



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ETSI DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS.**

PROYECTO FIN DE MÁSTER

“PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS”

***Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos
mediante tecnologías emergentes***

Autor: Jean Pierre Celso Palacios Calzada

Tutor: Nicoletta Gonzales Cancelas

Fecha: Enero de 2025



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



ÍNDICE

RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	6
1. INTRODUCCIÓN	7
1.1 HIPÓTESIS.....	8
1.2 OBJETIVOS	8
1.2.1 <i>Objetivo General</i>	8
1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i>	8
2. ESTADOS DE CONOCIMIENTOS	8
2.1 SOSTENIBILIDAD DE LOS PUERTOS ESPAÑOLES	8
2.1.1 <i>Concepto y evolución</i>	9
2.1.2 <i>Nivel mundial: análisis de situación de puertos destacados</i>	11
2.1.3 <i>A nivel español: puertos de análisis</i>	13
2.2 METAVERSO Y METAVERSO EN PUERTOS	14
2.2.1 <i>Concepto y evolución</i>	14
2.2.2 <i>Nivel mundial: análisis de situación de puertos destacados</i>	15
2.2.3 <i>Nivel español: análisis de situación de puertos destacados</i>	17
2.3 HERRAMIENTA SELECCIONADA DAFO-CAME	17
2.3.1 <i>Descripción de la herramienta</i>	18
2.3.2 <i>Ventajas e inconvenientes</i>	20
2.3.3 <i>Aplicación de DAFO-CAME en la industria</i>	21
2.3.4 <i>Aplicación de DAFO-CAME en el ámbito del transporte</i>	22
2.3.5 <i>Aplicación de DAFO-CAME en los puertos</i>	23
2.4 OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE	25
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	28
4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INVESTIGACIÓN	31
4.1 SELECCIÓN DE ESCENARIO	31
4.1.1 <i>Selección de variables de estudio</i>	32
4.1.2 <i>Desarrollo de base de datos para el análisis estratégico</i>	37
4.2 MÉTODO APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA DAFO - CAME	41
4.2.1 <i>Metodología</i>	41
4.2.2 <i>Recopilación de datos: Panel Delphi y cuestionario (Likert)</i>	44



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



4.2.3	<i>Fases del análisis:</i>	47
4.2.3.1	<i>Panel Delphi inicial (Matriz 1).</i>	47
4.2.3.2	<i>Ajustes con desviación estándar y Focus Group (Matriz 2).</i>	49
4.2.3.3	<i>Reescalado lineal para DAFO final (Matriz 3).</i>	53
5.	RESULTADOS OBTENIDOS Y ANÁLISIS DE DISCUSIÓN	55
5.1	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DAFO-CAME (matrices y puntuaciones finales).	55
5.2	ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS	57
5.2.1	<i>Estrategias ofensivas (F/O).</i>	57
5.2.2	<i>Estrategias defensivas (F/A).</i>	59
5.2.3	<i>Estrategias adaptativas (D/O).</i>	60
5.2.4	<i>Estrategias correctivas (D/A).</i>	63
5.2.5	<i>Cronograma de estrategias prioritarias</i>	64
5.3	<i>Justificación de ODS.</i>	66
6.	CONCLUSIONES	67
7.	RECOMENDACIONES	69
8.	BIBLIOGRAFÍA	70
9.	ANEJOS	73



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Las 4 dimensiones de la sostenibilidad.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 2. Objetivos de las dimensiones de la sostenibilidad.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 3. Cuadro de herramientas utilizadas por la autoridad portuaria de los países Rotterdam, Amberes, Shanghái y Singapur.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 4. Implementación de sistemas de gestión en los puertos de España.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 5. Prospectos de implementación de tecnología en el puerto Singapur.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 6. Matriz DAFO.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 7. Matriz DAFO-CAME.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 8. Procesos metodológicos.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 9. Elementos que componen la matriz DAFO - CAME.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 10. Oportunidades y debilidades en la industria japonesa.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 11. Aspectos de la matriz DAFO Albacete ferroviario.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 12. Identificación de la matriz DAFO.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 13. Matriz de DAFO del Port Z.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 14. Objetivos de desarrollo sostenible. (Naciones Unidas, 2015)</i>	<i>32</i>
<i>Figura 15. Macro entorno.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 16. Esquema de metodología. (Adaptado a la metodología DAFO-CAME)</i>	<i>43</i>
<i>Figura 17. Panel del experto.</i>	<i>44</i>
<i>Figura 18. Cuestionario del panel de experto.</i>	<i>46</i>
<i>Figura 19. Análisis CAME - Panel Delphi.</i>	<i>57</i>
<i>Figura 20. Cuadrante de Fortalezas vs Oportunidades (media).....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 21. Cuadrante de Fortalezas vs Amenazas (media).</i>	<i>61</i>
<i>Figura 23. Cuadrante de Debilidades vs Amenazas (media).....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 24. Cronograma de Estrategias prioritarias.</i>	<i>65</i>



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Identificación de los ODS. (Adaptado Naciones Unidas, 2015)	26
Tabla 2. Matriz DAFO.	37
Tabla 3. Panel Delphi, ponderación media – Matriz 1	48
Tabla 4. Panel Delphi (desviación estándar)	49
Tabla 5. Identificación de los valores alta variabilidad (desviación estándar)	50
Tabla 6. Identificación de los cambios de variables a través del Focus Group (Media).	52
Tabla 7. Matriz 2 actualizada con los nuevos valores (media).....	53
Tabla 8. Matriz 3 reescalado lineal (media).	54
Tabla 9. Resultados FODA numéricos (Panel Delphi).	55
Tabla 10. Ponderacion del panel Delphi.....	56
Tabla 11. Jerarquización de estrategias del cuadrante (F/O).....	58
Tabla 12. Jerarquización de estrategias del cuadrante (F/A).....	59
Tabla 13. Jerarquización de estrategias del cuadrante (D/O)	61
Tabla 14. Jerarquización de estrategias del cuadrante(D/A)	63
Tabla 15. Propuestas estratégicas prioritarias según el Análisis DAFO-CAME.	64
Tabla 16. Estrategias Prioritarias y su Alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).	66



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



RESUMEN

El transporte marítimo, clave para la economía global al representar el 80% del comercio internacional, también contribuye significativamente a las emisiones de gases de efecto invernadero. Este trabajo de fin de máster evalúa la transición hacia metas puertos sostenibles, integrando energías renovables y tecnologías emergentes. A través de la metodología DAFO-CAME, se diagnostica el estado actual de los puertos españoles, analizando tendencias, desafíos ambientales y oportunidades tecnológicas. Los metas puertos propuestos buscan optimizar procesos, reducir impactos ambientales y fomentar la sostenibilidad, posicionando a los puertos españoles como referentes en innovación y sostenibilidad en el contexto portuario global.

Palabras clave: *Dafo-Came, Tecnologías emergentes, Sostenibilidad, infraestructura portuaria*

ABSTRACT

Maritime transport, a key sector for the global economy, accounting for 80% of international trade, also significantly contributes to greenhouse gas emissions. This master's thesis assesses the transition toward sustainable meta-ports by integrating renewable energy and emerging technologies. Using the DAFO-CAME methodology, it diagnoses the current state of Spanish ports, analyzing trends, environmental challenges, and technological opportunities. The proposed meta-ports aim to optimize processes, reduce environmental impacts, and promote sustainability, positioning Spanish ports as global leaders in innovation and sustainability within the port sector.

Keywords: *SWOT-CAME, emerging technologies, sustainability, Ports infrastructure.*



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



1. INTRODUCCIÓN

El transporte marítimo es una piedra angular de la economía global, gestionando aproximadamente el 80% del comercio internacional. Sin embargo, su contribución significativa a las emisiones de gases de efecto invernadero lo posiciona como un sector clave en la agenda de sostenibilidad mundial. (Gonzales N. et al., 2023). En este contexto, los puertos desempeñan un papel esencial no solo como nodos logísticos, sino también como motores de innovación y sostenibilidad.

En España, los puertos de interés general representan el 1% del PIB nacional y generan empleo para alrededor de 100,000 personas, canalizando aproximadamente el 80% de las importaciones y el 60% de las exportaciones del país (Puertos del Estado, 2022). Esta relevancia económica y estratégica subraya la necesidad de adoptar medidas que impulsen su eficiencia y sostenibilidad.

El "Marco Estratégico del Sistema Portuario de Interés General" de 2022 establece una hoja de ruta hacia puertos más eficientes, conectados, inteligentes, sostenibles, seguros y transparentes, con miras al año 2030 (Puertos del Estado, 2022). Dentro de este marco, la Línea Estratégica 7 se centra en la "Digitalización y Automatización de Procesos", promoviendo la incorporación de tecnologías emergentes para optimizar las operaciones portuarias y reducir su impacto ambiental.

En este sentido, surge el concepto de "meta puertos sostenibles", que integran tecnologías avanzadas como el metaverso, definido como "un universo virtual compartido, simulado por ordenador, donde los usuarios pueden interactuar y experimentar una realidad virtual en tiempo real" (Gonzales et al., 2023). La aplicación del metaverso en el ámbito portuario ofrece oportunidades para la simulación de procesos logísticos, optimización de recursos y mejora de la capacitación del personal, contribuyendo a la eficiencia operativa y a la reducción de emisiones.

El presente estudio tiene como objetivo diagnosticar el estado actual de los puertos españoles y su potencial evolución hacia meta puertos sostenibles, alineados con las directrices del Marco Estratégico 2022. Para ello, se emplea la metodología DAFO-CAME, que permite identificar fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, y desarrollar estrategias que potencien la sostenibilidad y competitividad del sistema portuario español.

Este análisis aborda aspectos críticos como la resistencia al cambio organizacional, la dependencia de proveedores tecnológicos y la capacidad de los puertos para adoptar innovaciones disruptivas. Asimismo, explora oportunidades de financiación pública y privada, y la formación de alianzas estratégicas que faciliten la transición hacia



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



operaciones más sostenibles y digitalizadas. La integración de tecnologías emergentes, en consonancia con las líneas estratégicas establecidas por Puertos del Estado, es fundamental para que los puertos españoles afronten los desafíos actuales y futuros, posicionándose como referentes en sostenibilidad e innovación a nivel global.

1.1 HIPÓTESIS

El uso de tecnologías emergentes, como el metaverso, junto con estrategias sostenibles basadas en el análisis DAFO-CAME, facilita la transformación de los puertos españoles hacia metapuertos sostenibles, mejorando su eficiencia operativa y reduciendo su impacto ambiental.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Desarrollar estrategias integrales para promover la sostenibilidad de los puertos españoles mediante la adopción de tecnologías emergentes, energías renovables y soluciones innovadoras, utilizando la metodología DAFO-CAME como herramienta de análisis y planificación estratégica.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Determinar los escenarios actuales de los puertos españoles, identificando brechas tecnológicas, operativas y ambientales en el marco de la sostenibilidad.
2. Aplicar el análisis DAFO-CAME para identificar y priorizar fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas en los puertos españoles, con base en la perspectiva de expertos del sector portuario.
3. Diseñar estrategias integrales que incorporen tecnologías emergentes y sistemas avanzados de digitalización, para optimizar procesos operativos, reducir impactos ambientales y fortalecer la sostenibilidad portuaria.
4. Alinear las estrategias propuestas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), promoviendo metas globales relacionadas con innovación, acción climática y desarrollo económico sostenible.

2. ESTADOS DE CONOCIMIENTOS

A continuación, se presentan los principios teóricos, metodológicos y analíticos que sirvieron como base para llevar a cabo el presente estudio, proporcionando el marco necesario para su desarrollo.

2.1 SOSTENIBILIDAD DE LOS PUERTOS ESPAÑOLES

La sostenibilidad de los puertos españoles es un desafío clave en el contexto actual, dado su papel fundamental en el comercio internacional y su impacto ambiental significativo. Como puntos estratégicos en la cadena logística global, los puertos no solo deben



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



optimizar sus operaciones para garantizar la eficiencia, sino también adaptarse a normativas ambientales cada vez más estrictas. Esto incluye la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, el manejo eficiente de recursos, y la integración de energías renovables. En este contexto, los puertos españoles están llamados a liderar la transición hacia modelos más sostenibles, incorporando tecnologías innovadoras como el metaverso para mejorar la gestión operativa, reducir el impacto ambiental y fomentar la competitividad. Además, su alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) refuerza su compromiso con la sostenibilidad económica, social y ambiental, posicionándolos como referentes en la gestión portuaria responsable.

2.1.1 Concepto y evolución

Durante las décadas de 1980 y 1990, los puertos españoles se enfocaron principalmente en cumplir con las normativas ambientales para reducir la contaminación y gestionar adecuadamente los residuos. Las iniciativas incluían la mejora de los sistemas de gestión de residuos y la implementación de tecnologías para reducir las emisiones contaminantes prioridad era alinearse con las regulaciones nacionales e internacionales, asegurando que las operaciones portuarias no perjudicaran el entorno marino y costero. En los años 2000, muchos puertos comenzaron a adoptar prácticas voluntarias de sostenibilidad, desarrollando políticas internas y programas para reducir su impacto ambiental más allá de lo exigido por la ley (Acciaro et al.,2014). Esto incluía el uso de energías renovables, la promoción de la eficiencia energética y el establecimiento de metas de reducción de emisiones. A partir de la década de 2010, la sostenibilidad comenzó a integrarse en la estrategia empresarial de los puertos. Este enfoque holístico consideraba no solo los aspectos ambientales, sino también los sociales y económicos, promoviendo el desarrollo sostenible a largo plazo (Parola et al.,2014). Los puertos comenzaron a desarrollar informes de sostenibilidad y a implementar sistemas de gestión ambiental certificados. Además de la implementación de sistemas de gestión ambiental, muchos puertos adoptaron prácticas de gobernanza sostenible. Estas prácticas incluían la transparencia en la toma de decisiones, la participación de las partes interesadas y la rendición de cuentas.(Laxe et al., 2017).

Por tanto, “los puertos comerciales no pueden ser ajenos de su responsabilidad, su importancia es innegable desde la tres perspectiva de desarrollo sostenible: Económico (en España, por ejemplo, más de 50% de las exportaciones y el 80% de las importaciones tienen como nodo de intercambio algún puerto de titularidad estatal), social (las actividades del puerto son un referente del desarrollo social de las regiones en las que se ubican) y medioambiental(es la integración de los puertos es cada vez mayor y el transporte marítimo es el mayor ecoeficiencia entre todos los modos)”. (Lopez A., 2016)

El desarrollo sostenible en puertos españoles se generó “el texto Refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante (BOE núm. 253, de 20/10/2011), incorpora la sostenibilidad como uno de los principios que deben regir el modelo de planificación y de gestión de los puertos. Para ello, en el artículo 55.4 prevé que el proyecto de Plan de Empresa de cada Autoridad Portuaria debe acompañarse de una Memoria de Sostenibilidad, la cual constituye una herramienta de análisis y diagnóstico.” (Serrano B et. al, 2018).

Además de ello "la capacidad de los puertos para mantener operaciones económicas viables mientras aseguran la protección ambiental y promueven la equidad social, implementando prácticas que mejoren la eficiencia energética y reduzcan las emisiones contaminantes" (Acciaro et al., 2014).



Figura 1. Las 4 dimensiones de la sostenibilidad. (Molina S, et al., 2018)

Según (Dooms M., 2019), el desarrollo sostenible tiene cuatro dimensiones diferentes que se complementan:

- ✓ La dimensión económica, que se refiere a la necesidad de que las instituciones y empresas sean rentables. El puerto debe ser económicamente viable para mantenerse en el tiempo, asegurando niveles de desarrollo y bienestar.
- ✓ La dimensión social, que abarca los impactos tanto externos como internos de las operaciones portuarias, promoviendo la protección social y facilitando el acceso a la educación y la cultura.
- ✓ La dimensión ambiental, que se centra en minimizar el impacto de las operaciones del puerto en el medio ambiente, conservando los recursos naturales de manera que no comprometan el futuro y manteniendo la capacidad y calidad de los ecosistemas.
- ✓ La dimensión institucional, que busca garantizar un funcionamiento eficiente y efectivo en la asignación de roles y en la organización de las actividades

portuarias. Además, debe permitir una adaptación eficaz a los cambios del mercado y del entorno, manteniendo una capacidad financiera, administrativa y organizativa adecuada a mediano y largo plazo.



Figura 2. *Objetivos de las dimensiones de la sostenibilidad.* (Molina Serrano, et al. 2018)

La figura 2 destaca la importancia de un enfoque equilibrado y multidimensional para la gestión portuaria, que tenga en cuenta tanto los aspectos ambientales, económicos como institucionales. Este enfoque es esencial para garantizar que las operaciones portuarias sean sostenibles, rentables y estén bien gestionadas.

2.1.2 Nivel mundial: análisis de situación de puertos destacados

A nivel mundial, puertos como Rotterdam, Singapur, Shangai y Amberes han sido pioneros en implementar prácticas sostenibles. Rotterdam ha sido pionero en el uso de políticas de precios ambientales, incluyendo tanto incentivos como sanciones para fomentar comportamientos sostenibles. Por ejemplo, el puerto impone un recargo del 10% en las tarifas de atraque para los operadores de barcasas que utilizan combustible con altos niveles de azufre, mientras que ofrece descuentos para los barcos que cumplen con el Índice de Barcos Ecológicos (Lam J. et al., 2014). Además, ha adoptado un enfoque integral de sostenibilidad que incluye la transición a energías renovables, la implementación de tecnologías verdes y la promoción de la economía circular (Berg & De Langen, 2014). Singapur, por su parte, Singapur ha avanzado en la digitalización y automatización de sus operaciones portuarias, reduciendo así su huella de carbono y mejorando la eficiencia operativa. La Autoridad Marítima y Portuaria de Singapur ha implementado el Programa de Puerto Verde (Green Port Program), que ofrece incentivos financieros a los operadores de barcos que reducen el contenido de azufre en sus



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



combustibles por debajo del umbral del 1%. Este programa es voluntario y ha tenido una buena acogida entre las compañías navieras, promoviendo la sostenibilidad a través de incentivos económicos. El puerto de Shanghái se centra en el cumplimiento de las estrictas regulaciones ambientales nacionales. La ley de protección del medio ambiente Marino de China establece claramente las circunstancias bajo las cuales los contaminadores deben pagar por la contaminación. Además, Shanghái ha implementado políticas de control de acceso al mercado y regulación de estándares ambientales para asegurar que las actividades portuarias cumplan con los requisitos ecológicos, aunque la implementación de medidas específicas aún está en desarrollo. En el puerto de Amberes ha implementado una serie de medidas para mejorar su sostenibilidad, incluyendo el uso de energía eólica y solar, la electrificación de los equipos portuarios y la mejora de la infraestructura para reducir las emisiones de CO₂. Amberes también ha sido pionero en la adopción de sistemas de gestión ambiental certificados, como la ISO 14001, y en la promoción de prácticas de gobernanza inclusiva que involucran a las comunidades locales y otras partes interesadas en el proceso de toma de decisiones. (Lam & Notteboom, 2014). Por lo tanto, los puertos europeos como Rotterdam y Amberes, tienen una mayor capacidad para influir en la formulación de políticas ambientales, gracias a un entorno geopolítico más favorable. En contraste, los puertos asiáticos, como Singapur y Shanghái, destacan por su estricto cumplimiento de las regulaciones internacionales, aunque con menos flexibilidad en la implementación de políticas locales. Además, para lograr un desarrollo portuario sostenible, es crucial tener en cuenta las dimensiones gestión y políticas ambientales. Estas iniciativas globales sirven de modelo para los puertos españoles, demostrando que la sostenibilidad es alcanzable y beneficiosa a largo plazo.

Tools used by port authority/ public regulator (cont'd)

	Penalty pricing	Incentive pricing	Monitoring & measuring	Market access control & environmental standard regulation	
Port functional activities	Industrial activities	Fines on pollution damage to the marine environment by dumping of wastes Shanghai	Financial incentives for companies that carry out energy audit Antwerp	Quality of dock water Antwerp Oxygen and nutrient concentrations monitoring Rotterdam Sustainability report Antwerp	- Regulation on marine pollution by dumping of wastes Rotterdam Antwerp Shanghai (IMO London Convention Protocol 96) Singapore (Regulations of Singapore ²) - CO ₂ reduction Rotterdam (Rotterdam Climate Initiative)
	Port expansion	Fines on pollution damage to the marine environment by coastal construction projects Shanghai	-	Ecological port design and construction Antwerp Rotterdam Shanghai Singapore	- Regulation on pollution damage to marine environment by coastal construction projects Antwerp (Flemish Port Decree ⁴) Rotterdam (Municipality of Rotterdam ³) Shanghai (Regulations of China ¹) - Approval from government authorities Singapore (Singapore government ⁵)

Figura 3. Cuadro de herramientas utilizadas por la autoridad portuaria de los países Rotterdam, Amberes, Shangai y Singapur. (Lam & Notteboom, 2014)



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



2.1.3 A nivel español: puertos de análisis

El Sistema Portuario español de propiedad estatal comprende 46 puertos de interés general, administrados por 28 Autoridades Portuarias. La coordinación y el control de la eficiencia de estos puertos están a cargo del Organismo Público Puertos del Estado, una entidad subordinada al Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (anteriormente conocido como Ministerio de Fomento), responsable de implementar la política portuaria del Gobierno. (Laxe et al., 2016). Además, los puertos de España han incorporado criterios de sostenibilidad en su gestión y desarrollo, y han creado una guía para la elaboración de memorias de sostenibilidad en el Sistema Portuario Español. Con esta iniciativa, las Autoridades Portuarias pretenden maximizar los beneficios sociales mediante la optimización de las condiciones de movilidad de mercancías y personas, así como el impulso del desarrollo económico y social de las áreas económicas a las que cada Autoridad Portuaria presta servicio. (Molina S, et al. 2018).

Entre sus principales puertos español se encuentra el puerto de Barcelona ha desarrollado un plan de sostenibilidad que abarca la gestión ambiental, social y económica. Entre sus principales iniciativas se encuentra la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero mediante la electrificación de las grúas y otros equipos portuarios. También han promovido el uso de energías renovables y la eficiencia energética en sus instalaciones (Autoridad portuaria de Barcelona 2021) Además, “las iniciativas portuarias verdes en Barcelona pueden mejorar el desempeño ambiental y combatir el cambio climático, facilitando el crecimiento y la resiliencia en este puerto marítimo del Mediterráneo.” (Gonzalez-Aregall y Bergqvist, 2020).

El puerto de Valencia se ha trabajado en la protección de la biodiversidad, creando áreas protegidas y programas de reforestación en las zonas circundantes al puerto. Ha desarrollado un sistema de indicadores para la gestión ambiental sostenible, implementando un sistema de gestión ambiental (SGA) en sus operaciones portuarias. Además, ha trabajado en la regeneración urbana y la integración de criterios ambientales en la planificación urbana. (Peris-Mora et al., 2005), en la actualidad la implementación del sistema de gestión de seguridad basado en la ISO 28000 y la certificación en la ISO 45001 como compromisos de la Autoridad Portuaria de Valencia hacia la seguridad y salud en el trabajo. Además, mencionar la estructura del comité directivo y las comisiones delegadas que apoyan la gestión y estrategia de la organización. (Autoridad Portuaria de Valencia, 2021)

Según Puertos del Estado (2019), además de los órganos establecidos normativamente, existen diversas herramientas de gestión que apoyan la toma de decisiones, la definición de objetivos y el seguimiento de los mismos en las autoridades portuarias. Estas herramientas como indican en la figura 4, incluyen Cuadros de Mando Integral para la implantación de estrategias y definición de objetivos, Sistemas de Gestión de Calidad conforme a la norma ISO 9001, Sistemas de Gestión de Riesgos Laborales conforme al

estándar OSHAS 18001, Sistemas de Gestión Medio Ambiental conforme al estándar ISO 14001 o EMAS, y Estándares de Excelencia de Gestión como el EFQM (European Foundation for Quality Management). Estas herramientas permiten una gestión más eficiente y sostenible de las operaciones portuarias, contribuyendo al desarrollo y mejora continua del sistema portuario español.

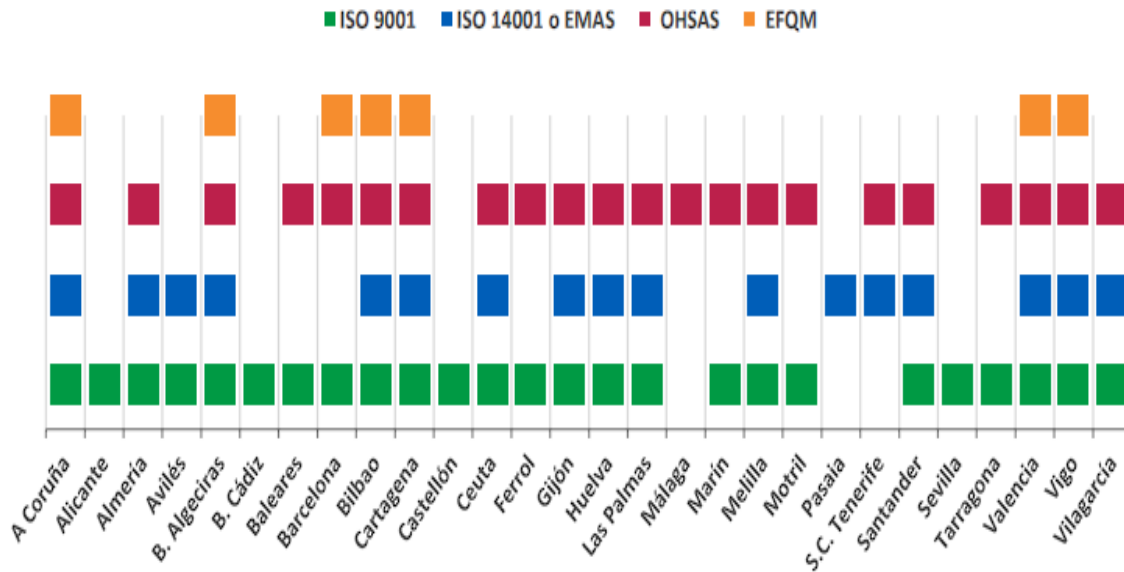


Figura 4. Implementación de sistemas de gestión en los puertos de España. (Puertos del estado, 2019)

2.2 METAVERSO Y METAVERSO EN PUERTOS

La incorporación del metaverso en los puertos representa una innovación disruptiva con el potencial de transformar las operaciones portuarias y la gestión logística. Esta tecnología, basada en un entorno virtual interactivo y simulado en tiempo real, permite optimizar procesos mediante simulaciones avanzadas, capacitación del personal en entornos inmersivos y la planificación de operaciones con mayor precisión. En los puertos, el metaverso puede ser utilizado para monitorear operaciones en tiempo real, predecir riesgos operativos y facilitar la colaboración entre actores clave, reduciendo errores y mejorando la eficiencia. Además, al integrarse con otras tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial y el Internet de las Cosas (IoT), el metaverso puede contribuir significativamente a la sostenibilidad portuaria, minimizando el impacto ambiental y posicionando a los puertos como líderes en innovación tecnológica en la era digital.

2.2.1 Concepto y evolución

El Metaverso indica que “es un término que hace referencia a un universo virtual donde los usuarios pueden interactuar entre sí y con el entorno a través de tecnologías inmersivas como la realidad virtual (RV) y la realidad aumentada (RA). Se trata de una red de



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



espacios virtuales interconectados en los que los usuarios pueden participar en una serie de actividades como juegos, socialización, compras y educación.” (Selvarani, et al., 2023). Además, explican que el metaverso es un término que se refiere a un universo virtual compartido en línea donde las personas pueden interactuar en tiempo real. Este concepto ha ganado popularidad debido al avance de tecnologías como la realidad virtual y aumentada. En el contexto portuario, el metaverso se está explorando como una herramienta para mejorar la eficiencia y la competitividad en las operaciones portuarias, permitiendo la planificación y gestión de capacidades, la colaboración en tiempo real, y la visualización de información en tiempo real sobre el tráfico marítimo y la actividad en el puerto. (Nicoletta Gonzalez, 2023,p. 1-5).

La evolución del metaverso ha progresado significativamente desde sus inicios en los años 1970 con los Multi-User Dungeons (MUDs) y Multi-User Shared Hallucinations (MUSHs), que permitían a los jugadores interactuar en mundos virtuales a través de comandos de texto. En los años 1990, con el avance de los gráficos por computadora y la conectividad a internet, surgieron mundos virtuales en 3D como Active Worlds, permitiendo a los usuarios crear y explorar espacios virtuales tridimensionales. A partir de los años 2000, los juegos multijugador masivo en línea (MMO) como Second Life, Roblox y Minecraft popularizaron el concepto del metaverso mediante la integración de economías virtuales y experiencias inmersivas generadas por los usuarios. En la actualidad, la tecnología blockchain ha impulsado la creación de mundos virtuales descentralizados como Decentraland y Cryptovoxels, que utilizan contratos inteligentes para asegurar la propiedad y el comercio de activos digitales únicos, promoviendo una economía virtual más justa y sostenible (Duan et al., 2021)

Además de ello se ha desarrollado rápidamente desde la década de 1990 hasta 2022, pero la sostenibilidad rara vez se aborda como tema principal en las publicaciones científicas, a pesar de su importante impacto económico y social. Además de ello indica el autor que, el “metaverso y la sostenibilidad están conectados de muchas maneras. De hecho, la sostenibilidad es un tema fundamental porque se plantea la hipótesis de que el metaverso afectaría significativamente las esferas materiales (ambiental, económica y social), así como la sostenibilidad en todo el mundo” (Jauhiainen et al., 2023, p. 4-15).

2.2.2 Nivel mundial: análisis de situación de puertos destacados

A nivel global los puertos están en el proceso de digitalización, el puerto de Rotterdam se destaca como uno de los más avanzados tecnológicamente. Ha adoptado soluciones de automatización y digitalización en sus operaciones, empleando tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), big data y blockchain. “La Autoridad Portuaria de Rotterdam, en colaboración con los socios tecnológicos IBM, Cisco, Esri y Axians, ha desarrollado una plataforma de IoT. Esta plataforma en la nube es utilizada por la Autoridad Portuaria para recopilar y procesar datos de sensores distribuidos por todo el puerto. Así, se obtiene información en tiempo real sobre la infraestructura, el agua y el aire, lo que permite al puerto de Rotterdam optimizar sus servicios. El objetivo final es crear un "gemelo digital"

del puerto en 4D, es decir, una representación digital del puerto físico real. Además, ha demostrado una alta capacidad de adaptación al incorporar tecnología de gemelos digitales para simular y optimizar sus operaciones.” (Port of Rotterdam ,2021). La Autoridad Portuaria de Róterdam busca transformar el puerto en el más inteligente del mundo, utilizando la digitalización y la gestión de la información para mejorar la eficiencia, seguridad y sostenibilidad. (Laas Bernd, 2024)

Singapur se destaca por su uso avanzado de tecnologías de automatización y su infraestructura, habiendo adoptado sistemas de inteligencia artificial para la optimización de rutas y la gestión de contenedores. Además, el puerto ha sido pionero en la implementación de soluciones de realidad aumentada (AR) y realidad virtual (VR) para la formación del personal y la mejora de la seguridad Actualmente, Singapur está trabajando en proyectos piloto para desarrollar entornos virtuales que permitan la colaboración y la planificación logística en un espacio virtual inmersivo, a todo ello quieren implantar blonck chain en las operaciones de carga y facilitar autorización a como indica en la figura 5. (Lim et al., 2020)

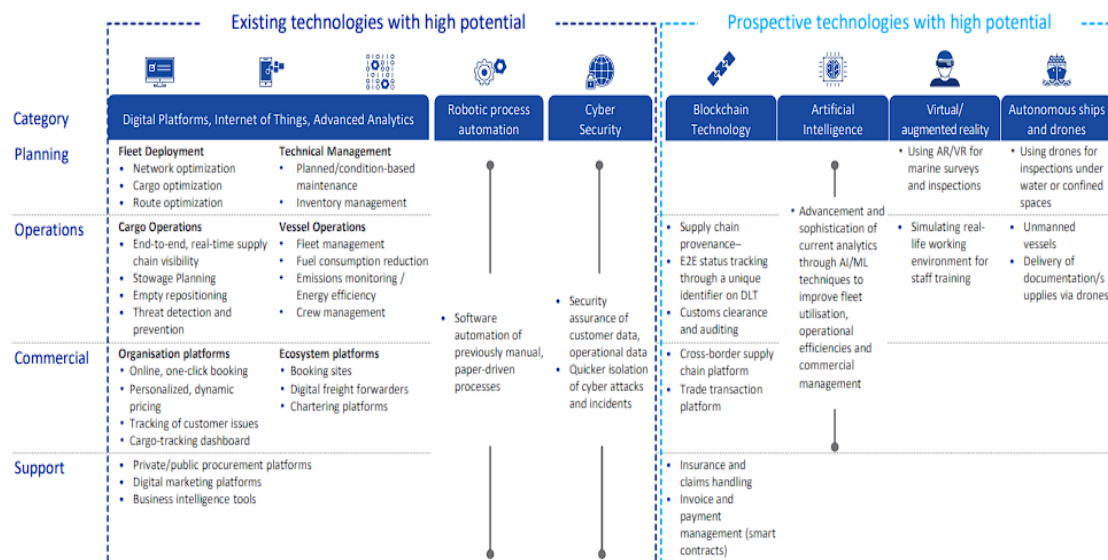


Figura 5. Prospectos de implementación de tecnología en el puerto Singapur. (Lim et al., 2020)

En estos puertos son destacados a nivel mundial muestra que aquellos que invierten en tecnologías avanzadas y que se adaptan rápidamente a las innovaciones tecnológicas están mejor posicionados para integrarse en el metaverso. Los puertos de Rotterdam y Singapur son ejemplos de cómo la digitalización y la adopción de nuevas tecnologías pueden mejorar significativamente las operaciones portuarias y prepararlos para el futuro digital.



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



2.2.3 Nivel español: análisis de situación de puertos destacados

Es el puerto más grande de España y uno de los más grandes de Europa en términos de tráfico de contenedores y carga general. Además, el puerto de Algeciras, un centro crucial de la logística marítima, está al frente de la transformación digital e innovación. Ha desarrollado proyectos notables como “SIMHUB”, una herramienta digital que analiza escenarios futuros y predice su impacto en las operaciones, y “VisionRow”, que utiliza la inteligencia artificial para proporcionar información en tiempo real sobre el tráfico rodado y predecir los tiempos de espera para los camiones. Además, como parte del proyecto “PROAS”, se ha creado un MVP que puede calcular el movimiento de los buques atracados y predecir el efecto en las operaciones. El puerto también ha sido nombrado centro formador 5G para la provincia de Cádiz por Vodafone. Ha implementado una nueva plataforma de integración de información que mejora la transparencia y la gestión de las operaciones. Finalmente, su nuevo Port Community System PCS (Teleport 2.0) facilita el intercambio de información y simplifica los procesos administrativos, desempeñando un papel fundamental en la comunidad portuaria. (Autoridad portuario bahia algeciras, 2022, p.28). El puerto de Barcelona se ha comprometido con la digitalización de sus procesos, productos y servicios, lo que ha facilitado el desarrollo de varias aplicaciones que permiten a los clientes y usuarios gestionar y optimizar el tránsito de sus mercancías a través del recinto portuario. El modelo de Smart Port incorpora tecnologías emergentes como el 5G, la inteligencia artificial y la internet de las cosas (IoT). (Port de Barcelona, 2023). Además, “las tendencias actuales en la cadena logística indican que las nuevas tecnologías y plataformas electrónicas, como blockchain e IoT, junto con la digitalización de las cadenas logísticas, están contribuyendo a la reducción de los costos de transporte y portuarios. Esto podría favorecer un ligero incremento del comercio marítimo europeo. Además, se prevé que el comercio electrónico se convierta en el método de comercio predominante en el futuro cercano”(Autoridad portuaria de barcelona, 2021) . La Autoridad Portuaria en España está fomentando la digitalización en el sector logístico-portuario a través de su iniciativa Puertos 4.0. Esta iniciativa, que se lanzó con un fondo de 25 millones de euros, tiene como objetivo incentivar la creación o consolidación de empresas emergentes y nuevas líneas de negocio tecnológicas que ofrezcan productos, servicios o procesos innovadores para el sector. A partir de septiembre, habrá 14 sedes en diferentes ciudades de España para el proyecto y en octubre se abrirá el plazo para la presentación de ideas y proyectos. Todo esto se hace en el marco del Plan de Fomento del Emprendimiento para la Innovación en el Sector Portuario, y la convocatoria para este plan fue publicada en el Boletín Oficial del Estado (BOE) el 28 de diciembre de 2023. (Puertos del estado, 2023)

2.3 HERRAMIENTA SELECCIONADA DAFO-CAME

El análisis DAFO-CAME es una herramienta estratégica que combina la identificación de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas (DAFO) con la propuesta de acciones correctivas, adaptativas, mantenedoras y exploratorias (CAME). Esta

metodología es particularmente útil en el contexto portuario, ya que permite evaluar de manera integral la situación actual de los puertos, considerando aspectos tecnológicos, ambientales, operativos y económicos. A través de este enfoque, se pueden diseñar estrategias que potencien las fortalezas, aprovechen las oportunidades, corrijan las debilidades y mitiguen las amenazas, alineando los resultados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). En este estudio, el DAFO-CAME se utiliza como una base metodológica para proponer soluciones innovadoras, como la integración del metaverso y otras tecnologías emergentes, que impulsen la sostenibilidad y competitividad de los puertos españoles.

2.3.1 Descripción de la herramienta

Según (Nogueira Rivera et al., 2024, p. 35) la matriz DAFO, también conocida como SWOT o FODA, es una herramienta estratégica desarrollada por Albert S. Humphrey en la Universidad de Stanford en la década de 1960. Su propósito es evaluar la posición actual de una organización mediante el análisis de sus fortalezas y debilidades internas, así como las oportunidades y amenazas externas. Aunque se asocia principalmente con la planificación estratégica, también puede utilizarse en el control de gestión para evaluar y supervisar el rendimiento de la organización en función de sus factores internos y externos.

Además, se complementa el método DELPHI y a través de la matriz DAFO, los expertos diagnostican el escenario estudiado, evaluando aspectos internos (Debilidades y Fortalezas) y externos (Amenazas y Oportunidades) según su impacto y probabilidad (1 al 5) de ocurrencia. Las relaciones entre estos aspectos se ponderan numéricamente, permitiendo identificar los aspectos más y menos relevantes y la estrategia a seguir para el desarrollo de una terminal automatizada de contenedores.(Orive et al., 2020)



Figura 6. Matriz DAFO. (Orive et al., 2020)

En este contexto, el análisis CAME se presenta como un método complementario útil que permite, en paralelo al diagnóstico, formular propuestas para superar los factores limitantes y valorizar los factores positivos, Este enfoque se centra en corregir las debilidades, afrontar las amenazas, mantener las fortalezas y explotar las oportunidades.

DAFO		CAME	
D	Debilidades	C	Corregir
A	Amenazas	A	Afrontar
F	Fortalezas	M	Mantener
O	Oportunidades	E	Explotar

Figura 7. Matriz DAFO-CAME. (Nogueira Rivera et al., 2024)

- ✓ **Corregir las debilidades (C-D)**, con el fin de superar o disminuir las deficiencias detectadas.
- ✓ **Afrontar las amenazas (A-A)**, enfocadas a eliminar las amenazas o minimizar su impacto.
- ✓ **Mantener las fortalezas (M-F)**, para conservar lo que hace fuerte la organización y le distingue del resto.
- ✓ **Explotar las oportunidades (E-O)**, encaminada a explorar oportunidades y convertirlas en fortalezas.

Lo que indica el autor que se den jerarquizar según la matriz FODA, por ello deben ser cuantificable coherentes y realistas (Nogueira Rivera et al., 2024, p. 35)

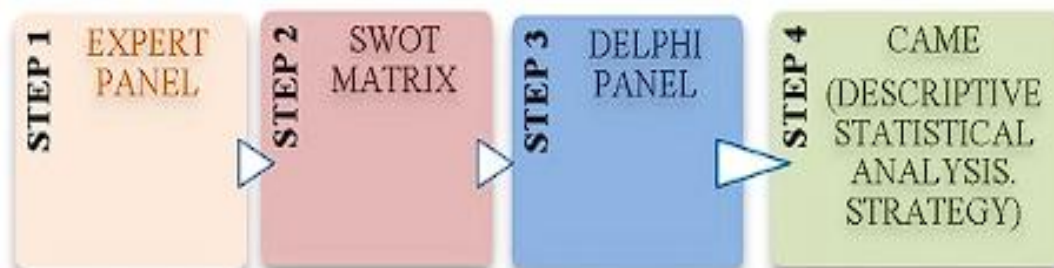


Figura 8. Procesos metodológicos. (Parra-Santiago et al., 2020)

Consecuentemente el panel DELPHI, basado en la matriz DAFO, puntúa las relaciones internas y externas para determinar el impacto de la automatización y la estrategia a seguir. Las Debilidades y Fortalezas internas se relacionan con las Amenazas y Oportunidades externas. Los resultados se agrupan en un panel único y se procesan

mediante estadística descriptiva en el Análisis CAME, que permite asignar la estrategia a seguir. (Orive et al., 2020)

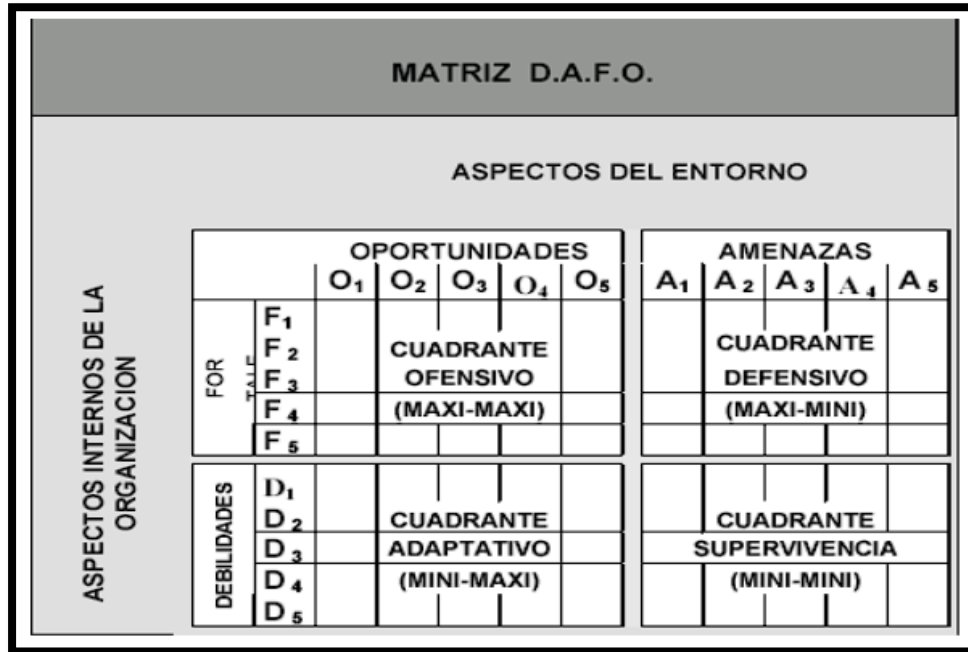


Figura 9. Elementos que componen la matriz DAFO - CAME. (Nogueira Rivera et al., 2024)

2.3.2 Ventajas e inconvenientes

La metodología DAFO-CAME es ampliamente reconocida por su utilidad en el análisis estratégico, ofreciendo un enfoque estructurado y adaptable para evaluar tanto factores internos como externos en diversos entornos. Su implementación permite identificar fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, y diseñar estrategias específicas para abordar los desafíos identificados. Sin embargo, como cualquier herramienta, presenta tanto ventajas como inconvenientes. Por un lado, destaca por su claridad, flexibilidad y facilidad de aplicación, lo que la convierte en una metodología versátil en múltiples sectores. Por otro lado, enfrenta limitaciones relacionadas con la subjetividad en la interpretación de los factores, la dependencia del contexto y la posibilidad de que el análisis quede rápidamente desactualizado. A continuación, se detallan las principales ventajas e inconvenientes de esta metodología en el contexto de su aplicación estratégica.

Ventajas:

- ✓ Organizado y metódico proporciona una perspectiva clara y estructurada para el análisis estratégico (Orive et al., 2020)
- ✓ La metodología DAFO-CAME se caracteriza por su adaptabilidad a diferentes contextos y escenarios, lo que la convierte en una herramienta versátil para abordar problemas estratégicos en diversas infraestructuras logísticas. Esta



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



flexibilidad permite su aplicación en entornos dinámicos y complejos, facilitando la identificación de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, así como la definición de acciones correctivas, adaptativas, mantenedoras y exploratorias, alineadas con los objetivos específicos de cada caso (Parra-Santiago et al., 2020)

- ✓ Los conceptos de DAFO y CAME son fáciles de entender y aplicar, lo que facilita la participación de diferentes niveles dentro de una organización (Parra-Santiago et al., 2020)

Inconvenientes:

- ✓ La interpretación de los factores DAFO puede ser subjetiva y variar entre los analistas o expertos.(Ponce Talancón & Santo Tomás, 2007)
- ✓ La limitación es temporal por lo que los factores identificados pueden cambiar rápidamente, lo que puede hacer que el análisis quede desactualizado en poco tiempo. (Andrusko A et al., 2021)
- ✓ El análisis DAFO puede presentar ciertas limitaciones. Por un lado, su efectividad y los resultados obtenidos pueden variar considerablemente en función del contexto y del sector en el que se aplique, lo que indica una notable dependencia del contexto. Por otro lado, puede existir una falta de integración de los factores identificados, lo que podría limitar la utilidad del análisis.(Helms & Nixon, 2010)

2.3.3 Aplicación de DAFO-CAME en la industria

Análisis DAFO-CAME en el contexto de la gestión de proyectos de investigación y la formación en propiedad industrial en Cuba. El autor identificó factores estratégicos en la gestión de proyectos de investigación en organizaciones cubanas, vinculados con la propiedad industrial. Se destacan debilidades como insuficientes conocimientos de propiedad industrial y fortalezas como el potencial científico del país. Las oportunidades incluyen el apoyo gubernamental a la ciencia y la innovación, mientras que las amenazas abarcan la falta de tecnología y limitaciones financieras. Entre sus resultados destacados se encuentran el diagnóstico de la relación entre la gestión de proyectos y la propiedad industrial, así como la formulación de soluciones estratégicas para abordar las deficiencias identificadas. Se hace hincapié en la necesidad de mejorar la formación en propiedad industrial para aumentar la eficacia y los resultados de los proyectos de investigación en organizaciones cubanas. (Alejandra G, et al., 2022)

Otra aplicación en la industria, presenta un análisis SWOT cuantitativo para la industria de herramientas de máquina en Japón, destacando su importancia estratégica y proponiendo un método estructurado para ponderar y calificar los factores SWOT. Este enfoque facilita la planificación estratégica y la formulación de estrategias para mejorar la competitividad global, enfocándose en aspectos clave como la competitividad de mercado, producto y organización. (Shinno et al., 2006)

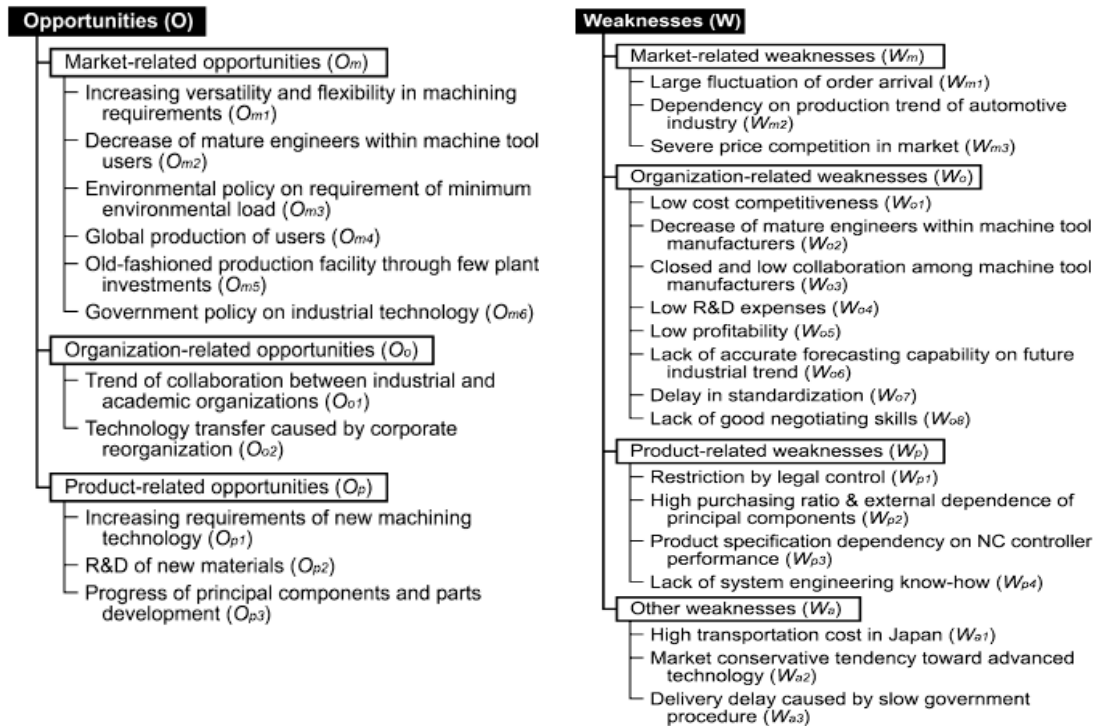


Figura 10. Oportunidades y debilidades en la industria Japonesa (Shinno et al., 2006)

2.3.4 Aplicación de DAFO-CAME en el ámbito del transporte

La implementación de la metodología DAFO-CAME en el ámbito del transporte, concretamente en la plataforma logística ferroviaria de Albacete, resalta la importancia de identificar las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas (DAFO) y cómo estas pueden ser abordadas mediante estrategias correctivas, de confrontación, de mantenimiento y de explotación (CAME) para mejorar la competitividad y eficiencia de la plataforma. Esta metodología se apoya en un panel de expertos y una ponderación numérica para evaluar y desarrollar estrategias dirigidas a optimizar la operación y gestión de la terminal ferroviaria. Además del uso de la metodología DAFO-CAME, se presenta un análisis que muestra que la implementación de las estrategias CAME ha llevado a una mejora notable en la eficiencia operativa y la competitividad de la plataforma logística ferroviaria de Albacete. Los resultados indican que la adecuada identificación y gestión de las fortalezas y oportunidades han permitido a la plataforma superar sus debilidades y enfrentar las amenazas de manera efectiva. (Parra-Santiago et al., 2020) Por lo tanto, el estudio demuestra que la metodología DAFO-CAME, cuando se aplica correctamente, puede ser una herramienta valiosa para la toma de decisiones estratégicas en el sector del transporte ferroviario.



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



Strengths	Weaknesses
<ul style="list-style-type: none"> S1 - Good access S2 - Boosting the business/industrial fabric S3 - Good existing installation S4 - Support from public agencies S5 - Competitive logistics costs S6 - Efficient routing of origin/destination routes Albacete 	<ul style="list-style-type: none"> W1 - Infrastructure limited by track length W2 - Short distances to nearby ports W3 - Existence of residential areas W4 - Low storage space W5 - Railway discouragement W6 - Current lack of use
Threats	Opportunities
<ul style="list-style-type: none"> T1 - Existence of other logistics platforms T2 - Trend towards road transport T3 - Residential opposition T4 - Opposition to the project T5 - Lack of collaboration from adif T6 - Reaction of the road sector 	<ul style="list-style-type: none"> O1 - Carbon footprint reduction O2 - Existing and growing demand O3 - Optimal distances for railway use O4 - Major port developments in its area of influence O5 - Call effect for new logistics operators O6 - New collaborative models

Figura 11. Aspectos de la matriz DAFO Albacete ferroviario. (Parra-Santiago et al., 2020)

Otro ejemplo aplicado al transporte es en el Distrito 7 de Minnesota identifica como fortalezas la robusta red de carreteras y corredores de camiones que contribuyen a la competitividad de los sectores manufacturero y agrícola. Como debilidad, se destaca la posible falta de financiación para mejoras relacionadas con el transporte de mercancías. Entre las oportunidades, se incluye la posibilidad de aprovechar programas y fondos de transporte existentes para abordar problemas y necesidades relacionados con el transporte de mercancías. Las amenazas no se detallan específicamente en el resumen proporcionado. Este análisis forma parte del Plan de Transporte de Mercancías del Distrito 7 y busca informar a MnDOT (Minnesota Department of Transportation) para mejorar la toma de decisiones en políticas y programación. (Andrusko Andrew, 2021)

la estrategia logística del puerto de Guangzhou utilizando un modelo que integra los métodos SWOT y AHP, proporcionando un enfoque cualitativo y cuantitativo. Se identifican factores críticos como la ubicación geográfica estratégica y el desarrollo económico del hinterland, frente a condiciones naturales adversas y fuerte competencia. Se recomienda una estrategia conservadora, enfocada en superar desventajas para el desarrollo del puerto. Este marco innovador sirve como guía para futuros análisis estratégicos en logística.

2.3.5 Aplicación de DAFO-CAME en los puertos

La herramienta DAFO-CAME se ha aplicado en los puertos logísticos como indica en la figura 12 para mejorar la eficiencia y la competitividad. Por ejemplo, se ha utilizado en la evaluación de terminales de contenedores automatizados en puertos, para evaluar y mejorar procesos en la industria. Permite identificar aspectos internos y externos clave de una organización y desarrollar estrategias específicas para optimizar su desempeño, innovación y competitividad, asegurando la sostenibilidad y adaptabilidad ante cambios del mercado. Es especialmente útil para la evaluación y planificación estratégica en

terminales de contenedores automatizados en puertos, donde factores como la ciberseguridad, la transparencia y la capacitación del personal son críticos para el éxito operativo y comercial. (Orive et al., 2020).

Strengths	Threats
F1. Cost savings	A1. Technological dependence.
F2. Energy efficiency	A2. Other terminals.
F3. Improvement of personnel	A3. Shipowners' demands and trends.
F4. Transparency	A4. EU Regulation.
F5. Better yields	A5. Cyberattacks.
Weaknesses	Opportunities
D1. High economic investment	O1. Improved competitiveness.
D2. Conflicts with the stevedoring sector	O2. New business models.
D3. Rigidity and consolidation of operations	O3. Standardized criteria.
D4. Technological obsolescence	O4. Greater job security.
D5. Resistance to change	O5. Technological development.

Figura 12. Identificación de la matriz DAFO. (Orive et al., 2020)

Otro ejemplo de aplicación en un modelo de evaluación y estrategia que combina el análisis DAFO y el modelo AHP para optimizar el desarrollo de puertos inteligentes. A través de un estudio de caso en el Puerto Z de China, se identifican desafíos como islas de información y exceso de datos no estructurados. Se recomienda que el Puerto Z mejore su eficiencia operativa y fomente la innovación tecnológica para reforzar su competitividad internacional. Este enfoque ofrece un marco teórico valioso para la selección de estrategias competitivas en el desarrollo de puertos inteligentes. (Jiang et al., 2021)

External factors	Strength	S1: Advantages of intelligent and digital wharfs S2: Low waterway construction and maintenance costs S3: Low construction cost of the wharf S4: Market-oriented resource advantages
	Weakness	W1: Port layout does not adapt to industry development. W2: Intelligent construction lags behind W3: Lack of intelligent supporting talent W4: The loan maturity pressure is high.
Internal factors	Opportunity	O1: Great development of intelligent technologies O2: The pivot port policy is skewed. O3: The rail rate decreases. O4: Port Financial Policy Tilt
	Threat	T1: Homogeneous competition between neighboring ports T2: Sea-use policy tightening T3: Slowing growth of international trade T4: Relatively backward economy in the hinterland

Figura 13. Matriz de DAFO del Port Z. (Jiang et al., 2021)



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



El puerto de Guangzhou utilizando un modelo que integra los métodos SWOT y AHP, proporcionando un enfoque cualitativo y cuantitativo. Se identifican factores críticos como la ubicación geográfica estratégica y el desarrollo económico del hinterland, frente a condiciones naturales adversas y fuerte competencia. Se recomienda una estrategia conservadora, enfocada en superar desventajas para el desarrollo del puerto. Este marco innovador sirve como guía para futuros análisis estratégicos en logística. (Wang et al., 2018)

2.4 OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE




Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), establecidos por las Naciones Unidas en la Agenda 2030, representan un marco global para abordar los principales desafíos económicos, sociales y ambientales de nuestro tiempo. Este conjunto de 17 objetivos y 169 metas busca guiar las acciones hacia un desarrollo inclusivo, sostenible y resiliente, promoviendo la prosperidad al tiempo que se protege el planeta. (Naciones Unidas, 2015).

En el contexto portuario, los ODS adquieren una relevancia estratégica, dado el papel crucial que los puertos desempeñan en el comercio global, el desarrollo económico y la conexión entre comunidades. Además, los puertos enfrentan presiones significativas para adaptarse a las demandas de sostenibilidad ambiental, social y económica, convirtiéndose en puntos clave de transformación hacia prácticas más responsables y resilientes (UNCTAD, 2021).

Actualmente, se han definido 17 objetivos que se fundamentan en los avances alcanzados con los Objetivos de Desarrollo del Milenio. Asimismo, abarcan cuestiones adicionales como el cambio climático y abordan desafíos globales relacionados con la desigualdad, el deterioro ambiental, la prosperidad, la justicia y la paz. Estos objetivos son fundamentales para asegurar un futuro sostenible y equitativo para todos de cara al año 2030.

Tabla 1. Identificación de los ODS. (adaptado Naciones Unidas, 2015)

ODS	METAS CON LAS QUE SE RELACIONA LA INFRAESTRUCTURA
 <p>4 EDUCACIÓN DE CALIDAD</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Meta 4.7: De aquí a 2030, asegurar que todos los alumnos adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible, entre otras cosas mediante la educación para el desarrollo sostenible y los estilos de vida sostenibles
 <p>7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Meta 7.2: De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas. ✓ Meta 7.a: De aquí a 2030, aumentar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y la tecnología relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos contaminantes de combustibles fósiles, y promover la inversión en infraestructura energética y tecnologías limpias
 <p>8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Meta 8.2: Lograr niveles más altos de productividad económica mediante la diversificación, la modernización tecnológica y la innovación, incluso centrándose en sectores de alto valor añadido y con gran intensidad de mano de obra. ✓ Meta 8.3: Promover políticas orientadas al desarrollo que apoyen las actividades productivas, la creación de empleo decente, el emprendimiento, la creatividad y la innovación.
 <p>9 INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Meta 9.1: Desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad, incluidas infraestructuras regionales y transfronterizas, para apoyar el desarrollo económico y el bienestar humano, haciendo hincapié en el acceso asequible y equitativo para todos. ✓ Meta 9.4: Modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con más eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales
 <p>11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Meta 11.6: reducir el impacto ambiental negativo per capita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo.

13 ACCIÓN POR EL CLIMA 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Meta 13.2: Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales. ✓ Meta 13.3: Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación, la reducción de sus efectos y la alerta temprana.
14 VIDA SUBMARINA 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Meta 14.2: Gestionar y proteger de manera sostenible los ecosistemas marinos y costeros para evitar efectos adversos significativos, incluso fortaleciendo su resiliencia, y tomar medidas para restaurarlos a fin de restablecer la salud y la productividad de los océanos.
17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Meta 17.16: Mejorar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible, complementada por alianzas entre múltiples interesados que movilicen e intercambien conocimientos, especialización, tecnología y recursos financieros, a fin de apoyar el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en todos los países, particularmente los países en desarrollo

La justificación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y sus metas se encuentra directamente vinculada con las estrategias de sostenibilidad portuaria abordadas en esta investigación. En este contexto, los ODS proporcionan un marco integral que guía las propuestas para mitigar los impactos ambientales y sociales derivados de las operaciones portuarias, fomentando un desarrollo más sostenible. Este vínculo es particularmente evidente en las acciones descritas en el capítulo 5, específicamente en el apartado 5.1.2.5, donde se justifica la incorporación de los ODS como un eje estratégico para transformar los puertos en plataformas sostenibles. Allí, se destaca cómo los objetivos relacionados con energía limpia, innovación, sostenibilidad urbana y alianzas estratégicas permiten articular soluciones efectivas para los desafíos ambientales y económicos actuales, alineándose con las metas globales de sostenibilidad.

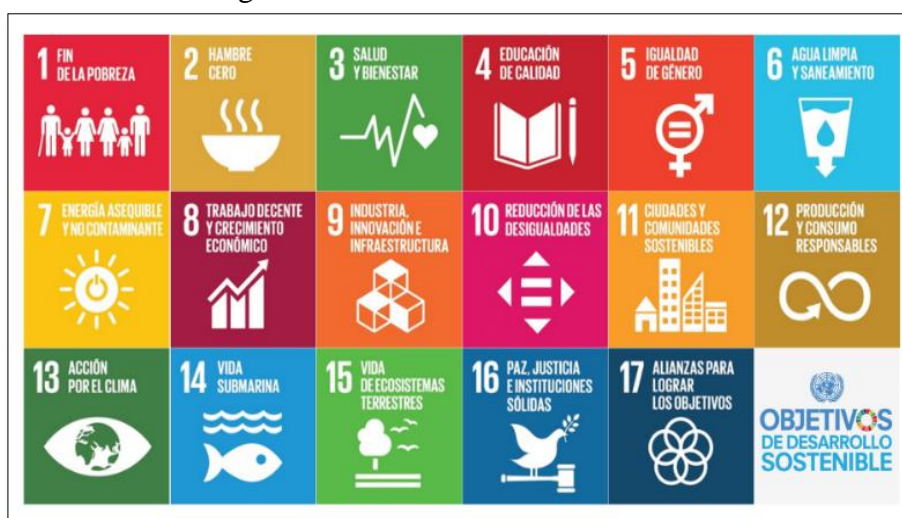


Figura N° 14. Objetivos de desarrollo sostenible. (Naciones Unidas, 2015)



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método de la Investigación

La investigación utiliza un método mixto, que combina enfoques cuantitativos y cualitativos. Este método permite recopilar y analizar datos numéricos, como escalas de valoración y matrices, junto con información cualitativa obtenida de las percepciones y opiniones de expertos. La combinación de ambos enfoques asegura una comprensión integral y contextualizada del problema de estudio, facilitando el diseño de estrategias alineadas con la sostenibilidad portuaria.

3.2. Tipo de Investigación

El estudio se clasifica como exploratorio y descriptivo. Es exploratorio porque aborda un tema emergente, como la aplicación del metaverso en los puertos, y descriptivo porque detalla las características, relaciones y estrategias necesarias para la transición hacia metapuertos sostenibles.

3.3. Nivel de Investigación

El nivel de la investigación es aplicado, ya que tiene como objetivo generar estrategias concretas y accionables que puedan ser implementadas en los puertos españoles, mejorando su sostenibilidad y eficiencia operativa mediante el uso de tecnologías emergentes.

3.4. Diseño de la Investigación

El diseño es no experimental y transversal. Es no experimental porque no manipula variables, sino que observa y analiza los datos tal como se presentan. Además, es transversal, ya que recopila datos en un periodo específico de tiempo para realizar un diagnóstico puntual del estado actual de los puertos.

Metodología: El diseño de la investigación combina enfoques documentales y no experimentales. La metodología documental permite el análisis de literatura científica y reportes sectoriales, mientras que la de campo incluye la recopilación directa de datos a través de cuestionarios. El diseño no experimental se aplica al analizar los fenómenos sin manipular variables.

Enfoque: El enfoque de la investigación es mixto, combinando datos cuantitativos para analizar patrones y tendencias, con datos cualitativos que aportan profundidad interpretativa y contextual.



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



3.5. Población y Muestra

3.5.1. Población: La población está compuesta por expertos del sector portuario español, incluyendo profesionales en áreas como logística, sostenibilidad, innovación tecnológica y operaciones marítimas.

3.5.2. Muestra: La muestra fue seleccionada de manera intencionada, incluyendo entre 10 y 23 expertos con experiencia relevante en tecnologías emergentes y sostenibilidad portuaria. Este enfoque asegura diversidad de perspectivas y relevancia en los resultados.

3.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.6.1. Instrumento de Recolección de Datos:

Se diseñó un cuestionario que combina preguntas cerradas (escalas Likert) para priorizar factores estratégicos y preguntas abiertas para explorar percepciones cualitativas de los expertos.

3.6.2. Métodos y Técnicas:

- **Método:** Se utilizó un enfoque sistemático basado en la técnica **Delphi**, que permitió recopilar opiniones de expertos en rondas, promoviendo el consenso sobre los factores estratégicos más relevantes. Además, se implementó el análisis DAFO-CAME para integrar y analizar los datos obtenidos.
- **Técnicas:** Las técnicas incluyeron el análisis estadístico descriptivo para los datos cuantitativos y el análisis temático para los datos cualitativos, asegurando una interpretación detallada y contextualizada.

3.7. Descripción de Procedimientos de Análisis

El análisis de los datos recopilados se realizó de manera estructurada, utilizando los siguientes pasos:

1. **Recopilación de Datos:** Los datos fueron recolectados mediante el cuestionario mixto aplicado a los expertos portuarios.
2. **Codificación y Organización:** Los datos cualitativos se codificaron en categorías temáticas relacionadas con los factores DAFO, mientras que los datos cuantitativos se tabularon para identificar patrones.
3. **Análisis DAFO-CAME:** Se realizó un diagnóstico de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, y se formularon estrategias correctivas, adaptativas, mantenedoras y exploratorias para la sostenibilidad portuaria.



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



4. **Procesamiento Cuantitativo:** Los datos numéricos se analizaron utilizando estadísticas básicas, como frecuencias y promedios, para priorizar factores.
5. **Procesamiento Cualitativo:** Se interpretaron las respuestas abiertas para enriquecer los resultados y validar las conclusiones cuantitativas.
6. **Validación de Resultados:** La técnica Delphi aseguró la coherencia y consenso de los resultados, ajustando las estrategias propuestas.
7. **Integración de Estrategias:** Se sintetizaron los resultados para formular estrategias alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), priorizando la sostenibilidad y la innovación tecnológica.

3.8. Alcance

El presente estudio tiene como objetivo principal desarrollar estrategias integrales para promover la sostenibilidad de los puertos españoles mediante la adopción de tecnologías emergentes, energías renovables y soluciones innovadoras. A través de un enfoque estratégico basado en la metodología DAFO-CAME, se busca diagnosticar el estado actual del sector portuario y evaluar su capacidad para enfrentar desafíos tecnológicos, ambientales y económicos en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

El alcance temático del estudio incluye el análisis detallado de las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas de los puertos españoles, con un énfasis particular en la incorporación de tecnologías avanzadas como el metaverso. Estas tecnologías emergentes ofrecen oportunidades significativas para mejorar la eficiencia operativa, optimizar recursos y reducir el impacto ambiental, lo que posiciona al sector portuario como un líder en innovación y sostenibilidad.

Desde una perspectiva geográfica, aunque el foco principal se centra en los puertos españoles, las estrategias propuestas consideran el contexto internacional en el que estos operan. Esto incluye la necesidad de cumplir con normativas globales, competir con puertos internacionales que también avanzan en la digitalización y sostenibilidad, y aprovechar las colaboraciones globales en innovación tecnológica.

La investigación también tiene una importante dimensión práctica, al ofrecer una hoja de ruta para la implementación de tecnologías emergentes en el sector portuario, desde la modernización de infraestructuras hasta la adopción de nuevos modelos operativos basados en herramientas digitales. Este enfoque no solo mejora la eficiencia y sostenibilidad de las operaciones portuarias, sino que también posiciona a los puertos españoles como líderes en la transición hacia un modelo portuario digitalizado y sostenible a nivel global.



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



En términos temporales, el estudio plantea estrategias y recomendaciones con una visión a corto, mediano y largo plazo, alineadas con los objetivos estratégicos establecidos en el "Marco Estratégico de Puertos del Estado 2022". Este documento enfatiza la importancia de la sostenibilidad y la innovación tecnológica como pilares fundamentales para el desarrollo portuario futuro, destacando en particular la Línea Estratégica 7, que busca integrar soluciones avanzadas en la gestión operativa de los puertos (Puertos del Estado, 2022). Finalmente, el impacto esperado del estudio no solo se limita a la mejora de las operaciones portuarias actuales, sino que también busca sentar las bases para futuras investigaciones, proyectos de implementación tecnológica y el diseño de políticas públicas en el sector. Las recomendaciones proporcionadas pretenden guiar al sector portuario hacia un modelo sostenible y competitivo, preparado para los retos de la transición energética, la digitalización y el cambio climático.

4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 SELECCIÓN DE ESCENARIO

En España, la red portuaria está formada por 28 autoridades portuarias y un total de 168 puertos, de los cuales 46 son de interés general, gestionados por el sistema estatal de Puertos del Estado, mientras que el resto se encuentra bajo administración autonómica o local. Este estudio tiene como objetivo realizar un análisis integral de los puertos españoles, evaluando el potencial de las tecnologías emergentes como herramienta estratégica para mejorar la sostenibilidad portuaria en términos ambientales, sociales, económicos y de gobernanza.

Para abordar este objetivo, se considera la diversidad de características operativas y de capacidades de los puertos españoles, lo que permite un análisis representativo que abarque las principales áreas de impacto del macroentorno, incluidas las dimensiones tecnológica, sociocultural, económica, política y ambiental. Este enfoque integral garantiza que el estudio capture tanto las fortalezas como las limitaciones actuales de los puertos españoles frente a las oportunidades y desafíos que plantea la incorporación de tecnologías emergentes, como el metaverso.

En este apartado, se establece el marco conceptual y metodológico que sustenta la selección del escenario de trabajo, definiendo los criterios para el análisis de la red portuaria nacional en su conjunto. Además, se introducen las bases necesarias para la identificación de variables clave que orientarán el análisis en el contexto de la sostenibilidad portuaria y la aplicación del metaverso. Este enfoque permite evaluar de manera comprensiva el estado actual y las posibilidades de transformación sostenible de los puertos españoles.

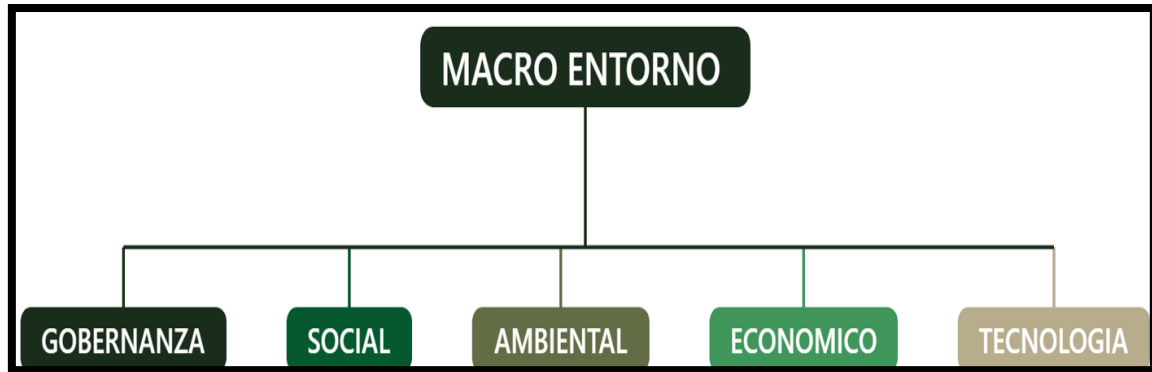


Figura N° 15. Macro entorno. Elaboración propia

4.1.1 Selección de variables de estudio

Para realizar un análisis integral y contextualizado de los puertos españoles en el marco de la sostenibilidad y el uso del metaverso, se identificaron las siguientes variables de estudio. Estas se categorizan en función del análisis DAFO (Fortalezas, Debilidades, Oportunidades y Amenazas) y se alinean con las dimensiones del macroentorno tecnológico, social, económico, ambiental y de gobernanza.

Fortalezas (F):

F1: Infraestructura tecnológica avanzada

Algunos puertos en España ya disponen de una red de fibra óptica y una infraestructura digital mencionada en relación con la capacidad de facilitar la implementación de tecnologías emergentes y reducir riesgos de ciberseguridad. La infraestructura de red actual es robusta y fiable, siendo capaz de gestionar el tráfico y la carga de usuarios que requiere la implementación de las tecnologías.

F2: Eficiencia operativa y adopción tecnologías emergentes

Vinculada con el cumplimiento de normativas ambientales y la mejora de operaciones portuarias mediante tecnologías emergentes. Los puertos españoles poseen una amplia experiencia en la adopción e integración de tecnologías avanzadas, como GIS, realidad virtual y aumentada, y sistemas de automatización y control. Además, están incorporando tecnologías emergentes como la inteligencia artificial (IA), el Internet de las cosas (IoT), la computación en la nube y el blockchain. Además que optimiza sus funcionalidades, permitiendo una gestión portuaria más eficiente, segura e innovadora.



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



F3: Formación en tecnologías avanzadas

Relacionada con la capacitación en entornos virtuales para mejorar la seguridad y reducir errores. La capacitación y especialización del personal en tecnologías avanzadas y automatización, como las reuniones en realidad virtual y simuladores de procesos en realidad virtual, mejoran las habilidades y la eficiencia del equipo. A esto no solo incrementa la productividad, sino que también prepara al personal para manejar las tecnologías del futuro. Además, genera empleo y nuevas oportunidades con la nueva plataforma del meta puertos españoles.

F4: Ecosistema de innovación y colaboración

Destaca la colaboración público-privada y la capacidad de financiar proyectos de las tecnologías emergentes. La industria marítima y portuaria en España se beneficia de un ecosistema robusto de innovación, impulsado por incubadoras y start-ups financiadas para desarrollar soluciones digitales avanzadas. La creación de entidades internas dedicadas a la digitalización y la alta madurez tecnológica en la adopción de tecnologías del metaverso, junto con una fuerte colaboración público-privada, asegura una implementación eficiente y estandarizada de las nuevas tecnologías. Este entorno dinámico y colaborativo no solo acelera la digitalización, sino que también promueve la innovación continua y la adopción de tecnologías emergentes en el sector portuario.

F5: Transparencia y visibilidad operativa

Facilita la toma de decisiones y optimiza la gestión de recursos en los puertos. Mejora en la transparencia de las operaciones a través del uso de tecnologías avanzadas y la digitalización de procesos. La visibilidad en tiempo real de las actividades portuarias permite una mejor toma de decisiones y una gestión más efectiva de los recursos. Además, el aumento de la productividad y la reducción de los tiempos de carga/descarga gracias a las tecnologías emergentes permiten operaciones más rápidas y precisas, lo que se traduce en una mayor capacidad de manejo de carga y un mejor servicio al cliente.

Debilidades (D):

D1: Costos iniciales elevados

Implica barreras financieras para la implementación de las tecnologías emergentes y posibles conflictos laborales derivados. Además la adopción de nuevas tecnologías y la actualización de la infraestructura existente pueden requerir inversiones significativas. Los costos iniciales elevados pueden ser una barrera para algunos puertos, especialmente aquellos con presupuestos más ajustados.



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



D2: Limitaciones técnicas y dependencia externa

Dificultades para superar restricciones tecnológicas sin colaboración externa. No todos los puertos españoles tienen la misma calidad de infraestructura de red, lo cual puede limitar la implementación uniforme de las tecnologías emergentes. Esta disparidad puede generar brechas en la eficiencia operativa y en la capacidad de adoptar tecnologías avanzadas de manera homogénea.

D3: Resistencia al cambio y la necesidad de capacitación

Relacionada con la aceptación de nuevas tecnologías y los desafíos de capacitación. La implementación de las tecnologías emergentes requiere la capacitación del personal en nuevas tecnologías, lo cual puede ser un desafío logístico y financiero. La falta de habilidades técnicas adecuadas puede retrasar la adopción y el aprovechamiento completo de las nuevas tecnologías.

D4: Rigidez operativa

Sistemas actuales que dificultan la implementación de soluciones innovadoras y adaptaciones tecnológicas. La confianza en sistemas y plataformas externas puede exponer a los puertos a vulnerabilidades y problemas de compatibilidad. Dificultad para adaptar y flexibilizar las operaciones existentes. La integración de nuevas tecnologías puede encontrar resistencia debido a la rigidez de los procesos y sistemas actuales, dificultando la transición y la adaptación a nuevas formas de trabajo.

D5: Conflictos laborales y adaptación al cambio

Resistencia por parte del personal hacia las nuevas tecnologías, especialmente el metaverso. Posibles conflictos laborales debido a la reducción de personal por la automatización. La introducción de tecnologías que reemplazan tareas manuales puede generar resistencia y preocupaciones entre los empleados, afectando la moral y la estabilidad laboral. Además, la resistencia al cambio por parte del personal y de la administración puede dificultar la adopción de nuevas tecnologías y procesos operativos.

Oportunidades (O):

O1: Apoyo gubernamental y financiación

Subsidios y colaboraciones público-privadas para implementar tecnologías emergentes. Existen oportunidades para obtener financiación pública y privada, así como para colaborar con empresas tecnológicas líderes para implementar estas nuevas tecnologías. Las alianzas estratégicas y el acceso a fondos pueden acelerar la adopción de innovaciones y reducir los costos de implementación.



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



O2: Competitividad y sostenibilidad

Uso de las tecnologías emergentes para mejorar la competitividad global y cumplir normativas ambientales. La implementación de las tecnologías emergentes puede mejorar significativamente la competitividad de los puertos españoles a nivel global. Adoptar tecnologías avanzadas y digitalización puede posicionar a los puertos como líderes en innovación y eficiencia operativa.

O3: Innovación tecnológica continua

Desarrollo de nuevos modelos de negocio y servicios avanzados en los puertos. Proporciona una oportunidad para innovar continuamente y mejorar la eficiencia operativa.

O4: Colaboración estratégica

Alianzas con empresas tecnológicas y acceso a financiación para acelerar la implementación. Existen oportunidades para obtener financiación pública y privada, así como para colaborar con empresas tecnológicas líderes para implementar estas nuevas tecnologías.

O5: Optimización de recursos esenciales

Mejora en el uso de recursos esenciales mediante tecnologías avanzadas emergentes. La gestión de residuos y energético se optimiza en el consumo de recursos esenciales como la electricidad, el combustible, el agua puede lograrse mediante el seguimiento de las actividades de suministro con el mate verso. Este seguimiento podría permitir la integración y automatización de procesos, lo que a su vez podría reducir los costes. Además, la implementación de sensores para cuantificar el volumen de residuos generados por los buques podría eliminar la necesidad de inspectores, reduciendo así los costes asociados a estas inspecciones. Mejorando la operación del puerto, sino también su imagen. La adhesión a prácticas estandarizadas puede mejorar la eficiencia, sostenibilidad y reputación de los puertos en el mercado global.

Amenazas (A):

A1: Riesgos de ciberseguridad

La integración tecnológica emergentes aumentan el riesgo de ciberataques, lo cual puede comprometer la seguridad de las operaciones y la información. La protección de datos y la seguridad cibernética se convierten en aspectos críticos a gestionar para evitar interrupciones y pérdidas. Incremento del riesgo de ataques debido a la integración tecnológica.



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



A2: Cambios regulatorios y normativos

Impacto de las regulaciones europeas en los puertos. Las regulaciones de la UE y otras normativas pueden imponer restricciones adicionales a la implementación de nuevas tecnologías. El cumplimiento de estándares regulatorios puede complicar y encarecer la adopción de innovaciones tecnológicas.

A3: Incertidumbre económica y política

Volatilidad que afecta las decisiones de inversión y adopción de tecnologías.

A4: Dependencia de proveedores tecnológicos

Falta de desarrollo interno que incrementa vulnerabilidades. Riesgo de depender excesivamente de la tecnología y sus proveedores. La dependencia de sistemas externos puede generar vulnerabilidades y problemas de sostenibilidad a largo plazo si los proveedores cambian o descontinúan sus servicios.

A5: La aceptación y el temor al cambio

Temor y desconfianza hacia nuevas tecnologías. Es esencial anticipar la disposición de los participantes en el sector portuario para adoptar tecnologías del metaverso. Además, es importante identificar los obstáculos y las inquietudes asociadas con la incorporación de estas tecnologías. Para abordar estos desafíos, se deben formular estrategias de comunicación y concienciación específicas para el sector.



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



Tabla 2. Matriz dafo. Elaboración Propia

ANÁLISIS DE LOS FACTORES EXTERNOS	ANÁLISIS DE LOS FACTORES INTERNOS
<p>Oportunidades (O): O1: Apoyo gubernamental y financiación. O2: Competitividad y sostenibilidad. O3: Innovación tecnológica continua. O4: Colaboración estratégica. O5: Optimización de recursos esenciales.</p>	<p>Fortalezas (F): F1: Infraestructura tecnológica avanzada. F2: Integración y adopción avanzada de tecnologías. F3: Ecosistema de innovación y colaboración. F4: Capacitación y especialización en tecnologías avanzadas. F5: Transparencia y visibilidad operativa.</p>
<p>Amenazas (A): A1: Riesgos de ciberseguridad. A2: Cambios regulatorios y normativos. A3: Incertidumbre económica y política. A4: Dependencia de proveedores tecnológicos. A5: Aceptación y temor al cambio.</p>	<p>Debilidades (D): D1: Costos iniciales elevados. D2: Limitaciones técnicas y dependencia externa. D3: Resistencia al cambio y necesidad de capacitación. D4: Rigidez operativa. D5: Conflictos laborales y adaptación al cambio.</p>

Estas variables como indica en la tabla 2, se integran en las dimensiones clave del macroentorno, abarcando aspectos como la tecnología (innovación, digitalización, automatización y conectividad), el ámbito social (cultura, educación y demografía), el contexto económico (inversión, empleo y modelos de negocio), los factores ambientales (sostenibilidad, recursos naturales y cambio climático) y la gobernanza (regulación, transparencia y colaboración público-privada). Este enfoque permite un análisis integral y estratégico de la red portuaria española, orientado a identificar fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, facilitando la aplicación de herramientas como el DAFO-CAME para evaluar el impacto del metaverso en la sostenibilidad portuaria, y sentando las bases para una planificación y toma de decisiones más efectivas.

4.1.2 Desarrollo de base de datos para el análisis estratégico

La base de datos constituye el eje fundamental para realizar el análisis estratégico aplicado al contexto portuario español. Este apartado describe el proceso de recopilación, estructuración y organización de la información necesaria para el desarrollo del análisis DAFO-CAME, estableciendo una conexión directa entre las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, y las dimensiones clave del macroentorno.



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



Estas variables se dividieron en fortalezas (F), debilidades (D), oportunidades (O) y amenazas (A), enmarcadas dentro de las cinco dimensiones del macroentorno: tecnológica, económica, social, ambiental y de gobernanza.

Cada categoría fue enriquecida con indicadores específicos obtenidos a partir de investigaciones previas, estudios sectoriales y datos de entidades relevantes como Puertos del Estado, informes de sostenibilidad y tendencias tecnológicas globales. Por ejemplo:

- ✓ Las fortalezas incluyen capacidades tecnológicas avanzadas, como la implementación de fibra óptica y la automatización de operaciones portuarias.
- ✓ Las debilidades abarcan barreras como la resistencia al cambio organizacional o las limitaciones presupuestarias.
- ✓ Las oportunidades se centran en políticas de financiación y la adopción de tecnologías emergentes.
- ✓ Las amenazas destacan riesgos como la ciberseguridad o la dependencia de proveedores externos.

A.- Categorización de las Interacciones DAFO

Para conectar las variables identificadas, se elaboraron matrices estratégicas que relacionan las fortalezas (F) y debilidades (D) con las oportunidades (O) y amenazas (A). Estas matrices se construyeron con el objetivo de establecer una base sólida para el desarrollo de estrategias DAFO-CAME, priorizando aquellas que maximizan el aprovechamiento de las oportunidades y la mitigación de las amenazas. A continuación, se detallan ejemplos adicionales para enriquecer esta categorización:

Fortalezas (F) - Oportunidades (O)

F1 - O1 : La sólida infraestructura tecnológica y la creciente inversión en innovación de España pueden beneficiarse significativamente del apoyo gubernamental y financiación, facilitando la adopción del metaverso en los puertos.

Fortalezas (Fi) - Amenazas (Ai)

F3-A3: La capacitación en entornos virtuales permite al personal adaptarse rápidamente a los cambios económicos y políticos adversos, reduciendo su impacto.

Debilidades (Di) - Oportunidades (Oi)

D5-O5: La optimización de recursos esenciales mediante tecnologías emergente puede justificar los cambios organizacionales y reducir conflictos laborales con una adecuada comunicación.



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



Debilidades (Di) - Amenazas (Ai)

D5 - A5: Los conflictos laborales derivados de la implementación de nuevas tecnologías pueden aumentar los riesgos de privacidad y seguridad, especialmente si no se proporciona la capacitación adecuada al personal.

B. Procesamiento y Análisis de Datos

La información recopilada en este estudio fue procesada mediante el uso de herramientas digitales avanzadas, como hojas de cálculo, softwares de análisis estadístico y cuestionarios diseñados específicamente para expertos del sector portuario. Este enfoque permitió estructurar, analizar y priorizar las estrategias derivadas del análisis DAFO, facilitando un marco claro para la toma de decisiones estratégicas. Los principales pasos llevados a cabo en este proceso fueron los siguientes:

1. Cuantificación de las Interacciones DAFO

Se asignaron valores ponderados a cada interacción DAFO (Fortalezas-Oportunidades, Fortalezas-Amenazas, Debilidades-Oportunidades y Debilidades-Amenazas) en función de su relevancia estratégica y su impacto en la sostenibilidad portuaria. Para ello:

- ✓ Se emplearon escalas del 1 al 5, donde 1 indica baja relevancia estratégica y 5 una alta prioridad.
- ✓ Estos valores fueron calculados con base en las opiniones de los expertos a través de cuestionarios tipo Likert y ajustados posteriormente mediante consenso en focus groups.

2. Herramientas de Procesamiento

- ✓ **Hojas de cálculo:** Estas permitieron realizar cálculos automáticos y organizar grandes volúmenes de datos, además de generar gráficas y tablas de priorización.
- ✓ **Software estadístico:** Se aplicaron análisis descriptivos y métricas ponderadas para identificar las interacciones estratégicas más relevantes.
- ✓ **Cuestionarios a expertos:** Los resultados de estos instrumentos fueron analizados para garantizar que las ponderaciones y estrategias reflejaran fielmente las perspectivas del sector.



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



3. Priorización de Estrategias Clave

Mediante el cálculo ponderado de las interacciones DAFO, se priorizaron las estrategias más relevantes en función de su impacto potencial en la sostenibilidad portuaria. Por ejemplo:

- ✓ **F1-O1:** Fomentar la innovación tecnológica y aprovechar el apoyo gubernamental y la financiación disponible se destacó como una prioridad alta debido a su potencial para mejorar la sostenibilidad y la competitividad de los puertos españoles.
- ✓ **D3-O1:** La implementación de programas de capacitación para reducir la resistencia al cambio fue identificada como una acción estratégica clave para facilitar la adopción de nuevas tecnologías del metaverso.
- ✓ **D1-A2:** Mitigar la obsolescencia tecnológica a través de inversiones en formación y renovación tecnológica fue considerada fundamental para asegurar la relevancia de las inversiones en el tiempo.

4. Visualización de Resultados

Para facilitar la interpretación de los datos, se desarrollaron gráficos y matrices que muestran:

- ✓ La distribución ponderada de las interacciones DAFO en función de su impacto.
- ✓ Las estrategias priorizadas organizadas por cuadrantes (FO, FA, DO, DA).

5. Resultados Destacados

El análisis permitió identificar las estrategias más efectivas a través de un proceso de jerarquización, priorizando aquellas con mayor impacto potencial en la sostenibilidad portuaria. Estas estrategias fueron vinculadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), garantizando una alineación coherente entre los resultados obtenidos y los compromisos internacionales en materia de sostenibilidad. Este enfoque integrador no solo facilita la implementación de acciones concretas, sino que también asegura que dichas acciones contribuyan al cumplimiento de metas globales, maximizando los beneficios sociales, económicos y ambientales para el sector portuario.



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



4.2 MÉTODO APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA DAFO - CAME

4.2.1 Metodología

El diseño metodológico del presente estudio integra enfoques cualitativos y cuantitativos, proporcionando un marco estratégico de un análisis riguroso y exhaustivo para evaluar la sostenibilidad portuaria y la implementación del metaverso. Esta metodología se desarrolla en cuatro fases principales, que permiten conectar la recopilación de datos con la formulación de estrategias fundamentadas.

A. Matriz DAFO:

El proceso comienza con la identificación de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, estableciendo el contexto estratégico en el cual se analiza la sostenibilidad portuaria y la incorporación del metaverso. Esta etapa permite delimitar las variables clave y el escenario de trabajo.

B. Panel Delphi:

Mediante la participación de un panel de expertos compuesto por representantes del ámbito académico, el sector público y el sector privado, se asignaron calificaciones ponderadas a las variables identificadas en la matriz DAFO. Este enfoque busca alcanzar un consenso informado basado en el conocimiento técnico y práctico de los expertos, quienes representan un equilibrio entre perspectivas teóricas y operativas.

C. Calificaciones Ponderadas

Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente utilizando herramientas descriptivas, lo que facilitó la cuantificación y priorización de las interacciones estratégicas DAFO. Este análisis sirvió como base para determinar cuáles estrategias presentan el mayor impacto potencial en el ámbito portuario.

D. Desarrollo de estrategias:

Finalmente, los resultados del análisis se tradujeron en estrategias específicas, diseñadas para maximizar las fortalezas, aprovechar las oportunidades, mitigar las debilidades y enfrentar las amenazas. Estas estrategias están alineadas con los objetivos del estudio y orientadas a una toma de decisiones informada y efectiva.

Metodología del trabajo

- I. Escenario del estudio
- II. Ponderación numérica
- III. Análisis estadístico descriptivo
- IV. Toma de decisiones

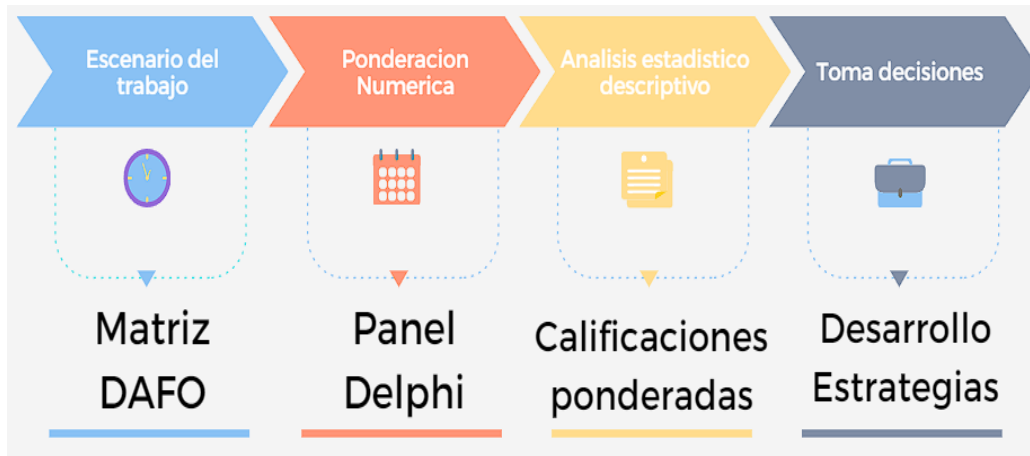


Figura N° 16. Esquema de metodología. (adaptado a la metodología Dafo-delphi-CAME)

Este enfoque metodológico garantiza una estructura clara y objetiva para la evaluación y priorización de las acciones estratégicas, permitiendo una integración efectiva del metaverso en los puertos españoles dentro de un marco de sostenibilidad.

Para ello la metodología utilizada en este estudio combina elementos cualitativos y cuantitativos, permitiendo una comprensión integral y estructurada del fenómeno de estudio. Este enfoque mixto garantiza una mayor profundidad en el análisis, al integrar datos medibles y observaciones subjetivas para ofrecer una perspectiva más completa.

El componente cualitativo se centró en la recopilación de datos provenientes de expertos y stakeholders clave relacionados con la sostenibilidad portuaria y la implementación de tecnologías del metaverso. Este enfoque permitió identificar percepciones, experiencias y conocimientos especializados que enriquecen el análisis estratégico.

- a) **Focus Group:** Se organizó un grupo de discusión con seis expertos provenientes de los sectores público, privado y académico. Este grupo aportó perspectivas técnicas, operativas y regulatorias sobre la integración de las tecnologías emergentes en los puertos, facilitando la identificación de estrategias viables y prácticas.
- b) **Análisis de Opinión:** Mediante cuestionarios abiertos, se recopilaron percepciones detalladas sobre las oportunidades y desafíos específicos relacionados con la sostenibilidad portuaria y el uso de las tecnologías emergentes. Estas opiniones proporcionaron una visión cualitativa sobre las dinámicas operativas y estratégicas en los puertos.

- c) **Panel de Expertos:** Se incluyó un panel compuesto por expertos representativos del sector portuario español. A través de un cuestionario estructurado, se analizaron sus conocimientos y perspectivas sobre las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas asociadas a la adopción del metaverso en los puertos. Este panel permitió validar y complementar los hallazgos obtenidos en otras fases cualitativas, asegurando la robustez del análisis.



Figura N° 17. Panel del experto. Elaboración propia

El enfoque cuantitativo permitió la medición y priorización de variables estratégicas mediante técnicas estadísticas. Las principales actividades incluyeron:

- a) **Cuestionarios Escala Likert:** Se aplicó un cuestionario estructurado del panel expertos, utilizando una escala Likert para evaluar el grado de acuerdo con diferentes afirmaciones relacionadas con las interacciones DAFO.
- b) **Análisis Estadístico:** Los datos fueron procesados para obtener valores promedio, desviaciones estándar y reescalados lineales, lo que permitió priorizar las estrategias clave según su impacto potencial.
- c) **Matrices Ponderadas:** Se construyeron matrices de interacción DAFO (F-O, D-O, F-A, D-A) cuantificadas, asignando valores ponderados a cada relación estratégica.



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



4.2.2 Recopilación de datos: Panel Delphi y cuestionario (Likert).

La recopilación de datos para este estudio combinó la técnica Delphi y un cuestionario estructurado basado en una escala Likert, permitiendo una evaluación sistemática y robusta de las variables estratégicas relacionadas con los análisis estratégicos Sostenibles mediante las tecnologías emergente.

A. Cuestionario inicial

La primera fase de la metodología consistió en la aplicación de un cuestionario estructurado, diseñado específicamente para recopilar las percepciones y valoraciones del panel de expertos en relación con las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas del entorno portuario. Este instrumento sirvió como base para explorar las interacciones estratégicas en el proceso de transformación de las tecnologías emergentes, con especial énfasis en las dinámicas internas y externas del sector portuario.

[F1 - 01 : La sólida infraestructura tecnológic	[F2 - 01: El apoyo gubernamental en la imple	[F3 - 01: El apoyo financiero facilitara la impl	[F4 - 01: Un ecosistema robusto facilitar la
De acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	Totalmente de acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
De acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo
De acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
De acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	De acuerdo
De acuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo
De acuerdo	De acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
De acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	Totalmente de acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo
De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo
De acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
En desacuerdo	De acuerdo	De acuerdo	En desacuerdo
Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
De acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	En desacuerdo
Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
De acuerdo	De acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	En desacuerdo
De acuerdo	Totalmente de acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo
Totalmente de acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo	De acuerdo
En desacuerdo	En desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo
De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo

Figura N° 18. Cuestionario del panel de experto. Elaboración propia

El cuestionario integró afirmaciones basadas en las interacciones estratégicas definidas en la matriz DAFO-CAME, analizando las relaciones clave entre Fortalezas-Oportunidades (F-O), Debilidades-Oportunidades (D-O), Fortalezas-Amenazas (F-A) y Debilidades-Amenazas (D-A) como se indica en la figura 18. Para



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



cada afirmación, se empleó una escala Likert de 1 a 5 puntos, que permitió a los expertos evaluar su grado de acuerdo de manera clara y sistemática:

- ✓ Totalmente en desacuerdo = 1
- ✓ En desacuerdo = 2
- ✓ Ni de acuerdo ni en desacuerdo = 3
- ✓ De acuerdo = 4
- ✓ Totalmente de acuerdo = 5

El cuestionario abarcó un conjunto de variables estratégicas relacionadas con los principales desafíos y oportunidades de la sostenibilidad portuaria en el contexto de la adopción de tecnologías del metaverso. Entre las temáticas abordadas se incluyeron:

- a) **Capacidad tecnológica de los puertos:** Evaluación de la infraestructura existente y su idoneidad para implementar soluciones tecnológicas avanzadas como el metaverso.
- b) **Disponibilidad de financiamiento público y privado:** Análisis de los recursos financieros y el apoyo institucional necesario para la transición hacia tecnologías emergentes sostenible.
- c) **Resistencia al cambio organizacional:** Identificación de barreras culturales y organizativas que podrían obstaculizar la adopción de tecnologías emergentes y sostenibles.
- d) **Colaboración y gobernanza:** Percepción sobre la capacidad del sector para establecer alianzas estratégicas y fortalecer los marcos regulatorios que faciliten la innovación.

B. Analisis Came (Panel Delphy)

El Panel Delphi fue diseñado para recoger el conocimiento experto de un grupo heterogéneo de participantes provenientes de los sectores público, privado y académico a través del cuestionario. Los expertos fueron seleccionados estratégicamente en función de su experiencia en sostenibilidad portuaria, tecnologías avanzadas y gobernanza. El panel estuvo compuesto por un 40% de representantes del sector privado, un 20% del ámbito académico y un 40% del sector público, garantizando una diversidad de perspectivas.

Para evaluar las relaciones estratégicas entre los parámetros de cada cuadrante, para la relación de cada cuadrante (Fi-Oi, Fi-Ai, Di-Oi y Di-Ai), se utilizó una escala de puntuación de 1 a 5 puntos, donde una mayor puntuación indica una relación más significativa. Estas puntuaciones permitieron cuantificar la importancia relativa de cada interacción dentro de la matriz DAFO-CAME.



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



	O1	O2	O3	O4	O5		A1	A2	A3	A4	A5	Total
F1												
F2		Explotar oportunidades (Estrategia Ofensivo)						Mantener fortalezas (Estrategia Defensivo)				
F3												
F4												
F5												
						i					ii	F(i+ii)
D1												
D2		Corregir debilidades (Estrategia Adaptativa)						Afrontar amenazas (Estrategia Supervivencia)				
D3												
D4												
D5												
						iii					iv	D (iii+iv)
Total						O(i+iii)					A (ii+iv)	

Figura N° 19. Análisis Came - Panel Delphy. *Elaboración propia*

Estrategias Ofensivas o de Ataque (F-O)

Estas estrategias se enfocan en explotar las fortalezas internas de la organización para aprovechar al máximo las oportunidades externas. Están orientadas al crecimiento y al posicionamiento competitivo en el mundo. Son ideales para iniciativas que buscan maximizar sus ventajas comparativas.

Estrategias Defensivas (F-A)

El propósito fundamental de estas estrategias es prevenir un empeoramiento de la situación, como una disminución en la participación, utilizando las fortalezas internas para contrarrestar amenazas externas. Estas acciones están orientadas a preservar la competitividad y a sacar el máximo provecho de las oportunidades limitadas disponibles en un entorno complejo y desafiante.

Estrategias de Reorientación o Adaptativas (D-O)

Estas estrategias buscan transformar la situación actual al corregir debilidades internas y aprovechar las oportunidades externas. Predominan las acciones orientadas a generar capacidades internas que permitan adaptarse a cambios del entorno, logrando así mejorar la competitividad y sostenibilidad.



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



Estrategias de Supervivencia (D-A)

Se centran en afrontar las amenazas externas mientras se minimizan las debilidades internas. Estas estrategias están orientadas a eliminar riesgos significativos para la organización, asegurando su estabilidad operativa y minimizando los efectos adversos del entorno.

Este modelo, transformado en acciones específicas, permite estructurar un enfoque proactivo que combina el análisis DAFO con la ejecución estratégica CAME, guiando la transición hacia de las tecnologías emergentes con una visión integral. A través de este panel Delphi, los expertos proporcionaron sus opiniones y consensuaron en torno a las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas de la implementación de la tecnología emergente en los puertos españoles. Esta metodología facilitó una discusión informada, permitiendo priorizar variables estratégicas basadas en su impacto y viabilidad.

4.2.3 Fases del análisis:

El análisis estratégico realizado en este estudio se estructuró en tres fases clave, diseñadas para garantizar un enfoque sistemático, integral y dinámico en la evaluación de las relaciones estratégicas y la priorización de acciones. Cada fase estuvo representada por una matriz DAFO que sintetizó los datos recopilados y ajustados a lo largo del proceso. Este enfoque permitió desarrollar estrategias específicas para la transformación de los puertos hacia modelos más sostenibles y competitivos.

4.2.3.1 Panel Delphi inicial (Matriz 1).

En la primera fase del análisis, se generó una Matriz DAFO preliminar consolidada a partir de las respuestas recopiladas mediante el cuestionario Likert aplicado al panel de los expertos. Este cuestionario evaluó diferentes relaciones estratégicas vinculadas a las fortalezas (F), debilidades (D), oportunidades (O) y amenazas (A) del sector portuario español. Las valoraciones de los expertos fueron procesadas mediante un análisis estadístico descriptivo, considerando métricas como la media, la desviación estándar y la varianza. El objetivo fue priorizar las relaciones estratégicas más relevantes basadas en los valores promedio.

Tabla 3. Panel delphi, ponderación media – matriz 1. Elaboración Propia

MEDIA	O1	O2	O3	O4	O5	A1	A2	A3	A4	A5
F1	3,96	4,04	4,57	4,52	4,04	4,52	4,48	4,17	4,09	4,17
F2	4,13	3,91	3,96	4,57	3,96	4,04	3,74	4,04	4,17	3,78
F3	4,17	4,43	4,22	3,65	4,26	4,35	4,52	4,17	4,00	4,09
F4	3,70	4,65	4,48	4,43	4,30	4,30	4,04	4,17	4,04	4,00
F5	3,57	4,09	4,35	3,83	4,43	4,13	3,87	4,17	3,61	3,91
D1	3,09	3,87	3,61	3,83	3,74	3,83	4,00	4,30	3,96	3,83
D2	3,17	4,22	4,17	4,70	4,13	4,39	4,17	4,35	3,91	4,13
D3	3,17	3,74	3,74	3,70	3,83	4,22	3,96	4,00	3,87	4,35
D4	3,70	3,96	4,17	4,04	3,96	3,91	3,91	3,91	3,74	4,17
D5	3,09	3,65	3,26	3,39	3,70	4,00	3,96	4,00	3,87	3,87

La tabla presentada refleja los valores promedio obtenidos tras el análisis estadístico descriptivo de las evaluaciones realizadas por el panel de los expertos en el cuestionario Likert. Estos valores sintetizan las percepciones sobre las relaciones estratégicas entre las fortalezas (F), debilidades (D), oportunidades (O) y amenazas (A) en el contexto portuario español.

Valores altos (colores cálidos como rojo y naranja): Indican relaciones estratégicas fuertes y prioritarias, lo que significa que estas interacciones son vistas como altamente significativas para el diseño de estrategias. Como **F1-O3 (4.57)**: La infraestructura tecnológica avanzada está bien posicionada para aprovechar oportunidades relacionadas con el avance del metaverso y **D2-O4 (4.70)**: La necesidad de superar la resistencia al cambio organizacional es crítica para aprovechar las oportunidades relacionadas con la financiación disponible.

Valores medios (colores amarillos): Representan relaciones estratégicas de relevancia moderada, que podrían ser complementarias, pero no necesariamente prioritarias. Como **F2-O5 (3.96)** La experiencia en gestión sostenible tiene un impacto relevante, pero no crucial, en colaboraciones público-privadas.

Valores bajos (colores verdes): Reflejan relaciones menos significativas o con un impacto menor en el análisis estratégico. Estas podrían ser secundarias o no prioritarias en el diseño de estrategias actuales. Como **D5-O3 (3.26)** las limitaciones técnicas en optimización de recursos tienen menos relevancia en el aprovechamiento de avances tecnológicos.

Estos valores promedio se convierten en la base para las siguientes fases del análisis (ajustes y reescalado), asegurando que las estrategias estén fundamentadas en una evaluación objetiva y cuantitativa.

4.2.3.2 Ajustes con desviación estándar y Focus Group (Matriz 2).

A. Ajustes con desviación estándar

En esta fase, los resultados iniciales obtenidos en la **Matriz DAFO preliminar (Matriz 1)** fueron analizados y luego serán ajustados mediante técnicas estadísticas y un proceso colaborativo con expertos. El objetivo fue identificar y corregir posibles sesgos en las valoraciones asignadas por los expertos, asegurando una representación más consistente y fiable de las relaciones estratégicas.

Se realizó un análisis estadístico de las puntuaciones promedio obtenidas en la Matriz 1, calculando la desviación estándar para evaluar la dispersión de las valoraciones como indica en la tabla 3. En este contexto, las desviaciones superiores a 0,95 se consideraron indicativas de inconsistencias significativas o falta de consenso entre los expertos. Estas relaciones con alta variabilidad fueron seleccionadas para ser revisadas y ajustadas en colaboración con el panel experto durante el Focus Group.

Tabla 4. Panel delphi (Desviación estándar). Elaboración Propia

DESV.EST.	O1	O2	O3	O4	O5	A1	A2	A3	A4	A5
F1	0,8245	0,8245	0,5898	0,6653	0,7057	0,7305	0,5931	0,8341	0,9002	0,8341
F2	0,8689	1,1644	0,7674	0,5898	0,6381	0,7674	0,6887	0,8245	0,9367	0,9514
F3	0,8341	0,7278	0,6713	0,9346	0,6887	0,5728	0,5931	0,6503	0,8528	0,7928
F4	1,1051	0,4870	0,5108	0,5898	0,7648	0,5588	0,7674	0,8869	1,0215	0,8528
F5	0,8958	0,9493	0,6473	0,8869	0,7278	0,7570	1,1403	0,7168	0,8388	0,7928
D1	1,2761	0,8149	0,9409	0,9367	0,8643	0,9841	0,7385	0,7648	0,8779	0,9367
D2	1,1929	0,7359	0,4910	0,4705	0,6255	0,6564	0,9367	0,6473	0,8482	0,7570
D3	0,9367	0,9638	0,9154	1,0196	0,8341	0,5997	0,7057	0,9045	0,9197	0,6473
D4	0,8757	0,7057	0,6503	0,7057	0,7057	0,8482	0,9493	0,9002	0,8100	0,7777
D5	1,0407	1,1524	1,0539	1,0762	0,9740	0,8528	0,7674	0,7977	0,7570	0,8689



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



Tabla 5. Identificación de los valores alta variabilidad (desviación estándar).
Elaboración Propia

	01	02	03	04	05	A1	A2	A3	A4	A5
F1										
F2		1,1644								0,9514
F3										
F4	1,1051								1,0215	
F5							1,1403			
D1	1,2761					0,9841				
D2	1,1929									
D3		0,9638		1,0196						
D4										
D5	1,0407	1,1524	1,0539	1,0762	0,9740					

Las relaciones estratégicas identificadas con desviaciones estándar elevadas fueron las siguientes:

1. F4-O1: Un ecosistema robusto facilita la obtención de apoyo gubernamental y financiación para proyectos de metaverso.
2. D1-O1: El apoyo gubernamental y la financiación cubren los altos costos iniciales de implementar tecnologías del metaverso.
3. D2-O1: Los subsidios gubernamentales financian la investigación para superar las limitaciones técnicas en los puertos.
4. D5-O1: Los programas de adaptación laboral gubernamentales reducen los conflictos laborales y la resistencia al cambio.
5. F2-O2: Mejorar la eficiencia con tecnologías del metaverso proporciona una ventaja competitiva y ayuda a cumplir normativas ambientales.
6. D3-O2: Los beneficios en sostenibilidad ayudan a convencer a los trabajadores sobre la necesidad del cambio.
7. D5-O2: La mejora en competitividad y sostenibilidad crea un ambiente laboral más atractivo y reduce conflictos.
8. D5-O3: Las nuevas oportunidades laborales derivadas de la innovación reducen los conflictos laborales.
9. D3-O4: La financiación para cambio organizacional facilita la gestión de la resistencia al cambio en los empleados.
10. D5-O5: La optimización de recursos justifica cambios y, con una adecuada comunicación, reduce conflictos laborales.
11. D1-A1: Los altos costos iniciales pueden aumentar los riesgos de ciberseguridad y problemas de privacidad.
12. F5-A2: La visibilidad en tiempo real y la gestión efectiva de recursos aseguran que las inversiones tecnológicas no queden obsoletas rápidamente.



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



13. F4-A4: La fuerte colaboración y el desarrollo de soluciones internas pueden reducir la dependencia de proveedores tecnológicos externos.
14. F2-A5: La eficiencia operativa clara puede ayudar a convencer a los empleados y otros stakeholders de los beneficios de la adopción de nuevas tecnologías.
15. D5-O4: Las colaboraciones incluyen iniciativas que ayudan a gestionar conflictos laborales y resistencia al cambio.

B. Focus Group

El **focus group** desarrollado para este estudio estuvo compuesto por seis participantes seleccionados estratégicamente para garantizar una representación equilibrada y relevante en el análisis del potencial del metaverso como herramienta para mejorar la sostenibilidad portuaria. Este grupo incluyó dos representantes del sector público, dos del sector privado y dos académicos, asegurando una diversidad de perspectivas y conocimientos especializados en gestión portuaria y sostenibilidad.

- a) **Sector público:** Los representantes del ámbito gubernamental proporcionaron un enfoque centrado en políticas, regulaciones ambientales y prioridades públicas relacionadas con la sostenibilidad en los puertos. Su participación permitió abordar temas clave como la viabilidad regulatoria y las oportunidades de financiación pública para la adopción del metaverso.
- b) **Sector privado:** Los participantes provenientes de empresas portuarias compartieron su experiencia práctica en operaciones logísticas y la implementación de tecnologías innovadoras. Su perspectiva pragmática resultó fundamental para evaluar la factibilidad del metaverso como herramienta tecnológica y sus posibles beneficios económicos.
- c) **Sector académico:** Los investigadores aportaron un enfoque crítico y basado en evidencia, evaluando tanto las oportunidades como las limitaciones del metaverso en el contexto portuario. Este análisis reflexivo ayudó a identificar los impactos potenciales en la sostenibilidad y la gestión portuaria.

El número de participantes fue deliberadamente reducido a seis para facilitar una dinámica de discusión eficiente. Este tamaño permitió que cada miembro contribuyera de manera significativa, evitando la sobrecarga de información o la dominancia de opiniones, situaciones comunes en grupos más grandes. Además, este enfoque permitió profundizar en el análisis del metaverso, sus implicaciones

tecnológicas y su alineación con los objetivos de sostenibilidad portuaria. La literatura especializada en metodología de focus group recomienda un rango de 6 a 10 participantes para equilibrar representatividad y profundidad de análisis. La elección de seis integrantes no solo aseguró este balance, sino que también permitió un intercambio efectivo de ideas y la validación consensuada de los ajustes realizados a la Matriz DAFO inicial.

Las relaciones estratégicas con mayor desviación fueron sometidas a revisión durante el Focus Group. En total, se identificaron 15 relaciones que se identificó anteriormente que requerían ajustar debido a la variabilidad significativa en las puntuaciones. Este grupo proporcionó perspectivas clave que complementaron los datos estadísticos, permitiendo ajustar los valores de manera cuantitativa.

Tabla 6. Identificación de los cambios de variables a través del Focus Group (Media).
Elaboración Propia

MEDIA F-G	O1	O2	O3	O4	O5	A1	A2	A3	A4	A5
F1										
F2		4,00								4,00
F3										
F4	3,50								3,50	
F5							3,00			
D1	2,80					3,00				
D2	3,00									
D3		4,00		4,20						
D4										
D5	2,50	4,00	3,00	4,20	4,20					

Entre los cambios realizados en la tabla 5, se destacaron:

- ✓ F4-O1: El valor cambió de 3.70 a 3.50 para reflejar un consenso más bajo sobre la relevancia del ecosistema robusto en la obtención de apoyo gubernamental.
- ✓ D1-O1: Ajustado de 3.09 a 2.80, disminuyendo su relevancia como factor estratégico en la cobertura de costos iniciales.
- ✓ D2-O1: Cambiado de 3.17 a 3.00 para resaltar su peso moderado en la financiación de la investigación.
- ✓ D3-O4: Incrementado de 3.70 a 4.20, enfatizando la importancia de la financiación en la gestión del cambio organizacional.
- ✓ D5-O5: Modificado de 3.70 a 4.20, priorizando su relevancia en la justificación de cambios mediante optimización de recursos.

- ✓ F2-O2: Cambiado de 3.91 a 4.00 para reflejar el consenso del focus group sobre su importancia en mejorar la competitividad.
- ✓ F4-A4: Ajustado de 4.30 a 3.50, destacando una menor relevancia de la colaboración interna frente a proveedores externos.
- ✓ D5-A5: Incrementado de 3.70 a 4.00, destacando su papel en gestionar conflictos laborales relacionados con la adopción del metaverso.

La Matriz 2 presenta los valores promedios ajustados como resultado de los aportes del focus group. Las celdas destacadas representan las puntuaciones modificadas durante esta fase, alineando las percepciones iniciales con un enfoque más consensuado y estratégico. Estos ajustes se consideran fundamentales para garantizar la efectividad y la aplicabilidad de las estrategias derivadas.

Con estos cambios, la Matriz 2 como indica en la tabla 6, proporcionan una representación más precisa de las relaciones estratégicas, integrando tanto los datos estadísticos como el análisis cualitativo del focus group. La matriz final resultante será utilizada como base para priorizar y reescalar las estrategias en la siguiente fase del análisis.

Tabla 7. Matriz 2 actualizada con los nuevos valores (media). Elaboración Propia

Matriz 2	O1	O2	O3	O4	O5	A1	A2	A3	A4	A5
F1	3,96	4,04	4,57	4,52	4,04	4,52	4,48	4,17	4,09	4,17
F2	4,13	4,00	3,96	4,57	3,96	4,04	3,74	4,04	4,17	4,00
F3	4,17	4,43	4,22	3,65	4,26	4,35	4,52	4,17	4,00	4,09
F4	3,50	4,65	4,48	4,43	4,30	4,30	4,04	4,17	3,50	4,00
F5	3,57	4,09	4,35	3,83	4,43	4,13	3,00	4,17	3,61	3,91
D1	2,80	3,87	3,61	3,83	3,74	3,00	4,00	4,30	3,96	3,83
D2	3,00	4,22	4,17	4,70	4,13	4,39	4,17	4,35	3,91	4,13
D3	3,17	4,00	3,74	4,20	3,83	4,22	3,96	4,00	3,87	4,35
D4	3,70	3,96	4,17	4,04	3,96	3,91	3,91	3,91	3,74	4,17
D5	2,50	4,00	3,00	4,20	4,20	4,00	3,96	4,00	3,87	3,87

4.2.3.3 Reescalado lineal para DAFO final (Matriz 3).

La tercera y última etapa del análisis consistió en la elaboración de la Matriz DAFO final mediante un proceso de reescalado lineal. Este procedimiento permitió ajustar y normalizar los valores obtenidos en la Matriz 2, garantizando una interpretación más clara, objetiva y precisa de las relaciones estratégicas en el contexto portuario. El objetivo principal fue priorizar las estrategias identificadas, alineándolas con los recursos disponibles y los desafíos específicos del sector.

El reescalado lineal consistió en transformar las puntuaciones ajustadas a una escala uniforme de 1 al 5, manteniendo las proporciones relativas entre ellas. Este procedimiento garantiza que las estrategias derivadas sean consistentes y directamente comparables, eliminando cualquier sesgo derivado de diferencias absolutas en las puntuaciones originales.

$$x' = a + \frac{(x_i - x_{min})}{(x_{max} - x_{min})} \cdot (b - a)$$

Donde:

- x' : Valor reescalado
- x : Valor original de la matriz 2
- X_{min} : Valor mínimo en la Matriz 2
- X_{max} : Valor máximo en la Matriz 2
- $a = 1$: Limite inferior del nuevo rango
- $b = 5$: Limite superior del nuevo rango

El resultado de este proceso se refleja en la Matriz 3 como indica en la tabla 7, que muestra los valores reescalados de las relaciones estratégicas. Este ajuste permitió asignar una escala común, facilitando la identificación de las interacciones estratégicas más relevantes para el sector portuario.

Tabla 8. Matriz 3 reescalado línea (media). Elaboración Propia

Matriz 3	O1	O2	O3	O4	O5	A1	A2	A3	A4	A5
F1	3,65	3,80	4,76	4,67	3,80	4,67	4,60	4,04	3,89	4,04
F2	3,96	3,73	3,65	4,76	3,65	3,80	3,25	3,80	4,04	3,73
F3	4,04	4,51	4,13	3,09	4,20	4,36	4,67	4,04	3,73	3,89
F4	2,81	4,91	4,60	4,51	4,27	4,27	3,80	4,04	2,81	3,73
F5	2,95	3,89	4,36	3,41	4,51	3,96	1,91	4,04	3,02	3,56
D1	1,55	3,49	3,02	3,41	3,25	1,91	3,73	4,27	3,65	3,42
D2	1,91	4,13	4,04	5,00	3,96	4,44	4,04	4,36	3,56	3,96
D3	2,22	3,73	3,25	4,09	3,41	4,13	3,65	3,73	3,49	4,36
D4	3,18	3,65	4,04	3,80	3,65	3,56	3,56	3,56	3,25	4,04
D5	1,00	3,73	1,91	4,09	4,09	3,73	3,65	3,73	3,49	3,49

Posteriormente la Matriz 3 constituye el resultado final del análisis DAFO-CAME, tras la integración de ajustes estadísticos y la participación del focus group. Este reescalado permite priorizar las estrategias más relevantes y diseñar un marco de acción enfocado en maximizar el impacto del metaverso en la sostenibilidad portuaria. Las interacciones estratégicas más significativas pueden ahora ser utilizadas como guía para implementar medidas concretas, alineadas con los objetivos de transformación y sostenibilidad en el sector.



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



5. RESULTADOS OBTENIDOS Y ANÁLISIS DE DISCUSIÓN

Este capítulo presenta los resultados obtenidos a partir del análisis estratégico DAFO-CAME y el desarrollo de las estrategias clave. Los hallazgos se detallan en función de las matrices utilizadas y las puntuaciones finales, con un enfoque en la identificación y priorización de las estrategias propuestas.

5.1 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DAFO-CAME (matrices y puntuaciones finales).

El análisis DAFO-CAME permitió identificar las relaciones estratégicas más relevantes a través de un proceso sistemático que incluyó la creación de tres matrices principales. La Matriz Final (Matriz 3), obtenida mediante el reescalado lineal, consolidó los resultados del análisis estadístico y los ajustes realizados en las fases anteriores.

Tabla 9. Resultados DAFO numéricos (Panel Delphi). Elaboración Propia

	O1	O2	O3	O4	O5		A1	A2	A3	A4	A5		TOTAL
F1	3,65	3,80	4,76	4,67	3,80	20,68	4,67	4,60	4,04	3,89	4,04	21,24	41,92
F2	3,96	3,73	3,65	4,76	3,65	19,75	3,80	3,25	3,80	4,04	3,73	18,62	38,37
F3	4,04	4,51	4,13	3,09	4,20	19,97	4,36	4,67	4,04	3,73	3,89	20,69	40,66
F4	2,81	4,91	4,60	4,51	4,27	21,10	4,27	3,80	4,04	2,81	3,73	18,65	39,75
F5	2,95	3,89	4,36	3,41	4,51	19,12	3,96	1,91	4,04	3,02	3,56	16,49	35,61
	17,41	20,84	21,50	20,44	20,43	100,62	21,06	18,23	19,96	17,49	18,95	95,69	196,31
D1	1,55	3,49	3,02	3,41	3,25	14,72	1,91	3,73	4,27	3,65	3,42	16,98	31,70
D2	1,91	4,13	4,04	5,00	3,96	19,04	4,44	4,04	4,36	3,56	3,96	20,36	39,40
D3	2,22	3,73	3,25	4,09	3,41	16,70	4,13	3,65	3,73	3,49	4,36	19,36	36,06
D4	3,18	3,65	4,04	3,80	3,65	18,32	3,56	3,56	3,56	3,25	4,04	17,97	36,29
D5	1,00	3,73	1,91	4,09	4,09	14,82	3,73	3,65	3,73	3,49	3,49	18,09	32,91
	9,86	18,73	16,26	20,39	18,36	83,60	17,77	18,63	19,65	17,44	19,27	92,76	176,36
TOTAL	27,27	39,57	37,76	40,83	38,79	184,22	38,83	36,86	39,61	34,93	38,22	188,45	



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



Tabla 10. Ponderación del panel Delphi por cuadrante. Elaboración propia

CAME	01	02	03	04	05	A1	A2	A3	A4	A5
F1	100,62					95,69				
F2										
F3										
F4										
F5										
D1	83,60					92,76				
D2										
D3										
D4										
D5										

Los resultados obtenidos del análisis de la matriz CAME, organizados en los cuadrantes estratégicos, permiten identificar las principales líneas de acción para el sector portuario español. Cada cuadrante refleja una combinación de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, detalladas a continuación, y priorizadas según su relevancia estratégica. Estos resultados están plasmados en la Tabla 8.

El cuadrante de Estrategias ofensivas (FO), con una puntuación de 100.62 puntos, destaca como el más relevante, al resaltar la capacidad del sector portuario para aprovechar sus fortalezas internas, como la infraestructura tecnológica avanzada y la experiencia en sostenibilidad, en conjunto con oportunidades externas como la financiación público-privada y los avances tecnológicos en el metaverso. Este cuadrante propone estrategias orientadas al crecimiento y liderazgo tecnológico, como la implementación del metaverso en la logística portuaria para maximizar la eficiencia operativa y fortalecer la competitividad global.

Por otro lado, el cuadrante de Estrategias defensivas (FA), con 95.69 puntos, subraya la necesidad de utilizar las fortalezas internas para mitigar amenazas externas. Aquí se destacan acciones como el refuerzo de la ciberseguridad mediante la adopción de soluciones tecnológicas avanzadas, protegiendo así las operaciones portuarias frente a riesgos regulatorios y de ciberseguridad. Este enfoque busca consolidar la posición competitiva del sector en un entorno cambiante y desafiante.

En el caso del cuadrante de Estrategias adaptativas (DO), que obtuvo la puntuación más baja con 83.60 puntos, se identificó la necesidad de superar debilidades internas, como la dependencia de proveedores externos y la resistencia al cambio organizacional, para capitalizar las oportunidades del entorno. Las estrategias en este cuadrante incluyen fomentar la colaboración público-privada para financiar el desarrollo interno de



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



tecnologías y reducir la dependencia de terceros, así como promover programas de capacitación para fortalecer las capacidades técnicas del sector.

Finalmente, el cuadrante de Estrategias de supervivencia (DA), con 92.76 puntos, refleja la importancia de mitigar riesgos externos minimizando las debilidades internas. Este cuadrante sugiere estrategias como el desarrollo de programas de formación y comunicación interna para gestionar la resistencia al cambio organizacional y facilitar la transición hacia la adopción de tecnologías emergentes. Estas estrategias correctivas son esenciales para garantizar la estabilidad y sostenibilidad del sector frente a un entorno incierto.

En conjunto, las estrategias derivadas de estos cuadrantes ofrecen un marco estructurado y jerarquizado para guiar la transformación portuaria hacia un modelo más sostenible e innovador. Este análisis permite priorizar las acciones estratégicas más relevantes, facilitando la toma de decisiones alineadas con los objetivos de sostenibilidad y competitividad global del sector portuario español.

5.2 ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS

5.2.1 Estrategias ofensivas (F/O).

El cuadrante FO resalta la combinación de Fortalezas (F) y Oportunidades (O). Aquí se priorizan las fortalezas con las mayores contribuciones totales como se indica en la figura 20.

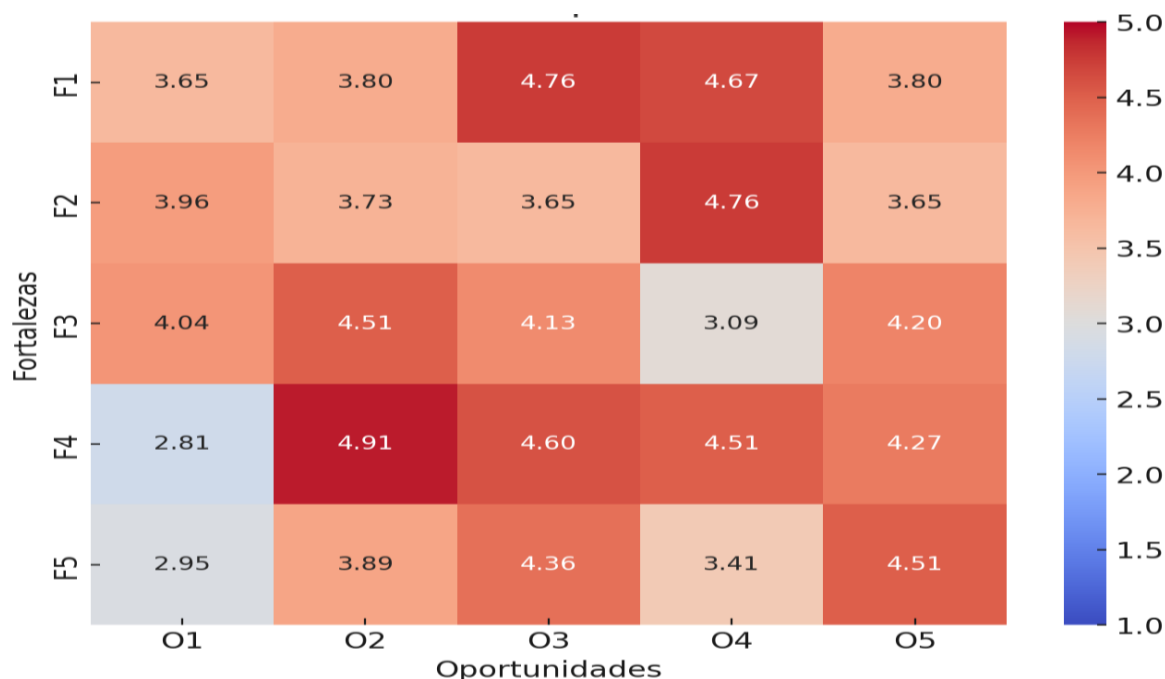


Figura N° 20. Cuadrante de Fortalezas vs oportunidades (media). Elaboración propia

Tabla 11. Jerarquización de estrategias del cuadrante (F/O). Elaboración propia

Fortalezas (F)	Suma total (O1-O5)	Observación
F4	21,10	Mayor impacto: destaca en O4 (4,91)
F1	20,68	Alta contribución en O3 (4,76) y O4 (4,67).
F3	19,97	Importante en O2 (4,51) y O3 (4,13).
F2	19,75	Contribución equilibrada en O4 (4,76).
F5	19,12	Impacto moderado en O5 (4,51) y O3 (4,36).

Prioridades Estratégicas para FO:

1. **F4-O4:** Se centra en fortalecer la capacitación y especialización del personal en tecnologías avanzadas mediante el acceso a financiación y colaboración público-privada, con el objetivo de optimizar procesos críticos y acelerar la implementación de proyectos innovadores en los puertos. Al aprovechar un ecosistema robusto de apoyo financiero y alianzas estratégicas, se facilita el desarrollo de programas de formación en tecnologías sostenibles, automatización y entornos virtuales, lo cual mejora la eficiencia operativa, reduce errores y posiciona a los puertos como referentes en innovación y sostenibilidad a nivel global. Esta combinación permite capitalizar oportunidades de desarrollo tecnológico, a la vez que fortalece y mantiene las capacidades humanas para adaptarse a la transformación digital del sector portuario.
2. **F1-O3:** Esta estrategia busca explotar la fortaleza de la infraestructura tecnológica sólida (F1) para aprovechar la oportunidad de innovación continua (O3), impulsando el desarrollo de plataformas digitales y servicios basados en el metaverso, la realidad virtual y la inteligencia artificial. La integración de estas tecnologías permitirá a los puertos españoles innovar en su gestión operativa, reducir costos y optimizar la gestión de recursos, mejorando la eficiencia operativa y posicionándolos como líderes en competitividad global e innovación tecnológica.
3. **F3-O2:** Esta estrategia busca capitalizar la adopción de tecnologías emergentes (F3) para aprovechar la oportunidad de desarrollar nuevos servicios y modelos de negocio (O2), enfocándose en la mejora de la formación mediante entornos

virtuales avanzados. La implementación de simuladores y plataformas de realidad virtual permitirá reducir errores operativos, fortalecer la seguridad en las operaciones portuarias y optimizar la capacitación del personal. Además, estas tecnologías facilitarán el cumplimiento de normativas ambientales cada vez más estrictas, contribuyendo a la sostenibilidad y posicionando a los puertos como líderes en innovación tecnológica y gestión responsable.

5.2.2 Estrategias defensivas (F/A).

En este cuadrante, se identifican Aquí se identifican Fortalezas (F) que pueden usarse como defensa ante Amenazas (A) como se indica en la figura 21.

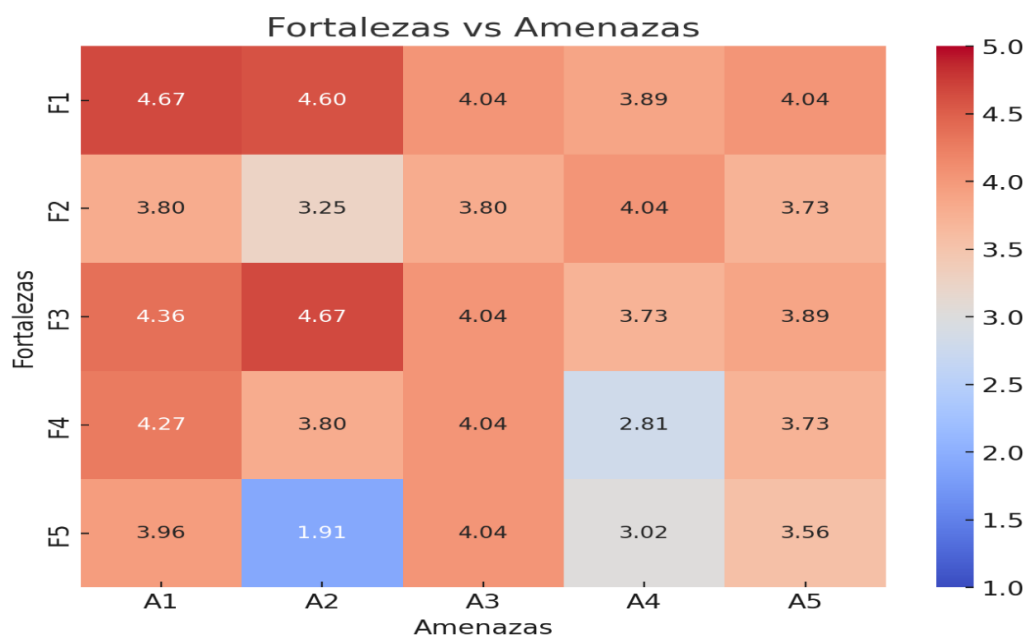


Figura N° 21. Cuadrante de Fortalezas vs Amenazas (media). Elaboración propia

Tabla 12. Jerarquización de estrategias del cuadrante (F/A). Elaboración propia

Fortalezas (F)	Suma total (A1-A5)	Observación
F1	21,24	Máxima contribución en A1 (4,67) y A2 (4,60) .
F3	20,69	Impacto en A2 (4,67) y A1 (4,36) .
F4	18,65	Relevancia en A1 (4,27) y A3 (4,04) .
F5	19,49	Clave defensiva en A3 (4,04) y A5 (3,56) .
F2	18,64	Menor impacto relativo, aunque relevante en A3 (3,80) .



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



Prioridades Estratégicas para FA:

1. **F1-A1:** Aprovechar la sólida infraestructura tecnológica existente (F1) para mitigar el riesgo competitivo global (A1) mediante la adopción de tecnologías emergentes y automatización avanzada. Esta estrategia se centra en modernizar las operaciones portuarias con herramientas innovadoras, como el metaverso y sistemas de inteligencia artificial, que permitan mejorar la eficiencia y la competitividad internacional. La implementación de estas tecnologías fortalecerá la posición de los puertos españoles frente a otros puertos globales, ofreciendo servicios más ágiles y sostenibles.
2. **F3-A2:** Utilizar la adopción avanzada de tecnologías emergentes y la colaboración público-privada (F3) para afrontar las restricciones impuestas por las regulaciones de la Unión Europea (A2). La estrategia consiste en desarrollar proyectos piloto que cumplan con los estándares regulatorios y promuevan la eficiencia operativa sostenible. Además, se propone trabajar con organismos reguladores y empresas tecnológicas para anticiparse a cambios normativos y adaptar las soluciones tecnológicas de manera proactiva, facilitando el cumplimiento sin retrasos operativos.
3. **F5-A2:** Maximizar la transparencia y visibilidad en tiempo real de las operaciones portuarias (F5) para asegurar el cumplimiento efectivo de las regulaciones ambientales y operativas (A2). La implementación de plataformas digitales y sistemas automatizados permitirá monitorear los procesos críticos y garantizar la conformidad con las normativas, al tiempo que optimiza la gestión de recursos. Esto no solo reducirá el riesgo de sanciones regulatorias, sino que también posicionará a los puertos como líderes en la adopción de prácticas sostenibles y alineadas con las normativas europeas.

5.2.3 Estrategias adaptativas (D/O).

En este cuadrante, se identifican las **Debilidades (D)** más críticas que pueden ser minimizadas al aprovechar oportunidades.

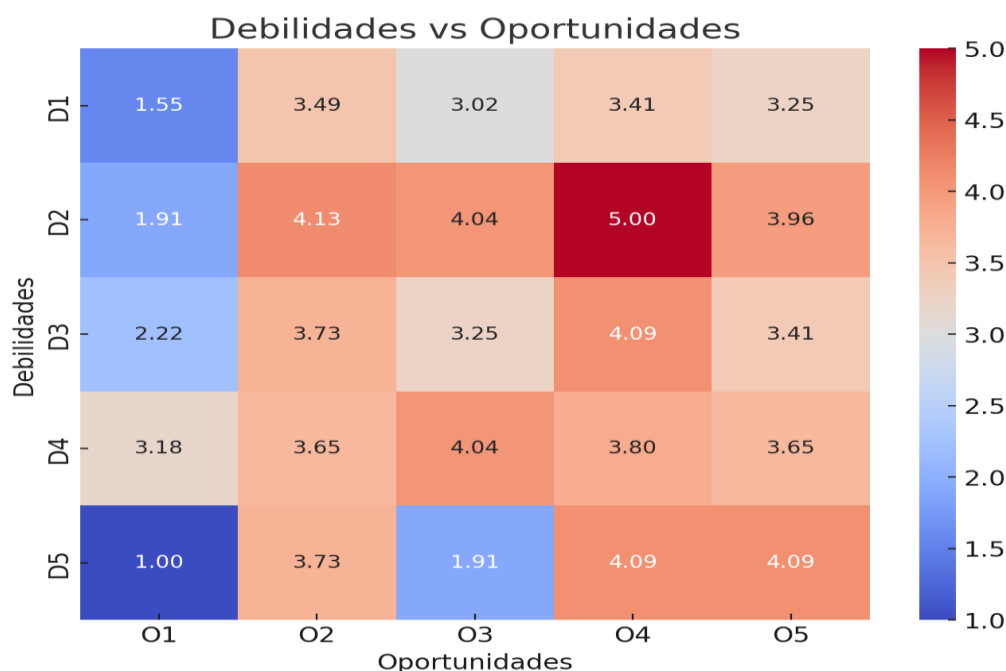


Figura N° 22. Cuadrante de Debilidades vs Oportunidades (media). Elaboración propia

Tabla 13. Jerarquización de estrategias del cuadrante (D/O). Elaboración propia

Debilidades (D)	Suma total (O1-O5)	Observación
D2	19.04	Destaca en O4 (5.00) y O2 (4.13) .
D4	18.32	Alta contribución en O3 (4.04) .
D3	16,7	Importante en O2 (3.73) y O4 (4.09) .
D1	15,72	Impacto moderado en O2 (3.49) y O4 (3.41) .
D5	14.82	Bajo impacto en comparación con otras debilidades.

Prioridades Estratégicas para DO:

- D2-O4:** Establecer alianzas estratégicas con empresas líderes en tecnología para acceder a conocimientos técnicos y soluciones innovadoras que permitan superar las limitaciones financieras (D2), enfocándose en proyectos tecnológicos específicos como la implementación del metaverso y sistemas digitales



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



avanzados. Estas colaboraciones, junto con la exploración de fuentes de financiación pública y privada, facilitarán la optimización de procesos operativos, la reducción de costos a largo plazo y asegurarán la viabilidad y sostenibilidad de las inversiones. Al aprovechar la alta puntuación de O4 (acceso a financiación y colaboración), los puertos fortalecerán su competitividad, capacidad de innovación y adopción eficiente de tecnologías emergentes, superando así las restricciones económicas actuales.

2. **D4-O3:** Implementar procesos de reestructuración y flexibilización operativa para reducir la rigidez de los sistemas actuales (D4), aprovechando la oportunidad que ofrece la innovación continua (O3). Esta estrategia se enfoca en adoptar herramientas tecnológicas avanzadas, como el metaverso y plataformas digitales de simulación, que facilitan la automatización y modernización de procesos. Al mismo tiempo, se propone establecer programas de capacitación continua para el personal, fomentando una mentalidad innovadora y adaptable al cambio, la rigidez operativa limita la capacidad de los puertos para adaptarse a los avances tecnológicos, y aprovechar la innovación continua permite transformar los procesos, haciendo más flexibles y eficientes. La integración de nuevas tecnologías y la capacitación del personal crearán un entorno dinámico y preparado para afrontar los desafíos del mercado global.
3. **D5-O1:** Implementar programas de formación y adaptación laboral enfocados en reducir la resistencia al cambio (D5), aprovechando la oportunidad de mejorar la competitividad global mediante la implementación del metaverso (O1). Esta estrategia se basa en capacitar al personal en nuevas tecnologías, promoviendo una cultura de innovación y destacando los beneficios del metaverso para optimizar operaciones y mejorar la eficiencia portuaria. La combinación de formación técnica y campañas de concienciación permitirá eliminar barreras culturales, facilitando la adopción tecnológica y posicionando a los puertos españoles como referentes globales en innovación y sostenibilidad.

5.2.4 Estrategias correctivas (D/A).

Este cuadrante identifica las Debilidades (D) que deben corregirse para minimizar el impacto de Amenazas (A).

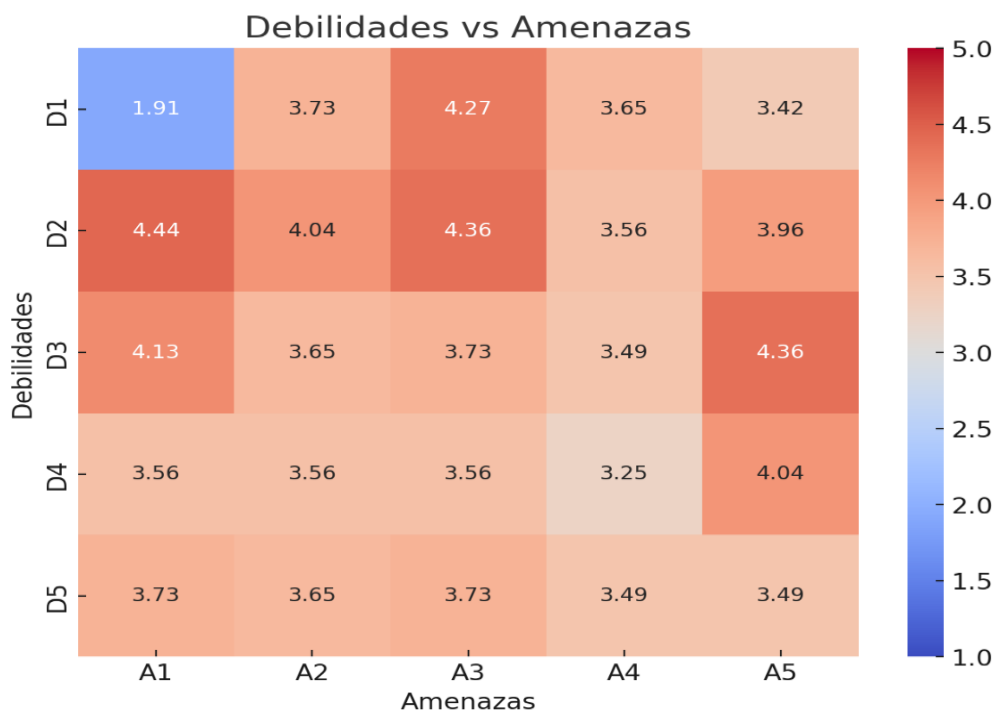


Figura N° 23. Cuadrante de Debilidades vs Oportunidades (media). Elaboración propia

Tabla 14. Jerarquización de estrategias del cuadrante (D/O). Elaboración propia

Debilidades (D)	Suma total (A1-A5)	Observación
D2	20,76	Máximo impacto en A1 (4.44) .
D3	19,36	Alta contribución en A4 (4.36) .
D5	18.09	Relevancia en A1 (3.73) y A3 (3.73) .
D4	17,97	Impacto moderado en A1 (3.56) , A2 (3.56) Y A3(3,56)
D1	16,98	Menor impacto en comparación con otras debilidades.



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



Prioridades Estratégicas para DA:

1. **D2-A1:** Establecer alianzas estratégicas con empresas especializadas en ciberseguridad y tecnología avanzada para superar las limitaciones financieras (D2) mientras se mitiga el riesgo de ciberseguridad (A1). La estrategia se enfoca en desarrollar soluciones tecnológicas robustas con bajo costo inicial mediante acuerdos de colaboración y acceso a financiamiento público-privado. Estas soluciones protegerán las operaciones portuarias de ciberataques y garantizarán la adopción segura del metaverso y otras tecnologías emergentes.
2. **D3-A4 :** Implementar programas de capacitación técnica continua y de gestión de riesgos para reducir la falta de habilidades técnicas (D3) y minimizar la dependencia excesiva de proveedores tecnológicos (A4). La estrategia incluye el desarrollo de competencias internas en ciberseguridad, automatización y mantenimiento tecnológico, permitiendo a los puertos gestionar y optimizar sus procesos sin depender exclusivamente de proveedores externos.
3. **D5-A3:** Desarrollar campañas de concienciación y formación intensiva para reducir la resistencia al cambio (D5) y enfrentar el riesgo de ciberataques (A3). La estrategia incluye programas de capacitación específicos en ciberseguridad y en la adopción segura de nuevas tecnologías, con simulaciones prácticas en entornos virtuales. Al incrementar la preparación del personal, se fortalecerá la seguridad digital y se reducirá la resistencia interna a la implementación de tecnologías avanzadas en los puertos.

Tabla 15. *Propuestas estratégicas prioritarias según el Análisis DAFO-CAME. Elaboración propia.*

Estrategia	Nivel	Descripción
F4-O4	Alta	Implementar programas de capacitación en tecnologías avanzadas, utilizando financiación y colaboración público-privada para optimizar procesos portuarios.
F1-O3	Media	Desarrollar plataformas digitales y servicios basados en el metaverso para mejorar la eficiencia operativa e innovación tecnológica en los puertos.
D2-O4	Alta	Crear alianzas estratégicas para superar limitaciones financieras y facilitar la adopción de tecnologías emergentes.
D4-O3	Media	Modernizar procesos portuarios mediante herramientas tecnológicas avanzadas y programas de capacitación continua.
F1-A1	Alta	Usar infraestructura tecnológica avanzada para mitigar riesgos globales y mejorar la competitividad internacional.

F3-A2	Media	Desarrollar proyectos piloto para cumplir con regulaciones europeas, aprovechando tecnologías emergentes y colaboraciones público-privadas.
D2-A1	Alta	Diseñar soluciones tecnológicas robustas para mitigar riesgos de ciberseguridad y superar restricciones financieras.
D3-A4	Media	Implementar programas de capacitación técnica para reducir la dependencia de proveedores y optimizar la gestión interna.

5.2.5 Cronograma de estrategias prioritarias

El cronograma presentado en la figura 24, es tentativo y corresponde a la etapa de planificación de las estrategias prioritario, distribuidas a lo largo de un período máximo de 26 meses. Cada barra en el gráfico representa una estrategia específica, y su longitud refleja la duración de su implementación en meses. Este diseño permite observar cómo se superponen y complementan las iniciativas, asegurando una ejecución progresiva y eficiente.

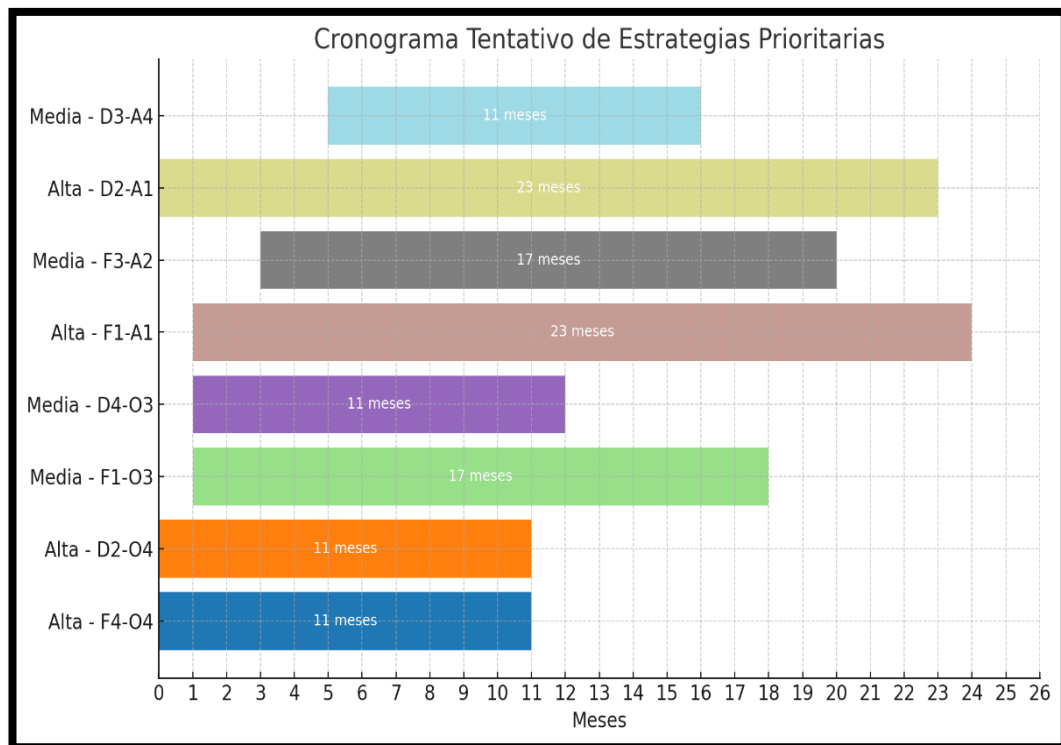


Figura N° 24. Cronograma de Estrategias prioritarias. *Elaboración propia*

Estrategias como F1-A1 y D2-A1, con duraciones de 23 meses, están justificadas por su enfoque en fortalecer la competitividad global mediante tecnologías emergentes y reforzar la ciberseguridad, lo que requiere planificación y adaptación tecnológica a largo plazo. De igual manera, la estrategia F1-O3, con 17 meses, prioriza la



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



innovación digital a través de plataformas tecnológicas como las tecnologías emergentes, una tarea compleja que demanda un tiempo considerable para integrar y capacitar a los equipos involucrados.

Por otro lado, las estrategias de menor duración, como D3-A4, F4-O4, D2-O4, y D4-O3, tienen una duración de 11 meses y están diseñadas para alcanzar resultados específicos como superar limitaciones financieras y flexibilizar operaciones. Esto permite obtener beneficios tangibles en el corto plazo mientras se sientan las bases para objetivos más ambiciosos.

El equilibrio entre estrategias de corto y mediano plazo asegura una asignación adecuada de recursos, la continuidad de las operaciones y el cumplimiento de los objetivos estratégicos. La escala temporal del cronograma también justifica que las iniciativas de mayor complejidad y alcance sean las que abarcan más tiempo, mientras que las de menor alcance están diseñadas para complementarlas y generar impacto rápidamente. Este enfoque garantiza una ejecución ordenada y alineada con los objetivos de innovación, sostenibilidad y competitividad global.

5.3 Justificación de ODS.

En la sección 2.4 se identificaron los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) más relevantes para la presente investigación, destacando su relación directa con las propuestas estratégicas para los puertos españoles. A continuación, se justifican las estrategias priorizadas según su alineación con los ODS.

Tabla 16. Estrategias Prioritarias y su Alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Elaboración propia

Estrategia	ODS Relacionados	Justificación
F4-O4	ODS 4, ODS 9, ODS 17	Capacitación en tecnologías avanzadas y colaboración público-privada para optimizar procesos portuarios.
F1-O3	ODS 8, ODS 9, ODS 12	Desarrollo de plataformas digitales y servicios en el metaverso para mejorar eficiencia e innovación.
D2-O4	ODS 9, ODS 17	Alianzas estratégicas para superar limitaciones financieras y adoptar tecnologías emergentes.
D4-O3	ODS 4, ODS 8, ODS 9	Modernización de procesos portuarios mediante herramientas tecnológicas y capacitación continua.
F1-A1	ODS 9, ODS 13	Uso de infraestructura tecnológica avanzada para mitigar riesgos globales y mejorar competitividad.
F3-A2	ODS 12, ODS 17	Proyectos piloto para cumplir regulaciones europeas y fortalecer alianzas público-privadas.
D2-A1	ODS 9, ODS 16	Diseño de soluciones para mitigar riesgos de ciberseguridad y superar restricciones financieras.
D3-A4	ODS 4, ODS 8, ODS 9	Capacitación técnica para reducir dependencia de proveedores y optimizar gestión interna.



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



El análisis estratégico de los puertos españoles se alinea directamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), integrando acciones específicas que potencian su implementación. En el marco del ODS 4 (Educación de calidad), estrategias como F4-O4 y D3-A4 destacan al priorizar la capacitación en tecnologías avanzadas y técnicas especializadas, promoviendo la formación del personal para enfrentar los desafíos tecnológicos del sector. Asimismo, el ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico) se refleja en estrategias como F1-O3 y D4-O3, que fomentan la creación de plataformas digitales e innovación tecnológica, mejorando la eficiencia operativa y generando empleo de calidad. Por su parte, el ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura) es transversal en estrategias como D2-O4, F1-A1 y D3-A4, que buscan modernizar infraestructuras, superar restricciones financieras y optimizar procesos mediante alianzas estratégicas y tecnologías emergentes.

Además, el ODS 12 (Producción y consumo responsables) se aborda en F1-O3 y F3-A2, al implementar soluciones tecnológicas sostenibles y regulaciones ambientales que minimizan el impacto negativo de las operaciones portuarias. El ODS 13 (Acción por el clima) es clave en F1-A1, al aprovechar infraestructuras tecnológicas avanzadas para mitigar riesgos climáticos globales, mejorando la sostenibilidad del sector. Finalmente, el ODS 16 (Paz, justicia e instituciones sólidas) se refleja en D2-A1, mediante el desarrollo de soluciones robustas que garantizan la seguridad operativa y fortalecen la resiliencia frente a riesgos cibernéticos. Este enfoque estratégico evidencia cómo la modernización portuaria no solo contribuye a la eficiencia operativa, sino que también impulsa el cumplimiento de los ODS, consolidando un modelo sostenible, inclusivo y competitivo.

6. CONCLUSIONES

Este capítulo reúne las conclusiones principales del estudio, estructuradas en función de cada uno de los objetivos específicos y del objetivo general planteados..

- ❖ Este estudio ha permitido desarrollar estrategias integrales que promueven la sostenibilidad de los puertos españoles mediante la adopción de tecnologías emergentes, energías renovables y soluciones innovadoras. La utilización de la metodología DAFO-CAME como herramienta de análisis y planificación estratégica ha demostrado ser efectiva para identificar las principales fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas del sector portuario. Estas estrategias no solo abordan las brechas operativas, tecnológicas y ambientales identificadas, sino que también posicionan a los puertos como líderes en sostenibilidad, competitividad y adaptación tecnológica, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



- ❖ Se identificaron importantes brechas en la infraestructura tecnológica, la capacitación del personal y la sostenibilidad operativa. Estas limitaciones incluyen la variabilidad en la calidad de la infraestructura entre puertos, la dependencia de proveedores externos para tecnologías avanzadas y la falta de formación técnica en el manejo de herramientas innovadoras. Sin embargo, el diagnóstico también resalta fortalezas significativas, como un ecosistema robusto de innovación, la experiencia en gestión sostenible y una infraestructura avanzada en algunos puertos, que ofrecen una base sólida para la transición hacia modelos más sostenibles e innovadores.
- ❖ El análisis DAFO-CAME permitió priorizar factores estratégicos clave que influyen en la sostenibilidad y competitividad de los puertos. Entre las fortalezas destacaron la infraestructura tecnológica avanzada y las alianzas público-privadas, mientras que las oportunidades incluyeron el acceso a financiación y la posibilidad de desarrollar nuevos modelos de negocio basados en tecnologías emergentes. Por otro lado, se identificaron amenazas como la creciente competencia internacional y riesgos asociados a la ciberseguridad, así como debilidades relacionadas con la rigidez operativa y la resistencia al cambio organizacional. Este enfoque permitió diseñar estrategias enfocadas en aprovechar las fortalezas y oportunidades, al tiempo que mitigan debilidades y amenazas.
- ❖ Las estrategias propuestas priorizan la integración de tecnologías emergentes, como el metaverso, y sistemas avanzados de digitalización. Entre las principales iniciativas destacan: la creación de programas de capacitación en tecnologías avanzadas (F4-O4), el desarrollo de plataformas digitales para optimizar procesos (F1-O3), y la implementación de alianzas estratégicas para superar limitaciones financieras (D2-O4). Estas estrategias no solo optimizan la eficiencia operativa y reducen impactos ambientales, sino que también fomentan la innovación, la colaboración público-privada y el fortalecimiento de capacidades internas. Este diseño estratégico promueve una transición efectiva hacia la sostenibilidad y competitividad del sector portuario.
- ❖ Alineación de las estrategias con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)
Las estrategias diseñadas están alineadas con los ODS, particularmente en metas relacionadas con trabajo decente y crecimiento económico (ODS 8), industria, innovación e infraestructura (ODS 9), acción climática (ODS 13) y alianzas para lograr los objetivos (ODS 17). Esta alineación asegura que las propuestas no solo atiendan las necesidades del sector portuario, sino que también contribuyan a las metas globales de sostenibilidad. La integración de tecnologías avanzadas y la promoción de alianzas estratégicas fortalecen la capacidad de los puertos para operar de manera eficiente, sostenible y resiliente frente a desafíos ambientales, económicos y tecnológicos.



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



7. RECOMENDACIONES

- ❖ Es crucial realizar un análisis económico detallado de las estrategias propuestas, evaluando los costos iniciales y los beneficios económicos y ambientales a largo plazo. Este análisis debe incluir un modelo financiero que calcule el retorno de inversión (ROI) de cada acción, justificando su implementación. También es importante identificar fuentes de financiación públicas y privadas, como fondos europeos, y establecer hitos económicos claros, esto permitirá priorizar acciones sostenibles y económicamente viables.
- ❖ Para garantizar una implementación efectiva, se recomienda diseñar un plan estratégico que integre cronogramas detallados y metas específicas. Este plan debe dividirse en fases claras, como diagnóstico, capacitación, implementación tecnológica y evaluación de resultados. Asimismo, es fundamental incluir hitos clave, como la ejecución de proyectos piloto, la formación de alianzas público-privadas y la reducción de emisiones. Un enfoque basado en indicadores de desempeño (KPIs) facilitará el monitoreo del progreso y permitirá realizar ajustes según sea necesario.
- ❖ La capacitación del personal portuario es esencial para garantizar el éxito en la adopción de tecnologías emergentes. Es recomendable desarrollar programas de formación especializados en herramientas avanzadas como el metaverso y la inteligencia artificial. Estos programas deben incluir talleres prácticos, simuladores virtuales y certificaciones profesionales. Además, se sugiere crear planes de carrera que incentiven la adaptación laboral. Una meta clave sería formar al menos al 70% del personal en un plazo de tres años, asegurando que estén preparados para manejar las nuevas tecnologías.
- ❖ Se recomienda promover estudios adicionales sobre tecnologías emergentes y su integración en los puertos españoles. Esto incluye explorar soluciones como el blockchain para la trazabilidad de la carga o el uso de energías renovables para reducir emisiones. Los proyectos piloto desempeñan un papel fundamental en este contexto, permitiendo evaluar la viabilidad técnica y operativa de estas tecnologías. Colaboraciones con instituciones internacionales y publicaciones académicas serán esenciales para posicionar a los puertos españoles como referentes en innovación tecnológica y sostenibilidad.



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



8. BIBLIOGRAFÍA

- Acciaro, M., Ghiara, H., & Cusano, M. I. (2014). Energy management in seaports: A new role for port authorities. *Energy Policy*, 71, 4–12. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.04.013>
- Alejandra González García, A., & Aquilino González García, J. (2022). Management of research project from industrial property training as a strategic solution. *Revista Cubana de Ciencias Económicas* •, 8(1).
- Andrusko Andrew, S. M. C. (2021). Minnesota Department of Transportation District 7 Freight Plan Working Paper 4: Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats (SWOT) Analysis. 1–101.
- Autoridad portuaria de barcelona. (2021). IV Plan Estratégico del Puerto de Barcelona: Visión del Puerto 2040.
- Autoridad Portuaria de Valencia. (2021). Memoria sostenibilidad 2021.
- Autoridad portuario bahia algeciras. (2022). Informe de Gestion 2022. 25–28.
- Berg, R., & De Langen, P. W. (2014). An exploratory analysis of the effects of modal split obligations in terminal concession contracts. In *Int. J. Shipping and Transport Logistics* (Vol. 6, Issue 6). <http://www.inlandlinks.eu>
- Cesar Lopez Ansorena. (2016). Investigaciones sobre indicadores y criterios de sostenibilidad en la integracion puerto-ciudad.
- Duan, H., Li, J., Fan, S., Lin, Z., Wu, X., & Cai, W. (2021). Metaverse for Social Good: A University Campus Prototype. *MM 2021 - Proceedings of the 29th ACM International Conference on Multimedia*, 153–161. <https://doi.org/10.1145/3474085.3479238>
- Gonzales Nicolleta - Vaca Javier - Camarero Alberto. (2023). Metarverse in Spanish Ports as a high impact solution. 145–163.
- Gonzalez-Aregall, M., & Bergqvist, R. (2020). Green port initiatives for a more sustainable port-city interaction: The case study of Barcelona. In *Maritime Transport and Regional Sustainability* (pp. 109–132). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819134-7.00007-1>
- Helms, M. M., & Nixon, J. (2010). Exploring SWOT analysis – where are we now? *Journal of Strategy and Management*, 3(3), 215–251. <https://doi.org/10.1108/17554251011064837>
- Jauhiainen, J. S., Krohn, C., & Junnila, J. (2023). Metaverse and Sustainability: Systematic Review of Scientific Publications until 2022 and Beyond. *Sustainability (Switzerland)*, 15(1). <https://doi.org/10.3390/su15010346>



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



- Jiang, X., Chen, Q., Zhang, J., & Chen, C. (2021). A SWOT-AHP method for the selection of strategies of smart port development. 6th International Conference on Transportation Information and Safety: New Infrastructure Construction for Better Transportation, ICTIS 2021, 191–200. <https://doi.org/10.1109/ICTIS54573.2021.9798649>
- Laas Bernd, D. J. (2024). Port Reference architecture- A port from a digital perspective. 1–6.
- Lam, J. S. L., & Notteboom, T. (2014). The Greening of Ports: A Comparison of Port Management Tools Used by Leading Ports in Asia and Europe. In *Transport Reviews* (Vol. 34, Issue 2, pp. 169–189). Routledge. <https://doi.org/10.1080/01441647.2014.891162>
- Laxe, F. G., Bermúdez, F. M., Palmero, F. M., & Novo-Corti, I. (2016). Sustainability and the Spanish port system. Analysis of the relationship between economic and environmental indicators. *Marine Pollution Bulletin*, 113(1–2), 232–239. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.09.022>
- Laxe, F. G., Bermúdez, F. M., Palmero, F. M., & Novo-Corti, I. (2017). Assessment of port sustainability through synthetic indexes. Application to the Spanish case. *Marine Pollution Bulletin*, 119(1), 220–225. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.03.064>
- Lim, M. K., Steen, M., & Lund, B. (2020). Joint Foreword by MPA and SSA Chief Technology Officer Maritime and Port Authority of Singapore.
- Molina Serrano, B., González-Cancelas, N., Soler-Flores, F., Awad-Nuñez, S., & Camarero Orive, A. (2018). Use of Bayesian Networks to Analyze Port Variables in Order to Make Sustainable Planning and Management Decision. *Logistics*, 2(1), 5. <https://doi.org/10.3390/logistics2010005>
- Molina Serrano, B., González-Cancelas, N., Soler-Flores, F., & Camarero-Orive, A. (2018). Classification and prediction of port variables using Bayesian Networks. *Transport Policy*, 67, 57–66. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2017.07.013>
- Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Nueva York: Naciones Unidas.
- Nicoletta Gonzalez, J. V. C. A. C. O. (2023). Metaverse in Spanish ports as a high impact solution. 1–19.
- Nogueira Rivera, D., Medina León, A., Esther Medina Nogueira, Y., El Assafiri Ojeda, Y., Rivera, N., León, M., Nogueira, M., & Ojeda, A. (2024). Matriz Dafo y analisis came, herramientas de control de gestion: caso aplicacion. 26, 34–45. <https://orcid.org/0000-0002-0198-852X>
- Orive, A. C., Ignacio, J., Santiago, P., & Orive, A. C. (2020). METHODOLOGY BASED ON A SWOT-DELPHY-CAME ANALYSIS FOR THE EVALUATION OF AUTOMATED CONTAINER TERMINALS IN PORTS. 41–46. <https://doi.org/10.7508/aiem.01.2020.41.46>



Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



- Parola, F., Satta, G., & Caschili, S. (2014). Unveiling co-operative networks and ‘hidden families’ in the container port industry. *Maritime Policy & Management*, 41(4), 384–404. <https://doi.org/10.1080/03088839.2013.782442>
- Parra-Santiago, J. I., Camarero-Orive, A., & Fañanás-Díaz, M. A. (2020). Valorization of logistics infrastructures using the SWOT-Delphi-CAME methodology. The case of the Albacete railway logistics platform INGENIERÍA CIVIL. *Ingeniería y Competitividad*, 23(1), 1–15. <https://doi.org/10.25100/iyc.23i1.9006>
- Párraga, M., González-Cancelas, N., & Soler-Flores, F. (2016). Estrategia de planificación del puerto de aguas profundas de la ciudad de Manta: inclusión de metodología DaDED (dafo-delphi-estadística descriptiva). *Revista Transporte y Territorio*, (14), 39–60.
- Peris-Mora, E., Orejas, J. M. D., Subirats, A., Ibáñez, S., & Alvarez, P. (2005). Development of a system of indicators for sustainable port management. *Marine Pollution Bulletin*, 50(12), 1649–1660. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2005.06.048>
- Ponce Talancón, H., & Santo Tomás, U. (2007). LA MATRIZ FODA: ALTERNATIVA DE DIAGNÓSTICO Y DETERMINACIÓN DE ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN EN DIVERSAS ORGANIZACIONES Matrix SWOT: An alternative for diagnosing and determining intervention strategies in organizations (Vol. 12).
- Port de Barcelona. (2023). Digitalización. <https://www.portdebarcelona.cat/ca/Negoci-i-Serveis/El-Port-Del-Futur/Digitalitzacio>.
- Puertos del estado. (2019). Memoria de sostenibilidad del sistema portuario. 15–129.
- Puertos del estado. (2022). Marco estrategico del sistema Portuario 99–105.
- Serrano, B. M., González-Cancelas, N., & Soler-Flores, F. (2018). Gestión de la sostenibilidad portuaria basada en un modelo de redes bayesianas. Aplicación al sistema portuario español Port sustainability management based on a Bayesian network model Application to the spanish port system. In *Revista chilena de ingeniería* (Vol. 26).
- Shinno, H., Yoshioka, H., Marpaung, S., & Hachiga, S. (2006). Quantitative SWOT analysis on global competitiveness of machine tool industry. *Journal of Engineering Design*, 17(3), 251–258. <https://doi.org/10.1080/09544820500275180>
- Wang, X., Wu, P., & Huang, T. (2018). Analysis of Logistic Strategy based on SWOT and AHP Methods.
- SENAMHI. (2022). *INVENTARIO DE DATOS DE EVENTOS DE INUNDACIONES DEL PERÚ*. Lima: Ministerio del Ambiente.
- Villón, M. (2002). *Hidrología*. Lima: Editorial Villón.
- Villón, M. (2002). *Hidrología. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Facultad de Ingeniería Agrícola*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/erickmainar/hidrologia-ingmximo-villn-53473898>



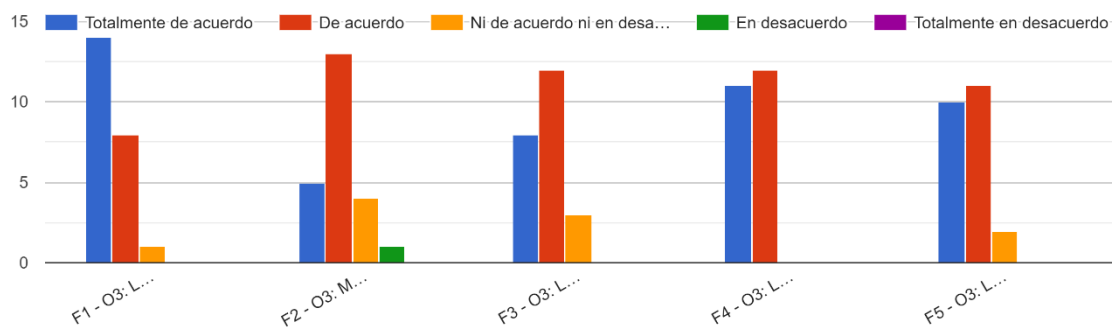
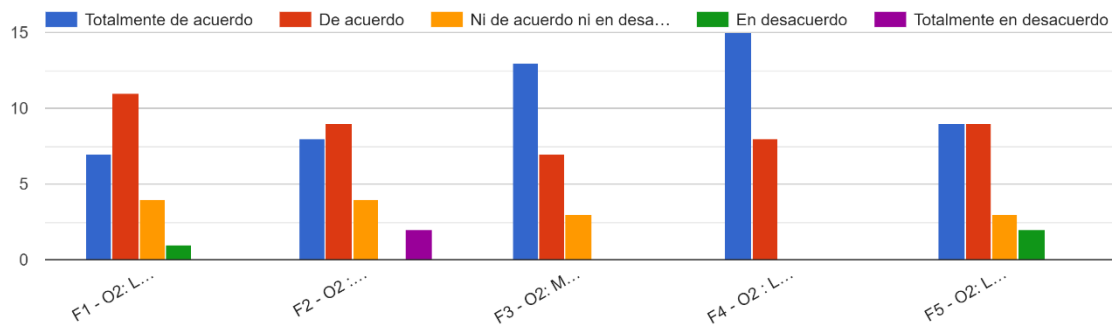
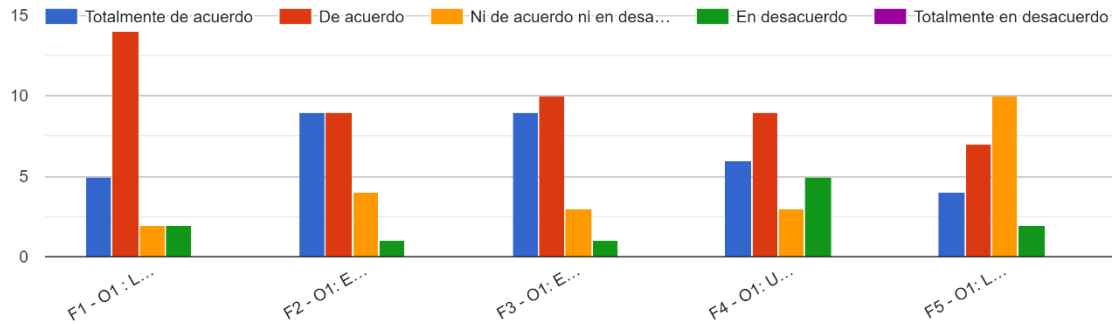
Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes

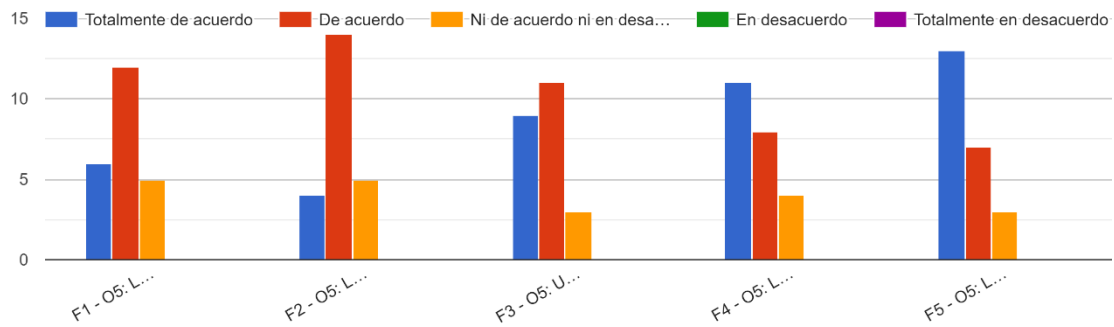
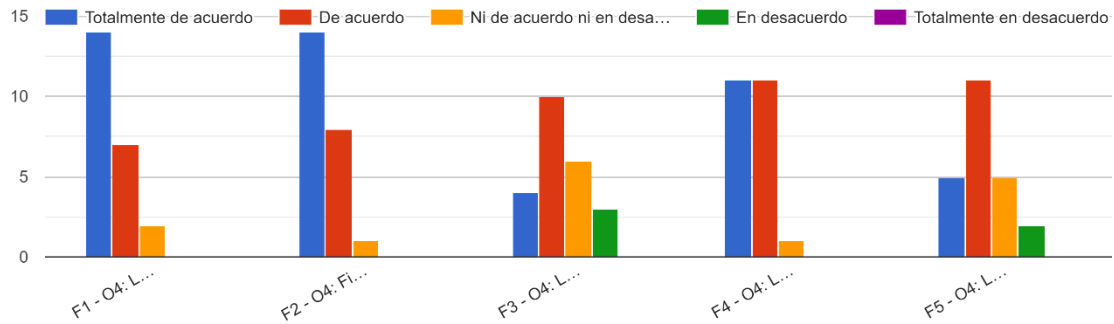


UNCTAD. (2021). Port management series: Integrating the SDGs in port development strategies.

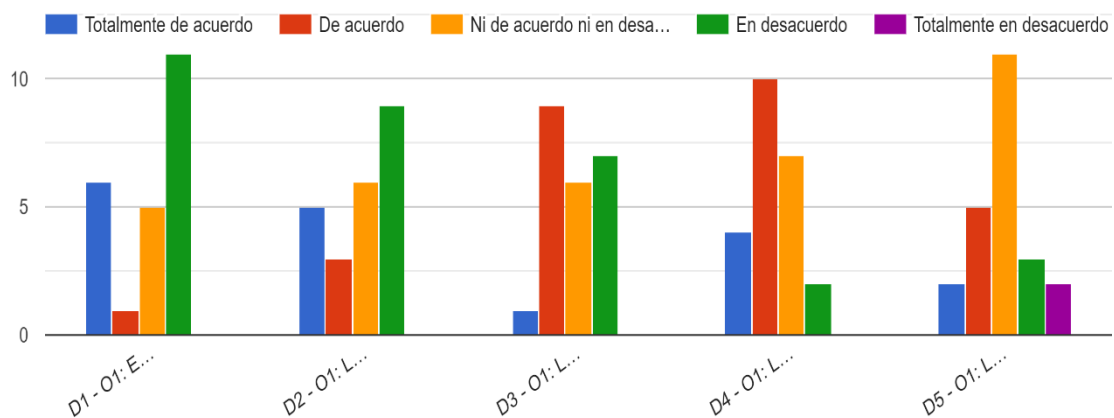
9. ANEJOS

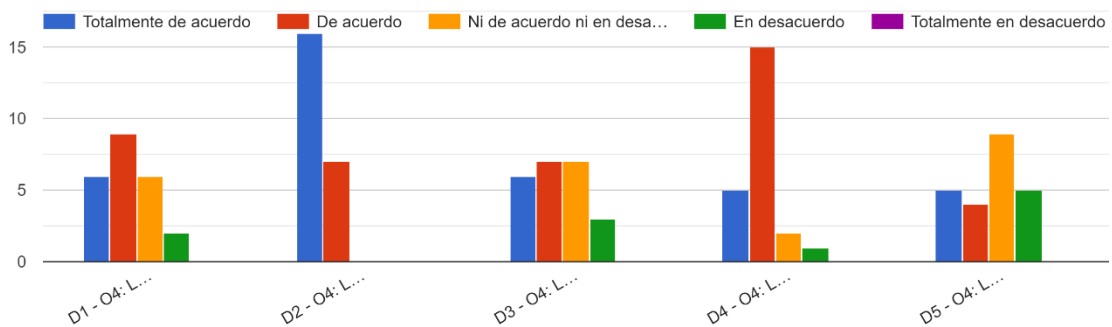
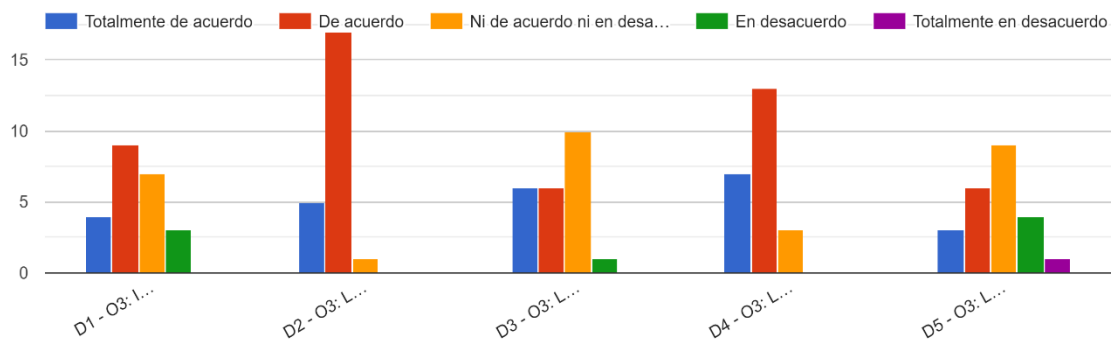
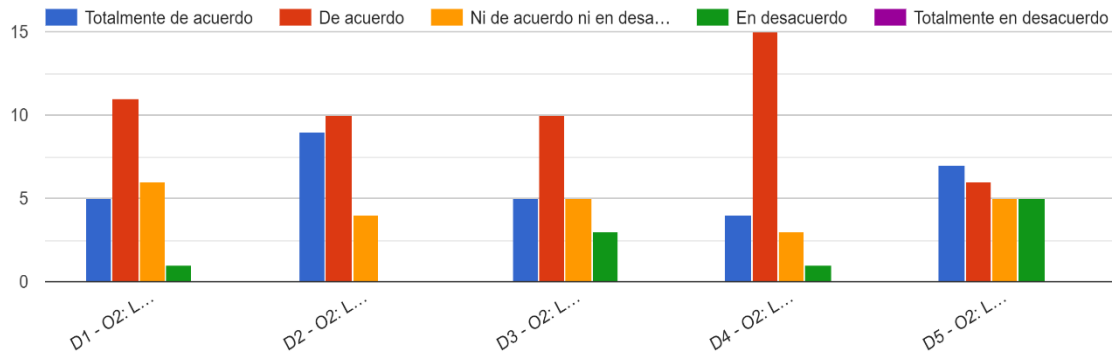
CUADRANTE OFENSIVO (F/O)

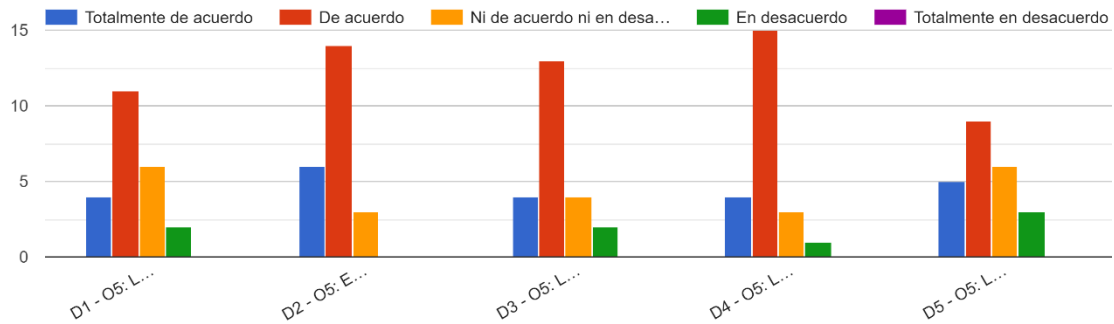




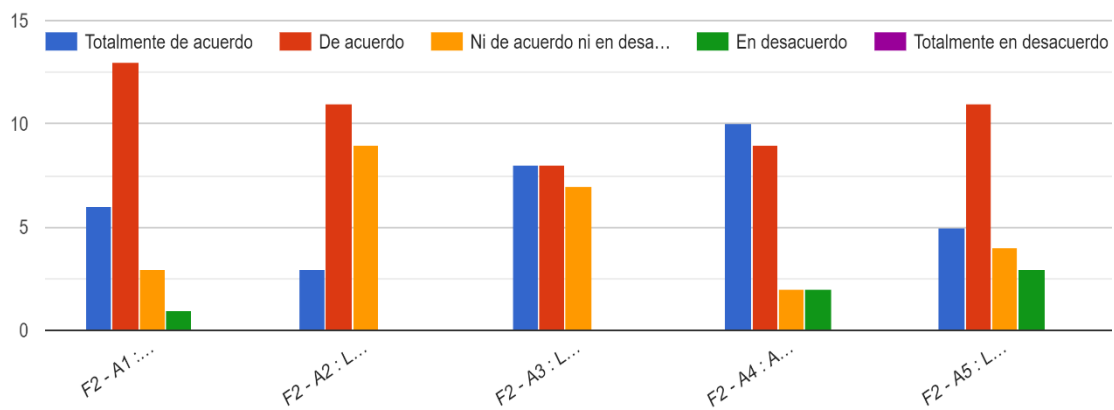
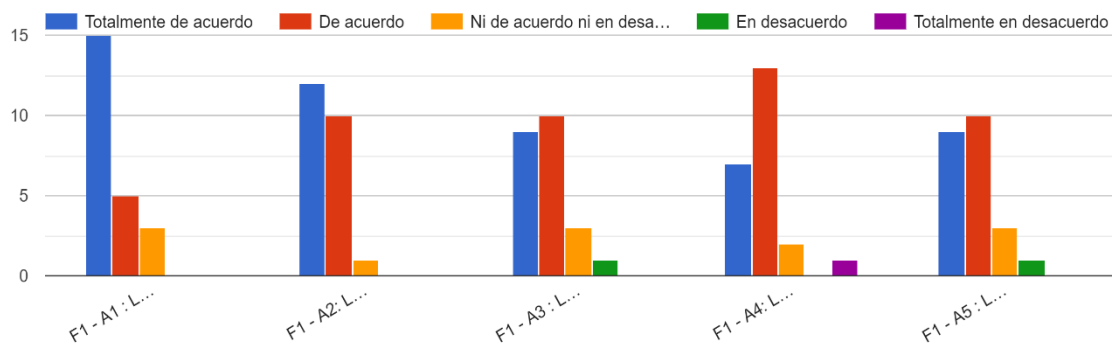
CUADRANTE ADAPTATIVO (D/O)

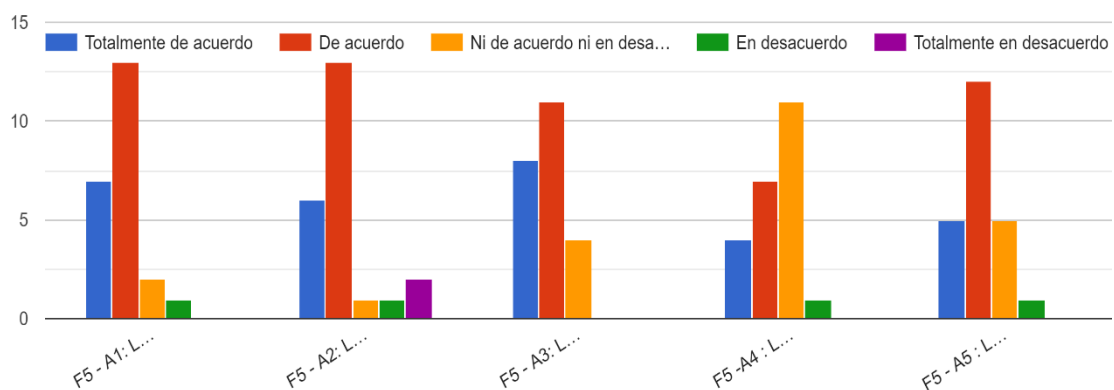
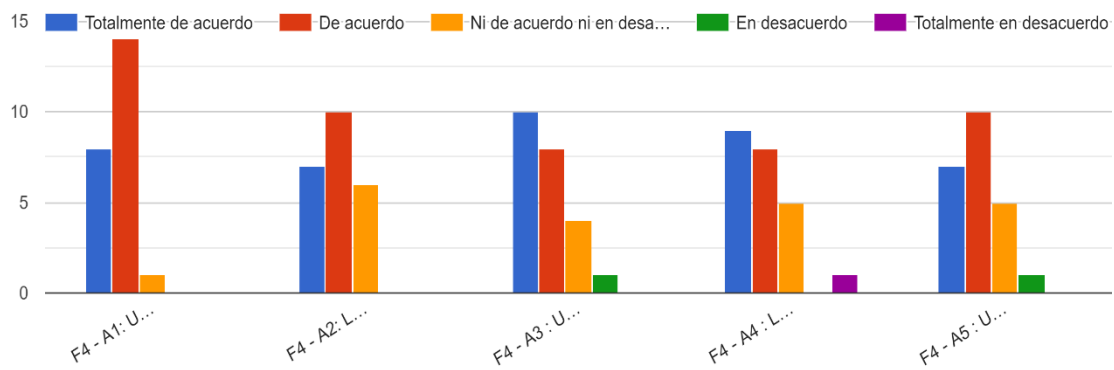
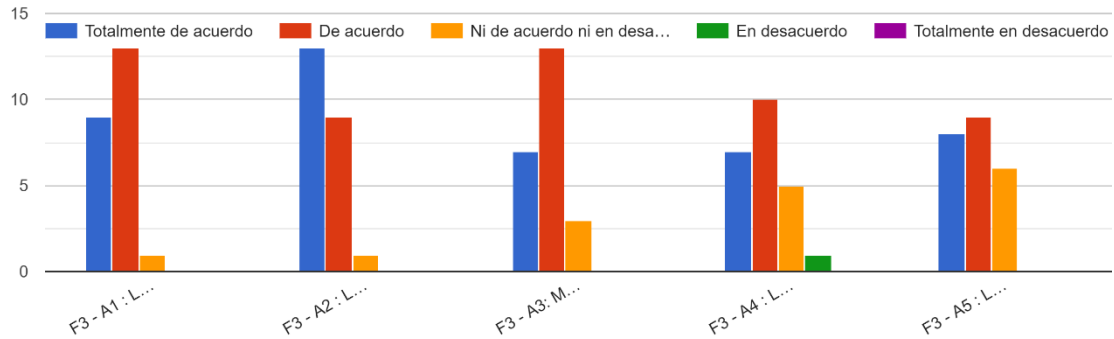






CUADRANTE DEFENSIVAS (F/A)



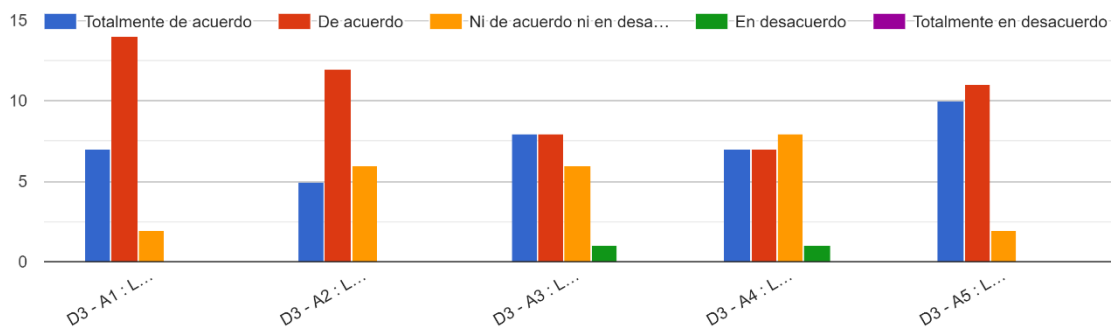
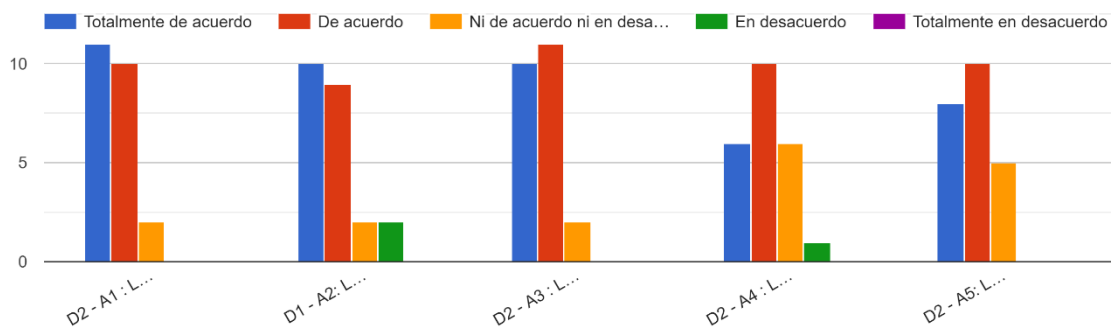




Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes



CUADRANTE CORRECTIVAS (D/A)





Análisis estratégico para la sostenibilidad de puertos mediante tecnologías emergentes

