergentes como: IoT, Blockchain, Big Data, BIM, Inteligencia Artificial y Smart Port se han posicionado como tendencias debido a su impacto significativo mostrando un potencial continuo. Este estudio tiene como objetivo general analizar las tendencias, desafíos y oportunidades de la digitalización en la gestión portuaria para el periodo 2018-2022. La metodología se desarrollará bajo un enfoque cualitativo con una revisión sistemática de literatura, para ello se revisarán repositorios académicos como Scopus y WoS. En la discusión, se plantea los resultados obtenidos en relación con nuestros objetivos específicos planteados, estos demuestran que las tendencias como las tecnologías emergentes, mejoran considerablemente la eficiencia operativa y la toma de decisiones estratégicas en los puertos marítimos. Los desafíos como el COVID-19 causo un incremento notable de la digitalización en los puertos marítimos. Por otro lado, las oportunidades que brinda la digitalización en la gestión portuaria ofrecen grandes posibilidades teniendo el potencial de mejorar la eficiencia y competitividad. Finalmente, en la sección de conclusiones y recomendaciones se destacan los alcances hallados tras la revisión bibliográfica y de los resultados.

Palabras claves—Gestión portuaria, digitalización, puerto inteligente, tecnología.

I. INTRODUCCIÓN

La digitalización en la gestión portuaria es una tendencia que busca mejorar la eficiencia en los puertos [1]. Un puerto inteligente depende en gran parte de la digitalización para lograr su máximo nivel de eficiencia y control inteligente [2].

Antes de la era digital, los puertos podían utilizar sistemas con tecnologías no digitales, como sistemas mecánicos o electrónicos, para optimizar algunas de sus operaciones [3].

Sin embargo, en la actualidad, la digitalización es primordial para una evolución de los puertos hacia la inteligencia portuaria, existen diferentes tecnologías y desafíos que han ayudado a la digitalización de la gestión de los puertos en el mundo, en especial durante los años 2018-2022 [4], [5].

En 2018, la digitalización en los puertos se convirtió en una prioridad esencial, impulsada por la necesidad de modernizar la

infraestructura portuaria y adaptarse a las cambiantes demandas de la industria marítima [6].

La transformación busca aprovechar las tecnologías avanzadas para optimizar operaciones portuarias, reducir costos y minimizar impactos ambientales [7].

En 2020, la COVID-19 ha sido un factor importante en la aceleración de la digitalización en la gestión portuaria, esta pandemia ha generado una serie de desafíos para los puertos, como la interrupción de las cadenas de suministro, la escasez de mano de obra y el aumento de los costos [5], [8].

La gestión portuaria se refiere a la sinergia de procesos, actividades desarrolladas y las operaciones de un puerto marítimo o fluvial [9]. La implementación de la gestión portuaria permite aumentar la competitividad a nivel internacional [10].

El sector marítimo es un ejemplo de una industria tradicional donde la incorporación de nuevas aplicaciones digitales en los procesos y prácticas diarias ha comenzado lentamente [11].

El término “puerto inteligente” se refiere a la implementación de la digitalización para una mejor coordinación, eficiencia de recursos y sostenibilidad, implicando personal capacitado e infraestructuras automatizadas e inteligentes [12], [13].

El desarrollo de puertos inteligentes aprovechando las tecnologías para mejorar la competitividad y la resiliencia se ha convertido en una dirección estratégica hacia el desarrollo sostenible [14].

La digitalización está impulsando una importante transformación en diferentes industrias, la gestión portuaria se asoma como un escenario relevante para llegar a entender el poder y alcance de estas innovaciones [15], [14], [16].

Por todo lo mencionado anteriormente, la actual investigación por medio de la revisión sistemática tiene como objetivo principal analizar las tendencias, desafíos y oportunidades de la digitalización en la gestión portuaria durante los años 2018-2022. Por ende, se decretaron tres objetivos específicos: (i) analizar las tendencias de la digitalización en la gestión portuaria durante los años 2018-2022; (ii) analizar los desafíos de la digitalización en la gestión portuaria durante los años 2018-2022; y (iii) evaluar las

oportunidades de la digitalización en la gestión portuaria durante los años 2018-2022.

II. MARCO TEÓRICO

A) *La digitalización de la gestión portuaria*

Las tecnologías digitales integradas en la gestión portuaria se están volviendo cada vez más decisivas entre las ciudades portuarias de todo el mundo [17]. La implementación de soluciones digitales es esencial y permite a los puertos marítimos aumentar su eficiencia y sostenibilidad [18].

La amplia y profunda adopción de dispositivos tecnológicos tanto fijos como móviles está alterando la forma en que circulan las cargas, la información y las personas, generando una abundancia de datos e información valiosa que puede beneficiar en la gestión y logística portuaria [17], [19].

Un ejemplo de la digitalización es el uso de Internet de las Cosas (IoT), es una tecnología en evolución e innovadora que busca construir sociedades más inteligentes [20]. Estas innovaciones permiten la monitorización en tiempo real de contenedores, la gestión eficiente de flotas y la optimización de rutas marítimas [21].

Esta transformación aumenta la eficiencia operativa y la competitividad en el comercio marítimo, a través del intercambio de datos observando el potencial para influenciar en la interconexión de todos los elementos presentes en la cadena de suministro [22]. Del mismo modo, fomenta la transparencia y facilita una toma de decisiones más informada [23].

Por lo tanto, la digitalización se presenta como un pilar fundamental para el desarrollo sostenible y la mejora continua de los puertos en un mundo globalizado [23].

B) *Las tendencias de la digitalización en la gestión portuaria*

Las tendencias de la digitalización han presentado incorporaciones de nuevas tecnologías, programas y recomendaciones. Por ejemplo, en los últimos 20 años, la innovación ha estado presente en los puertos marítimos chinos [24]. La palabra “digitalización” ha tenido un crecimiento importante en los últimos años [4], [25].

Se espera que para el 2040 la cadena de suministro en la gestión de los puertos sea más optimizada, aspirando tener cambios radicales con la tecnología [26], [27], [28].

El acogimiento de tecnologías de la industria 4.0 como el Internet de las cosas (IoT), Blockchain, Big Data e Inteligencia Artificial, se descubren hoy en día entre los principales factores para evaluar el nivel de desarrollo de un puerto [29], [30], [31]. Se espera que se incremente la cantidad de soluciones y dispositivos de IoT en las comunidades portuarias asegurando una gestión eficiente y completa [11], [32].

Smart Port es un software que se viene implementando y permite monitorear la gestión portuaria, a través de información más precisa y menores tiempos de respuesta en el buque [33].

C) *Los desafíos de la digitalización en la gestión portuaria*

Un desafío en el contexto de la digitalización en la gestión portuaria surge a partir de una veloz evolución en la tecnología, la COVID-19 y condiciones climáticas [5], [34], [35].

La pandemia de COVID-19 tuvo un impacto en la gestión portuaria, esta crisis sanitaria impuso restricciones de distanciamiento social y cuarentenas que afectaron significativamente las operaciones, resultando ser una disrupción masiva de la cadena de suministro global [5], [36].

La automatización en la logística minimizó la interacción física en las operaciones, reduciendo riesgos de propagación del virus, la digitalización facilitó la implementación de sistemas de gestión de activos y monitoreo en vivo, lo que permitió a los puertos adaptarse a cambios en la demanda [5], [37].

La seguridad en los puertos con respecto a las condiciones climáticas adversas es importante. Los vientos fuertes pueden dar lugar a situaciones peligrosas como dificultades en la navegación y daños en la infraestructura portuaria [34].

La OMI considera que la navegación electrónica y las operaciones justo a tiempo son un desafío para el transporte marítimo [38]. Otro desafío es la importancia de la capacitación a los empleados para usar nuevas tecnologías [39], [40]. Los puertos necesitan contratar personal con experiencia en informática y análisis de datos [41].

La seguridad cibernética es crucial al proteger las operaciones contra amenazas, la implementación de tecnologías emergentes como la IoT y la IA exige una infraestructura sólida y personal capacitado [42]. La inversión requerida para implementar nuevas tecnologías es importante, los puertos necesitan invertir en hardware, software y capacitación [43], [44].

Un desafío más es que los puertos necesitan asegurarse de que sus sistemas informáticos cumplan con las leyes y regulaciones, con respecto a la protección de datos y comercio [45].

La interoperabilidad es otro desafío, es la capacidad de diferentes sistemas para comunicarse y compartir datos. Las deficiencias portuarias pueden dificultar la integración de nuevas tecnologías [46].

D) *Las oportunidades de la digitalización en la gestión portuaria*

Los puertos están afrontando el desafío de mejorar la productividad y eficiencia en un ambiente cada vez más competitivo [14]. Los países desarrollados están realizando y aplicando tecnología inteligente en la industria portuaria [47].

Las ciudades portuarias son más activas en el desarrollo de servicios digitales, en comparación con las organizaciones portuarias, especialmente en el contexto de datos abiertos [11]. Los datos abiertos permiten que las comunidades portuarias intervengan en proyectos de digitalización sin inversiones significativas promoviendo a los puertos alcanzar beneficios del posible desarrollo de servicios [11].

Además, la importancia de la ubicación geográfica, los medios de infraestructura y los volúmenes de envío como elementos clave para evaluar el nivel de generación de un puerto

marítimo ha permitido un enfoque cada vez más alto en las capacidades tecnológicas [12].

Las tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial han brindado una oportunidad única para la digitalización de los puertos marítimos [47]. La digitalización también fomenta una mayor integración con la cadena de suministro global, generando la oportunidad de crear nuevos servicios y modelos de negocio innovadores [48].

El sector logístico es una de las principales industrias que está explorando el potencial de tecnologías como el 5G para mejorar la conectividad, la visibilidad y la eficiencia [49].

Los puertos inteligentes utilizan tecnologías innovadoras para permitir la toma de decisiones predictivas e implementar herramientas para medir y mitigar los impactos ambientales negativos [50].

III. METODOLOGÍA

Para responder a los objetivos de investigación planteados, se utilizó la revisión sistemática de la literatura (SLR).

Las revisiones sistemáticas de la literatura son estudios de investigación secundaria que tienen como finalidad la síntesis objetiva de toda la evidencia disponible publicada sobre un tema científico definido [51].

El enfoque metodológico es cualitativo, la metodología se centró en la revisión de fuentes bibliográficas que se adecuen al tema de investigación.

Para realizar el análisis de artículos de investigación de forma clara y rigurosa, se utilizó la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses), que se diseñó para ayudar a los revisores sistemáticos a informar de forma transparente las actividades durante la investigación, presentado en un diagrama de 4 etapas: identificación, selección, elegibilidad e inclusión (ver Fig 1.) [52]. Contribuye a mejorar la claridad y la transparencia en la publicación de revisiones sistemáticas [53].

En la etapa de identificación, se realizó la búsqueda de los artículos de investigación, y en bases de datos bibliográficas reconocidas internacionalmente como Scopus y Web of Science. Para ello, se empleó un algoritmo de palabras claves en inglés como: *Smart Port* y *Port Digitization*, esto resultó en 42 referencias de Web of Science y 81 referencias de Scopus, que se exportaron a una base de datos en Excel, dejando un total de 123 registros únicos.

Durante la fase de selección, se consideró el contenido abstracto de estas 123 entradas únicas y se excluyeron los estudios que no tenían como objetivo analizar las tendencias, desafíos y oportunidades de la digitalización en la gestión portuaria. Asimismo, se han seleccionado publicaciones del periodo entre el 2018-2022 con tipos de documento correspondientes a artículos científicos. En esta fase se excluyeron 75 registros, quedando 48 artículos para el análisis correspondiente.

En las fases de elegibilidad, análisis y síntesis, se revisó los 48 artículos de investigación, en los que se identificaron las siguientes características: título, año, tipo de cuartil, enfoque,

país de origen, continente de origen, y la relación de la digitalización en la gestión portuaria.

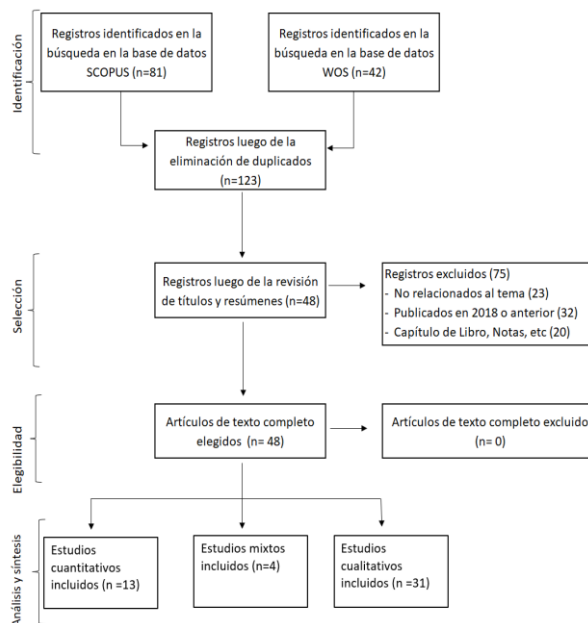


Fig. 1 Fases de la SLR sobre las tendencias, desafíos y oportunidades de la digitalización en la gestión portuaria: una revisión sistemática

IV. RESULTADOS

Este apartado describe los resultados de la revisión sistemática de la literatura de los 48 artículos asociados con el tema de investigación.

El listado sistemático de los 48 artículos, autores, título, año de publicación y el resultado de la relación de nuestro tema de investigación se presentan en la tabla 1.

TABLA 1
LISTA DE LOS 48 ARTÍCULOS DE LA SLR SOBRE LAS TENDENCIAS, DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES DE LA DIGITALIZACIÓN EN LA GESTIÓN PORTUARIA DESDE 2018-2022

N.º	Autor	Título	Año	Relación
1	Inkinen, T., Helminen, R. & Saarikoski, J.	Technological trajectories and scenarios in seaport digitalization	2021	Sí
2	Nazarenko, K. & Smirnova, M.	St. Petersburg Port through Disasters: Challenges and Resilience	2021	Sí
3	Jofre, C., Muñoz, F., Atencio, E. & Herrera, R.	Implementation of Facility Management for Port Infrastructure through the Use of UAVs, Photogrammetry and BIM	2021	Sí
4	Garrido S., Sauri, S., Raventos, E., Rua, C. & Torrent, J.	Emerging Trends Defining the Future Role of Ports: Application of the Delphi Method.	2022	Sí
5	Jahn, C & Nellen, N.	Smart Port Concept: Strategic Development, Best Practices, Perspectives of Development.	2022	Sí
6	Chandrasekaran, K., Abdul, A., Roslee, A., Yaacob, S., Shafu, O. & Mohd, W.	Port Kelang Development Moving Toward Adopting Industrial Revolution 4.0 in the Seaport System: A Review.	2023	Sí
7	Bali, S., Thangalakshmi, S. & Balaji, R.	Renewable Energy Options for Seaports.	2022	Sí

8	Kleine-Kampmann, S., Schöll, M., Ehlers, L., Hewelt, E., Götsch, U., Göbels, K., Ippisch, S., Seidel, J., Thanheiser, M., Schindler, B., Kalkowski, M., Boldt, M., Dirksen-Fischer, M., Von Münster, T., Jeglitza, M., Chmielewska, J., Sangs, A., Mouchtouri, B., Rexroth, U. & An der Heiden, M.	Air and maritime transport during the COVID-19 pandemic in Germany: challenges for the public health service	2021	Sí
9	Tajudeen, Y., Oladunjoye, I. & Adebisi, Y.	Zoonotic infectious diseases and maritime seaport: areas of concern	2021	Sí
10	Fernández, P., Suárez, J., Trujillo, A., Domínguez, C. & Santana, J.	3D-Monitoring Big Geo Data on a seaport infrastructure based on FIWARE	2018	Sí
11	Chen, Y., Wei, Y. & Peng, L.	Ecological technology model and path of seaport reclamation construct	2018	Sí
12	Inkinen, T., Helminen, R. & Saarikoski, J.	Port digitalization with open data: Challenges, opportunities, and integrations	2019	Sí
13	Pham, T.	A smart port development: Systematic literature and bibliometric	2023	Sí
14	Henríquez, R., Martínez, F. & Martínez, J.	Technological drivers of seaports' business model innovation: An exploratory case study on the port of Barcelona	2022	Sí
15	Wang, Y., Potter, A., Naim, M., Vafeas, A., Mavromatis, A. & Simeonidou, D.	5G Enabled Freeports: A Conceptual Framework	2022	Sí
16	Belmouraki, B., Audy, J.-F. & Forget, P.	Smart port: a systematic literature review	2023	Sí
17	Kuo, S., Huang, X. & Chen, L.	Smart ports: Sustainable smart business port operation schemes based on the Artificial Intelligence of Things and blockchain technologies	2022	Sí
18	Hoang Phuong N., Phuoc Quy P., Dang Khoa P., Viet Duc B., Dinh Tuyen N.	Application of IoT Technologies in Seaport Management	2023	Sí
19	Gonzales, O., Koivisto, H., Mustonen, J. & Keinanen-Toivola, M.	Digitalization in Just-In-Time Approach as a Sustainable Solution for Maritime Logistics in the Baltic Sea Region	2021	Sí
20	Alkheder, S., Naif, D., Musaed, D., Al Shrekah, S., Al Rshaid, M., Al Anzi, N. & Baquer, I.	Maritime transport management in Kuwait toward an automated port logistical city	2022	Sí
21	Metin, O., Mona, J., Mona, J. & Muhammad, A.	Energy-Aware Smart Connectivity for IoT Networks: Enabling Smart Ports	2018	Sí
22	Jun, WK., Lee, MK. & Choi, JY.	Impact of the smart port industry on the Korean national economy using input-output analysis	2018	Sí
23	Yagmur, Y., Long, N., Mehmet, O., Omer, K., Trang, H., Berk, C. & Trung, D.	TwinPort: 5G drone-assisted data collection with digital twin for smart seaports	2023	Sí
24	Sánchez, N., De la Cruz, Y. & Infante, L.	COVID-19 as a factor in accelerating the automation of Port Logistics processes in The Port of Callao – Peru	2021	Sí
25	Szymanowska, B., Kozłowski, A., Dąbrowski, J. & Klimek, H.	Seaport innovation trends: Global insights	2023	Sí
26	Tuan, T., Phuing, H., Rudzki, K., Rowinski, K., Duc, V., Hai, T., Cuong, & Dans, N.	Management Strategy for Seaports Aspiring to Green Logistical Goals of IMO: Technology and Policy Solutions	2023	Sí
27	Clemente, D., Cabral, T., Rosa, P. & Taveira, F.	Blue Seaports: The Smart, Sustainable and Electrified Ports of the Future	2023	Sí
28	Bielawski K., Chmielinski M., Cáncer O. & Wisniewski G.	Possibilities of Using Innovative Drive Systems for Various Types of Electric Vehicles for Seaports, Container and Logistics Terminals	2023	Sí
29	Catagay, I. & Jasmine, L.	Optimal energy management and operations planning in seaports with smart grid while harnessing renewable energy under uncertainty	2021	Sí
30	Wang, S., Yin, J. & Khan, R.	Dynamic Safety Assessment and Enhancement of Port Operational Infrastructure Systems during the COVID-19 Era	2023	Sí
31	Ricci, A., Vasurato, R. & Bloque, B.	An integrated tool to improve the safety of seaports and waterways under strong wind conditions	2023	Sí
32	Kumar, J., Mekkanen, M., Karimi, M. & Kauhaniemi, K.	Hardware-in-the-loop testing of a battery energy storage controller for harbour area smart grid: A case study for Vaasa harbour grid	2023	Sí

33	Molavi, A., Lim, G. & Race, B.	A framework for building a smart port and smart port index	2020	Sí
34	Brunila, Olli-Pekka; Kunnaala-Hyrkki, Vappu; Inkinen, Tommi	Hindrances in port digitalization? Identifying problems in adoption and implementation	2021	Sí
35	Gracia, M., Gonzalez, M., Ascencio, L. & Mar, J.	Assessing the implementation of governance best practices by Latin American ports	2022	Sí
36	Karas, A.	Smart port as a key to the future development of modern ports	2020	Sí
37	Tardo A., Pagano P., Antonelli S. & Rao S.	Addressing digitalization through out a prototyping framework for agile smart services development: The case of Livorno Port	2022	Sí
38	Min, Hokey	Developing a smart port architecture and essential elements in the era of Industry 4.0	2022	Sí
39	Rost, Pedro; Breitbart, Markus; Roreger, Hendrik ;Erman, Bilgehan ;Mannweiler, cristiano ;Moliner, Rayo ;Viering, Ingo	Customized Industrial Networks: Network Slicing Trial at Hamburg Seaport	2018	Sí
40	Innes, Alejandro; Monios, Jason	Identifying the unique challenges of installing cold ironing at small and medium ports – The case of aberdeen	2018	Sí
41	Kumpeng, L., Amir, G. & Jun Yeon, L.	Smart technologies and port operations: Optimal adoption strategy with network externality consideration	2023	Sí
42	Sarabia, D., Palau, CE., Esteve, M. & Boronat, F.	Seaport Data Space for Improving Logistic Maritime Operations	2020	Sí
43	Vytautas, P., Ludmila, F. & Donatas, P.	Ports Digitalization Level Evaluation	2021	Sí
44	Wang, K., Hu, Q., Zhou, M., Zun, Z. & Qian, X.	Multi-aspect applications and development challenges of digital twin-driven management in global smart ports	2021	Sí
45	Qureshi, JN., Farooq, MS., Abid, A., Umer, T., Bashir, AK. & Bin, Y.	Blockchain applications for the Internet of Things: Systematic review and challenges	2022	Sí
46	D'Amico, G., Szopik, K., Dembińska, & Loppolo, G.	Smart and sustainable logistics of Port cities: A framework for comprehending enabling factors, domains and goals	2021	Sí
47	Sang, C., Dong, S. & Sungjin, P.	Does more competition result in better port performance?	2018	Sí
48	Heikkilä, M; Saarni, J and Saurama, A	Innovation in Smart Ports: Future Directions of Digitalization in Container Ports	2022	Sí

Respecto a los años de los artículos seleccionados, el año que cuenta con un mayor número es el 2023 con un total de 13. Asimismo, se puede ver que hay una inclinación ascendente, Q1 (47.92%), seguido Q2 (29.17%), tercero Q3 (12.50%) y finalmente, Q4 (10.42%).

TABLA 2
PUBLICACIONES POR AÑO Y CUARTIL SJR: 2018-2022

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	T	%
Q1	6	1	1	5	3	7	23	47.92%
Q2	0	0	1	4	6	3	14	29.17%
Q3	1	0	1	2	1	1	6	12.5%
Q4	0	0	0	1	2	2	5	10.42%
T	7	1	3	12	12	13	48	100%
%	15%	2%	6%	25%	25%	27%	100%	

Respecto a los artículos seleccionados, hay una superioridad del enfoque cualitativo (64,6%) seguido el enfoque cuantitativo (27.1%), y finalmente el enfoque mixto (8.3%).

TABLA 3
ENFOQUE POR CONTINENTE

Enfoque	África	América	Asia	Europa	Oceanía	Total
Cualitativo	1	2	3	25	0	31
Cuantitativo	1	0	3	9	0	13
Mixto	0	2	0	2	0	4
Total	2	4	6	36	0	48

% Cualitativo	2.1%	4.2%	6.3%	52.1%	0%	64.6%
% Cuantitativo	2.1%	0%	6.3%	18.8%	0%	27.1%
% Mixto	0%	4.2%	0%	4.2%	0%	8.3%
% Total	4.2%	8.3%	12.5%	75.0%	0%	100%

Respecto a la cantidad de publicaciones por dimensión de la variable independiente, se muestra que la mayoría de los artículos de investigación recaen en la variable “desafíos” con un total de 22 artículos, lo que representa un 45.83% del total. Después sigue la variable “tendencias” con un total de 17 artículos representando 35.42% del total y la variable “oportunidades” con un total de 9 artículos representando 18.75% del total.

TABLA 4
PUBLICACIONES POR DIMENSIONES DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE: 2018-2022

	Tendencias	Desafíos	Oportunidades	Total
Cantidad	17	22	9	48
Porcentaje	35.42%	45.83%	18.75%	100%

En relación con las principales tendencias en la digitalización portuaria según publicaciones de los autores entre 2018-2022, se realizó una tabla considerando las principales tecnologías emergentes, dando como resultado que el 33.33% de los autores focalizan su atención a la tecnología IoT, 20% en Blockchain, 22.22% en Big Data, 20% en Inteligencia Artificial y 2.22% para BIM y Smart Port.

TABLA 5
PRINCIPALES TENDENCIAS EN LA DIGITALIZACIÓN PORTUARIA SEGÚN PUBLICACIONES DE LOS AUTORES: 2018-2022

Autores	Tecnologías Emergentes						T	%
	IoT	Blockchain	Inteligencia Artificial	Big Data	BIM	Smart Port		
Karaš, A. (2020)	1	1	1	1			4	8.89 %
Min, H. (2022)	1	1		1			3	6.67 %
Kunpeng, L., Gharehgozli, A. & Jun-Yeon, L. (2023)	1	1					2	4.44 %
Paulauskas, V., Filina-Dawidowicz, L. & Paulauskas, D. (2021)	1		1				2	4.44 %
Qureshi, J., Farooq, M., Abid, A., Umer, T., Bashir, A. & Zikria, Y. (2022)	1	1					2	4.44 %
D'Amico, G., Szopik-Depczyńska, K., Dembińska, I. & Loppolo, G. (2021)	1	1	1	1			4	8.89 %
Sarabia-Jácome, D., Palau, C. & Boronat, F. (2020)	1		1	1			3	6.67 %
Heikkilä, M., Saami, J. & Saurama, A. (2022)	1	1	1				3	6.67 %

Kuo, S., Huang, X. & Chen, L. (2022)	1	1		1			3	6.67 %
Phuong, H., Phong, P., Pham, D., Duc, V. & Tuyen, D. (2023)	1	1	1	1			4	8.89 %
Ozturk, M., Jaber, M. & Imran, M. (2018)	1						1	2.22 %
Yigit, Y et al. (2023)	1		1	1			3	6.67 %
Jofre-Briceno, C., Munoz, F., Atencio, E. & Herrera, R. (2021)					1		1	2.22 %
Garrido S., Sauri, S., Raventos, E., Rua, C. & Torrent, J. (2022)	1		1	1			3	6.67 %
Jahn, Carlos & Nellen, N. (2022)				1			1	2.22 %
Chandrasekaran, K., Abdul, A., Roslee, A., Yaacob, S., Shafu, O. & Mohd, W. (2023)	1	1	1				3	6.67 %
Fernández, P., Suárez, J., Trujillo, A., Domínguez, C. & Santana, J. (2018)	1		1			1	3	6.67 %
Total	15	9	10	9	1	1	45	100%
%	33.33 %	20%	22.22%	20 %	2.22 %	2.22 %		

En el contexto de las publicaciones de investigación sobre la gestión portuaria entre 2018 y 2022, se ha elaborado una tabla que destaca los desafíos en la gestión portuaria más relevantes. Los datos revelan que un 22.2% de los autores se centran en el impacto económico, mientras que un 11.1% se enfoca en el COVID-19 y otro 18.5% en las plataformas confiables y seguras. Además, un 29.6% aborda la contaminación ambiental, y el 18% se centra en el cambio climático.

TABLA 6
PRINCIPALES DESAFÍOS EN LA GESTIÓN PORTUARIA DURANTE LA TRANSFORMACIÓN TECNOLÓGICA SEGÚN PUBLICACIONES DE LOS AUTORES: 2018-2022

Autores	Desafíos					T	%
	Impacto Económico	COVID-19	Plataformas seguras	Contaminación Ambiental	Cambio Climático		
Brunila, O.; Kunnaala-H., Vappu; Inkinen, T. (2021)	1					1	3.70%
Gracia, M., Gonzalez, M., Ascencio, L. & Mar, J. (2022)		1				1	3.70%

Tardo A., Pagano P., Antonelli S., Rao S. (2022)			1		1	3.70%
"Rost, P.; Breitbach, M.; Roreger, H.; Erman, B.; Mannweiler, C.; Molinero, R.; Viering, I." (2018)			1		1	3.70%
Innes, A.; Monios, J. (2018)					1	3.70%
Chen, Y., Wei, Y. & Peng, L. (2018)			1			3.70%
Molavi, A.; Lim, GJ and Race, B (2020)			1		1	3.70%
Gonzales, O., Koivisto, H., Mustonen, J. & Keinanen-Toivola, M. (2021)	1			1	2	7.41%
Sánchez, N., De la Cruz, Y. & Infante, L. (2021)	1				1	3.70%
Szymanowska, B., Kozłowski, A., Dąbrowski, J. & Klimek, H. (2023)			1	1	2	7.41%
Tuan, T., Phuing, H., Rudzki, K., Rowinski, K., Duc, V., Hai, T., Cuong, & Dans, N. (2023)			1		1	3.70%
Clemente, D., Cabral, T., Rosa, P. & Taveira, F. (2023)			1		1	3.70%
Bielawski K., Chmielinski M., Cáncer O. & Wisniewski G. (2023)			1		1	3.70%
Catagay, I. & Jasmine, L. (2021)	1				1	3.70%
Wang, S., Yin, J. & Khan, R. (2023)		1			1	3.70%
Ricci, A., Vasaturo, R. & Bloque, B. (2023)			1		1	3.70%
Kumar, J., Mekkanen, M., Karimi, M. & Kauhaniemi, K. (2023)	1				1	3.70%
Inkinen, T.; Helminen, R. & Saarikoski, J. (2021)			1		1	3.70%
Nazarenko, K. & Smirnova, M. (2021)				1	1	3.70%
Bali, S.; Thangalakshmi, S. & Balaji, R. (2022)			1	1	2	7.41%
Kleine-Kampmann, S., Schöll, M., Ehlers, L., Hewelt, E.,	1	1		1	3	11.11%

Götsch, U., Göbels, K., Ippisch, S., Seidel, J., Thanheiser, M., Schindler, B., Kalkowski, M., Boldt, M., Dirksen-Fischer, M., Von Münster, T., Jeglitza, M., Chmielewska, J., Sanga, A., Mouchtouri, B., Rexroth, U. & An der Heiden, M. (2021)							
Tajudeen, Y., Oladunjoye, I. & Adebisi, Y. (2021)					1	1	3.70%
Total	6	3	5	8	5	27	100%
%	22.22%	11.11%	18.52%	29.63%	18.52%		

En relación con las principales oportunidades en la digitalización portuaria según publicaciones de los autores entre 2018-2022, se realizó una tabla considerando las oportunidades más importantes, dando como resultado que el 11.11% de los autores se centran en el uso del 5G, datos abiertos y la ubicación geográfica, los medios de infraestructura y los volúmenes de envío. El 22.22% se centran en los puertos automatizados y un 44.44% en la cuarta revolución industrial.

TABLA 7
PRINCIPALES OPORTUNIDADES EN LA DIGITALIZACIÓN PORTUARIA SEGÚN PUBLICACIONES DE LOS AUTORES: 2018-2022

Autor	Oportunidades					T	%
	5G	Datos abiertos	Ubicación geográfica, los medios de infraestructura y los volúmenes de envío.	Puerto Automatizado	Cuarta Revolución Industrial		
Wang, Y., Potter, A., Naim, M., Vafeas, A., Mavromatis, A. & Simeonidou, D. (2022)	1					1	11.11%
Inkinen, T., Helminen, R. & Saarikoski, J. (2019)		1				1	11.11%
Henríquez, R., Martínez, F. & Martínez, J. (2022)			1			1	11.11%
Wang, K., Hu, Q., Zhou, M., Zun, Z. & Qian, X.					1	1	11.11%
Jun, WK., Lee, MK. & Choi, JY.					1	1	11.11%
Sang, C., Dong, S. & Sungjin, P.				1		1	11.11%
Pham, T.					1	1	11.11%
Alkheder, S., Naif, D., Musaed, D., Al Shrekah, S., Al Rshaid, M.,				1		1	11.11%

Al.Anzi, N. & Baquer, I.							
Belmouraki, B., Audy, J-F. & Forget, P.				1	1	11.11	%
Total	1	1	1	2	4	9	100%
%	11.11%	11.11%	11.11%	22.22%	44.44%		

V. DISCUSIÓN

A. Las tendencias de la digitalización en la gestión portuaria

El Internet de las Cosas (IoT) permite optimizar y gestionar las operaciones para construir una sociedad más inteligente [20]. La aplicación de IoT en la gestión portuaria se ha transformado en una tendencia inevitable [48], [32].

La tecnología Blockchain es una herramienta para el seguimiento, coordinación, ejecución y almacenamiento de información desde varios dispositivos [20]. El uso de Blockchain se ha convertido en uno de los factores clave para el éxito de la logística internacional [30].

La inteligencia artificial (IA) en la industria marítima se ha convertido en una tendencia significativa debido a su capacidad para mejorar la eficiencia y la precisión de diversas operaciones [7].

La introducción de la tecnología BIM se ha afianzado como una tendencia significativa aportando soluciones para tratar el mantenimiento de infraestructuras portuarias. Además, su importancia consiste en la invención y gestión de representaciones digitales detalladas de la infraestructura portuaria, disminuyendo así la posibilidad de errores [9].

Big data desempeña un papel vital en los puertos marítimos a causa de su capacidad para recopilar, procesar y analizar rápidamente grandes volúmenes de datos como la gestión del tráfico marítimo, por ejemplo: en el puerto de Rotterdam, Países Bajos [15].

Por otro lado, se ha implementado Smart Port, una plataforma en línea para mostrar y gestionar datos portuarios. Es una aplicación basada en Internet de las Cosas (IoT) en los puertos, donde los sensores, como mareómetros y estaciones meteorológicas, conectados a Internet, generan grandes cantidades de datos [33].

B. Los desafíos de la digitalización en la gestión portuaria

La digitalización en los puertos tuvo un incremento cuando llegó la pandemia de la COVID-19; la digitalización es pieza fundamental, puesto que, ha ayudado a tratar con esta pandemia, se han implementado diferentes tecnologías que han ayudado a que el trabajo sea más digitalizado [37].

Asimismo, se ha logrado automatizar diferentes procesos logísticos, esto ha ayudado a que disminuya el contacto entre las personas [5]. Por otro lado, el impacto económico que se ha tenido fue devastador ya que miles de empresas perdieron dinero y no pudieron mantenerse en el sector marítimo [38].

De igual manera, es necesario la implementación de plataformas confiables como softwares, hardware, esto generará que se automatice la digitalización portuaria, por lo tanto, es importante mencionar que las ciudades portuarias gracias a estas plataformas podrán realizar mayores operaciones al día a comparación de los años prepandemia, con estas plataformas las ciudades portuarias podrán realizar mayores operaciones al día a comparación de los años prepandemia [38].

Con respecto al medio ambiente la aplicación de fuentes de energía renovables (FER) para los sistemas de distribución de energía ha ido creciendo, la aplicación FER en sistemas marítimos, como las microrredes portuarias, podría mejorar la eficiencia energética y reducir la utilización de combustibles fósiles, que ha resultado en daños al medio ambiente [26].

Además, el suministro de energía en tierra (OPS) o electricidad en tierra (SSE) es un proceso crucial por el cual los barcos se conectan a la electricidad en tierra en lugar de hacer funcionar sus generadores auxiliares, esto ha tenido un impacto para reducir las emisiones que contribuyen a la contaminación y al cambio climático [39].

C. Las oportunidades de la digitalización en la gestión portuaria

La digitalización también permite una comunicación más eficiente entre los diferentes actores en el puerto. Sin embargo, se plantean desafíos en cuanto a la seguridad de los datos y la estandarización de los sistemas. A pesar de esto, las oportunidades que brinda la digitalización en la gestión portuaria son enormes y prometen mejorar la eficiencia y la competitividad [11].

Asimismo, la implementación de tecnologías inteligentes en puertos potencia la eficiencia al automatizar procesos como control de inventario, planificación de rutas y gestión de cadena de suministro. Además, se destaca la importancia de la conectividad entre los diferentes actores dentro del puerto y la necesidad de contar con plataformas de intercambio de datos eficientes [14].

Por otro lado, la digitalización y el 5G transforman la gestión portuaria, mejorando la eficiencia, seguridad y logística. En el cual, se destaca la colaboración entre sectores y la necesidad de un marco conceptual sólido para implementar con éxito puertos inteligentes.

La implementación de tecnologías como IoT, Big Data y análisis predictivo ha permitido mejorar la eficiencia operativa, reducir costos y brindar servicios personalizados a los usuarios. No obstante, se menciona la importancia de desarrollar colaboraciones estratégicas entre los diferentes actores del ecosistema portuario [12].

Se destaca que la adopción de la red 5G permite una conectividad y comunicación ultrarrápida, lo que puede impulsar la eficiencia y la innovación en los puertos. Es por ello, que se resalta el potencial de la tecnología 5G para mejorar la seguridad y la gestión de riesgos en los puertos [49].

Considerando que la adopción de tecnologías inteligentes puede mejorar la eficiencia operativa y logística de los puertos,

reduciendo costos y optimizando los procesos de transporte de mercancías. Para finalizar, hacen referencia a la importancia de la participación de forma activa de las autoridades portuarias y de los actores involucrados para garantizar una implementación efectiva de las soluciones digitales [13].

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con respecto al objetivo general, con la base de los antecedentes, si se pudo analizar a las tendencias, oportunidades y desafíos de la digitalización en la gestión portuaria entre el 2018 al 2022.

Con respecto a las tendencias como las tecnologías emergentes: Iot, Blockchain, Big Data, Inteligencia Artificial, BIM y Smart Port, se concluye que la principal es el “Internet de las Cosas (Iot)” debido a que los expertos mencionan que es la base tecnológica y una tecnología muy determinante en la era “4.0” al conectar una amplia gama de dispositivos permitiendo la recopilación en tiempo real de datos cruciales.

Por otro lado, gran cantidad de los artículos científicos usados en la presente investigación provienen de los continentes de Europa, Asia y América bajo un enfoque cualitativo, se recomienda abarcar futuras investigaciones que se vinculen con las tendencias, desafíos y oportunidades de la digitalización en la gestión portuaria, orientado a África y Oceanía.

En los desafíos de la gestión portuaria se encontraron a el impacto económico, la COVID-19, las plataformas confiables y seguras, la contaminación ambiental y el cambio climático, se concluye que el principal desafío identificado es la COVID-19 debido a que diferentes expertos mencionan que este virus ha tenido un gran impacto en la gestión portuaria a nivel mundial y fue el principal factor que hizo que la digitalización en la gestión portuaria avance de una manera más rápida.

Dada la importancia de la COVID-19 en los desafíos de la digitalización portuaria y su repercusión en los puertos marítimos, se sugiera realizar un estudio minucioso sobre la aceleración de la digitalización en los puertos debido a la pandemia.

Con respecto a las oportunidades que se identificaron como el 5G, los datos abiertos, la ubicación geográfica, los medios de infraestructura y los volúmenes de envío, los puertos automatizados, la cuarta revolución Industrial, se concluye que la principal oportunidad es la cuarta revolución industrial debido a que son varias las empresas que han optado por implementar dichas tecnologías que se han originado en la cuarta revolución industrial debido a que se optimicen los procesos y ayuda a que se agilice las operaciones en los puertos.

Por ello, se recomienda realizar una investigación a profundidad sobre las nuevas tecnologías que se está dando durante la cuarta revolución industrial dado a que es una oportunidad para las empresas ya que ayuda a la reducción de los tiempos en las operaciones en la gestión portuaria.

REFERENCIAS

- [1] Programa de Gestión Portuaria de la UNCTAD/TRAINFORTRADE, “La Gestión Portuaria” España, 2022. Accessed: Nov. 20, 2023. [Online]. Available: https://unctad.org/system/files/official-document/dtlkdb2022d1_es.pdf
- [2] D. Clemente, T. Cabral, P. Rosa-Santos, and F. Taveira-Pinto, “Blue Seaports: The Smart, Sustainable and Electrified Ports of the Future,” *Smart Cities*, vol. 6, no. 3, pp. 1560–1588, Jun. 2023, doi: 10.3390/smartcities6030074.
- [3] Ç. Iris and J. S. L. Lam, “Optimal energy management and operations planning in seaports with smart grid while harnessing renewable energy under uncertainty,” *Omega (United Kingdom)*, vol. 103, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.omega.2021.102445.
- [4] T. Inkinen, R. Helminen, and J. Saarikoski, “Technological trajectories and scenarios in seaport digitalization,” *Research in Transportation Business and Management*, vol. 41, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.rtbm.2021.100633.
- [5] N. M. S. Córdova, Y. Y. de la Cruz Carrillo, and L. de Jesús Infante Rivera, “COVID-19 as a factor in accelerating the automation of Port Logistics processes in the Port of Callao - Peru,” *Bol Malaria Salud Ambient*, vol. 61, pp. 87–96, Sep. 2021, doi: 10.52808/BMSA.7E5.61E2.010.
- [6] A. Innes and J. Monios, “Identifying the unique challenges of installing cold ironing at small and medium ports – The case of aberdeen,” *Transp Res D Transp Environ*, vol. 62, pp. 298–313, Jul. 2018, doi: 10.1016/j.trd.2018.02.004.
- [7] K. Li, A. Gharehgozli, and J. Y. Lee, “Smart technologies and port operations: Optimal adoption strategy with network externality consideration,” *Comput Ind Eng*, vol. 184, Oct. 2023, doi: 10.1016/j.cie.2023.109557.
- [8] M. D. Gracia, R. G. González-Ramírez, L. M. Ascencio, and J. Mar-Ortiz, “Assessing the implementation of governance best practices by Latin American ports,” *Maritime Economics & Logistics*, vol. 24, no. 4, pp. 806–834, Dec. 2022, doi: 10.1057/s41278-022-00224-y.
- [9] C. Jofré-briceño, F. M. La Rivera, E. Atencio, and R. F. Herrera, “Implementation of facility management for port infrastructure through the use of uavs, photogrammetry and bim,” *Sensors*, vol. 21, no. 19, Oct. 2021, doi: 10.3390/s21196686.
- [10] S. Cheon, D.-W. Song, and S. Park, “Does more competition result in better port performance?,” *Maritime Economics & Logistics*, vol. 20, no. 3, pp. 433–455, Sep. 2018, doi: 10.1057/s41278-017-0066-8.
- [11] T. Inkinen, R. Helminen, and J. Saarikoski, “Port digitalization with open data: Challenges, opportunities, and integrations,” *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, vol. 5, no. 2, Jun. 2019, doi: 10.3390/joitmc5020030.
- [12] R. Henríquez, F. X. Martínez de Osés, and J. E. Martínez Marín, “Technological drivers of seaports’ business model innovation: An exploratory case study on the port of Barcelona,” *Research in Transportation Business and Management*, vol. 43, Jun. 2022, doi: 10.1016/j.rtbm.2022.100803.
- [13] S. AlKheder *et al.*, “Maritime transport management in Kuwait toward an automated port logistical city,” *Cleaner Logistics and Supply Chain*, vol. 3, p. 100031, Mar. 2022, doi: 10.1016/j.clscn.2022.100031.
- [14] T. Y. Pham, “A smart port development: Systematic literature and bibliometric analysis,” *Asian Journal of Shipping and Logistics*, Sep. 2023, doi: 10.1016/j.ajsl.2023.06.005.
- [15] M. Heikkilä, J. Saarni, and A. Saurama, “Innovation in Smart Ports: Future Directions of Digitalization in Container Ports,” *J Mar Sci Eng*, vol. 10, no. 12, p. 1925, Dec. 2022, doi: 10.3390/jmse10121925.
- [16] Y. Yigit *et al.*, “TwinPort: 5G drone-assisted data collection with digital twin for smart seaports,” *Sci Rep*, vol. 13, no. 1, p. 12310, Jul. 2023, doi: 10.1038/s41598-023-39366-1.
- [17] G. D’Amico, K. Szopik-Depczyńska, I. Dembińska, and G. Ioppolo, “Smart and sustainable logistics of Port cities: A framework for comprehending enabling factors, domains and goals,” *Sustain Cities Soc*, vol. 69, p. 102801, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.scs.2021.102801.

- [18] V. Paulauskas, L. Filina-Dawidowicz, and D. Paulauskas, "Ports Digitalization Level Evaluation," *Sensors*, vol. 21, no. 18, p. 6134, Sep. 2021, doi: 10.3390/s21186134.
- [19] K. Wang, Q. Hu, M. Zhou, Z. Zun, and X. Qian, "Multi-aspect applications and development challenges of digital twin-driven management in global smart ports," *Case Stud Transp Policy*, vol. 9, no. 3, pp. 1298–1312, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.cstp.2021.06.014.
- [20] J. N. Qureshi, M. S. Farooq, A. Abid, T. Umer, A. K. Bashir, and Y. Bin Zikria, "Blockchain applications for the Internet of Things: Systematic review and challenges," *Microprocess Microsyst*, vol. 94, p. 104632, Oct. 2022, doi: 10.1016/j.micpro.2022.104632.
- [21] A. Karaš, "Smart port as a key to the future development of modern ports," *TransNav*, vol. 14, no. 1, pp. 27–31, Mar. 2020, doi: 10.12716/1001.14.01.01.
- [22] O. P. Brunila, V. Kunnaala-Hyrkki, and T. Inkinen, "Hindrances in port digitalization? Identifying problems in adoption and implementation," *European Transport Research Review*, vol. 13, no. 1, Dec. 2021, doi: 10.1186/s12544-021-00523-0.
- [23] D. Sarabia-Jacome, C. E. Palau, M. Esteve, and F. Boronat, "Seaport Data Space for Improving Logistic Maritime Operations," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 4372–4382, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2963283.
- [24] Y. Chen, Y. Wei, and L. Peng, "Ecological technology model and path of seaport reclamation construction," *Ocean Coast Manag*, vol. 165, pp. 244–257, Nov. 2018, doi: 10.1016/j.ocecoaman.2018.08.031.
- [25] K. Chandrasekaran, A. F. Abdul Ghafar, A. A. Roslee, S. N. K. Yaacob, S. Izzam Omar, and W. Mohd Dahalan, "Port Kelang Development Moving Toward Adopting Industrial Revolution 4.0 in the Seaport System: A Review," 2023, pp. 73–79. doi: 10.1007/978-3-031-25178-8_8.
- [26] S. Bali, S. Thangalakshmi, and R. Balaji, "Renewable Energy Options for Seaports," in *OCEANS 2022 - Chennai*, IEEE, Feb. 2022, pp. 1–6. doi: 10.1109/OCEANSChennai45887.2022.9775323.
- [27] C. Jahn and N. Nellen, "Smart Port Concept: Strategic Development, Best Practices, Perspectives of Development," 2022, pp. 81–93. doi: 10.1007/978-3-030-92291-7_5.
- [28] J. Garrido Salsas, S. Sauri, E. Raventós, C. Rúa, and J. Torrent, "Emerging Trends Defining the Future Role of Ports: Application of the Delphi Method," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2676, no. 3, pp. 571–585, Mar. 2022, doi: 10.1177/03611981211052962.
- [29] W. K. Jun, M.-K. Lee, and J. Y. Choi, "Impact of the smart port industry on the Korean national economy using input-output analysis," *Transp Res Part A Policy Pract*, vol. 118, pp. 480–493, Dec. 2018, doi: 10.1016/j.tra.2018.10.004.
- [30] S.-Y. Kuo, X.-R. Huang, and L.-B. Chen, "Smart ports: Sustainable smart business port operation schemes based on the Artificial Intelligence of Things and blockchain technologies," *IEEE Potentials*, vol. 41, no. 6, pp. 32–37, Nov. 2022, doi: 10.1109/MPOT.2022.3198808.
- [31] H. Phuong Nguyen, P. Quy Phong Nguyen, D. Khoa Pham Nguyen, V. Duc Bui, and D. Tuyen Nguyen, "INTERNATIONAL JOURNAL ON INFORMATICS VISUALIZATION journal homepage: www.joiv.org/index.php/joiv INTERNATIONAL JOURNAL ON INFORMATICS VISUALIZATION Application of IoT Technologies in Seaport Management." doi: <https://doi.org/10.30630/joiv.7.1.1697>.
- [32] M. Ozturk, M. Jaber, and M. A. Imran, "Energy-Aware Smart Connectivity for IoT Networks: Enabling Smart Ports," *Wirel Commun Mob Comput*, vol. 2018, pp. 1–11, Jun. 2018, doi: 10.1155/2018/5379326.
- [33] P. Fernández, J. P. Suárez, A. Trujillo, C. Domínguez, and J. M. Santana, "3D-Monitoring Big Geo Data on a seaport infrastructure based on FIWARE," *J Geogr Syst*, vol. 20, no. 2, pp. 139–157, Apr. 2018, doi: 10.1007/s10109-018-0269-2.
- [34] A. Ricci, R. Vasaturo, and B. Blocken, "An integrated tool to improve the safety of seaports and waterways under strong wind conditions," *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, vol. 234, Mar. 2023, doi: 10.1016/j.jweia.2023.105327.
- [35] K. B. Nazarenko and M. A. Smirnova, "St. Petersburg Port through Disasters: Challenges and Resilience," *J Urban Hist*, vol. 47, no. 2, pp. 272–292, Mar. 2021, doi: 10.1177/0096144219877864.
- [36] Y. A. Tajudeen, I. O. Oladunjoye, and Y. A. Adebisi, "Zoonotic infectious diseases and maritime seaport: areas of concern," *Int Marit Health*, vol. 72, no. 3, pp. 237–238, Sep. 2021, doi: 10.5603/IMH.2021.0043.
- [37] S. Kleine-Kampmann *et al.*, "Flug- und Schiffsverkehr während der COVID-19-Pandemie in Deutschland: Herausforderungen für den Öffentlichen Gesundheitsdienst," *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, vol. 64, no. 4, pp. 454–462, Apr. 2021, doi: 10.1007/s00103-021-03297-x.
- [38] O. de Andres Gonzalez, H. Koivisto, J. M. Mustonen, and M. M. Keinänen-Toivola, "Digitalization in Just-In-Time Approach as a Sustainable Solution for Maritime Logistics in the Baltic Sea Region," *Sustainability*, vol. 13, no. 3, p. 1173, Jan. 2021, doi: 10.3390/su13031173.
- [39] B. B. Szymanowska, A. Kozłowski, J. Dąbrowski, and H. Klimek, "Seaport innovation trends: Global insights," *Mar Policy*, vol. 152, p. 105585, Jun. 2023, doi: 10.1016/j.marpol.2023.105585.
- [40] A. Tardo, P. Pagano, S. Antonelli, and S. Rao, "Addressing digitalization though out a prototyping framework for agile smart services development: The case of Livorno Port," in *Journal of Physics: Conference Series*, Institute of Physics, 2022. doi: 10.1088/1742-6596/2311/1/012007.
- [41] K. Bielawski, M. Chmielinski, O. Kreft, and G. Wisniewski, "Possibilities of Using Innovative Drive Systems for Various Types of Electric Vehicles for Seaports, Container and Logistics Terminals," *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, vol. 17, no. 2, pp. 407–413, Jun. 2023, doi: 10.12716/1001.17.02.18.
- [42] P. Rost *et al.*, "Customized industrial networks: Network slicing trial at hamburg seaport," *IEEE Wirel Commun*, vol. 25, no. 5, pp. 48–55, Oct. 2018, doi: 10.1109/MWC.2018.1800045.
- [43] J. Kumar, M. Mekkanen, M. Karimi, and K. Kauhaniemi, "Hardware-in-the-loop testing of a battery energy storage controller for harbour area smart grid: A case study for Vaasa harbour grid," *Energy Reports*, vol. 9, pp. 447–454, May 2023, doi: 10.1016/j.egy.2023.01.068.
- [44] A. Molavi, G. J. Lim, and B. Race, "A framework for building a smart port and smart port index," *Int J Sustain Transp*, vol. 14, no. 9, pp. 686–700, Jul. 2020, doi: 10.1080/15568318.2019.1610919.
- [45] S. Wang, J. Yin, and R. U. Khan, "Dynamic Safety Assessment and Enhancement of Port Operational Infrastructure Systems during the COVID-19 Era," *J Mar Sci Eng*, vol. 11, no. 5, May 2023, doi: 10.3390/jmse11051008.
- [46] T. T. Le *et al.*, "Management Strategy for Seaports Aspiring to Green Logistical Goals of IMO: Technology and Policy Solutions," *Polish Maritime Research*, vol. 30, no. 2, pp. 165–187, Jun. 2023, doi: 10.2478/pomr-2023-0031.
- [47] W. K. Jun, M.-K. Lee, and J. Y. Choi, "Impact of the smart port industry on the Korean national economy using input-output analysis," *Transp Res Part A Policy Pract*, vol. 118, pp. 480–493, Dec. 2018, doi: 10.1016/j.tra.2018.10.004.
- [48] H. Min, "Developing a smart port architecture and essential elements in the era of Industry 4.0," *Maritime Economics and Logistics*, vol. 24, no. 2, pp. 189–207, Jun. 2022, doi: 10.1057/s41278-022-00211-3.
- [49] Y. Wang, A. Potter, M. Naim, A. Vafeas, A. Mavromatis, and D. Simeonidou, "5G Enabled Freeports: A Conceptual Framework," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 91871–91887, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3201889.
- [50] B. Belmoukari, J.-F. Audy, and P. Forget, "Smart port: a systematic literature review," *European Transport Research Review*, vol. 15, no. 1, p. 4, Mar. 2023, doi: 10.1186/s12544-023-00581-6.
- [51] H. Nobile, N. L. R. Moshtaghin, Z. Lüddecke, A. Schnarr, and M. Mertz, "What can the citations of systematic reviews of ethical literature tell us about their use?—an explorative empirical analysis of 31 reviews," *Syst Rev*, vol. 12, no. 1, p. 173, Sep. 2023, doi: 10.1186/s13643-023-02341-y.
- [52] M. J. Page *et al.*, "Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas," *Rev Esp Cardiol*, vol. 74, no. 9, pp. 790–799, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.recesp.2021.06.016.
- [53] X. Zhang *et al.*, "PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) Extension for Chinese Herbal Medicines 2020 (PRISMA-CHM 2020)," *Am J Chin Med (Gard City N Y)*, vol. 48, no. 06, pp. 1279–1313, Jan. 2020, doi: 10.1142/S0192415X20500639.