



RIDAA
Repositorio Institucional
Digital de Acceso Abierto de la
Universidad Nacional de Quilmes



Universidad
Nacional
de Quilmes

Giannico, Fernando Ariel

Análisis exploratorio sobre puertos inteligentes. Un estudio del Puerto de Rosario



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Argentina.
Atribución - No Comercial - Sin Obra Derivada 2.5
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ar/>

Documento descargado de RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes de la Universidad Nacional de Quilmes

Cita recomendada:

Giannico, F. A. (2024). *Análisis exploratorio sobre puertos inteligentes. Un estudio del Puerto de Rosario. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, Argentina. Disponible en RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes*
<http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/4288>

Puede encontrar éste y otros documentos en: <https://ridaa.unq.edu.ar>

Análisis Exploratorio sobre Puertos Inteligentes. Un Estudio del Puerto de Rosario

TESIS DE MAESTRÍA

Fernando Ariel Giannico

fernando.giannico@gmail.com

Resumen

Este trabajo proporciona una revisión literaria respecto a los métodos utilizados para evaluar el estado de desarrollo de un puerto inteligente. Se efectúan dos comparaciones utilizando métodos comparativos diferentes de puertos inteligentes, entre las operaciones de las terminales de contenedores del Puerto de Rotterdam y el Puerto de Rosario. Evaluando la factibilidad de utilización de estas técnicas en puerto de menor volumen de operación como el de Rosario, mencionando además las oportunidades de mejoras. Finalmente se analiza si existe relación entre inversiones en los puertos y su eficiencia operativa.

Palabras Clave: Puertos Inteligentes, Índice de Puertos Inteligentes, Indicadores Claves de Performance; Automatización, Digitalización, Terminales Contenedores, Inversiones en Puertos.

Nota

Este trabajo constituye el trabajo final de la Maestría en Comercio y Negocios Internacionales de la Universidad Nacional de Quilmes (UNQ) realizada bajo la dirección del Mg. Ing. Pablo Salvático y la Codirección del Mg. Lic. Leandro Martin. El autor agradece inconmensurablemente su apoyo, como también al docente del taller de tesis Dr. Néstor Le Clech. Los errores u omisiones son de mi exclusiva responsabilidad.



Universidad
Nacional
de Quilmes

Maestría en Comercio y Negocios Internacionales

TRABAJO FINAL DE MAESTRÍA

TÍTULO

Análisis Exploratorio sobre Puertos Inteligentes. Un Estudio del Puerto de Rosario

Maestrando: Giannico Fernando Ariel.

Fecha entrega: 25 de Julio 2023

Contenido

1.	Planteamiento del Problema y Justificación.....	1
2.	Limitaciones.....	2
3.	Objetivos de la Investigación.....	3
3.1	Objetivos Generales	3
3.2	Objetivos Específicos	3
4.	Revisión de la Literatura.....	4
5.	Hipótesis	10
6.	Metodología.....	10
7.	Puertos Bajo Estudio.....	19
7.1	Puerto de Rotterdam.....	19
7.2	Puerto de Rosario	23
8.	Análisis	25
8.1	Primer Análisis Comparativo	25
8.2	Oportunidades De Mejora - Primera Comparativa	45
8.3	Segundo Análisis Comparativo.....	47
8.4	Oportunidades De Mejora - Segunda Comparativa	69
8.5	Relación Eficiencia Versus Inversiones	71
9.	Conclusiones	78
10.	Referencias	84
11.	Anexo Tabla Abreviaciones.....	91

1. Planteamiento del Problema y Justificación.

Los puertos siempre han sido un importante aspecto del comercio debido a la facilidad de accesos a través de los océanos al resto del mundo y al eficiente costo de la navegación (Alexandersson & Norström, 1964). Según el reporte de la UNCTAD (2019) la columna vertebral del comercio internacional y de las cadenas de suministro sigue siendo el transporte marítimo, donde más del 80% del comercio mundial de mercancías se realiza por mar.

Asimismo, la competitividad comercial de los países está determinada en gran medida por el desempeño de sus sistemas de transporte marítimo y de infraestructura (Valentine, Benamara & Hoffmann, 2013). Tener un puerto que funcione bien puede ser una gran ventaja competitiva en el mercado global, donde las empresas en la región aledaña al puerto obtienen acceso a un modo de transporte económico y de fácil acceso al mundo (Talley, 2012). Los argumentos presentados sustentan la importancia de poseer puertos eficientes tanto sea para naciones o regiones.

El incremento en el comercio global ha presionado a la industria marítima a adaptarse para ofrecer servicios más eficientes. Con este objetivo, los puertos necesitan mejorar la interconexión y simplificar las comunicaciones entre los diferentes actores que componen el sistema (Douaioui, Fri & Mabrouki, 2018). En este punto la utilización de nuevas tecnologías es la clave, caracterizándose por la conectividad de la información en sus procesos, la optimización permanente de tiempos o recursos y una necesidad permanente de inversión en innovación.

Por otro lado, el incremento en la contenerización y su estandarización han sido componentes claves en el desarrollo de puertos. La unitarización de cargas que esto representa permite transportar las mismas por mar, rieles o rutas (Hlali & Hammami, 2019). Según UNCTAD (2019) el comercio marítimo internacional de contenedores alcanzó en el 2018 el 24 % de la carga transportada global.

En este contexto, las ineficiencias provenientes de las actividades portuarias no pueden pasarse por alto, estando inmersa en un mercado cada vez más competitivo. Una inteligente

utilización del uso de nuevas tecnologías digitales implicaría mejorar la competitividad, reducir las ineficiencias y a su vez, mejorar la sustentabilidad. La tendencia global hacia la modernización de los puertos se centra en el concepto de puertos inteligentes o “smart ports” en inglés. Estos puertos se caracterizan por disponer de una fuerza de trabajo capacitada, por compartir el conocimiento, por optimizar la operación y por tener una mentalidad sustentable (Molavi, Lim & Race, 2019).

El presente trabajo se basará en el enfoque aportado por Berlin & Eriksson (2020) sobre su trabajo de Tesis denominado “Marco de Referencia de Puertos Inteligentes: Un estudio del Puerto de Gotemburgo”, donde se pretende determinar el estado de desarrollo del puerto de Rosario a través de un análisis comparativo con el Puerto de Rotterdam, utilizando métodos de evaluación de puertos inteligentes. También se propone evaluar la posibilidad de utilizar el índice normalizado desarrollado por Molavi et al. (2019) para medir el estado de desarrollo de puertos inteligentes. Finalmente, interesa analizar si existe relación entre la aplicación de nuevas tecnologías en los puertos y su eficiencia operativa.

2. Limitaciones

Sólo se considerarán las Terminales Portuarias de Contenedores en los puertos bajo estudio, utilizando como referencia estándar para las mediciones los contenedores de veinte pies (Twenty Foot Equivalent Unit TEU). Por otro lado, no se investigará las externalidades positivas ni negativas de lo que implicaría la transformación del Puerto de Rosario a un puerto inteligente y como impactaría en su entorno.

Respecto a la información obtenida del Puerto de Rosario, los datos son obtenidos a través de la información oficial del ENAPRO (Ente Administrador Puerto Rosario). Al principio de la elaboración de la tesis, desde la presidencia de la Autoridad se estaba abierto a una encuesta semi estructurada sobre los parámetros a evaluar, pero por razones desconocidas una vez que se presentó la temática y se explicó el alcance del trabajo, se perdió todo tipo de contacto con la entidad. Por lo tanto, la información analizada fue obtenida directamente de su sitio oficial o vinculado a la empresa que dirige la terminal. En cuanto al Puerto de Rotterdam, la

información fue obtenida directamente de sus reportes oficiales desde su sitio web, de manera similar a investigaciones previas consideradas de referencia.

Respecto a los parámetros utilizados, cabe señalar que unos de los estudios más referenciados en la temática como el de Molavi et al. (2019), se ha utilizado un total de 88 indicadores para medir la eficiencia de los puertos comparados. Mientras que en nuestro análisis se utilizaron un total de 13 indicadores, igual cantidad que los utilizados por la primera comparativa adoptada como tesis de referencia (Berlin et al., 2020). Dejando otros parámetros fuera de nuestra evaluación, indicando que el análisis efectuado es del tipo general y no un análisis en profundidad, sino una visión general de cómo se integra este concepto.

3. Objetivos de la Investigación

3.1 Objetivos Generales

Analizar los resultados de la comparación del Puerto de Rosario respecto al Puerto de Rotterdam, a través de una comparativa de los pilares y parámetros seleccionados que evalúan el desarrollo de puertos inteligentes. Además, determinar la factibilidad de utilización de estas dimensiones en puertos de menor volúmenes de operación como el de Rosario, y detectar oportunidades de mejoras. Finalmente determinar si existe relación directa entre la utilización de nuevas tecnologías en los puertos respecto al incremento en la eficiencia operativa.

3.2 Objetivos Específicos

- Profundizar en la revisión de la literatura respecto a los distintos métodos utilizados para evaluar el estado de desarrollo de un puerto inteligente.
- Analizar la información oficial del Puerto de Rotterdam para determinar los valores cuantitativos de los parámetros que evalúan los pilares propuestos. Y verificar que el mismo tipo de variables puedan ser conseguidas en el Puerto de Rosario.
- Efectuar la comparación de los parámetros seleccionados para cada pilar de evaluación entre los puertos de Rosario y Rotterdam.

- Determinar la factibilidad del uso de estas dimensiones de comparación en puertos de menor volumen de operación como el de Rosario, y mencionar las oportunidades de mejoras.
- Finalmente, analizar si existe relación entre las aplicaciones de nuevas tecnologías en los puertos y su eficiencia operativa obtenida de los informes oficiales.

4. Revisión de la Literatura

Los puertos han ido evolucionando a través de su historia, previo a los años de 1960 son considerados como puertos aislados o de primera generación donde actuaban como interfaces de operación de transportes terrestres y marítimos. Luego en los años 60 son llamados puertos expandidos de segunda generación, centrándose en prestar servicios a actividades comerciales e industriales. A partir de los años 80, evolucionan a puertos contenedores de tercera generación debido a la globalización de los contenedores y al intermodalismo. Luego, en los años 90 pasan a ser puertos integrados de cuarta generación debido a mejoras en la facilitación del comercio internacional y los avances en las tecnologías. Desde el año 2010 a la actualidad, se han desarrollado hacia el concepto de puertos inteligentes “smart ports” o de quinta generación (Molavi et al., 2019).

Respecto a las definiciones de puertos inteligentes, disponemos de diferentes autores. Según González-Cancelas, Molina Serrano, Soler Flores & Camarero-Orive (2020) el concepto de puerto inteligente tiene como objetivo adoptar tecnologías de información moderna para mejorar la planificación y la gestión dentro y entre puertos. Otra definición de puertos inteligentes es la realizada por González, González-Cancelas, Molina Serrano & Camarero Orive (2020) como aquellos basados en el uso de nuevas tecnologías para transformar los servicios portuarios en interactivos y dinámicos, siendo más transparentes y eficientes. Además, como pilar fundamental se encuentra el concepto de sustentabilidad, que incluye desde el cuidado medioambiental hasta la orientación, tanto de las ciudades donde son emplazados como a sus ciudadanos, proveyendo espacios de calidad y servicios.

Siguiendo con los conceptos de puertos inteligentes, otro aspecto importante que se menciona es referido al campo económico, donde una mayor eficiencia de las operaciones logísticas tiene un gran impacto sobre el precio final de los productos, trasladándolo a un mejorado margen de ganancias. Autores como Riedl, Delencios & Rasmussen (2018) describieron un puerto inteligente como un entorno basado en la digitalización en que la cooperación entre los agentes de todo el ecosistema portuario es de vital importancia, conformando un sistema de múltiples partes interesadas con objetivos de ser más productivos, eficientes y competitivos mediante la mejora de las operaciones sin necesidad de grandes mejoras de infraestructuras.

A la denominación de puertos inteligentes también se los suele denominar en la bibliografía académica Puertos 4.0 (Ports 4.0), donde se aplica un concepto homólogo aplicado a la industria denominada Industria 4.0 (introducido por primera vez en la ceremonia de apertura en la feria de Hannover año 2011). Muchas de las herramientas que hacen referencia a los Puertos 4.0 han sido tomada de las tecnologías utilizadas en esta industria. Referente a los conceptos aplicados, autores como Rüßmann et al. (2015) han definido nueve pilares de los avances tecnológicos que conforman la Industria 4.0, ellos son: sistemas y robots autónomos, Internet de las Cosas IoT, Ciberseguridad, Integración de sistemas, Computación en la nube (Cloud Computing CC), 3D Impresiones (3DP) y Manufactura Aditiva (AM Additive Manufacturing), Big Data (BD), Realidad Aumentada; y por último Simulación y Modelado (S&M Simulation and Modelling). Dentro de las tecnologías mencionadas, existe una extensa bibliografía académica referente a aplicaciones en los puertos.

Enlazando el concepto de Puerto 4.0 está el concepto de sincro modalidad, según la cual las partes interesadas de la cadena de transporte interactúan activamente dentro de una red cooperativa para planificar con flexibilidad procesos de transporte y tener la capacidad de cambiar en tiempo real los modos de transportes según los recursos disponibles. Esta operación permite al cliente determinar anticipadamente los requerimientos básicos de transportes, como ser: costo y duración (Bubnova, Efimova, Karapetyants & Kurenkov, 2018).

Las aplicaciones tecnológicas utilizadas en puertos inteligentes son descritas por diferentes autores. En los comienzos del 2010, los autores Siror, Huanye & Dong (2011) listaron típicas aplicaciones del uso de IoT en los puertos inteligentes. Más tarde Xisong, Gang, Yuantao, Xiujiang & Yisheng (2013) enfatizaron el rol de la IoT en los puertos con el objeto de eliminar errores de recolección manual de datos, aumentar la eficiencia en la recopilación de los datos y garantizar la transmisión inmediata de la información. Por otro lado, Ando (2016) muestra cómo utilizar BD e IoT en este sector, dividiéndolas en aplicaciones de operación y de planificación. Para este autor, el principal objetivo del uso de estas tecnologías son prevenir tiempos improductivos, mejorar la eficiencia energética y reducir costos de mantenimiento.

Siguiendo con las aplicaciones tecnológicas en puertos inteligentes, Kober (2018) analiza el CC basado en plataformas colaborativas que comparten información, proveen visibilidad y conectividad en tiempo real para mejorar la eficiencia y la productividad. Respecto a Blockchain, Wang, Han & Beynon-Davies (2019) presentaron una revisión bibliográfica acerca del uso de esta tecnología señalando cuatro áreas claves para su desarrollo: visibilidad y trazabilidad extendida, digitalización y desintermediación, mejora en la seguridad de los datos y contratos inteligentes (Smart Contract).

Referente a los puertos automatizados y sus resultados operativos, una investigación llevada a cabo por Chu, Gailus, Liu & Ni (2018) sobre puertos automatizados, indica que una buena planificación y gestión de estos puertos podrían disminuir sus gastos operativos entre un 25 a 55 %, e incrementar su productividad entre un 10 a 35 %. Una encuesta realizada por los mismos autores determinó que los gastos operativos podían descender entre un 15 a 35 %, mientras que la productividad contraria a lo esperado decayó entre un 7 a 15 %. El mismo estudio indica que los puertos contenedores son los más adecuados para automatizar; donde el valor de la automatización no está dado sólo en ahorro en costos, sino también en mejores rendimientos y seguridad para las empresas que lo operan. Además, según este informe los Puertos 4.0 podrían crear 1,5 billones de dólares en valor promedio por puerto para la comunidad donde está emplazado, y tener un impacto global entre 70 a 80 billones de dólares.

Además, Chu et al., 2018 han estimado que, para justificar las inversiones de automatización, los gastos operativos de las terminales automatizadas deberían ser 25 % más bajos respecto a las terminales convencionales, o la productividad debería alcanzar un rendimiento del 30 % más alto y los gastos operativos disminuir un 10 %. Las principales barreras detectadas en el análisis hacia la automatización fueron según orden de importancia: 1. Falta de capacidades debido a la falta de mano de obra calificada tanto técnica como de ingeniería, 2. Pobre calidad de datos e insuficiencia en los análisis para ejecutar de manera eficiente los puertos automatizados, 3. Aisladas operaciones debido a la falta de integración en la automatización entre distintas áreas u operaciones, 4. Manejo de las excepciones, se ha detectado que el 60 por ciento de las operaciones en los puertos dispone de excepciones, y como regla fundamental antes de automatizar es necesario la simplificación de los procesos.

Un estudio realizado por Di Vaio & Varriale (2020) compara la experiencia de dos puertos italianos adoptando plataformas digitales en sus operaciones demostrando los beneficios generados, incluyendo la reducción de tiempo y documentación en sus procesos en relación con la política de sustentabilidad. Este documento tiene como objetivo brindar evidencia empírica. Los resultados de las dos experiencias portuarias evidenciaron que la adopción de plataformas digitales dentro de sus operaciones permitió un incremento de eficiencia y competitividad. Donde las principales implicaciones del uso de estas plataformas se relacionaron con el rediseño de las relaciones inter organizativas entre los actores involucrados en los procesos en términos de competitividad, observando reducción de controles y costos; además de verificarse un incremento en la transparencia respecto a compartir conocimiento e información.

Por otro lado, un análisis realizado por el Ministerio Exterior de los Países Bajos en Latinoamérica ha determinado los principales cuellos de botella relacionado a la implementación de estas nuevas tecnologías en los puertos, separando en cuatro dominios principales, ellos son: técnicos, económicos, institucional y legal; y cultural. Algunos de estos dominios son comunes en la industria portuaria mundial, mientras otros están contextualizados a la región (Netherlands Enterprise Agency, 2020). El correspondiente estudio además analiza los puertos más importantes de la región determinando potenciales

oportunidades respecto a la implementación de estas tecnologías en estos puertos tomando como referencia el avance de este país en esta materia, específicamente en el Puerto de Rotterdam.

Siguiendo con el análisis anterior, el estudio señala que existe una falta de definición aceptada alrededor del concepto de “puertos inteligentes”, modificando la referencia a “puertos del futuro”, definiéndolos como puertos que utilizan continuamente la tecnología como herramienta para habilitar infraestructuras inteligentes facilitando el intercambio de datos y la conectividad con el objeto de mejorar la toma de decisiones, disponiendo de una educada y calificada mano de obra. Además, se indican los siguientes beneficios correspondiente al uso de este concepto, como ser: optimización de las actividades portuarias, actividades más seguras y medioambientalmente amigables; por último, mejor resiliencia y flexibilidad.

Por otra parte, Berns, Vonck, Dickson & Dragt (2017) determinaron tres desafíos principales impulsando la necesidad de puertos inteligentes: la excelencia operativa, un mercado externo desafiante, y nuevas oportunidades de negocios. Referente a la excelencia operativa, se busca a través de estas nuevas tecnologías mejorar las operaciones, focalizándose en mejorar el tráfico del sistema de gestión y el tránsito por la zona portuaria, reducir tiempos de espera y costes. El segundo motor denominado mercado externo desafiante se refiere a adaptar las actividades en función del entorno, el crecimiento de la competencia hace que la propuesta de valor de estas tecnologías sea considerada. Por último, respecto a nuevas oportunidades de negocios señala el desarrollo de nuevos modelos de negocios basados en los datos, es decir junto al flujo físico de materiales se adicionará la información como modelo de valor agregado.

Autores como Carlan, Sys, Vanelslander & Roumboutsos (2017) determinaron tres aplicaciones claves en el dominio de la innovación en el sector portuario con respecto a la tecnología digital, ellas son: innovación en el intercambio electrónico de datos (EDI), aplicaciones relacionadas con el monitoreo de vehículos y carga, y aquellas que soportan el flujo de carga. La innovación será un importante parámetro respecto a la competición del sector. Entre las variables más importantes encontradas que favorecen este aspecto están: las

capacidades de las instituciones y empresas en la inclusión temprana respecto a la innovación, el auto financiamiento de proyectos, la competición en los puertos y el fomento a la cooepetencia.

Revisando la bibliografía preexistente para evaluar un puerto inteligente, se encuentran diferentes maneras de determinar un índice que evalúe el estado de desarrollo inteligente de un puerto y permita la comparación con otros puertos. Dicho índice es denominado en general “Índice de Puerto Inteligente (Smart Port Index SPI)” similar concepto al desarrollado a través de los KPI (key performance indicator o indicadores claves de performance) utilizados en los negocios. El primer estudio fue realizado por Molavi et al. (2019) que tiene como pilares fundamentales las operaciones y el cuidado del medio ambiente, explorando además el uso de la Energía, y la Seguridad tanto de las personas como de la información. Otro estudio fue presentado por González et al. (2020) donde la determinación del SPI se centra en cuatro pilares: Económico Operativo, Social, Político e Institucional, y de Medioambiente.

Siguiendo con los estudios relacionados a medir el SPI, un tercer estudio fue desarrollado por el académico Philipp (2020) teniendo un enfoque más gerencial en su evaluación, proponiendo cinco dimensiones: Administración, Capital Humano, Funcionalidad, Tecnología e Información. Se observa en las técnicas utilizadas por estos diferentes autores, pilares de evaluaciones comunes, entre ellos: las operaciones, las tecnologías utilizadas, el grado de integración de la información y el nivel de seguridad de la información contra ciberataques. Las dimensiones utilizadas para evaluar el estado de estos puertos a través de los estudios mencionados permiten disponer de un punto de referencia para el análisis de cualquier puerto en su grado de desarrollo tecnológico, además sirven de guía para establecer estrategias tendientes a mejorar las puntuaciones en estos pilares.

Por otro lado, se han hallado tesis de posgrados donde se utilizan las dimensiones presentadas por estos autores para la evaluación de los puertos, adoptando parámetros específicos para cada dimensión, difiriendo en la escala de medición utilizada; sin adoptar un SPI general de medición sino la comparación directa de cada parámetro que conforma las dimensiones establecidas. Entre ellas podemos mencionar la tesis realizada por Berlin et al. (2020) en la

Universidad de Gotemburgo denominada “Marco de Referencia de Puertos Inteligentes: Un estudio del Puerto de Gotemburgo”. Donde los resultados del estudio muestran un potencial de mejora para el puerto de Gotemburgo hacia puerto inteligente, entre las debilidades detectadas están el dominio de las operaciones y la sustentabilidad. Respecto a las operaciones se recomienda mejorar la eficiencia en las líneas de atraque, la capacidad de almacenamiento y la automatización. En materia de sustentabilidad mejorar el cumplimiento en materia de emisiones referente al tiempo de tránsito de los buques portacontenedores y a un mayor uso de energías renovables.

5. Hipótesis

- Es aplicable la utilización de los parámetros que se utilizan para evaluar puertos inteligentes de gran escala, como el Puerto de Rotterdam, a puertos con bajo volúmenes de operación como el Puerto de Rosario.
- A partir de la aplicación de nuevas tecnologías en los puertos, se espera encontrar una correlación positiva entre estas nuevas inversiones y la eficiencia operativa.

6. Metodología

Para la determinación del estado de desarrollo del Puerto de Rosario y su comparación con el Puerto de Rotterdam, nos basaremos en primera instancia sobre el enfoque aportado por Berlín et al. (2020) sobre el trabajo de Tesis denominado “Marco de Referencia de Puertos Inteligentes: Un estudio del Puerto de Gotemburgo”. Utilizando un análisis comparativo, cuyos parámetros son los presentados en la tabla 1, donde se presentan los pilares fundamentales de evaluación, los parámetros utilizados que conforman cada pilar; y sus definiciones adicionando la forma de valoración.

Tanto para el Puerto de Rosario, como en el caso del Puerto de Rotterdam, la información es obtenida netamente de los reportes oficiales que las entidades disponen en sus sitios web. En

el caso del Puerto de Rosario, la información oficial proviene del ente que regula el puerto (ENAPRO).

Con la información obtenida de cada puerto, se procede a calcular los parámetros señalados, que luego son utilizados para realizar el trabajo comparativo entre ambos. Como resultados, se determinará la factibilidad del uso de esta herramienta en puertos de menor volumen de operación, como el de Rosario, y además las oportunidades de mejoras que se detecten en este puerto con el objeto de disponer de una guía de referencia para la mejora continua de sus actividades.

Tabla 1

Pilares, parámetros y definiciones utilizados para la evaluación de puertos inteligentes

Pilares	Parámetros	Definiciones
Operaciones	Eficiencia de la línea de atraque	TEU manipulados / Metros de muelle
	Uso de la capacidad de almacenamiento	TEU manipulados / Área de contenedores
	Grado de automatización del sistema de manipulación de contenedores	Inversiones e integración de automatización en el puerto. Valoración: 1 = Sin automatización 2 = En implementación 3 = Equipo automatizados en uso
	Grado de intermodalidad	TEU que salen por ferrocarril / Total de TEU manipulados

Energía y Medio Ambiente	Trabajo sostenible en el puerto	Planes de trabajo para la gestión sostenible de residuos y de contaminación. Valoración: 0 = Sin trabajo sostenible 1 = Trabajo básico sostenible 2 = Trabajo sostenible avanzado 3 = Trabajo sostenible muy avanzado y desarrolla nuevos métodos para ser más sostenible
	Uso de energías renovables	Inversión y uso de fuentes de energía renovables. Valoración: 0 = Sin uso de energía renovable 1 = Uso básico de energía renovable 2 = Uso avanzado de energía renovable 3 = Uso de energías renovables muy avanzado y desarrolla nuevos métodos
	Sistemas de gestión medioambiental	Certificado por normas internacionalmente reconocidas normas (ISO 14.001, EMAS ² , PERS ³). Valoración: 0= no dispone de certificado 1= dispone de certificado
Digitalización	Digitalización de procesos aduaneros	Existencia de una solución de Ventanilla Única Aduanera. Valoración: 0 = no implementado 1 = implementado

² Eco-Management and Audit Scheme (inglés): Esquema de Ecogestión y Auditoría

³ Port Environmental Review System (inglés): Sistema de Revisión Ambiental Portuaria

	Digitalización de la seguridad de acceso	Digitalización y automatización de la gestión de accesos mediante tecnologías como escáneres RFID y OCR ⁴ . Valoración: 0 = no implementado 1 = implementado
	Gestión digital integrada de mercancías	Existencia de sistemas digitales que puedan ayudar con la trazabilidad de la mercancía, declaraciones de peso, etc. Valoración: 0 = no siendo implementado 1 = siendo implementado
Ciber seguridad	Panorama de la seguridad cibernética	¿Qué tan bien integrada está la seguridad cibernética? en la operación diaria del puerto y en el futuro proyectos. Valoración: 0 = La ciberseguridad no está integrada en las operaciones diarias 1 = La ciberseguridad está integrada en las operaciones diarias
	Mejoras y actualización	Inversión en ciberseguridad. Valoración: 0 = ninguna/pequeña inversión en desarrollo de software y hardware 1 = Inversiones significativas en el desarrollo de software y hardware
	Intercambio de información	Miembros activos en redes de intercambio de información. Valoración:

⁴ Optical Character Recognition (inglés): reconocimiento óptico de caracteres.

		<p>0 = No es miembro de una red internacional de intercambio de información reconocida</p> <p>1= Es miembro de una red internacional de intercambio de información reconocida</p>
--	--	---

Fuente: elaboración propia según tabla 5 de la tesis desarrollada por Berlin et al. (2020)

Como segunda instancia se determinará el índice desarrollado por Molavi et al. (2019), siendo este un índice ponderado construido para tomar valores normalizados comprendidos entre 0 y 1. El índice presentado es denominado Smart Port Index (SPI) ó Índice de Puertos Inteligentes, sirve para comparar el nivel de desarrollo de estos puertos, donde es cuantificado a través de 4 índices que evalúan los dominios principales, ellos son: Smart Operations Index (SOI), Smart Energy Index (SEGI), Smart Environment Index (SEnI) y el Smart Safety and Security Index (SSSI).

Cada dominio está dividido en subdominios, quedando a criterio del analista la manera de calcular estos indicadores, tanto en las definiciones a utilizar para su cálculos, como en la cantidad de subdominios a utilizar. Las fórmulas desarrolladas por Molavi et al. (2019), permiten realizar estos ajustes con diferentes pesos en sus ponderaciones, no alterando a nivel comparativo la utilización de las fórmulas desarrollada por los autores. En la tabla 2 se presenta los subdominios utilizados para nuestra comparativa, sus definiciones y la forma de valoración.

Tabla 2

Clasificación de los dominios y subdominios de actividad de un puerto inteligente.

Dominios	Subdominios	Definiciones
Operaciones	Productividad	Medida como total de TEU manipulados / Metros de muelle

	Automatización	Grado de automatización del sistema de manipulación de contenedores. Valoración: 1 = Sin automatización 2 = En implementación 3 = Equipo automatizados en uso
	Infraestructura inteligente en Software	Valoración ⁵ : 1 = Sin infraestructura 2 = En implementación 3 = Con infraestructura completa
	Infraestructura inteligente en Hardware	Valoración ⁶ : 1 = Sin infraestructura 2 = En implementación 3 = Con infraestructura completa
Energía	[%] Consumo Energías Renovables	Consumo de energía renovables respecto al total de energía consumida
	Uso de energías renovables	Inversión y uso de fuentes de energía renovables Valoración: 0 = Sin uso de energía renovable 1 = Uso básico de energía renovable

⁵ Ejemplos: computación en la nube, sistemas de comunidad portuaria, sistema de monitor de puerto, sistema de gestión de carreteras portuarias, mantenimiento inteligente, gestión del tráfico de embarcaciones, gestión de plazas de aparcamiento y gestión de muelles.

⁶ Ejemplos: Sensores, GPS, RFID/, Bluetooth, WLAN, dispositivos móviles, ferrocarril inteligente, y hardware asociado al punto anterior.

		<p>2 = Uso avanzado de energía renovable</p> <p>3 = Uso de energías renovables muy avanzado y desarrolla nuevos métodos</p>
	Gestión de la Energía	<p>¿Dispone de un sistema de Gestión? Ej.: ISO 50.001</p> <p>Valoración:</p> <p>0= no dispone</p> <p>1= dispone</p> <p>2= implementado y certificado</p>
Medio ambiente	Sistema de gestión medioambiental	<p>¿Dispone de certificados de normas internacionalmente reconocidas normas (ISO 14.001, EMAS, PERS)?</p> <p>Valoración:</p> <p>0= no dispone de certificado</p> <p>1= dispone de certificado</p>
	Emisiones y control de la contaminación	<p>¿Dispone de control de emisiones en el aire⁷ y de reducción de ruidos?</p> <p>Valoración:</p> <p>0= no se dispone</p> <p>1= se dispone</p>

⁷ Los principales contaminantes atmosféricos derivados de las actividades portuarias son CO₂, SO₂, NO_x, Material Particulado (PM2.5 y PM10), HC y CO.

	Gestión de residuos	¿Dispone de un sistema de Gestión de residuos ⁸ tanto de las actividades portuarios como de los Buques? Valoración: 0= no se dispone 1= se dispone
Seguridad y protección	Sistema de Gestión en la seguridad y salud ocupacional	Se dispone de un Sistema de Gestión eficaz de la seguridad y salud ocupacional (ISO 45.001): Valoración: 0= no se dispone 1= se dispone 2= implementada y certificada
	Sistema de Gestión de la Seguridad de sus activos y amenazas externas	Sistema de Gestión que ayuda a identificar potenciales amenazas y mantener acciones apropiadas para manejar de manera efectiva los riesgos de seguridad. Valoración: 0= no se dispone 1= se dispone 2= dispone de certificación
	Ciberseguridad	Inversión en ciberseguridad. Valoración: 0 = ninguna/pequeña inversión en desarrollo de software y hardware 1 = Inversiones significativas en el desarrollo de software y hardware

⁸ Residuos aceitosos, residuos químicos a granel, sustancias nocivas, envases, aguas residuales y basura.

--	--	--

Fuente: elaboración propia según estudio desarrollado por Molavi et al. (2019)

Se utilizará la normalización de los datos para la determinación de los índices, a través de la ecuación (1), donde x_{min} es el mínimo valor del valor de x , y x_{max} su valor máximo.

$$x_{normalizada} = (x - x_{min}) / (x_{max} - x_{min}), \text{ ecuación (1)}$$

Los valores K_{ij} , en las ecuaciones (2 a 5), hacen referencia a la ponderación de los subdominios, donde el subíndice j refiere al dominio que pertenece {1: operaciones, 2: energía, 3: medio ambiente, 4: seguridad y protección}, el subíndice i refiere al subdominio. De esta manera el valor del i -ésimo indicador de la j -ésima categoría es K_{ij} . Por ejemplo, K_{12} representa el indicador que valoriza el dominio operaciones y el subdominio automatización.

A continuación, se detallan los cálculos para obtener los indicadores de cada dominio, ecuaciones (2 a 5); y el SPI ecuación (6), que será el valor por comparar.

$$SOI = \sum_{i=1}^{n1} \alpha_i K_{1i}, \text{ donde } \sum_{i=1}^{n1} \alpha_i = 1, \alpha_i \geq 0, \forall i = 1, \dots, n1, \text{ ecuación (2)}$$

$$SEgl = \sum_{i=1}^{n2} \beta_i K_{2i}, \text{ donde } \sum_{i=1}^{n2} \beta_i = 1, \beta_i \geq 0, \forall i = 1, \dots, n2, \text{ ecuación (3)}$$

$$SEnl = \sum_{i=1}^{n3} \gamma_i K_{3i}, \text{ donde } \sum_{i=1}^{n3} \gamma_i = 1, \gamma_i \geq 0, \forall i = 1, \dots, n3, \text{ ecuación (4)}$$

$$SSSI = \sum_{i=1}^{n4} \delta_i K_{4i}, \text{ donde } \sum_{i=1}^{n4} \delta_i = 1, \delta_i \geq 0, \forall i = 1, \dots, n4, \text{ ecuación (5)}$$

$$SPI = \varepsilon_1 SOI + \varepsilon_2 SEgl + \varepsilon_3 SENl + \varepsilon_4 SSSI, \text{ ecuación (6)}$$

$$\sum_{i=1}^4 \varepsilon_i = 1, \quad \varepsilon_i \geq 0, \forall i = 1, 2, 3, 4$$

Finalmente, se medirá la eficiencia operativa en los puertos en estudio, utilizándose la variable “número de contenedores TEU movilizados en un año”. Como objetivo general, se pretende medir la relación entre la inversión de nuevas tecnologías aplicadas a la mejora de la eficiencia de los puertos y los resultados de eficiencia anual de la variable mencionada, utilizando el método de correlación en una serie de tiempo en los años donde se disponga de información oficial consistente. Evaluando de esta manera, si la implementación de estas tecnologías produce un incremento en la eficiencia. Para su determinación, una variable será la eficiencia anual definida anteriormente, mientras que la otra variable será representada por los montos de inversiones anuales utilizados para la aplicación de estas tecnologías. En caso de hallar relación positiva directa, se determinará la cuantía que representa en valores promedio anuales en cada puerto de estudio. En el caso de no disponer de la información segregada de inversiones por tecnología, se efectuará el mismo análisis detallado en el apartado anterior, pero con las inversiones brutas generales.

7. Puertos Bajo Estudio

El objetivo de este punto es realizar un breve resumen sobre los puertos a comparar, en cuanto a ubicación, dimensiones, entorno, valores que adicionan, contenedores que se mueve anualmente, y las estrategias que poseen en cuanto a visión futura.

7.1 Puerto de Rotterdam

Se detallan a continuación valores numéricos del año 2021 con el objeto de dimensionarlo. El complejo tiene unas 12.464 hectáreas de área total, de las cuales 7.966 hectáreas corresponden a área terrestre; teniendo un rendimiento de 15,3 millones de TEU movidos en el año; y su profundidad máxima navegable fue de 24 metros. El valor económico aportado tanto de manera directa como indirecta fue estimado en 63 billones de euros, representando aproximadamente el 8,2 % del PBI de los Países Bajos; dónde generó unos 565.000 puestos de trabajo tanto de manera directa como indirecta (Port of Rotterdam, 2021a).

Es uno de los puertos más grande de Europa, siendo un centro importante para el flujo mundial de mercancías y una importante puerta de entrada al mercado europeo de aproximadamente 500 millones de consumidores. Es un complejo portuario e industrial globalmente competitivo, ofreciendo: conectividad total al interior, más de 500 programas de servicios, conecta a más de 1.000 puertos en todo el mundo, y forma parte de la red europea de puertos. Se encuentra en tres de los nueve corredores principales transeuropeo de redes de transportes (Renania – Alpes, Mar del Norte – Báltico y Mar del Norte – Mediterráneo). Además, industrialmente es uno de los centros petroleros y químicos más grande del mundo; y tiene el clúster de empresas con base biológicas más grande de Europa (Port of Rotterdam, 2019a).

Siguiendo con la referencia anterior, es considerado una fuerza impulsora para la región, relacionado con exportaciones e importaciones de bienes de consumos. Forma parte de la región metropolitana de Rotterdam que alberga aproximadamente 2,3 millones de habitantes. Siendo el hogar de muchas empresas comerciales y de tecnología marítima. Entre las funciones más importantes que tiene para la economía holandesa se reflejan en la capacidad de generar ingresos y en las oportunidades de empleo. Además, es considerado uno de los centros más importantes en Europa en la producción y transporte de energía, produciendo el 18 % de las emisiones nacionales de carbono.

Juega un importante rol para la transición exitosa de energía, de materias primas y en materia de digitalización como objetivo Nacional. Referente a los temas de energía, el mismo actúa como un centro de actividades para diferentes formas alternativas de energía, como ser: eólica marina, de biomasa y de hidrógeno. Respecto a los cambios en las materias primas, le implica un desafío en materia logística debido al efecto de los flujos comerciales, entre las áreas dónde se producen las materias primas y los lugares dónde se manufacturan. A esto se adiciona, el impulso de la entidad por establecer sistemas cercanos de reciclaje, aspecto que modifica la geografía de la cadena de valor y el transporte. Estos puntos relacionados netamente a objetivos de sustentabilidad, y cumplimiento de emisiones de carbono.

Refiriendo a la digitalización o automatización, el mismo es una zona de clústeres de empresas privadas e institutos de investigación (Universidades) formando un ecosistema de innovación portuaria que trabajan en una variedad de actividades, referidas a: plataformas electrónicas, inteligencia artificial (IA), impresión 3D (3DP), industria 4.0 y tecnología blockchain (BC). Permitiendo desarrollar nuevos modelos de negocios, y sobre todo le brinda grandes oportunidades en términos de eficiencia y competitividad. El intercambio eficiente de información da como resultado, tiempos más cortos de respuesta en el transporte, producciones justo a tiempo, contribuyendo a mejorar su posición competitiva. Esta dependencia de sistemas más complejos en las TIC⁹, generan vulnerabilidades (cibercrímenes) presentando desafíos para contrarrestarlos.

Según el estudio realizado por Van Den Bosch; Hollen; Volberda & Baaij (2011) sobre la estrategia de valor del puerto, se examina la importancia estratégica (o valor estratégico) que tiene el puerto para los Países Bajos, enfatizando no sólo indicadores cuantitativos de desempeño, sino a través de la competitividad impulsada por la innovación internacional. Los países no operan de manera aislada, si la competitividad de otros países mejora rápidamente respecto a los Países bajos, esto deteriora su posición competitiva. Siguiendo con este esquema, el desarrollo económico tiene tres pilares, que son: (1) la utilización de dotación de factores como por ejemplo trabajos que no implican complejidad y recursos naturales; (2) la focalización en eficiencia, por ejemplo: produciendo a más bajo costo posible; y (3) el foco sobre motores de innovación para mejorar la posición competitiva. Según WEF (World Economic Forum) en el pilar número (1) se encuentran los países con bajos ingresos, en el pilar (2) los países con ingresos medios; y en el pilar (3) los países con altos ingresos.

Siguiendo con el punto anterior, los Países bajos pertenecen a la categoría de países con altos ingresos, esto significa que el tercer pilar acerca de competitividad internacional es su clave. Donde la innovación, avanzadas redes de negocios y gestión de organizaciones, son una de las principales fuentes para mantenerse y mejorar en su competitividad internacional. En

⁹ TIC Tecnologías de la Información y la Comunicación

estos puntos, el puerto juega un rol muy importante respecto al valor que les genera, algunos datos ya mencionados en párrafos anteriores.

También es de importancia resaltar que además de disponer de una estrategia, la cooperación entre tres actores fundamentales, en este caso son: el puerto, institutos universitarios e entidades privadas; genera un cluster de innovación y conocimiento permanente. Además, otro rol de relevancia lo genera su apertura internacional respecto a conectividad con otros puertos, o en la participación de la gestión de puertos en cuales tienen participación como socios en una joint venture (como ejemplos: el Puerto de Sohar, ciudad de Omán y el Puerto de Pecém, estado de Ceará Brasil); o en la realización de acuerdos para la utilización de expertise y experiencia (ejemplo: el acuerdo firmado con el Puerto de Nangang en China).

Mencionado en el informe referenciado anteriormente respecto a su “visión 2030”, la misma está acorde a lo presentado en el informe anterior, de disponer de una estrategia con una visión a medio - largo plazo. Considerando que la visión desarrollada en el año 2011 fue recalibrada por la visión 2030, dónde los conceptos centrales de la primera visión cuyos objetivos se tenían de meta, por ejemplo, en seguir siendo un “global hub” y el “clúster industrial de Europa”, permanecen sin cambios. Simplemente adaptan su visión a las nuevas realidades competitivas, cómo es el caso para el cumplimiento de los objetivos climáticos y de desarrollo tecnológico. En esta nueva visión se posiciona firmemente como complejo portuario e industrial en el contexto de la ciudad y la región, poniendo el empleo en el centro del escenario.

Continuando con lo anterior, sus objetivos se centran en mantener la creación de valor económica y social, cuyos elementos claves se enfocan en fortalecer la posición competitiva del puerto y lograr un crecimiento sostenible como puerto de clase mundial. Requiriendo un capital humano caracterizados por nuevas habilidades educativas, y de desarrollo e introducción de talentos tanto a nivel nacional como internacional. Buscando en esta transición digital, ser transparente en la coordinación y en los intercambios de información en toda la cadena logística global de transporte.

Siguiendo con su nueva visión, dentro del objetivo de transición económica se encuentra los cambios que puedan ocurrir en los flujos comerciales internacionales, es decir ¿cómo éstos impactan en el comercio mundial y por ende en el puerto?, actuando éste como un eslabón en la cadena logística internacional. Considerando que el centro de gravedad de la economía mundial se fue desplazando hacia Asia y particularmente China; sumando los efectos producidos por las guerras tanto comerciales (USA – China) como bélica (Rusia – Ucrania); el efecto negativo probable del Brexit en el mercado de corta distancia marítimo en cuanto al movimiento de contenedores y Ro-Ro¹⁰; y al incremento en los volúmenes esperado en el comercio “nearshoring¹¹” entre Europa central, Europa del este y Asia central; y por último el papel que juegue la iniciativa China (“One Belt and Road Initiative¹²” o Nueva Ruta de la Seda). Lo mencionado tiene como propósito el realizar las adaptaciones necesarias considerando estos escenarios, con el objeto de que el puerto siga liderando en la logística internacional.

7.2 Puerto de Rosario

Ubicado en una posición geográfica estratégica en el centro del corredor bioceánico y de la hidro vía Paraguay – Paraná, con ventajas logísticas respecto a su salida al mundo. Está posicionado uno de los centros productivos más importante de Argentina, representando fuertes ventajas logísticas para las empresas ubicadas en el centro y norte del país. Se adiciona, la extensa conectividad terrestre y la posibilidad de atraque de buques de ultramar (Terminal Puerto Rosario, 2022). Situado en el km. 584 del río Paraná, siendo aguas arriba el último puerto de ultramar apto para operaciones con buques oceánicos, su ubicación lo convierte en un eslabón para unir distintos nodos de transportes (terrestre – fluvial – oceánico), permitiendo operaciones de cabotaje tanto nacional como internacional, de cargas

¹⁰ Acrónimo en inglés de Roll On - Roll Off, denominado a todo tipo de buque, o barco, que transporta cargamento rodado, tanto automóviles como camiones.

¹¹ Para más información consultar <https://es.weforum.org/agenda/2023/01/explicado-que-es-offshoring-nearshoring-y-reshoring-y-como-se-beneficia-un-estado-en-mexico/>

¹² Para más información consultar https://en.wikipedia.org/wiki/Belt_and_Road_Initiative

unitizadas, contenerizadas y a graneles. Su hinterland lo integra las regiones Centro, NOA (Noroeste Argentino) y NEA (Noreste Argentino); situándose en una posición que lo privilegia como centro de transferencia de cargas con los países situados en la hidrovía. (Infraestructura, Servicios Públicos y Hábitat, 2023).

La entidad opera desde 1850, teniendo una extensión de 15 km aproximadamente a lo largo del río Paraná frente a la ciudad de Rosario. La Ley Provincial n°11.011 del 1ero de julio de 1993, crea el “Ente Administrador Puerto Rosario (ENAPRO)” como ente público no estatal para su administración y gestión. La entidad concesiona todas sus actividades operativas, quedando sólo con la administración y control de las concesiones. Teniendo bajo su jurisdicción: la Terminal Multipropósito, la Terminal Granelera, la Estación Fluvial de pasajeros, una Zona de Reserva, y el Puerto de Negocios Rosario (Elías, 2019). Como Autoridad Portuaria, es el referente institucional que asegura la operación de las áreas concesionadas y es el responsable por el mantenimiento de las redes de servicios de uso compartido, sirviendo a la operación portuaria en: vías y playas ferroviarias; accesos y tomas de circulación interna al puerto; iluminación; energía; redes de agua potable; servicios contra incendio; etc. (Ley N° 11.011, 1993).

Siguiendo con la referencia anterior, respecto a la sección que nos ocupa de la terminal multipropósito, la misma es operada por la firma Terminal Puerto Rosario SA (siglas TPR), concesión que comenzó en el año 2002 y finalizará en octubre del 2032. Se considera multipropósito debido a ofrecer facilidad para operar y transferir variados tipos de carga, poniendo a disposición equipamiento e infraestructura para las operaciones. Tiene una superficie estimada en 70 hectáreas, con dos áreas de trabajo: la terminal n°1 sur y las terminales n°2 (centro y norte). Entre los terminales multipropósitos número 2, se encuentra emplazada la Zona Franca Paraguaya. Entre los servicios que ofrece se encuentran: de graneles sólidos, de graneles líquidos, de contenedores, operaciones de consolidado, de carga general, y de cargas Ro - Ro.

Por otro lado, el ENAPRO dispone según lo mencionado en su sitio, de un Proceso de Planificación Estratégica denominado “Puerto Rosario 2050”, que cuenta con la ayuda de

expertos, en este caso de la consultora internacional Port Consultants Rotterdam (siglas PCR). La primera etapa de este proceso de planificación se inició con un escaneo del puerto (port scan) haciendo un diagnóstico del estado actual, su rendimiento y el potencial futuro vinculado al desarrollo humano y su entorno. El objetivo de este plan es trazar una política prolongada y sustentable como camino hacia dónde dirigirse (ENAPRO, 2021a).

Respecto a la TPR, la empresa manifiesta poseer un Máster Plan, estimando que el muelle centro estará destinado a mover 750.000 TEUs anuales¹³ utilizando equipos de última generación. La información en el sitio respecto a este plan no brinda información concreta en cuanto al tiempo de ejecución estimado e inversiones (Terminal Puerto Rosario, 2023).

8. Análisis

Comenzamos el análisis efectuando la técnica comparativa aportada por Berlín et al. (2020), luego se continúa con el enfoque propuesto por Molavi et al. (2019) a través de la determinación de un valor índice normalizado; finalmente se analiza si existe o no relación entre la eficiencia de estos puertos respecto a sus inversiones.

8.1 Primer Análisis Comparativo

En este desarrollo se utiliza la técnica presentada por Berlín et al. (2020), como técnica de benchmarking entre puertos, donde además se determinan las oportunidades de mejora, en nuestro caso para el puerto de Rosario. A continuación, se comienza analizando los conceptos correspondientes a los parámetros en estudio, para luego explicar los resultados obtenidos en cada puerto, visualizándose los resultados en sus respectivas tablas. Las referencias de los análisis efectuados están mencionadas en una columna específica dentro de las tablas conformadas para las comparaciones.

¹³ Máximo valor anual registrado en esta comparativa (hasta el 2021 inclusive) fue de 71.748 TEUs movidos. Por otro lado, en el 2022 según último informe se registró un movimiento de 73.447 TEUs ref. <https://enapro.com.ar/#!/-movimiento-portuario/>

Operaciones

En el presente pilar, representado en tabla 3, los primeros parámetros están relacionados a la medición de eficiencia del uso de infraestructura, tanto sea por metro de muelle como por área de contenedores en terminales. El tercer parámetro evalúa el rango de automatización general de estas terminales, con un rango que va desde la utilización de vehículos guiados hasta grúas automatizadas. Finalmente, se evalúa el uso de la intermodalidad a través del porcentaje de contenedores manipulados por ferrocarriles respecto al total de contenedores manipulados por todos los medios, dando una idea del impacto que tiene sobre la reducción de cargas en las rutas y sus implicancias con el medio ambiente.

Tabla 3

Operaciones

Parámetros	Rosario	Rotterdam	Referencias
Eficiencia de la línea de atraque. [TEU manipulados / metros muelles]	44	883	Port of Rotterdam (2021b) Port of Rotterdam (2021c) ENAPRO (2022a)
Uso de la capacidad de almacenamiento. [TEU manipulados / hectárea de terminales contenedores]	1.102	16.811	Port of Rotterdam (2021b) Port of Rotterdam (2021c) ENAPRO (2021b)

<p>Grado de automatización del sistema de manipulación de contenedores.</p> <p>Valoración:</p> <p>1 = Sin automatización</p> <p>2 = En implementación</p> <p>3 = Equipo automatizados en uso</p>	1	3	<p>Sosedova, Putz, Jolic, & Kavran (2014)</p> <p>European Container Terminals (2022)</p> <p>APM Terminals (2022)</p> <p>ENAPRO (2022b)</p>
<p>Grado de intermodalidad.</p> <p>[% TEU manipulados por ferrocarril / Total de TEU]</p>	5,3%	11%	<p>Port of Rotterdam (2021b)</p> <p>ENAPRO (2022a)</p> <p>ENAPRO (2022c)</p>

Fuente: elaboración propia considerando referencias.

Comenzando por el puerto de Rotterdam, en el año 2021 se movieron aproximadamente 15,3 millones de TEU de mercadería en contenedores, teniendo de infraestructura 17,32 km de muelle y 910 hectáreas para área de contenedores. Según el grado de intermodalidad, y dado la importancia que el ferrocarril presenta en los sistemas logísticos de transporte, debido a reducir las cargas en las rutas y al tener mejor eficiencia respecto a la emisión de gases de efecto invernadero, el movimiento de container por este medio representa el 11 %, el 36 % por barcazas y el 53 % por camiones.

En cuanto al sistema de manipulación de contenedores automatizado, el mismo consta de vehículos de guiado automático y grúas apiladoras automáticas sobre rieles. Los vehículos de guiado automáticos transportan contenedores entre el muelle y el patio de contenedores; éste último se divide en bloques según el tipo de contenedor y sus destinos finales. Cada

bloque está equipado con una grúa apiladora automática que a su vez transfiere contenedores hacia los vehículos de guiado automático. También se manipulan contenedores dentro del bloque.

Siguiendo el análisis con el puerto de Rosario, en el año 2021 se manipularon 71.651 TEU teniendo de infraestructura en la terminal multipropósito, unos 1.620 metros aproximados de frente de atraque y 65 hectáreas. Las operaciones divididas en tres sectores operativos, denominado muelle norte (385 metros de atraque), muelle centro (de 665 metros) y muelle sur (570 metros). Respecto a intermodalidad, el puerto cuenta con ingresos ferroviario bitrocha y redes internas de ferrocarril. Analizando la información de distribución de ingresos terrestres del anuario estadístico 2021, el promedio anual de uso ferroviario se sitúa en el 5,3 % de los ingresos terrestres.

Por otro lado, en cuanto al grado de automatización del sistema de manipulación de contenedores, si bien la terminal cuenta con moderna infraestructura, como ser: unidades Reach Stacker¹⁴ para movimiento de contenedores a gran velocidad apilando hasta 5 de ellos, además dispone de 2 grúas Gottwald de 100 toneladas cada una con un rendimiento de 36 movimientos por hora; vale mencionar que la manipulación de los contenedores no se encuentra automatizada por vehículos guiados u otro tipo de sistema.

Energía y Medio Ambiente

Debido a la importancia actual sobre sustentabilidad, los parámetros seleccionados de este pilar (tabla 4) brindan información general de como los puertos lo gestionan. El parámetro “trabajo sostenible en el puerto” incluye la gestión de residuos, gestión de emisiones de dióxido de carbono e iniciativas relacionada a la gestión medio ambiental. Respecto al “uso de energías renovables”, los puertos son muy dependiente de la energía eléctrica para su funcionamiento, donde la utilización o no de energías renovables tiene un significativo impacto. El último parámetro para evaluar “sistema de gestión medioambiental” permite

¹⁴ Vehículo utilizado para manipular contenedores de carga intermodal en terminales pequeñas o puertos medianos Ref. https://en.wikipedia.org/wiki/Reach_stackler

determinar si los puertos siguen algún sistema de gestión internacional conocido y auditable que certifique la gestión sobre el medio ambiente.

Tabla 4

Energía y Medio Ambiente

Parámetros	Rosario	Rotterdam	Referencias
<p>Trabajo sostenible en el puerto</p> <p>Valoración:</p> <p>0 = Sin trabajo sostenible</p> <p>1 = Trabajo básico sostenible</p> <p>2 = Trabajo sostenible avanzado</p> <p>3 = Muy avanzado y desarrolla nuevos métodos para ser más sostenible</p>	1	3	<p>Port of Rotterdam (2019b)</p> <p>Port of Rotterdam (2022a)</p> <p>ENAPRO (2021b)</p> <p>ENAPRO (2022d)</p>
<p>Uso de energías renovables</p> <p>Valoración:</p> <p>0 = Sin uso de energías renovables</p> <p>1 = Uso básico de energías renovables</p> <p>2 = Uso avanzado de energías renovables</p> <p>3 = Uso de energías renovables muy avanzado y desarrolla nuevos métodos</p>	0	3	<p>Port of Rotterdam (2022b)</p> <p>Port of Rotterdam (2022c)</p>
<p>Sistemas de gestión medioambiental</p>	1	1	<p>Port of Rotterdam (2020)</p>

<p>Valoración:</p> <p>0= no dispone de certificado o programa</p> <p>1= dispone de certificado o programa</p>			ENAPRO (2022e)
---	--	--	----------------

Fuente: elaboración propia considerando referencias.

Comenzando con el puerto de Rotterdam, se observa un fuerte compromiso hacia el crecimiento sustentable y a combatir el cambio climático. Se puede destacar los informes anuales presentados por la autoridad del puerto referente a la “Responsabilidad Social Corporativa”, además del compromiso con el acuerdo de Paris en alcanzar hacia el 2050 neutralidad en emisión de gases de efecto invernadero (CO₂). Centrando su trabajo en los 17 objetivos globales de sustentabilidad desarrollado por las Naciones Unidas (2022), donde sus estrategias respecto a transición energética y economía circular toman relevancia.

En cuanto a la evaluación de los parámetros, comenzando con “trabajo sostenible”, el mismo obtiene la máxima puntuación debido a los avances que tienen en la materia, donde se centran en tres pilares que a continuación describiremos: “Seguridad y Medio Ambiente”, “Clima y Energía”, y “Personas y Empleo”.

El primer pilar sobre “seguridad y medio ambiente” considera varios ítems, el primero contempla la gestión de riesgo de inundación, debido a ser un área natural de baja altura respecto al nivel del mar. En segundo lugar, brinda alta importancia a las paradas de camiones con variedad de facilidades para los conductores. El siguiente está relacionado a aplicar descuentos de hasta el 20 % de impuestos portuarios, a aquellos buques medio ambientalmente amigables, si los mismos se encuentran por encima del índice estándar medioambiental para buques (en inglés, Environmental Ship Index¹⁵) o disponer de

certificación (Green Award Certificate¹⁶). Otro aspecto que incluye es el grado de utilización de áreas naturales en el puerto sobre áreas desarrolladas, que contenga vida animal y vegetal. Por último, la utilización de narices electrónicas instaladas en toda la zona portuaria, para evitar problemas de contaminación a residentes cercanos a sus instalaciones, debido a malos olores derivados de la actividad o de malas prácticas.

Siguiendo con el pilar “clima y energía”, el puerto está comprometido con el acuerdo de Paris trabajando en una variedad de temas. Por un lado, utiliza energías renovables a través de generación de energía eólica con una capacidad aproximada de 200 MW, e instalación de paneles solares, donde cada vez más empresas de la zona portuaria lo implementan, como ejemplos más importantes están Coolport y Steingweg en la zona de Maasvlakte. Además, dispone de un aspecto denominado “alianza de calor” donde el sector industrial del puerto genera suficiente cantidad de calor que es aprovechado a través de redes subterráneas, derivando esta energía a otras industrias y a aproximadamente a 500.000 hogares. El siguiente punto no menos importante, es la “captura y almacenamiento de carbono” utilizando un sistema de redes de cañerías, que permiten a las empresas almacenar el gas invernadero generado en las profundidades del mar del norte.

Siguiendo con el párrafo anterior, otro punto que implementa es la utilización de iluminación de bajo consumo LED (diodos emisores de luz) para alumbrado público, dentro del área del puerto, debido a consumir un 50 % menos de energía que utilizando otro tipo de tecnología de iluminación. Por último, la reducción de la huella de carbono no sólo es fomentando por las empresas que trabajan dentro del puerto, sino también a través de medidas propias como ser el uso de patrulleros híbridos, o de vehículos eléctricos y la utilización de hidrógeno. Respecto al hidrógeno como materia prima para la generación de energía, la Autoridad del puerto está trabajando con varias empresas con el objeto de introducir a gran escala una red

¹⁵ ESI: identifica los barcos de navegación marítima que se desempeñan mejor en la reducción de emisiones al aire que lo requerido por los estándares de emisión actuales de la Organización Marítima Internacional (OMI).

¹⁶ Es un certificado emitido por la fundación independiente Green Award a buques y compañías navieras que han realizado inversiones adicionales en el buque y la tripulación para mejorar el desempeño ambiental, la seguridad y la calidad.

para convertirlo en un centro internacional de producción, importación y transporte hacia otros países en el noroeste de Europa.

El último pilar de “trabajo sostenible” involucra a las personas y el empleo que el puerto gestiona. Incluye aspectos como el “acuerdo Social” donde sindicatos, terminales de contenedores y la autoridad portuaria firman acuerdos sobre condiciones de empleo, donde el puerto juega el rol de intermediario y facilitador en este proceso. Otro punto que interviene es denominado RDM¹⁷ que refiere a un área de investigación, diseño y manufactura; donde compañías y universidades trabajan en conjunto en el desarrollo del puerto y la ciudad; con el objeto de crear nuevos puestos de trabajo futuro. Además, existe un “comité de bienestar portuario” tratándose de un sector multidisciplinario que apoya proyectos e iniciativas emprendidas por una variedad de organizaciones en beneficio de los marinos de Rotterdam.

Siguiendo con el pilar anterior, otro aspecto tiene que ver con los programas de formación, visitas y exposiciones guiadas¹⁸, donde anualmente unos 20.000 jóvenes realizan actividades relacionadas con el puerto. Por último, existe un proyecto denominado Startbaan, donde la autoridad del puerto brinda a los jóvenes sin cualificaciones básicas oportunidad de obtener un diploma con el objeto de brindarles oportunidades laborales y de formación.

Retomando la comparación, el segundo parámetro de “uso de energías renovables”, obtiene máxima puntuación. Además de lo indicado en los párrafos anteriores respecto de la utilización de energía eólica, fotovoltaica y los avances en materia del hidrógeno; el puerto está trabajando en lo que se denomina “transición energética” basado en 4 pilares. El primer pilar se denomina “eficiencia e infraestructura” cuyo objetivo es aumentar la eficiencia energética de la industria existente y construir infraestructura (adicional) para calentamiento, manejo de gases de efecto invernadero CO₂, generación limpia de electricidad e hidrógeno.

¹⁷ Research, Design and Manufacturing (inglés).

¹⁸ Denominado FutureLand & EIC MainPort Rotterdam.

El siguiente pilar denominado “nuevo sistema de energía” cuya misión es renovar el sistema energético actual de los combustibles fósiles a la electricidad verde y al hidrógeno.

Continuando con el párrafo anterior, el tercer pilar de la transición energética se denomina “nuevas materias primas y sistemas de combustibles” cuyo objetivo es cambiar a nuevos materiales combustibles, dado que el petróleo, el gas natural y el carbón dejarán de utilizarse como fuentes de energía o materias primas. Por último, el pilar “transporte sustentable” hace referencia a la utilización de medios de transporte más sustentable, a través de sistemas sustentables de combustibles y propulsión; transportes eficientes disminuyendo el consumo de combustibles y sus emisiones; y por último a través de un mayor uso del transporte intermodal.

Con relación al último parámetro a comparar, denominado “sistemas de gestión medioambiental”, el puerto dispone de la última revisión realizada en el 2020, efectuada por la “Organización Europea de Puertos Marítimos y Fundación Ecoports¹⁹” utilizando un sistema de auditoría denominado “Sistema de Revisión Ambiental Portuaria (siglas PERS²⁰)”. Obteniendo la calificación máxima en nuestra comparación por disponer de un sistema de gestión que los asiste para la implementación de un programa medioambiental. Este sistema de gestión está basado sobre reconocidas mejores prácticas internacionales, desarrollado específicamente para puertos y realizado por puertos, definiendo estándares fundamentales de buenas prácticas para el sector.

Continuando el análisis, respecto al puerto de Rosario y haciendo referencia al “trabajo sostenible”, dentro de las facultades y funciones que el ENAPRO tiene, es el de “cumplir y hacer cumplir las normas de sanidad y protección del medioambiente” sumado que en sus “Valores” se incluye el desarrollo sostenible y la responsabilidad social. Los trabajos observados en las declaraciones de la entidad se centran en iluminación más eficiente utilizando LED, disponen de gestión integral de residuos separando residuos en origen,

¹⁹ European Sea Ports Organisation and the Ecoports Foundation (inglés).

²⁰ Port Environmental Review System (inglés).

alentando al fortalecimiento del hábito en separar in situ, además de disponer de diferentes contenedores para la separación; por último se desarrolla turismo sustentable y conciencia ambiental en la isla Sabino Corsi ofreciendo conciencia social a los visitantes, concientizando y generando responsabilidad ambiental. Por lo mencionado, se clasifica cómo trabajo básico sostenible (puntuación 1).

Siguiendo con el próximo parámetro de “uso de energías renovables” no hay información consolidada respecto a su utilización en el puerto, por ende, su calificación considerada es la mínima, siendo este punto una oportunidad de mejora. El último parámetro “sistema de gestión medio ambiental” además de lo mencionado en el párrafo anterior la terminal del puerto de Rosario posee un sistema de gestión integrado donde incluye el cuidado del medio ambiente, obteniendo la calificación máxima (puntuación 1) por disponer de un programa.

Digitalización

En este pilar (tabla 5) la evaluación está basada en los servicios digitales ofrecidos. El primer parámetro determina si el sitio tiene implementado un sistema digital que facilite las operaciones con la Aduana. Respecto a la “digitalización de la seguridad de acceso” refiere a disponer de sistemas digitales que eficienten el acceso a recoger los contenedores una vez que el sistema verifique su disponibilidad. Por último, la “gestión digital integrada” determina si existe integración digital entre el rastreo de los contenedores, la declaración electrónica de la mercadería y la organización de recogida en las terminales.

Tabla 5

Digitalización

Parámetros	Rosario	Rotterdam	Referencias
Digitalización de procesos aduaneros	0	1	Portbase (2022a)
Valoración: 0 = no implementado			Portbase (2022b)

1 = implementado			ENAPRO (2022f) La Capital (2022)
Digitalización de la seguridad de acceso Valoración: 0 = no implementado 1 = implementado	1	1	Portbase (2022a) Portbase (2022c) ENAPRO (2019)
Gestión digital integrada de mercancías Valoración: 0 = no siendo implementado 1 = siendo implementado	1	1	Portbase (2022b) Port of Rotterdam (2022d) Port of rotterdam (2022e) Port of Rotterdam (2022f) Port of Rotterdam (2022g) We Are 42 (2022) ENAPRO (2019) ENAPRO (2022f)

Fuente: elaboración propia considerando referencias.

Iniciando con el puerto de Rotterdam, el primer parámetro denominado “digitalización de procesos aduaneros” obtiene su máxima calificación debido a utilizar un avanzado sistema informático denominado Portbase (en inglés, Port Community System o PCS), siendo la conexión digital a los puertos holandeses, dónde todos los integrantes de la cadena logística pueden intercambiar información a través de PCS tanto entre sí como con agencias Gubernamentales, como así también en los Países Bajos y Europa. Dentro de este sistema, y relacionado al parámetro en estudio, se dispone del servicio de declaración de carga de importación, determinado por un portal central para la presentación de declaraciones de carga de importación a la Aduana. Otro servicio ofrecido se denomina control de carga, dónde se tiene información de la carga y del control de esta. Además, del seguimiento y localización de los buques entrantes.

Siguiendo con los servicios ofrecidos dentro del PCS, está el informe de estado de declaración de carga, brindando conocimiento oportuno de las declaraciones resumidas de cargas pendientes, dónde se puede corregir fácilmente cualquier error en las declaraciones de seguimiento, realizar consultas a los destinatarios de las cargas, o seguir presentando declaraciones de seguimiento faltantes. De este modo, se evita una búsqueda posterior que requiera tiempo para averiguar qué salió mal y de pagos atrasados innecesarios a la Aduana. Otro servicio es el informe de confirmación de descarga, dónde se visualizan las discrepancias entre los contenedores notificados y los realmente descargados. Además, se pueden ver los contenedores vacíos descargados que no estaban en el manifiesto. El objetivo es tomar medidas de inmediato con la Aduana para corregir estas diferencias.

Continuando con los servicios del PCS, tenemos lo denominado “lista de descarga”, dónde se componen las listas detalladas de descarga enviándose a las terminales de contenedores. Otro panel ofrecido es el estado de importación, dando información en tiempo real sobre el estado aduanero de las cargas que llegan a las terminales de ferry y de transporte marítimo de corta distancia. Respecto al portal de inspección, el mismo obtiene una descripción completa de todas las inspecciones físicas y de escaneo. Las terminales pueden bloquear los

contenedores incluso antes de que lleguen, lo que les permite ser inspeccionados tan pronto como lleguen a la terminal. Esto permite que las cargas vuelvan a ingresar rápidamente en la cadena logística.

Siguiendo con el sistema mencionado, también se encuentra la notificación de documentación de importación que incluye una notificación previa de los documentos aduaneros de importación en terminales de transbordos, de alta mar y de corta distancia. Además, se incluye el servicio de notificación de autorización local, que permite aprovechar al máximo los procedimientos aduaneros simplificados, permitiendo la libre circulación de mercancías que llegan por vía marítima, o su transporte a un depósito fiscal. Otra aplicación se denomina “declaración de carga previa a la llegada de importación” donde se envían las declaraciones juradas de todas las mercancías a bordo originarias por fuera de la UE (Unión Europea), debiendo presentarse a las autoridades Aduaneras cuatro horas previas a su arribo en el puerto.

Además de las mencionadas, se adicionan otras aplicaciones como las siguientes: la “declaración en tránsito” que es un portal de envío de declaraciones de tránsito a la Aduana; la “notificación de contenedores multimodal” que constituye un portal multimodal para la pre notificación de escalas y contenedores en todas las modalidades; la “declaración de carga de contenedores de exportación” donde se envía directamente a la Aduana los documentos para la exportación; y por último la “autorización de contenedores de exportación” que a través de este servicio, las terminales de transbordadores, de aguas profundas y de corta distancia pueden liberar automáticamente documentos de tránsito. El despacho electrónico mejora el flujo en la terminal y mejora la calidad de los procesos de las terminales: eliminando tiempos innecesario y burocracias.

Pasando al siguiente parámetro de comparación denominado “digitalización de la seguridad de acceso” el mismo se considera con puntuación máxima debido a tener en su plataforma PCS un Gerente de Seguridad de la Información, siendo el responsable de los asuntos de seguridad a tiempo completo, además la plataforma participa en intercambio de información entre entidades públicas y privadas respecto a temas de ciber amenazas y vulnerabilidades.

Por otro lado, se realizan auditorías de seguridad independiente a su propia organización. Finalmente, el sitio cuenta con la certificación ISO 27.001 (en inglés, Information Security Management²¹) siendo una norma internacional auditable que permite el aseguramiento, la confidencialidad e integridad de los datos y de la información.

Continuando con el parámetro anterior, se ha desarrollado un programa específico centrado en toda la cadena con colaboración de organismos gubernamentales, llamado “compartir datos juntos de forma segura”. El mismo dispone de tres enfoques, el primero denominado “identidades seguras” que se basa en conocer las partes interesadas con las que se hacen los negocios y quién está autorizado para realizar las acciones específicas dentro de la plataforma. El siguiente es denominado “cadenas seguras” dónde el proceso de liberación de contenedores está basado en autorizaciones en lugar de posesión de claves o pines. Por último, lo denominado “plataforma segura” está relacionado con las inversiones para la seguridad digital de la plataforma PCS.

Finalizando con el último parámetro de este pilar a comparar, denominado “gestión digital integrada de mercancías”, el mismo obtiene la máxima puntuación debido a utilizar diferentes herramientas digitales que permiten una gestión integrada de la información de las mercancías. Entre ellas se dispone de la mencionada plataforma PCS donde se ofrece un servicio digital para facilitar el intercambio de información en la cadena logística. Dentro de estos servicios podemos destacar, el denominado “llamadas de barcos” siendo un servicio para atender las escalas de los buques a agentes, líneas navieras y agentes manipuladores de contenedores. Otro a destacar es el de “carga de importación” que ayuda a importar de manera eficiente a los distintos agentes que intervienen. También el denominado “transporte interior” siendo un servicio inteligente para los sectores de carretera, barcazas y ferrocarriles. Por último, el de “carga de exportación” cuyo objeto es el de eficientizar la gestión de trámites de exportación.

²¹ En español: Sistema de Gestión de la Seguridad de la Información

Además de lo mencionado, se dispone de una aplicación denominada PortXchange dónde empresas navieras, agentes, terminales y otros proveedores de servicios pueden utilizarla para planificar, ejecutar y monitorear todas las actividades durante una escalada de un buque en un puerto en función del intercambio de datos estandarizado. La aplicación combina datos públicos, datos obtenidos de las empresas participantes y pronósticos de aplicaciones con inteligencia artificial para generar información precisa sobre una escalada a un puerto, no compartiendo información sobre la carga. Los beneficios de esta aplicación están relacionados a una mejor planificación de la escalada a un puerto, con la implementación y el monitoreo; generando un ahorro en tiempo de espera entorno al 20 %.

A continuación, se mencionan los beneficios de la aplicación anterior para cada eslabón de la cadena. Las compañías navieras tienen tiempos de respuesta de escalada más cortos, mejor previsibilidad, menores costos de fletamento y menores emisiones de CO₂ durante cada escalada. Por otro lado, las terminales tienen mejor utilización al mejorar los tiempos de respuesta y reducciones de espera. Las agencias disponen de más tiempo de servicios debido a la mejora en la comunicación por reducción de llamadas telefónicas para solicitar actualizaciones. Los proveedores de servicios logísticos mejoran el servicio debido a la mejora en la previsibilidad. Por último, la autoridad portuaria tiene mayor previsibilidad, mejorando el volumen de operación y de las emisiones de CO₂ por escalada.

Siguiendo con el mismo parámetro de “gestión digital integrada de mercancías” otra aplicación utilizada y desarrollada por el puerto de Rotterdam es la denominada Portmaster, basada en BD e IA, la herramienta proporciona información extremadamente precisa sobre: tiempos de llegada y salida de buques, seguimiento sobre información de la carga, KPI operativos, monitoreos de seguridad y sustentabilidad del puerto. Además, se puede mapear digitalmente la infraestructura del puerto y vincularse a información sobre accesibilidad y disponibilidad.

Otras aplicaciones relacionadas con este parámetro que se consideran importantes de mencionar son:

- Routescanner: muestra las conexiones marítimas y ferroviarias desde y hacia Rotterdam. A través de esta, también puede verse y comparar las distintas rutas para el transporte de contenedores de puerta a puerta.
- Nextlogic: tiene como objetivo garantizar de manera óptima la cadena de transporte de contenedores a través de un mejor intercambio de información entre las partes interesadas, una planificación eficiente y la optimización de las llamadas en las terminales.
- Container 42: es una plataforma de innovación e investigación para las partes interesadas en el transporte marítimo, los puertos y tecnologías relacionadas. Los contenedores son equipados con sensores y tecnologías de comunicación, dónde viajaran alrededor del mundo durante dos años recopilando datos como: vibraciones, posición, ruido, contaminación, humedad y temperatura. Simboliza el objetivo futuro de barcos semiautónomos donde necesitarán todo tipo de información para poder realizar sus tareas de manera segura y fiable.

Iniciamos el mismo análisis anterior con el puerto de Rosario, es de mencionar que la Terminal Puerto Rosario hace uso de un software especializado de última generación para mejorar la competitividad de las empresas de la comunidad logística portuaria, entre las operaciones de gestión se encuentra facturación electrónica con autorización de la AFIP²² On-Line. Respecto al parámetro “digitalización de procesos aduaneros” recientemente se ha firmado un convenio con la dirección del proyecto Ventana Única de Comercio Exterior (siglas VUCE²³) para la integración de información, lo que permitiría una interfaz compartida con el proyecto denominado VUCE Puertos, siendo un proceso que recién inicia aún no implementado, considerándose con la calificación mínima en este punto.

²² La Administración Federal de Ingresos Públicos es un organismo de recaudación de impuestos autárquico del Estado argentino dependiente del Ministerio de Economía.

²³ Herramienta para facilitar el comercio, reducir tiempos y costos, generar mayor transparencia y mejores controles. Ref. <https://www.argentina.gob.ar/vuce>

Continuando con el siguiente parámetro de “digitalización de la seguridad de acceso” es importante destacar que la terminal se une a la plataforma TradeLens, siendo una solución tecnológica desarrollada por IBM²⁴ y la compañía Maersk para aplicar blockchain a la cadena de suministro global, permitiendo la transferencia de datos digitales de manera segura, asegurándose que todos los participantes puedan acceder de manera segura, permitiendo además monitorear la carga y descarga de contenedores, por lo tanto, la puntuación es máxima en este punto.

Respecto al último parámetro de este pilar “gestión digital integrada de mercancías” como se mencionó en el párrafo anterior respecto a la plataforma TradeLens, se adiciona que la terminal dispone de un software que facilita la integración logística denominado software operativo con las siguientes funcionalidades: por un lado cumple la función de un sistema operativo de terminal (siglas TOS²⁵), permitiendo el posicionamiento en plano y detalle de estibas, registro de operaciones en dispositivos móviles, brinda acceso web a clientes, agencias y armadores para consultas y gestiones on-line Además, brinda seguimiento de operaciones, intercambia datos electrónicamente con armadores, y finalmente brinda estadística de las operaciones. Por lo mencionado este último parámetro tiene calificación máxima.

Ciber Seguridad

Debido a la importancia en la materia, los puertos son propensos a ataques realizados al sistema tecnológico de sus infraestructuras. Los parámetros que se detallan a continuación (table 6) dan una idea general de qué forma estas instalaciones están trabajando proactivamente ante estas amenazas.

Tabla 6

²⁴ IBM: International Business Machines Corporation.

²⁵ Acrónimo de Terminal Operating System (en inglés)

Ciber seguridad

Parámetros	Rosario	Rotterdam	Referencias
<p>Panorama de la seguridad cibernética.</p> <p>Valoración:</p> <p>0 = La ciberseguridad no está integrada en las operaciones diarias</p> <p>1 = La ciberseguridad está integrada en las operaciones diarias</p>	0	1	<p>Port of Rotterdam (2021d)</p> <p>Portbase (2022a)</p> <p>Portbase (2022c)</p>
<p>Mejoras y actualización</p> <p>Valoración:</p> <p>0 = ninguna/pequeña inversión en desarrollo de software y hardware</p> <p>1 = Inversiones significativas en el desarrollo de software y hardware</p>	0	1	<p>Campfens & Dekker (2018)</p> <p>Campfens (2019)</p>
<p>Intercambio de información</p> <p>Valoración:</p> <p>0 = No es miembro de una red internacional de intercambio de información reconocida</p>	0	1	<p>Moerel & Dezeure (2017)</p> <p>ENISA (2019)</p> <p>ENISA (2022)</p>

1= Es miembro de una red internacional de intercambio de información reconocida			
---	--	--	--

Fuente: elaboración propia considerando referencias.

Comenzaremos con el puerto de Rotterdam, designado como infraestructura vital por el gobierno de los Países Bajos, siendo altamente dependiente de la tecnología de la información (IT) para la gestión segura del tráfico de mercaderías. La seguridad digital y la continuidad de las operaciones son de alta prioridad para el complejo portuario. Los efectos de seguridad de una interrupción IT no está limitado únicamente a los efectos de una empresa en particular del complejo, sino que tales interrupciones pueden tener efectos en partes indirectamente involucradas o procesos, generando problemas en la cadena de suministro. Tales interrupciones pueden ser intencionales (ciberataques) o no intencionales. Ejemplos de estas interrupciones, podrían ser: no tener disponible el control al acceso a la instalación portuaria, o que las cámaras de vigilancia estén temporalmente inhabilitadas.

El primer parámetro para evaluar es el denominado “panorama de la seguridad cibernética” cuya puntuación se la considera máxima. Los argumentos para esta valoración son debido a aplicar los comentarios realizados en el parámetro sobre “digitalización de la seguridad de acceso²⁶” en lo referente a la plataforma PCS y al programa “compartir datos conjuntos en forma segura”. Además, dispone de un programa denominado FERM²⁷ (en español, Programa de Resiliencia Cibernética Portuaria) cuyo objetivo es estimular la cooperación entre empresas en el puerto, creando conciencia sobre los riesgos cibernéticos para convertirlo en uno de los puertos digitales más seguro del mundo. Este programa brinda

²⁶ Ver desarrollo realizado en páginas numeradas 37 y 38.

²⁷ FERM es la traducción holandesa de resiliencia.

conocimiento y experiencia para hacer que las empresas que trabajen en el área sean digitalmente resilientes.

Siguiendo con el panorama de seguridad cibernética, existe la obligación de informar interrupciones de IT a través de un portal denominado “mostrador de notificaciones cibernéticas” (en inglés, Port Cyber Notification Desk) dónde se solicita a las empresas del área notificar las interrupciones de IT a gran escala debiendo completar este reporte al mostrador mencionado. Regido por el reglamento de la Ley de Seguridad Portuaria n° 725/2004 dónde las empresas están obligadas a cumplir con ISPS²⁸ (en inglés, International Ship and Port Facility Security).

Respecto al punto de “mejoras y actualización de software y hardware” el puerto tiene la máxima calificación basado en la innovación permanente en temas de digitalización, y consecuentemente en la seguridad de la información. Como ejemplos podemos mencionar las sociedades formadas con IBM y Cisco²⁹ respecto a rúters inteligentes y plataformas IoT robustas, donde la seguridad es crucial; y cada dispositivo o sensor puede ser potencialmente hackeado. La posición de este puerto como el más inteligente del mundo significa estar en lo más actualizado respecto a nuevas tecnologías (Campfens, 2019).

En cuanto al último parámetro denominado “intercambio de información”, como parte de la estrategia de ciberseguridad, la Comisión Europea a través de la Agencia de la Unión Europea para la Ciberseguridad (en inglés, ENISA European Union Agency for Cybersecurity) propuso la directiva de seguridad de la información y de sus redes a través de la directiva NIS³⁰ (EU 2016/1148) siendo la primera legislación en ciberseguridad. Dentro de la mencionada directiva, se solicita la colaboración transfronteriza entre los países miembros, donde los puertos son considerados infraestructuras críticas, formando parte de

²⁸ Código internacional para la protección de los buques y de las instalaciones portuarias.

²⁹ Cisco: empresa estadounidense dedicada a la fabricación, venta, mantenimiento y consultoría de equipos de telecomunicaciones.

³⁰ NIS: Network and Information System Directive.

este intercambio de información. Los principales puertos de Róterdam y Amberes califican como OES³¹ (Operadores de Servicios Esenciales) bajo la Directiva NIS. La Directiva NIS requiere además que los OES establezcan denominadas Comunidades Cibernéticas de Evaluación e Intercambio de Información (siglas ISAC³²), con el objetivo de intercambiar información sobre amenazas y medidas de prevención, apoyadas por los respectivos centros nacionales de ciberseguridad de Holanda y Bélgica.

Referente a ciber seguridad en la terminal puerto Rosario, si bien la terminal dispone de avanzada tecnología, los puntos en cuanto a seguridad de información están encaminado a la actualización y mantenimiento de los softwares utilizados, pero no a los parámetros propiamente en análisis, por ende, las puntuaciones tienen el mínimo valor, siendo una oportunidad de mejor a evaluar por la entidad.

8.2 Oportunidades De Mejora - Primera Comparativa

En esta primera comparación, se evidencias oportunidades de mejora para el puerto de Rosario, en los distintos pilares de la comparativa. Comenzando con las operaciones, se evidencia diferencias en la utilización de sus activos en términos de eficiencia, por ejemplo: en la eficiencia de atraque, y en el uso de la capacidad de almacenamiento instalada. También se ven oportunidades de mejoras en incrementar el grado de automatización de las operaciones antes señaladas, generando según las bibliografías referenciadas, ahorros de tiempo e incremento de eficiencias. Por último, también existe oportunidad de incrementar el grado de intermodalidad, en este caso permitiendo mayor flexibilidad de medios de transportes, descongestionando rutas o disminuyendo colas de esperas, que terminan generando tiempos muertos en las operaciones.

Siguiendo con energía y medio ambiente, el puerto de Rosario presenta un trabajo básico consolidado en lo que respecta a “trabajo sostenible” donde se menciona el desarrollo

³¹ En inglés: Operators of essential services

³² En inglés: Information Sharing and Assessment Communities

sostenible y la responsabilidad social dentro de sus valores, utilizando una gestión integral de residuos separando en origen, y generando conciencia ambiental a través de programas que dispone para tal fin. Comparándolo con el puerto de Rotterdam, existen algunas oportunidades de mejoras, que pueden ser aplicadas en el entorno del puerto. Como ejemplos, pueden ser, mayor cooperación con Universidades e instituciones con el objeto de crear nuevos puestos de trabajo futuro, o los programas de formación para jóvenes sin cualificaciones básicas brindándoles oportunidades laborales y de formación.

En cuanto al “uso de energías renovables” las mejoras se deberían centrar en un compromiso respecto al acuerdo de Paris, que además Argentina está adherida a este acuerdo, dónde toda mejora coincidiría con el compromiso que tiene nuestra nación en la materia (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022). Entre sus puntos de acción, como ejemplos: se podría utilizar gradualmente un mayor porcentaje de energía renovable en su matriz de generación eléctrica, a través de contratos con empresas distribuidoras en el Mercado a Término de Energía Eléctrica de Fuente Renovable (MATER), además de comprometerse a combatir el cambio climático a través de alcanzar neutralidad de carbono hacia el 2050. Otra aplicación no lejos de su realidad, podría ser el uso de vehículos híbridos.

Continuando con la “digitalización” el puerto de Rosario dispone de soluciones tecnológicas como la plataforma TradeLens, brindando seguridad de acceso y un software operativo para la gestión de mercaderías. Salvando los avances en complejidad que el puerto de Rotterdam dispone de los puntos mencionados, se considera que el puerto de Rosario está en un buen grado de desarrollo respecto a los puntos mencionados, habiendo oportunidades de mejora entorno a la digitalización de procesos aduaneros, habiendo iniciado este proceso con el denominado proyecto VUCE Puertos. En este punto el puerto de Rotterdam dispone del avanzado sistema PCS, donde incluye a integrantes de toda su cadena logística, como a agencias Gubernamentales, integrando a Aduana. En este punto, algunos de los servicios mencionados de este sistema podrían adaptarse para la gestión en el puerto de Rosario, algunos ejemplos podrían ser: el estado de importación, el portal de inspección de contenedores, la notificación de contenedores multimodal, la declaración de carga y la autorización de contenedores de exportación.

En cuanto a ciberseguridad, se observan oportunidades en todos los parámetros seleccionados. Si bien el puerto de Rosario dispone del software TradeLens ya mencionado, que aplica BC a la cadena de suministro, no se encontró suficiente evidencia para concluir que la seguridad cibernética esté integrada en todas sus operaciones. Careciendo de información en cuanto al grado de seguridad que aplica en sus dispositivos electrónico y de sus comunicaciones. Algunos ejemplos de programas que puede aplicar en este punto, que utiliza el puerto de Rotterdam, y que son independiente al sistema de protección que utilice, son: el programa desarrollado para fortalecer el sistema compartiendo datos conjuntos de forma segura con integrantes de su cadena logística, o el programa de resiliencia FERM; ambos programas tienen como objeto estimular la cooperación entre empresas y el puerto en la materia.

Otra mejora en cuanto a ciberseguridad es el desarrollo de una cultura, y desde los gobiernos (Provincia o Nación) trabajar en un marco legislativo sobre ciberseguridad como lo dispone la UE a través de la directiva NIS ya mencionada. Este tipo de legislaciones contribuyen a que las organizaciones adopten medidas de protección, focalizadas a mantener la confidencialidad, integridad y disponibilidad de la información. Con el objeto en que los negocios mantengan su continuidad, pero en una escala mayor se busca el funcionamiento y la seguridad de los estados-nación, dada la importancia que tienen estas infraestructuras en el comercio de un país.

8.3 Segundo Análisis Comparativo

Este enfoque utiliza la técnica de Molavi et al. (2019) donde se determina un índice normalizado que sirve de comparativo para valorizar las diferencias de desarrollo entre los puertos. A continuación, se desarrolla cada dominio y las valorizaciones de los subdominios que los componen para cada puerto en estudio.

Operaciones

Siguiendo la misma mecánica de comparación respecto al apartado anterior, podemos observar que los subdominios (tabla 7) de “Productividad” y “Automatización” aplican los mismos comentarios a los parámetros de la comparativa anterior “Eficiencia en la línea de atraque” y “Grado de automatización”³³ respectivamente.

Tabla 7

Operaciones

Subdominios	Rosario	Rotterdam	Referencias
Productividad [TEU manipulados / metros muelles]	44	883	Port of Rotterdam (2021b) Port of Rotterdam (2021c) ENAPRO (2022a)
Automatización Valoración: 1 = Sin automatización 2 = En implementación 3 = Equipo automatizados en uso	1	3	Sosedova, Putz, Jolic, & Kavran (2014) European Container Terminals (2022) APM Terminals (2022)

³³ Ver desarrollo realizado en páginas numeradas 27 y 28.

<p>Infraestructura inteligente en Software</p> <p>Valoración:</p> <p>1 = Sin infraestructura</p> <p>2 = En implementación</p> <p>3 = Con infraestructura completa</p>	<p>2</p>	<p>3</p>	<p>Campfens & Dekker (2018)</p> <p>Campfens (2019)</p> <p>Port of Rotterdam (2022h)</p> <p>ENAPRO (2019)</p>
<p>Infraestructura inteligente en Hardware</p> <p>Valoración:</p> <p>1 = Sin infraestructura</p> <p>2 = En implementación</p> <p>3 = Con infraestructura completa</p>	<p>1</p>	<p>3</p>	<p>Campfens & Dekker (2018)</p> <p>Campfens (2019)</p>

Fuente: elaboración propia considerando referencias.

Comenzando con el puerto de Rotterdam, los nuevos subdominios a evaluar “Infraestructura inteligente en Software y en Hardware” obtienen su máxima puntuación debido a utilizar rúters inteligentes y una plataforma IoT robusta que se utiliza para recolectar y procesar información del área del puerto con el objetivo de fortalecer el sistema de decisiones basados en los datos; mejorando la planificación del tráfico de barcos y su gestión.

A nivel de hardware los enrutadores industriales de la serie 809 y 829 de Cisco, son apropiados por ofrecer óptimas soluciones en materia de seguridad además de soportar las condiciones climáticas adversas del puerto. Estos equipos además ejecutan aplicaciones de borde que refinan la información de los datos recolectados antes de que se integren al sistema central, utilizando a nivel de softwares, sofisticados programas que se ejecutan en los mismos

enrutadores sin la necesidad de utilizar servidores dedicados internos, haciéndolos de esta manera más eficientes y rentables.

La plataforma Kinetic IoT de Cisco permite tener el control total de los dispositivos conectados y de los flujos de datos. Esta plataforma permite administrar los sensores, enrutadores y flujos de datos “hacia y desde” la plataforma IBM IoT. No se necesita configurar los mismos, debido a venir preconfigurados, conectándose automáticamente al entorno instalado.

Una aplicación de estas tecnologías es la red de sensores localizados estratégicamente en el área, para capturar en tiempo real datos acerca del agua, condiciones climáticas, altura de la marea, corriente de la marea, la salinidad, velocidad y dirección del viento; estos datos ayudan a optimizar la planificación de rutas incrementando la eficiencia de combustible. Se utiliza en la planificación de ventanas de mareas para embarcaciones de gran calado, algunos barcos sólo pueden ingresar durante mareas alta dónde las ventanas de tiempo son del orden de treinta minutos por día. Otra aplicación respecto a infraestructura inteligente es la utilización de IA, donde se instruyen a computadoras para que reconozcan anomalías en la inspección de los activos.

Por otro lado, el puerto está trabajando junto a IBM activamente con tecnología IBM IoT para crear un gemelo digital del puerto, es decir una réplica digital exacta de sus operaciones reflejando todos los recursos, que incluye el rastreo de los movimientos de barcos, la infraestructura, el clima, la geografía y los datos de profundidad del agua con una elevada precisión. Tiene como objetivo probar escenarios y comprender mejor las alternativas de mejoras en la eficiencia en todas sus operaciones. En esencia, a todas sus operaciones la podrá simular digitalmente de manera casi real (S&M Simulation and Modelling).

Otra línea de trabajo junto a IBM es la utilización de sensores IoT, de inteligencia artificial (IA) y de datos meteorológicos inteligentes, direccionado por IBM y otros socios para medir parámetros como disponibilidad de amarres y otros estadísticos. Por ejemplo, los datos precisos sobre el agua y el clima permiten a las compañías navieras predecir el mejor

momento para ingresar al puerto identificando las condiciones más favorables. The Wheeler Company, una empresa de IBM, proporciona datos meteorológicos precisos. Las aguas tranquilas y las condiciones climáticas favorables permiten tasas de consumo de combustibles más bajas, facilitan cargas rentables por barco y ayudan a garantizar la llegada segura de la carga.

Otra área de trabajo de frontera con IBM es una instalación de investigación y desarrollo (I+D) llamada Rotterdam Additive Manufacturing Lab³⁴ (siglas RAMLAB) compuesta por 30 socios. Siendo el primer laboratorio de impresión 3D que atiende a puertos marítimos y compañías navieras. Utiliza tecnología IoT cognitiva de IBM, utilizando brazos robóticos de soldadura para aplicar metal de alta calidad capa por capa, creando componentes de barcos, como, por ejemplo: hélices. Mientras que un proceso de fabricación tradicional de estos componentes puede tardar hasta 960 horas, con esta tecnología aseguran entregarlos en sólo 200 horas.

Por último, un área de trabajo conjunta entre el puerto e IBM está en los “dolphin digitales” utilizando “IoT Connecting Services”³⁵. Estos muelles digitales junto con boyas equipadas con sensores proporcionan información sobre el estado y la utilización de una terminal de atraque, las condiciones climáticas y del agua circundante. Permitiendo a los operadores portuarios identificar el momento óptimo para que los barcos atraquen, dónde y cuándo hacerlo. El aprendizaje automático “en inglés, machine learning³⁶” se aplica para aprender los patrones de los datos, de modo que la información brindada a los operadores sea confiable y precisa.

Siguiendo el análisis para el puerto de Rosario, referente al subdominio “infraestructura inteligente en software” se menciona que, según información del sitio, se está añadiendo

³⁴ En español: Laboratorio de Manufactura Aditiva de Rotterdam.

³⁵ Servicios de conexión utilizando Internet de las Cosas

³⁶ Aprendizaje automático, rama de la inteligencia artificial que permite que las máquinas aprendan.

inteligencia artificial a su operatoria diaria, por lo tanto, está en proceso de implementación. Siguiendo con el parámetro de “infraestructura inteligente en hardware”, el mismo representa una oportunidad de mejora a evaluar por la entidad.

A continuación, en tabla 8 normalizaremos los subdominios aplicando la ecuación 1. Para la comparación del valor máximo en productividad, se tomará como referencia el valor máximo presentado registrado en el puerto de Rotterdam de 883 TEU / metro de muelle (ver tabla 3).

Tabla 8

Normalización subdominios operaciones

	Rosario	Rotterdam
Productividad	$(44-0) / (883-0) = 0,0498$	$(883-0) / (883-0) = 1$
Automatización	$(1-1) / (3-1) = 0$	$(3-1) / (3-1) = 1$
Infraestructura inteligente en Software	$(2-1) / (3-1) = 0,5$	$(3-1) / (3-1) = 1$
Infraestructura inteligente en Hardware	$(1-1) / (3-1) = 0$	$(3-1) / (3-1) = 1$

Fuente: elaboración propia

Para determinar el *SOI (Smart Operation Index)* utilizaremos la ecuación 2, donde se ve representando en tabla 9, cuyos valores de *ai* tendrán el mismo peso para los subdominios considerados.

Tabla 9

Determinación del SOI

SOI	Rosario	Rotterdam
------------	----------------	------------------

$$= \sum_{i=1}^{n1} \alpha_i K_{1i}, \text{ donde } \sum_{i=1}^{n1} \alpha_i = 1, \alpha_i \geq 0$$

$$0,0498 \times 0,25 + 0 + 0,25 \times 1 \times 0,25 + 1 \times 0,25 + 1 \times 0,25 = 0,137$$

$$0,25 + 1 \times 0,25 = 1$$

Fuente: elaboración propia

Energía

Los subdominios por evaluar son presentados en la tabla 10. Respecto al subdominio “uso de energías renovables” aplican los mismos comentarios realizados en el parámetro de la primera comparativa³⁷.

Tabla 10

Energía

Subdominios	Rosario	Rotterdam	Referencias
[%] Consumo Energías Renovables	0%	4,5 %	Port of Rotterdam (2020)
Uso de energías renovables Valoración: 0 = Sin uso de energía renovable 1 = Uso básico de energía renovable 2 = Uso avanzado de energía renovable	0	3	Sdoukopoulos, Boile, Tromaras, & Anastasiadis (2019) Port of Rotterdam (2022b) Port of Rotterdam (2022c)

³⁷ Ver desarrollo realizado en páginas numeradas de la 31 a la 34.

3 = Uso de energías renovables muy avanzado y desarrolla nuevos métodos			
¿Dispone de un sistema de Gestión? Valoración: 0= no dispone 1= dispone 2= implementado y certificado	1	1	Sdoukopoulos, Boile, Tromaras, & Anastasiadis (2019) Port of Rotterdam (2020) Einge (2022)

Fuente: elaboración propia considerando referencias.

Iniciamos el análisis con el puerto de Rotterdam, el nuevo subdominio a evaluar de “consumo de energías renovables” según última actualización brindada en el informe PERS³⁸, el porcentaje de energía producida de fuentes renovables en el puerto es del orden del 4,5 %. Para la normalización de este valor, se toma como referencia de valor máximo, el valor objetivo del puerto en el 2020 fue situado en un 14 %. En cuanto al subdominio de “Sistema de Gestión”, si bien el puerto dispone de la certificación PERS mencionada previamente, dónde la utilización de fuentes renovables está incluida dentro de los puntos alineados a sus estándares, y además el puerto lleva a cabo un programa denominado “transición energética” que incluye cuatro pilares ya mencionados³⁹. Según lo analizado, la calificación da un valor intermedio dado que, si bien dispone de sistemas de gestión, en cuanto a gestión de la energía

³⁸ Port Environmental Review System, April 2020

³⁹ Ver desarrollo realizado en páginas numeradas 32 y 33.

específicamente no tiene un programa al respecto que lo certifique, como puede ser ISO 50.001⁴⁰.

Continuando el análisis del puerto de Rosario, respecto a “consumo de energías renovables” no existe evidencia en su utilización, por ende, un punto de mejora a evaluar por la entidad. Como ejemplo, podría establecer contratos en el MATER⁴¹, que alcanza a grandes usuarios del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) con demanda de potencias anuales iguales o mayores a 300 kWh, e incorporar en su matriz energética generación de renovables.

El siguiente parámetro es sobre la aplicación de un sistema de gestión de la energía, en este punto la terminal tercerizó el trabajo de gestión a una empresa especializada, dónde según la fuente relevada se adecuaron los consumos a cuatro grandes clientes que posee la terminal obteniendo mejoras en la reducción del consumo, por lo tanto, dispone de un trabajo de gestión.

En tabla 11, normalizamos los subdominios aplicando ecuación 1.

Tabla 11

Normalización subdominios energía

	Rosario	Rotterdam
Consumo energías renovables	0	$(4,5-0) / (14-0) = 0,32$
Uso de energías renovables	0	$(3-0) / (3-0) = 1$
Sistema de Gestión	$(1-0) / (2-0) = 0,5$	$(1-0) / (2-0) = 0,5$

⁴⁰ Sistema de Gestión de la Energía desarrollada por la Organización Internacional de Normalización (ISO), Ref.: https://es.wikipedia.org/wiki/ISO_50001

⁴¹ Punto mencionado anteriormente en oportunidad de mejora primera comparativa.

Fuente: elaboración propia

Para determinar el *SEGI* (Smart Energy Index) utilizaremos la ecuación 3 tabla 12, donde los valores de β_i tendrán los siguientes pesos $\beta_1 = 0,4$; $\beta_2 = 0,4$ y $\beta_3 = 0,2$. Los factores de consumo y uso de energías renovables son considerados con mayor peso respecto a disponer de un sistema de gestión.

Tabla 12

Determinación del SEGI

<i>SEGI</i>	Rosario	Rotterdam
$= \sum_{i=1}^{n2} \beta_i K_{2i}, \text{ donde } \sum_{i=1}^{n2} \beta_i = 1, \beta_i \geq 0$	$0,5 \times 0,2 = 0,1$	$0,32 \times 0,4 + 1 \times 0,4 + 0,5 \times 0,2 = 0,628$

Fuente: elaboración propia

Medio Ambiente

En la tabla 13 se puede observar los subdominios a evaluar, en el caso del subdominio “Sistema de gestión medioambiental” el mismo fue analizado previamente⁴².

Tabla 13

Medio Ambiente

Subdominios	Rosario	Rotterdam	Referencias
Sistema de gestión medioambiental Valoración:	1	1	Port of Rotterdam (2020)

⁴² Ver desarrollo realizado en páginas numeradas 33 y 34.

0= no dispone de certificado 1= dispone de certificado			ENAPRO (2022e)
Emisiones y control de la contaminación Valoración: 0= no se dispone 1= se dispone	1	1	Port of Rotterdam (2020) ENAPRO (2022e) ENAPRO (2022g)
Gestión de residuos Valoración: 0= no se dispone 1= se dispone	1	1	Port of Rotterdam (2018) Port of Rotterdam (2019b) ENAPRO (2021) ENAPRO (2022d)

Fuente: elaboración propia considerando referencias.

Empezando por el puerto de Rotterdam, en relación con el subdominio “emisiones y control de la contaminación” en la última auditoría del sistema PERS se menciona la estrategia y el nivel de desarrollo del puerto respecto a la reducción de gases de efectos invernaderos y control de la contaminación. Para lograr la meta climática comprometida o neutralidad del carbono para el 2050, la estrategia está desarrollada en 3 pasos que fueron mencionados previamente pero no ampliados como lo haremos a continuación.

El primer paso se basa en medir eficientemente sus operaciones; además utilizar el calor residual para calentamiento de hogares y edificios; y por otro lado capturar el CO₂ generado

por las actividades dentro del puerto, transportándolo y almacenándolo bajo las profundidades del mar del Norte. La segunda etapa consiste en la utilización de nuevos sistemas de energía, como ser: producción a través de turbinas eólicas ubicados en parques eólicos tanto en tierra como sobre el mar del Norte (offshore); incentivar la utilización en mayor porcentaje de paneles solares; migrar a sistemas de cogeneración de energía eléctrica y de vapor a través de biomasa para sus operaciones; y por último la generación con hidrógeno. La tercera etapa considera la utilización de nuevas materias primas y sistemas combustibles, relacionado al punto anterior en cuanto a utilizar nuevos sistemas de energía, para reemplazar las fuentes fósiles a través de la utilización de biomasa, materiales reciclados e hidrogeno.

Las etapas mencionadas en el párrafo anterior están en funcionamiento actualmente, además de nuevos proyectos que podrán ser vistos en las referencias. Siguiendo con las emisiones, otras propuestas que favorecen la reducción de emisiones son la utilización de motores limpios en camiones (euro 6)⁴³ y las medidas desarrolladas para promover el transporte marítimo limpio. Respecto al control de las emisiones, las mismas son monitoreadas anualmente, como ser: concentraciones de dióxido de nitrógeno y de partículas, observándose año a año un descenso. Obteniendo en el 2018 valor de 27,5 microgramo / m3 de NO₂ en el aire, y de 21,2 microgramos / m3 de partículas en aire en la región del puerto. Respecto a las mediciones de CO₂ el puerto trabaja con una agencia de monitoreo denominada DCRM⁴⁴ registrando un valor de 29.891 kilotoneladas de emisiones en la región en el año mencionado. Por lo analizado, el subdominio “Emisiones y control de la contaminación” se califica con puntuación máxima de (1) debido a disponer de infraestructura y medidas desarrolladas para tal fin.

⁴³ Normativa europea sobre emisiones contaminantes aplicada a las emisiones de gases de combustión interna de los vehículos vendidos en los estados miembros de la UE. Ver Ref.: https://es.wikipedia.org/wiki/Normativa_europea_sobre_emisiones

⁴⁴ Regional Environmental Protection Agency (inglés): Agencia Regional de Protección Ambiental

Siguiendo con el último subdominio “Gestión de Residuos”, es importante mencionar que a los buques se les aplica una tarifa por desechos basados en el tonelaje bruto. La tasa por residuos es entendida como una medida de compensación por la eliminación de los desechos generados, estos sean: residuos aceitosos, domésticos o plásticos. Tal lo mencionado en la comparativa anterior⁴⁵, el puerto realiza un descuento para barcos respetuosos con el medio ambiente, si los mismos se encuentran por encima del estándar (Environmental Ship Index) o disponen de certificación (Green Award Certificate). Por otro lado, el puerto dispone de un Plan de Manejo de Residuos Portuarios (en inglés, Port Waste Handling Plan), el mismo realizado bajo varias normativas de regulación tanto europea, como nacional y propias del puerto.

Un gran número de compañías están involucradas en la recepción y procesamiento de varios tipos de desechos; una vez colectados, los mismos son transportados (con o sin almacenamiento intermedio) a plantas de tratamientos. Al correspondiente subdominio se le da la valoración numérica de (1), indicando que posee gestión de residuos.

Iniciando el análisis respecto al puerto de Rosario, referente a “emisiones y control de la contaminación” como se mencionó previamente, la terminal dispone de un sistema de gestión integrado que incluye el cuidado del medio ambiente, teniendo una profesional asesorando (Ingeniera Ambiental), cumpliendo la normativa local respecto a su cuidado. Además, la terminal posee un Plan Nacional de Contingencias (denominado con sus siglas PLANACON), coordinado con el sistema nacional y referido al “régimen para la Protección del Medio Ambiente” con el objetivo de dar respuesta en caso de derrames de hidrocarburos y otras sustancias nocivas y/o peligrosas. Siguiendo con el próximo subdominio “Gestión de residuos” aplican los comentarios desarrollados anteriormente⁴⁶ en “trabajo sostenible”,

⁴⁵ Ver desarrollo realizado en páginas numeradas 30 y 31.

⁴⁶ Ver desarrollo realizado en páginas numeradas 33 y 34.

disponiendo de una gestión integral de residuos, por ende, aplica calificación numérica máxima de (1).

En tabla 14 se normalizan los subdominios aplicando ecuación 1.

Tabla 14

Normalización subdominios medio ambiente

	Rosario	Rotterdam
Sistema gestión medioambiental	$(1-0) / (1-0) = 1$	$(1-0) / (1-0) = 1$
Emisiones y control de la contaminación	$(1-0) / (1-0) = 1$	$(1-0) / (1-0) = 1$
Gestión de residuos	$(1-0) / (1-0) = 1$	$(1-0) / (1-0) = 1$

Fuente: elaboración propia

Para determinar el *SEnI* (Smart Environment Index) utilizaremos la ecuación 4 tabla 15, donde los valores de γ_i tendrán los siguientes pesos $\gamma_1 = 0,3$; $\gamma_2 = 0,4$ y $\gamma_3 = 0,3$. Como criterio se adopta de ponderar con mayor pesos las emisiones y sus controles, respecto a los sistemas de gestión.

Tabla 15

Determinación del SEnI

<i>SEnI</i>	Rosario	Rotterdam
$= \sum_{i=1}^{n3} \gamma_i K_{3i}, \text{ donde } \sum_{i=1}^{n3} \gamma_i = 1, \gamma_i \geq 0$	$0,3 \times 1 + 0,4 \times 1 + 0,3 \times 1 = 1$	$0,3 \times 1 + 0,4 \times 1 + 0,3 \times 1 = 1$

Fuente: elaboración propia

Seguridad y Protección

En la tabla 16 se representan los subdominios a evaluar, respecto a ciberseguridad aplica mismos comentarios desarrollados anteriormente en “mejoras y actualización⁴⁷”.

Tabla 16

Seguridad y Protección

Subdominios	Rosario	Rotterdam	Referencias
<p>Sistema de Gestión en la seguridad y salud ocupacional</p> <p>Valoración:</p> <p>0= sin implementación</p> <p>1= siendo implementada</p> <p>2= implementada y certificada</p>	1	1	<p>Port of Rotterdam (2022i)</p> <p>Port of Rotterdam (2022j)</p> <p>Port of Rotterdam (2022k)</p> <p>ENAPRO (2018)</p> <p>ENAPRO (2022e)</p> <p>ENAPRO (2022g)</p>
<p>Sistema de Gestión de la Seguridad de sus activos y amenazas externas</p> <p>Valoración:</p>	2	2	<p>Hathaway (2018)</p> <p>Mendix (2021)</p>

⁴⁷ Ver desarrollo realizado en páginas numeradas 44 y 45.

0= no se dispone 1= se dispone 2= dispone de certificación			Port of Rotterdam (2019c) Port of Rotterdam (2022i) Port of Rotterdam (2022l) ENAPRO (2022g)
Ciberseguridad Valoración: 0 = ninguna/pequeña inversión en desarrollo de software y hardware 1 = Inversiones significativas en el desarrollo de software y hardware	0	1	Campfens & Dekker (2018) Campfens (2019)

Fuente: elaboración propia considerando referencias.

Iniciando por el puerto de Rotterdam, el subdominio sobre el sistema de gestión en la salud y seguridad ocupacional de las personas, la locación emplea directa e indirectamente a 174.057 personas aproximadamente. Dispone de una política de seguridad, siendo una de las principales prioridades para sus autoridades. La política aplica a buques, residentes locales, empleados, empresas y usuarios del sitio. Se basan en el concepto de que todos deben volver a casa sanos y salvos después de la jornada de trabajo. Apoyan firmemente al personal que detiene trabajos inseguros. Parten del concepto que la seguridad es responsabilidad de todos. Aceptan únicamente comportamientos seguros y respetuosos, tanto del personal propio como

de sus contratistas. El desarrollo y mantenimiento de una cultura de seguridad proactiva y la mejora continua de las condiciones de trabajo están en el centro de esta política.

Disponen de normas estrictas en el ámbito de la seguridad, cuyo objetivo es liderar con el ejemplo. Algunos puntos de lo que su política expresa, incluye tomarse el tiempo necesario para trabajar de manera segura, cumplir siempre las normas de salvamento de vida, observar e intervenir para mejorar comportamientos seguros, discutir cambios en el entorno de trabajo para gestionar los riesgos, implementar formas socialmente responsables para apoyar a los empleados, garantizar la capacitación y competencia de las personas que trabajan, proporcionar los recursos necesarios para trabajar con seguridad; y cumplir siempre los requisitos reglamentarios aplicables en materia de salud y seguridad.

Dentro de su cultura de seguridad, se encuentra el identificar proactivamente los riesgos, comunicarlos y tomar medidas para controlarlos. Darse el tiempo para preparar adecuadamente el trabajo es un aspecto relevante para obtener un trabajo seguro. Por otro lado, disponen de reglas que salvan vidas, entre ellas se encuentran: el asegurar una ruta de salida conocida y disponible, manejar de manera segura, prohibido el uso de celulares durante el manejo, nada al alcohol o drogas mientras se trabaja o conduce, llevar un chaleco salvavidas mientras se trabaje en zonas cercana al agua, no trabajar debajo de una carga suspendida, estar alejado del movimiento de equipamientos o vehículos, y por último protegerse de trabajos en altura.

Siguiendo con la temática en seguridad, el puerto le brinda mucha importancia a la seguridad en los proyectos, pensando que un puerto seguro comienza con una infraestructura segura. En sus proyectos, los desarrollos se apoyan en todo el ciclo de vida del activo incorporando aspectos de seguridad en el diseño y velando por condiciones de construcción seguras junto a sus contratistas. La seguridad es una parte integral de todas las fases que incluye diseño, construcción y mantenimiento de sus activos.

Otros aspectos para mencionar en torno a este subdominio, es que el puerto dispone de una alerta de emergencia en caso de incidente o crisis. Además, se realizan ejercicios de

entrenamiento semestrales ante incidentes. Recibiendo el personal, capacitación durante el entrenamiento lo más realista posible. La División de Capitanía Marítima (en inglés, The Harbour Master's Division, siglas DHMR) suele ser la primera en llegar en caso de incidentes en el agua. Estas prácticas tienen como objetivo de formación, controlar y contener los incidentes en el puerto de forma segura y rápida, limitando los daños e interrupciones emergentes.

Otra práctica que se realiza es con fuego a bordo de los buques, exigiendo diferentes habilidades y conocimientos. Existe el Grupo de Respuesta a Incidentes Marítimos de los Países Bajos (en inglés, The Maritime Incident Response Group Netherlands, siglas MIRG-NL) disponible las 24 horas los 7 días de la semana, siendo un equipo especializado en la lucha contra incendio de buques. Este sale a petición del Centro de Guardacostas de los Países Bajos (en inglés, The Netherlands Coastguard Centre) que recibe la alarma de emergencia del capitán del buque.

Finalizando con este subdominio, utilizan el índice de Seguridad Náutica (en inglés, Nautical Safety Index , siglas NSI) el cual indica la gravedad de los incidentes, registrando en el 2021 un valor de 7,46, siendo más alto que el estándar de 7. No habiendo incidentes de alta gravedad, pero si tres incidentes, siendo los siguientes: la colisión de un buque con un puente, el choque de un buque con una barcaza, y el vuelco de un remolcador de barcasas.

Por todo lo mencionado, este subdominio es valorizado con puntuación intermedia de valor (1) debido a tener implementado un sistema de gestión en la seguridad y salud ocupacional; no encontrándose evidencia de certificaciones en la materia como puede ser el estándar ISO 45.001⁴⁸.

Con respecto al subdominio de sistemas de gestión de la seguridad de sus activos y amenazas externas, aplica los puntos mencionados en los párrafos anteriores respecto a seguridad en los proyectos de activos, alerta de emergencias e incidentes marítimos. Por otro lado, el

⁴⁸ Norma internacional para la Gestión de Sistemas de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Oficial de Protección Portuaria (en inglés, Port Security Officer, siglas PSO) es la autoridad en materia de seguridad en nombre del alcalde de la ciudad. Para mantener el riesgo de incidentes al mínimo se aplican normas establecidas por la Organización Marítima Internacional (en inglés, International Maritime Organisation, siglas IMO) en el Código Internacional de Instalaciones Portuarias y Buques (ISPS).

La seguridad en el puerto y en los complejos industriales constituye una de las prioridades para la autoridad portuaria. Además de la seguridad de los activos, se incluyen delincuencia subversiva, terrorismo y ciberseguridad. El nivel de seguridad en el puerto es parte del código ISPS, siendo obligatorio para: buques dedicados a viajes internacionales, buques de pasajeros, buques de carga, embarcaciones en general, unidades de perforación, e instalaciones portuarias. Para las terminales, estos niveles son establecidos por el Gobierno Nacional, mientras que para los buques el nivel lo establece el estado del puerto. La autoridad del puerto informa a los responsables de seguridad en las terminales sobre los cambios en el nivel de seguridad.

Existen tres niveles de seguridad, el primero de situación normal (nivel 1) donde se aplican medidas de seguridad estándar, el siguiente (nivel 2) es de mayor amenaza dónde las medidas de seguridad son más estrictas, y por último (nivel 3) el de amenaza específica dónde se implementan medidas de seguridad muy específicas. Además, la institución dispone de un plan de seguridad y de evaluación de riesgos, conforme con el código ISPS, dónde el responsable de la seguridad prepara una evaluación de riesgos para las terminales donde se manejan embarcaciones de alta mar y los administradores de estas terminales están obligados a preparar un plan de seguridad conforme. El equipo de evaluación del ISPS está conformado por la policía, Aduanas y la autoridad portuaria.

Tanto el PSO como su personal utilizan una aplicación denominada MOBI⁴⁹, la aplicación es una plataforma administrativa y de seguimiento de tareas que facilita el cumplimiento de los requisitos de seguridad exigidos por las Naciones Unidas para obtener la certificación

⁴⁹ MOBI, un acrónimo holandés para "metodología para un inventario de seguridad objetivo".

ISPS mencionada. Los usuarios pueden iniciar sesión en la aplicación a través del siguiente enlace web⁵⁰.

Respecto a responsabilidades, los Oficiales de Protección de Buques (en inglés, Ship Security Officers, cuyas siglas son SSOs) son los responsables de la seguridad a bordo de los buques, mientras que el Oficial de Protección de la Instalación Portuaria (Port Facility Security Officer, cuyas siglas son PFSO) es el responsable de la seguridad de una terminal; estos últimos oficiales están obligados a realizar un ejercicio simple de simulacro en la terminal de manera trimestral, y un ejercicio completo que involucre la participación de un tercero una vez por año calendario. Utilizándose normalmente el manual desarrollado por la autoridad portuaria de Amberes denominado Manual Europeo de Ejercicios y Simulacros de Seguridad Marítima.

La ciberseguridad está incluida en este subdominio aplicando los comentarios realizados previamente sobre la materia en “panorama de la seguridad cibernética”⁵¹. En este punto es importante mencionar el golpe realizado de ciberataque en 2017 por NotPetya (malware⁵²), viéndose sus operaciones significativamente afectadas y sus servicios degradados.

Por los puntos mencionados respecto al subdominio en estudio, sumado a indicar que el código ISPS se certifica y además el puerto tiene la certificación; se le asigna la puntuación máxima numérica de (2). A continuación, se normalizan los subdominios aplicando ecuación 1 en tabla 17.

Siguiendo con el análisis en el puerto de Rosario, comenzamos evaluando el “sistemas de gestión en la seguridad y salud ocupacional” mencionando que, dentro del sistema integrado de gestión, la terminal posee una política de trabajo claramente definida hacia el cuidado de

⁵⁰ Ver referencia: www.havenmobi.nl

⁵¹ Ver desarrollo realizado en páginas numeradas 43 a 45.

⁵² Software que realiza acciones dañinas en un sistema informático de forma intencionada

la vida, la prevención de enfermedades, la prevención de accidentes y apoyado a través de la mejora continua; cumpliendo la legislación aplicable. Además, según información relavada en el sitio, la seguridad desde hace tiempo pasó a ser un tema prioritario teniendo como meta cero accidentes, realizando inversiones enfocadas a temas claves de seguridad. Por consiguiente, este subdominio es puntuado con valor intermedio (1) debido a poseer un sistema de gestión, pero no se dispone de evidencias respecto a certificación ISO 45.001.

Continuando con el próximo subdominio “seguridad de sus activos y amenazas externas” la terminal cumple estrictamente las normas previstas por la Organización Marítima Internacional para la Protección de los Buques y de las Instalaciones Portuarias (código ISPS en inglés), cumpliendo con las últimas cuatro verificaciones realizadas por Prefectura Naval. Actualmente trabaja en el Nivel 1 del código mencionado establecido como operación normal. Además, la entidad dispone de un circuito cerrado de televisión como complemento a la seguridad de la terminal, este centro de monitoreo controla aproximadamente 70 cámaras ubicadas en toda el área. Por lo mencionado este subdominio es valorizado con máxima puntuación (2).

Tabla 17

Normalización subdominios Seguridad y Protección

	Rosario	Rotterdam
Seguridad y Salud ocupacional	$(1-0) / (2-0) = 0,5$	$(1-0) / (2-0) = 0,5$
Seguridad de sus Activos y amenazas externas	$(2-0) / (2-0) = 1$	$(2-0) / (2-0) = 1$
Ciberseguridad	0	$(1-0) / (1-0) = 1$

Fuente: elaboración propia

En tabla 18 se determina el *SSSI (Smart Safety and Security Index)* utilizando la ecuación 5, donde los δ_i tienen los siguientes pesos $\delta_1 = 0,4$; $\delta_2 = 0,4$ y $\delta_3 = 0,2$. Se ha considerado

mayor peso a los temas de Seguridad en cuanto a personas y activos, que respecto a la ciberseguridad. El criterio adoptado, considera la frecuencia de aparición de estos factores, además que en materia de ciberseguridad existe una red de actores a nivel nacional e internacional que fortalecen este punto, como fue mencionado previamente.

Tabla 18

Determinación de SSSI

<i>SSSI</i>	Rosario	Rotterdam
$= \sum_{i=1}^{n4} \delta_i K_{4i}, \text{ donde } \sum_{i=1}^{n4} \delta_i = 1, \delta_i \geq 0$	$0,4 \times 0,5 + 0,4 \times 1 + 0 = 0,6$	$0,4 \times 0,5 + 0,4 \times 1 + 0,2 \times 1 = 0,8$

Fuente: elaboración propia

Finalmente, en tabla 19 se determina el *SPI* aplicando la ecuación 6, donde los factores ε_i tienen la misma ponderación. Como se puede apreciar en la tabla, el puerto de Rosario obtuvo una puntuación, considerando los criterios seleccionados, de 0,459; mientras que el puerto de Rotterdam obtuvo una puntuación de 0,857. La puntuación del puerto de Rosario es aproximadamente la mitad (46 % menos) respecto al de Rotterdam en este análisis.

Tabla 19

Determinación del SPI

<i>SPI</i>	Rosario	Rotterdam
$= \varepsilon_1 SOI + \varepsilon_2 SEgl$	$0,25 \times 0,137 + 0,25 \times 0,1 +$	$0,25 \times 1 + 0,25 \times 0,628 +$
$+ \varepsilon_3 SENI$	$0,25 \times 1 + 0,25 \times 0,6 =$	$0,25 \times 1 + 0,25 \times 0,8 =$
$+ \varepsilon_4 SSSI$	<u>0,459</u>	<u>0,857</u>
$\sum_{i=1}^4 \varepsilon_i = 1, \quad \varepsilon_i \geq 0$		

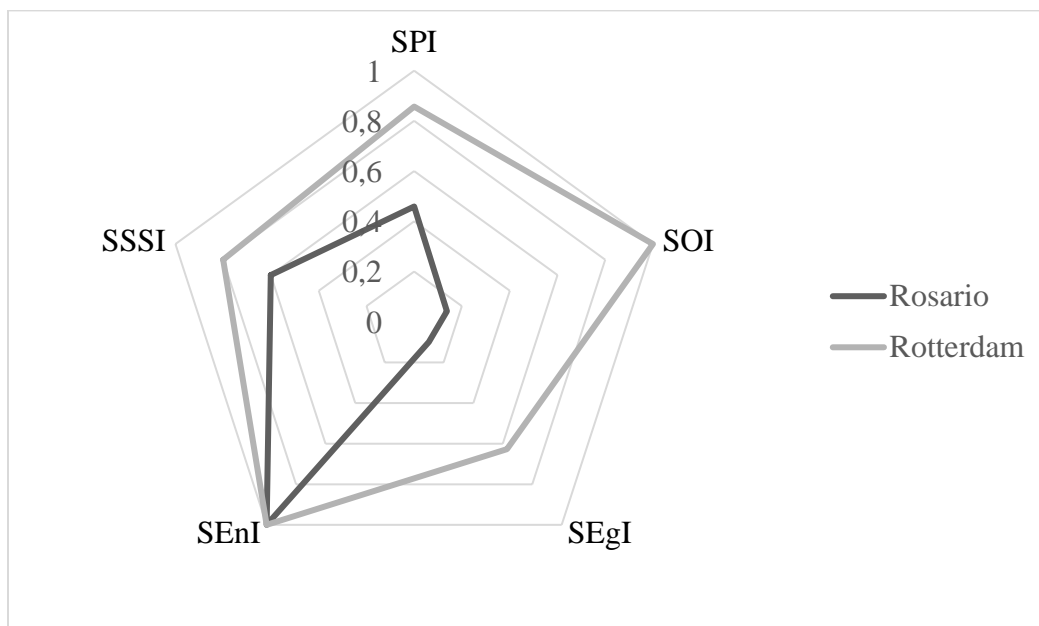
Fuente: elaboración propia

8.4 Oportunidades De Mejora - Segunda Comparativa

En el gráfico 1 se puede observar visualmente los indicadores analizados, disponiendo de una mejor comprensión visual en cuanto a sus diferencias, utilizando el diagrama radar. Se toma como referencia el puerto de Rotterdam como ejemplo a seguir, mencionando que las oportunidades de mejora son indicadas para el puerto de Rosario.

Gráfico 1

Gráfico radar indicadores normalizados: Puertos Rotterdam y Rosario



Fuente: elaboración propia

Respecto a los puntos de productividad y automatización del indicador SOI valen los mismos comentarios realizados en oportunidades de mejora primera comparativa. Siguiendo con infraestructura inteligente en software, si bien la tecnología descrita anteriormente

corresponde a tecnología de última generación, que en muchas de estas aplicaciones no sería práctico de aplicar en el puerto de Rosario, pero existen conceptos que si pudieran ayudar a la mejora de sus operaciones. Por ejemplo, utilización en menor escala en un sector donde se requiera optimizar de la tecnología IoT, para crear un gemelo digital del puerto, que permitiría probar escenarios y mejorar la eficiencia teniendo en cuenta las restricciones de los recursos (Simulation & Modelling). Otro ejemplo siguiendo el concepto anterior, sería la utilización de rúters inteligentes con una plataforma IoT robusta, donde se podría utilizar para recolectar y procesar información con el objeto de fortalecer el sistema de decisiones basados en los datos.

Siguiendo con el indicador SEgI de energía, respecto a los puntos de consumo y uso de renovables, aplica mismos comentarios realizados en oportunidades de mejora primera comparativa. En cuanto a disponer de un sistema de gestión, ambos puertos disponen de gestión, pero no de un sistema que lo certifique como puede ser ISO 50.001.

Respecto al indicador SEnI de medio ambiente, el puerto de Rosario cumple con los puntos mencionados disponiendo de un sistema de gestión, realiza control de emisiones contaminantes, y además dispone de una gestión básica de residuo. Las oportunidades de mejora radican en elevar el nivel respecto a los puntos mencionados.

Siguiendo con el párrafo anterior, las mejoras podrían ser en disponer de una certificación internacional en cuanto a la gestión medioambiental. En cuanto a emisiones, favorecería mayor uso del transporte intermodal, reduciendo la contaminación por camiones, seguido de exigir el ingreso de camiones menos contaminantes. Al menos en este punto, no se exigiría que sus motores cumplan con alguna normativa como puede ser (euro 6) debido a no estar legalizada en nuestro país, pero si de unidades más modernas, penalizando en algún punto su no utilización. Y por último en gestión de residuo avanzar a aplicar reducción de tarifas a los buques que cumplan con un determinado estándar de gestión, otro ejemplo podría ser que una vez clasificados y colectados los residuos sean procesados en plantas de tratamiento a través de intermediarios especializados en dichos procesos.

Continuando con el índice de seguridad y protección, respecto al punto de gestión en seguridad y salud ocupacional el puerto de Rosario dispone de un sistema integrado de gestión bien definido cumpliendo la legislación vigente; pero como mejora podría darse en caso de aplicar una certificación internacional como ISO 45.001 que avale la gestión. Por otro lado, respecto a la gestión de seguridad de sus activos y amenazas externas la terminal cumple con las normas previstas por la Organización Marítima Internacional. Como oportunidad de mejora en este índice se encuentra la ciberseguridad, aplicando los mismos comentarios realizados en oportunidades de mejora primera comparativa.

8.5 Relación Eficiencia Versus Inversiones

Iniciamos el análisis por el puerto de Rotterdam, mencionando que la información obtenida data hasta el 2015, no disponiendo de datos anterior a la fecha citada. Por otro lado, la información de inversiones por tecnología no se encuentra desagregada; sino valores de inversiones anuales brutas (Port of Rotterdam, 2022i). A continuación, en la tabla 20 se detallan los valores de inversiones brutas y las cantidades de contenedores movidos anualmente por el puerto. La eficiencia es medida a través del movimiento anual de contenedores en los puertos tanto de ingreso como de egreso.

Tabla 20

Puerto de Rotterdam: Inversiones en infraestructura y contenedores movidos anualmente.

Año	Inversiones [Millones €]	Movimiento Contenedores [Millones TEUs]	% Movimiento Contenedores respecto a año anterior
2015	151,1	12,235	
2016	179,8	12,385	+1,2%
2017	213,8	13,734	+10,9%
2018	408,1	14,512	+5,7%

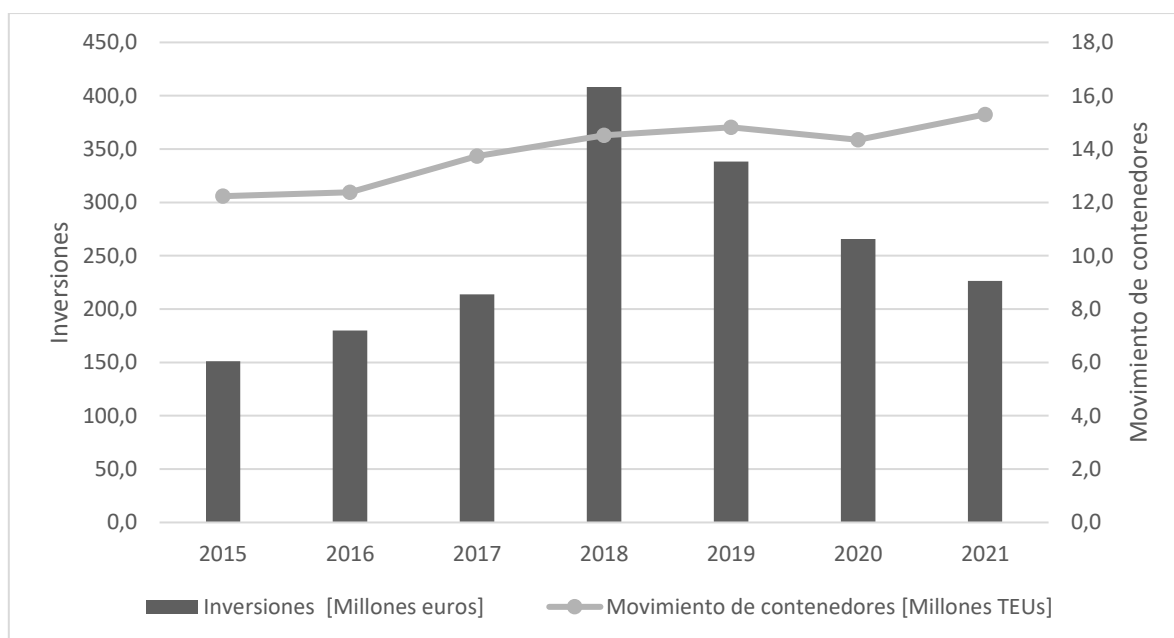
2019	338,3	14,811	+2,1%
2020	265,8	14,349	-3,1%
2021	226,3	15,300	+6,6%

Fuente: elaboración propia según reporte anuales (Port of Rotterdam, 2022i).

Como se puede observar en la tabla anterior, la pandemia debido a la covid-19 afectó el comercio del puerto en el año 2020 disminuyendo en un 3,1 % respecto al año anterior. En el gráfico 2 se representa visualmente los datos de la tabla 20, y en el gráfico 3 su correlación entre las variables de inversiones y movimiento de contenedores.

Gráfico 2

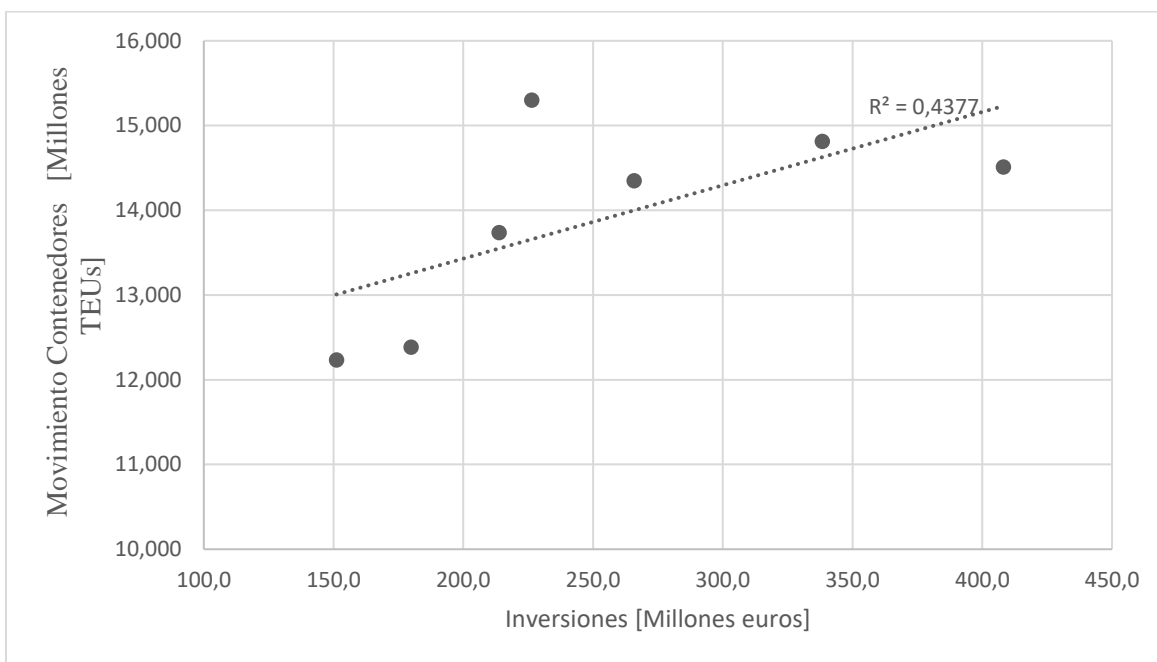
Puerto de Rotterdam: Inversiones y Movimiento de contenedores



Fuente elaboración propia según tabla 20.

Gráfico 3

Puerto de Rotterdam: Correlación entre Inversiones y Movimiento de contenedores



Fuente elaboración propia según tabla 20.

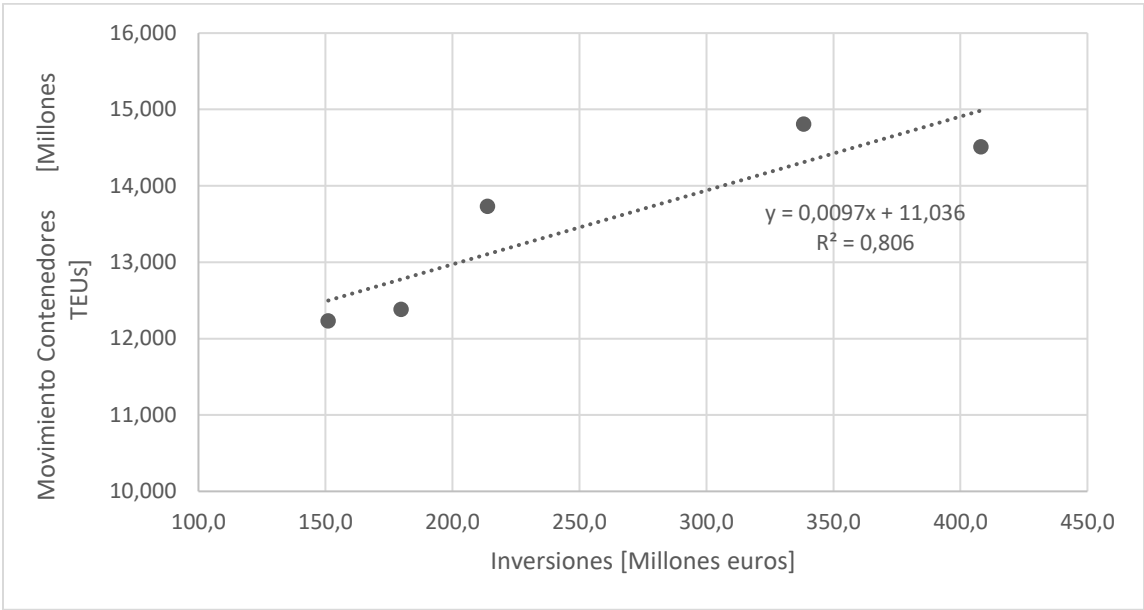
Como se puede observar en el gráfico de correlación, la tendencia es positiva, aunque el valor de correlación ($R^2 = 43,77\%$) es bajo para indicar relación entre las variables. Esta disminución en la correlación se debe principalmente a la baja en el comercio durante las restricciones de pandemia. Por tal motivo el análisis de correlación se efectúa con valores anteriores a la pandemia (año 2020), en el gráfico 4 se visualizan los resultados. Como se aprecia en el gráfico, la modificación presentada con información prepandemia conduce a indicar correlación ($R^2 = 80,6\%$) entre las variables de inversiones brutas y movimiento de contenedores en el puerto de Rotterdam.

Por otro lado, la cantidad de valores disponibles puede no ser estadísticamente significativos. La ecuación que representa esta correlación está dada por $y = 0,0097 X + 11,036$ (ecuación 7) donde el movimiento de contenedores anuales [variable dependiente y] es función de las inversiones [variable independiente x]. La diferencial de la mencionada

ecuación, es decir $dy/dx = 0,0097$ (ecuación 8), nos indica que por cada 100 Millones € aproximadamente invertidos se incrementó el movimiento en 1 millón TEUs en el mencionado período. Este análisis es muy superficial, pero brinda una idea general entre valores monetarios invertidos y movimientos de contenedores en ese período.

Gráfico 4

Puerto de Rotterdam: Correlación entre Inversiones y Movimiento de contenedores anterior al 2020



Fuente elaboración propia según tabla 20.

Continuamos el análisis con el puerto de Rosario, indicando insuficiencia de información respecto a inversiones salvo lo presentado en el informe correspondiente al encuentro Latinoamericano y Caribeño de Comunidades Logísticas Portuarias (Elías, 2019). Los valores de inversión están subdivididos en: compras de maquinarias para mejorar las operaciones de movimiento de contenedores; inversión en infraestructura referente a ampliaciones para nuevas zonas de contenedores; e inversión de un nuevo escáner. A continuación, en tabla 21 se detallan los valores de inversiones brutas aproximadas en

millones dólares americanos y las cantidades de contenedores pasando anualmente por el puerto en miles de TEUs.

Tabla 21

Puerto de Rosario: Inversiones y contenedores movidos anualmente.

Año	Inversión Equipamiento [Millones USD] [1]	Inversión Infraestructura [Millones USD] [2]	Inversiones Total [Millones USD]	Movimiento de contenedores [miles TEUs]	% Movimiento contenedores respecto año anterior
2012	4,3	SD [3]	4,3	29,532	
2013	4,3	SD	4,3	32,439	9,8%
2014	4,3	3,7	8,0	26,887	-17,1%
2015	4,3	3,2	7,6	30,227	12,4%
2016	4,3	2,0	6,4	57,179	89,2%
2017	4,3	SD	4,3	66,616	16,5%
2018	SD	SD	SD	71,675	7,6%
2019	SD	SD	SD	71,748	0,1%
2020	SD	SD	SD	68,592	-4,4%
2021	SD	SD	SD	71,651	4,5%

Fuentes: elaboración propia según reportes anuales estadísticos (ENAPRO, 2022h) e informe de inversiones (Elías, 2019).

Notas en tabla:

[1] Equipamiento Invertido: 2 Grúas Gottwald de 100 ton, 1 Grúa Gottwald de 80 ton, 7 unidades de vehículos para manipular contenedores (Reach stacker), 1 escáner de contenedores marca Rapskan modelo G60 con detector de radiación y 10 unidades de chasis portacontenedores. Por otro lado, debido a mencionarse en el

informe original un monto de inversión dentro de un período de varios años, la inversión es desagregada en valor monetario dividiéndose por el número de años del período correspondiente.

[2] Los valores de inversiones en pesos argentinos fueron llevados a dólares estadounidenses considerando el tipo de cambio promedio en el año de la inversión bajo estudio según Banco Central de la República Argentina⁵³.

[3] SD indica “sin datos” o ausencia de información oficial.

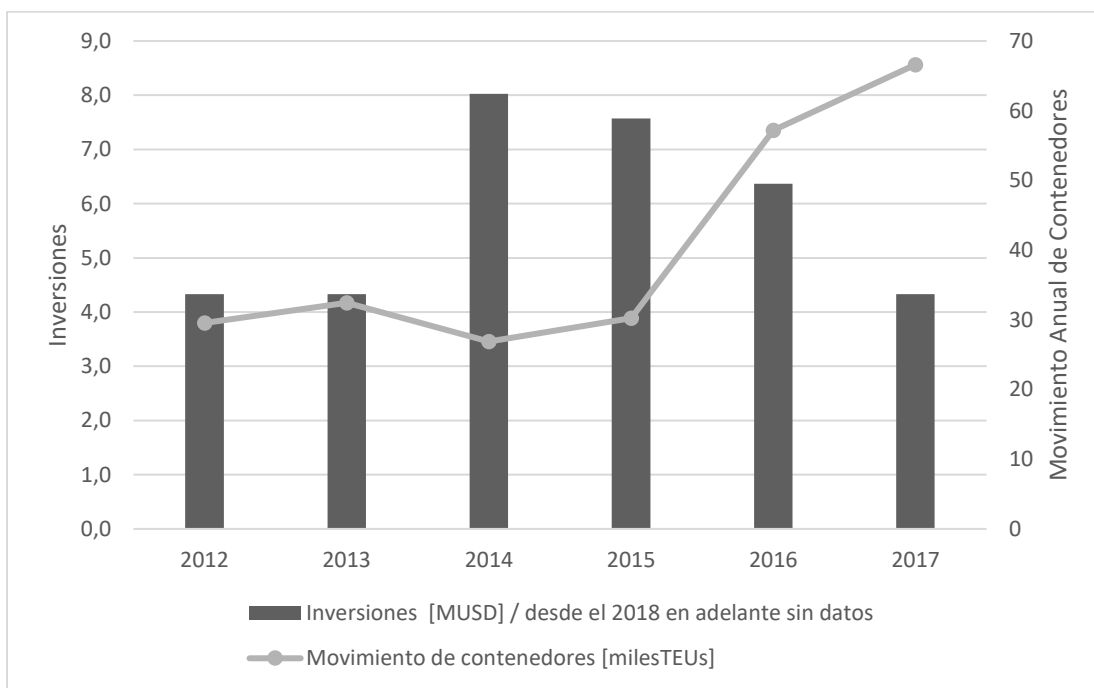
Analizando la tabla anterior con ayuda del gráfico 5, podemos mencionar que las inversiones realizadas entre el período 2012 al 2017 se vieron reflejadas en la eficiencia de movimiento de contenedores a partir del año 2016, pasando de un promedio anual cercano a 30 mil TEUs a más de 55 mil TEUs. Es importante resaltar que las inversiones realizadas entre el 2012 y 2015 no fueron reflejadas en la eficiencia de movimiento anual de contenedores principalmente por el entorno económico, político y de comercio exterior que se encontraba el país. Principalmente por los controles impuestos al comercio debido a la falta de divisas, cepos cambiarios y disminución del comercio exterior (Barletti, 2016). Desde el 2018 en adelante, no se dispone de información oficial del sitio respecto a inversiones.

Siguiendo con el análisis, si bien se observa una mejora respecto a la eficiencia de movimiento de contenedores en el puerto con las inversiones realizadas, no se puede afirmar que este incremento sea por cambios tecnológicos. Realizar un análisis de correlación con la información obtenida no aportaría resultados relevantes principalmente por la carencia de información respecto a inversiones, y las turbulencias mencionadas del entorno político económico comercial.

⁵³ <https://www.bcra.gov.ar/pdfs/PublicacionesEstadisticas/com3500.xls>

Gráfico 5

Puerto de Rosario: Inversiones y contenedores movidos anualmente.



Fuente: elaboración propia según tabla 21.

A continuación, en la tabla 22 se detalla un resumen de los principales puntos analizados respecto a la correlación entre inversiones y movimiento de contenedores. Separando la información que se pudo obtener respecto a las inversiones por tecnología e inversiones brutas por puerto.

Tabla 22

Resumen conclusiones entre inversiones y movimiento de contenedores

	P. Rotterdam	P. Rosario
Correlación entre inversiones de nuevas tecnologías y eficiencia	Sin información para corroborarlo	Sin información para corroborarlo
Correlación entre inversiones brutas y eficiencia	Existe correlación con un valor de $R^2 \sim 81\%$ en el período evaluado entre el 2015 al 2020 inclusive. No significativo estadísticamente debido a la baja cantidad de datos.	Sin información para corroborarlo, sumado a turbulencia en el entorno externo del comercio dificultando este tipo de análisis.

Fuente: elaboración propia

Como se puede apreciar en la tabla anterior, en el puerto de Rosario no se puede llevar a cabo ningún análisis que relacione inversiones versus mejoras en movimiento de contenedores anualmente. Por otro lado, la información brindada por el puerto de Rotterdam de inversiones está en valores brutos, no desagregado por tipo, sumado a que la información encontrada es hasta el 2015, teniendo la pandemia como punto de inflexión. En este último caso, la correlación llevada a cabo es con una muestra pequeña de datos que hacen al estudio no significativo estadísticamente, sólo mencionar que en los años dónde la pandemia no afectó se observa correlación entre ambas variables.

9. Conclusiones

Crear un marco confiable y detallado para evaluar los puertos no es una tarea sencilla. Implica seleccionar los parámetros claves y de disponer de suficiente información. Si bien, en este estudio la información fue obtenida directamente de los sitios oficiales de las entidades a

comparar, por presentarse dificultades a la hora de concretar entrevistas (en el caso del puerto de Rosario) o acercamiento vía mails; esto ha generado que algunos puntos sean analizados superficialmente. Por otro lado, aún con esta restricción, la información oficial obtenida fue suficiente para llevar a cabo el análisis de comparaciones.

La técnica utilizada de comparación en estos casos es similar a ejecutar un benchmark, es decir comparar indicadores de una empresa u organización con el mejor de su clase, con el objeto de detectar oportunidades o iniciativas que mejoren su posición competitiva. Pudiendo ser de utilidad este ejercicio para cualquier gestor de puertos que quiera realizar comparaciones con otro mejor posicionado o de clase mundial, como es el caso del puerto de Rotterdam.

Respecto al tema de inversiones, se ha visto insuficiencia general de información oficial, entendiéndose que puede ser información delicada para compartir en un sitio o de manera abierta, ha dificultado demostrar la segunda hipótesis.

Comenzaremos respondiendo la primera hipótesis del estudio, sustentando la afirmación de que “si es aplicable” utilizar las metodologías de evaluación para puertos inteligentes (o del futuro) en puertos de bajo volúmenes de operación como es el caso del de Rosario. Para argumentarlo, además de los análisis efectuados en este trabajo, mencionaremos los siguientes aspectos.

La primera comparativa o enfoque aportado por Berlin & Eriksson (2020), permite comparar pilares fundamentales en la operación de cualquier tipo de puerto respecto a uno de mejor performance, independientemente del grado de tecnología utilizada o volumen que gestione. Mientras la información a comparar esté disponible, es factible realizar estas comparaciones, incluso como en nuestro caso obteniendo los datos directamente de sus sitios. Realizar este ejercicio de comparación, permite al puerto con mayores oportunidades de mejora, disponer de una guía hacia dónde dirigirse, marcándole un norte respecto a la gestión que debería seguir si quiere desarrollarse en la materia.

Por otro lado, hemos utilizados para las comparaciones, parámetros actuales de competitividad, además de temas relacionados con la energía, la seguridad y el medio ambiente. Estos parámetros, pueden ser seleccionados en función de la necesidad específica de comparación, es decir del área de interés dónde se requiera la mejora.

Demostrando que los parámetros en estudio son comunes a ambas entidades, independientemente de su situación tecnológica, tamaño que posea, volumen que mueva anualmente, tamaño de mercado que abastece, localización o si posee salida al mar o es fluvial. Está claro que los conceptos detrás de los puertos inteligentes (o del futuro) son independientes de las variables mencionadas anteriormente, y se posicionan como una condición en el futuro próximo para que estos sean más competitivos.

Además, de efectuar estas comparaciones, es importante que el analista tenga presente el entorno PESTEL⁵⁴ respecto al que tiene mayores oportunidades de mejora. En este caso, para el puerto de Rosario, su entorno político económico y de comercio, no ha sido del todo beneficioso durante mucho tiempo, lo que probablemente genere barreras a la hora de efectuar proyectos a largo plazo que tengan como objetivo atraer inversiones y una mejor posición competitiva.

Por otro lado, es de resaltar la importancia de tener una estrategia a largo plazo, que pueda ir desarrollando estrategias consecutivas a lo largo del tiempo, contrarrestando cualquier efecto adverso. Además, de disponer de resiliencia en los momentos más difíciles y siempre poniendo foco en la visión que se tiene a futuro. Como el caso del puerto de Rotterdam, que fue adaptando su visión a los nuevos escenarios que se fueron presentando, algunos ejemplos son: guerra comercial EE. UU. – China; pandemia covid-19; guerra bélica entre Rusia – Ucrania. Es de destacar, que la estrategia se fue adaptando a las nuevas condiciones, pero sin realizar cambios significativos en su visión de largo plazo, es decir manteniendo siempre el mismo rumbo.

⁵⁴ PESTEL: Político, Económico, Social, Tecnológico, Medio Ambiental y Legal.

Las principales oportunidades de mejora detectadas para el caso del puerto de Rosario, mencionadas en el punto 8.2 los beneficios de estas mejoras, son principalmente entorno a: incrementar el grado de automatización en la terminal, aumentar la utilización de intermodalidad, cooperar con instituciones para programas de formación con el objeto de crear trabajo futuro, tener mayor participación en el uso de energías renovables, avanzar en el sistema de implementación VUCE puertos, y por último comenzar a implementar medidas de ciberseguridad e impulsar que desde los gobiernos se establezca una normativa.

La primera comparativa, permitió demostrar que con indicadores claves que utilizan los puertos de clase mundial para evaluar su posición en cuanto a puertos del futuro, pueden aplicarse a puertos de menor tamaño sin ninguna dificultad, permitiendo disponer de una guía para desarrollar un plan a largo plazo que les permita direccionarse en el mismo camino, teniendo como foco mejorar su competitividad, ésta sea evaluada a través de costos, calidad de información o tiempo de operación. El ejercicio que se desarrolla en realizar esta práctica permite obtener nuevas ideas respecto a cómo otros mejoran sus operaciones con el objeto de ser más competitivos, y brindan información que permite luego tomar decisiones en cuanto a la realidad del quién lo aplica.

En cuanto a la segunda comparativa, la utilización de indicadores normalizados representa una gran ventaja en cuanto a la comparación, dado que permite de una escala del 0 al 1 efectuar la comparación numérica con mayor exactitud que la comparativa anterior. Requiriendo un mayor grado de elaboración en cuanto a la utilización de valores cuantitativos, en lugar de únicamente lógica binaria (Ejemplos: tiene o no tiene; dispone o no dispone) o difusa (Ejemplo: sin, siendo, o implementada).

Siguiendo con el análisis, si bien la cantidad de indicadores utilizados en esta comparativa dista en cantidad respecto a la utilizada por los autores, como se ha mencionado en punto de limitaciones, esto no ha generado inconvenientes a la hora de obtener conclusiones en cuanto a los parámetros utilizados, y permitiendo demostrar que se puede realizar este ejercicio alcanzando conclusiones similares respecto a la primera comparación. Con la diferencia de poder valorizar cuantitativamente cada subdominio y poder compararlos, además de la

importancia de obtener un índice denominado SPI que permite seguir la evolución en el proceso de mejora que se ejecute.

Respecto a las oportunidades de mejoras detectadas, no incluyendo las coincidentes de la primera comparación, siendo las principales las que se mencionan a continuación. Por un lado, avanzar en la implementación de infraestructura inteligente en software que generen valor en mejorar las operaciones, además de probar nuevas tecnologías y formar recursos (experiencia) en la implementación o mantenimiento. En cuanto a la gestión de energía, medio ambiente y seguridad laboral, la recomendación radica en la utilización de normas internacionales como ISO que permita certificar las correspondientes gestiones (Ejemplos: ISO 50.001 para energía, ISO 14.001 para medio ambiente). En cuanto a la gestión ambiental, un punto a tener presente es la implementación de tarifas que sean medioambientalmente afines, permitiendo penalizar buques o camiones que no dispongan con el estándar que se establezca.

Finalizando, he de mencionar que el índice obtenido de puerto inteligente o SPI para el puerto de Rosario fue de 0,459 mientras que, para el puerto de Rotterdam de 0,857, indicando una diferencia de un 46 % entre ambos. Por otro lado, en la medida que se utilice mayor cantidad de indicadores en las comparaciones, estas diferencias irán variando, pudiéndose incrementar en la medida que se compare con mayor precisión cada subdominio analizado. Un ejemplo respecto al punto mencionado es ver que el índice SENI (de medio ambiente) tienen la misma calificación máxima, pero en la medida que se utilicen mayores índices en este subdominio para evaluarlo seguramente estará mejor posicionado el puerto de Rotterdam.

Con respecto a la segunda hipótesis, si las nuevas tecnologías en los puertos bajo estudio correlacionan positivamente entre inversiones en estas tecnologías y la eficiencia operativa, esta última medida a través del número de contenedores que pasan anualmente por el puerto. No podemos argumentarla como verdadera, debido principalmente a la falta de información en los sitios oficiales en cuanto a este tipo de inversiones. De la información obtenida, las inversiones son mencionadas como inversiones brutas (Puerto de Rotterdam) o de

equipamientos e infraestructura (Puerto de Rosario), no indicando que porcentaje de estas fueron destinadas a estas tecnologías o el valor monetario implicado.

Por otro lado, tomando como referencia al puerto de Rotterdam, se detectó correlación entre el volumen anual de contenedores y las inversiones (brutas) en un período de análisis muy corto siendo no estadísticamente significativo. Estas inversiones según las referencias están relacionadas con mejoras en la infraestructura de los parámetros o dominios analizados en las comparativas anteriores. Indicando, que las inversiones realizadas permitieron en cierta medida mejorar sus operaciones, pero no podemos relacionarla con la tecnología aplicada.

En el caso del puerto de Rosario, la falta de información respecto a inversiones y los ciclos turbulentos del comercio exterior relacionados con la política económica, dificultan este análisis. Observando una mejora en la cantidad de contenedores movidos anualmente, durante un período afín al comercio exterior, sumado a inversiones realizadas previamente en cuanto a mejoras en su infraestructura. En este punto, es importante volver a señalar la importancia de analizar el entorno PESTEL, indicando que, en entornos desfavorables o turbulentos, la eficiencia puede no correlacionar con las inversiones, debido a que el cuello de botella en este caso sería el entorno.

Posibles extensiones del presente trabajo serían, realizar estas comparaciones entre puertos latinoamericanos o de la región para determinar el grado de desarrollo utilizando las comparativas analizadas en el presente trabajo; como también realizar análisis si el grado de desarrollo de los mismos está relacionado o no con variables económicas, tales como: tasa de crecimiento del PBI, indicadores de dinámica relativa del comercio intrarregional, o indicadores relativos al comercio exterior entre otros.

10. Referencias

- Alexandersson, G., & Norström, G. (1964). World Shipping. An Economic Geography of Ports and Seaborn Trade. In *West Pomeranian Review* (pp. 122-127).
- Ando, H. (2016). How to utilize Big data and IoT in the shipping sector? In *Japan–Norway workshop future technology and finance in the maritime sector*, Retrieved on (Vol. 13, p. 2019).
- APM Terminals. (2022). Retrieved from <https://www.apmterminals.com/en/maasvlakte/about/our-terminal>
- Barletti, A. (2016, Mayo). *Cronista*. Retrieved November 2022, from Los armadores top en la Argentina: <https://www.cronista.com/transport-cargo/los-armadores-top-en-la-argentina-20160518-0006.html>
- Berlin, J., & Eriksson, O. (2020). *Smart Port Framework: A study of Port of Gothenburg*. University of Gothenburg, Gothenburg.
- Berns, S., Dickson, R., Vonck, I., & Dragt, J. (2017). Smart Ports. Point of View. *Deloitte*. Retrieved from <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/nl/Documents/energy-resources/deloitte-nl-er-port-services-smart-ports.pdf>
- Bubnova, G., Efimova, O., Karapetyants, I., & Kurenkov, P. (2018). Digitalization of intellectualization of logistics of intermodal and multimodal transport. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 236, p. 02013). EDP Sciences.
- Campfens, V. (2019, January 29). *Port of Rotterdam Embraces IoT revolution with long-term planning and innovative technologies, upshot by influitive*. Retrieved September 26, 2022, from <https://upshotstories.com/stories/port-of-rotterdam-embraces-iot-revolution-with-long-term-planning-and-innovative-technologies>
- Campfens, V., & Dekker, C. (2018). *Turning Rotterdam into the “World’s Smartest Port” with IBM Cloud & IoT*. *Ibm.com*, 31, 2018.
- Carlan, V., Sys, C., Vanelslander, T., & Roumboutsos, A. (2017). Digital innovation in the port sector: Barriers and facilitators. *Competition and regulation in network industries*, 18(1-2), 71-93.
- Chu, F., Gailus, S., Liu, L., & Ni, L. (2018). *The future of automated ports*. McKinsey and company.

- Di Vaio, A., & Varriale, L. (2020). Digitalization in the sea-land supply chain: Experiences from Italy in rethinking the port operations within inter-organizational relationships. In *Production Planning & Control*, 31(2-3), 220-232.
- Douaioui, K., Fri, M., & Mabrouki, C. (2018). Smart port: Design and perspectives. In *2018 4th International Conference on Logistics Operations Management (GOL)* (pp. 1-6). IEEE.
- Einge. (2022). *Gestión Eficiente de la Energía*. Retrieved September 2022, from <https://einge.com.ar/>
- Elías, Á. (2019). *Puerto Rosario*. ENAPRO. Trinidad y Tobago: IV Encuentro Latinoamericano y Caribeño de Comunidades Logísticas Portuarias.
- ENAPRO. (2018). *Ya no quedan dudas: TPR es el puerto multipropósito de la hidrovía*. Retrieved September 2022, from <https://www.puertoderosario.com.ar/57/noticias-detalle/ya-no-quedan-dudas-tpr-es-el-puerto-multiproposito-de-la-hidrovia>
- ENAPRO. (2019). *TPR se integra a la plataforma TradeLens de IBM/Maersk con tecnología Blockchain*. Retrieved October 2022, from <https://www.puertoderosario.com.ar/67/noticias-detalle/tpr-se-integra-a-la-plataforma-tradelens-de-ibm-maersk-con-tecnologia-blockchain>
- ENAPRO. (2021a). *El ENAPRO comenzó el Proceso de Planificación Estratégica Puerto Rosario 2050*. Retrieved from <https://enapro.com.ar/#!/-pepr-2050-2-2/>
- ENAPRO. (2021b). *Día Mundial del Medio Ambiente*. Retrieved September 2022, from <https://enapro.com.ar/#!/-dia-mundial-del-medio-ambiente/>
- ENAPRO. (2022a). *Movimiento Portuario*. Retrieved September 2022, from <https://enapro.com.ar/#!/-movimiento-portuario/>
- ENAPRO. (2022b). *Infraestructura y Equipamiento*. Retrieved September 2022, from <https://www.puertoderosario.com.ar/nuestra-terminal/infraestructura-y-equipamiento>
- ENAPRO. (2022c). *Conexiones*. Retrieved September 2022, from <https://www.puertoderosario.com.ar/ubicacion-estrategica/conexiones#conexiones-all>
- ENAPRO. (2022d). *Institucional / Quienes Somos*. Retrieved September 2022, from <https://enapro.com.ar/#!/-institucional/?ancla=Quienes+somos>

- ENAPRO. (2022e). *Sistema de Gestión Integrado*. Retrieved September 2022e, from <https://www.puertoderosario.com.ar/sip/sistema-gestion-integrado>
- ENAPRO. (2022f). *Software Operativo*. Retrieved September 2022, from <https://www.puertoderosario.com.ar/nuestra-terminal/software-operativo>
- ENAPRO. (2022g). *Seguridad y Certificación*. Retrieved October 2022, from <https://www.puertoderosario.com.ar/sip/seguridad-y-certificacion>
- ENAPRO. (2022h). *Movimiento Portuario*. Retrieved October 2022, from Anuario Estadístico: <https://enapro.com.ar/#!/-movimiento-portuario/>
- European Container Terminals. (2022). Retrieved from <https://www.ect.nl/en>
- European Union Agency for Cybersecurity (ENISA). (2019). *Port Cybersecurity. Good practices for cybersecurity in the maritime sector*. Retrieved from <https://www.enisa.europa.eu/publications/port-cybersecurity-good-practices-for-cybersecurity-in-the-maritime-sector>
- European Union Agency for Cybersecurity (ENISA). (2022). *NIS Directive*. Retrieved from <https://www.enisa.europa.eu/topics/nis-directive>
- González, A., González-Cancelas, N., Molina Serrano, B. & Camarero Orive, A. (2020). Preparation of a Smart Port Indicator and Calculation of a Ranking for the Spanish Port System. *Logistics*, 4(2). 9.
- González-Cancelas, N., Molina Serrano, B., Soler Flores, F. & Camarero-Orive, A. (2020). Using the SWOT Methodology to Know the Scope of the Digitalization of the Spanish Ports. *Logistics*, 4(3), 20.
- Hathaway, M. (2018). *Gestión del Riesgo Cibernético Nacional*. Retrieved from <https://www.oas.org/es/sms/cicte/espcyberrisk.pdf>
- Hlali, A., & Hammami, S. (2019). The evolution of containerization and its impact on the Maghreb ports. *Annals of Marine Science*, 3(1), 001-005.
- Infraestructura, Servicios Públicos y Hábitat. (2023, Marzo). *Puertos de la provincia. Gobierno Santa Fe*. Retrieved from [https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/view/full/194684/\(subtema\)/235922](https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/view/full/194684/(subtema)/235922)
- Kober, D. (2018). Working as One: Data Sharing. *Port Technology International Journal*, 79(1): 34-36.

- La Capital. (2022, May 8). Retrieved from <https://www.lacapital.com.ar/economia/digitalizan-la-actividad-los-puertos-n10015297.html>
- Ley N° 11.011. (1993). *Sistema de Información Normativa*. Retrieved from <https://www.santafe.gov.ar/normativa/item.php?id=109879&cod=4f9f67758d79f917f9bd92c3317a5b14>
- Mendix. (2021). *Maritime Port Operations Across the National Seaports of the Netherlands Made Secure with Low-Code Platform from Mendix*. Retrieved October 2022, from <https://www.mendix.com/press/maritime-port-operations-across-the-national-seaports-of-the-netherlands-made-secure-with-low-code-platform-from-mendix/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). *Argentina.gob.ar*. Retrieved from <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/internacionales>
- Moerel, L., & Dezeure, F. (2017). *Cyber Security in Ports. Business as usual?* VNDELTA.
- Molavi, A., Lim, G., & Race, B. (2019). A framework for building a smart port and smart port index. *International Journal of Sustainable Transportation*, 14:9, 686-700.
- Netherlands Enterprise Agency. (2020). *Study Digitalization in Ports in the Latin American Region*.
- Patel, R., & Davidson, B. (2011). *Fundamentals of research methodology: to plan, carry out and report on a study*. Lund, Student literature.
- Philipp, R. (2020). Digital readiness index assessment towards smart port development. *In Sustainability Management Forum* (pp. Vol. 28, No. 1, pp. 49-60). Springer Berlin Heidelberg.
- Port of Rotterdam. (2018). *Port Waste Handling Plan*. Retrieved September 2022, from <https://www.portofrotterdam.com/sites/default/files/2021-06/port-waste-reception-and-handling-plan-2018.pdf>
- Port of Rotterdam. (2019a). *Port Vision*. Retrieved enero 2023, from <https://www.portofrotterdam.com/sites/default/files/2021-06/port%20vision.pdf>
- Port of Rotterdam. (2019b). *Building a Sustainable Port*. Retrieved September 2022, from <https://www.portofrotterdam.com/sites/default/files/2021-06/factsheet-port-of-rotterdam-building-a-sustainable-port-en-2019.pdf>

- Port of Rotterdam. (2019c). *Certificate ISPS*. Retrieved October 2022, from <https://www.eecv.nl/uploads/Certificaat-ISPS.pdf>
- Port of Rotterdam. (2020). *Port Environmental Review System (PERS)*. Retrieved from https://www.portofrotterdam.com/sites/default/files/2021-05/port-environmental-review-system-pers-april-2020_0.pdf
- Port of Rotterdam. (2021a). *Facts & Figures 2021*. Retrieved from <https://www.portofrotterdam.com/en/experience-online/facts-and-figures>
- Port of Rotterdam. (2021b). *Container Facts & Figures 2021*. Retrieved September 2022, from <https://www.portofrotterdam.com/sites/default/files/2022-06/containers-facts-figures-2021-port-of-rotterdam.pdf>
- Port of Rotterdam. (2021c). *Container Terminals and Depots in the Rotterdam area*. Retrieved September 2022, from <https://www.portofrotterdam.com/sites/default/files/2021-06/container-terminals-and-depots-in-the-rotterdam-port-area.pdf>
- Port of Rotterdam. (2021d). *Policy Document Port Cyber Notification Desk*. Retrieved September 2022, from <https://www.portofrotterdam.com/sites/default/files/2021-05/policy-document-port-cyber-notification-desk.pdf>
- Port of Rotterdam. (2022a). *Sustainable development in the port of Rotterdam*. Retrieved September 2022, from <https://www.portofrotterdam.com/en/sustainable-development-in-the-port-of-rotterdam>
- Port of Rotterdam. (2022b). *Hydrogen in Rotterdam*. Retrieved September 2022, from <https://www.portofrotterdam.com/en/port-future/energy-transition/ongoing-projects/hydrogen-rotterdam>
- Port of Rotterdam. (2022c). *Energy Transition*. Retrieved September 2022, from <https://www.portofrotterdam.com/en/port-future/energy-transition>
- Port of Rotterdam. (2022d). *PortXchange*. Retrieved September 2022, from <https://www.portofrotterdam.com/en/services/online-tools/portxchange>
- Port of Rotterdam. (2022e). *Increased efficiency thanks to digital port management*. Retrieved September 2022, from <https://www.portofrotterdam.com/en/news-and-press-releases/increased-efficiency-thanks-digital-port-management>

- Port of Rotterdam. (2022f). *Control Management*. Retrieved September 2022, from <https://www.portofrotterdam.com/en/port-future/digitisation/control-management>
- Port of Rotterdam. (2022g). *Smart Link Supply Chain*. Retrieved September 2022, from <https://www.portofrotterdam.com/en/why-rotterdam/smart-link-your-supply-chain>
- Port of Rotterdam. (2022h). *Smart Infrastructure*. Retrieved September 2022, from <https://www.portofrotterdam.com/en/port-future/smart-infrastructure>
- Port of Rotterdam. (2022i). *Annual reports*. Retrieved October 2022, from <https://www.portofrotterdam.com/en/about-port-authority/finance/annual-reports>
- Port of Rotterdam. (2022j). *Going Home Safe and Sound*. Retrieved October 2022, from <https://www.portofrotterdam.com/en/building-port/safe-port/going-home-safe-and-sound>
- Port of Rotterdam. (2022k). *Safe Port*. Retrieved October 2022, from <https://www.portofrotterdam.com/en/building-port/safe-port>
- Port of Rotterdam. (2022l). *Port Security*. Retrieved October 2022, from <https://www.portofrotterdam.com/en/contact-harbourmaster/port-security>
- Portbase. (2022a). *The Port Community System*. Retrieved September 2022, from <https://www.portbase.com/en/port-community-system/>
- Portbase. (2022b). *Services*. Retrieved September 2022, from <https://www.portbase.com/en/services/>
- Portbase. (2022c). *Secure Data Sharing*. Retrieved September 2022, from <https://www.portbase.com/en/secure-data-sharing/>
- Razo, C. M. (1998). *Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis*. Pearson Educación.
- Riedl, J., Delencios, F. & Rasmussen, A. (2018). *To get smarts, Ports go to Digital*. Boston Consulting Group. Technical Paper. Retrieved from http://imagesrc.bcg.com/Images/BCG-To-Get-Smart-Ports-Go-Digital-Apr.2018_tcm9-188400.pdf
- Rüßmann, Lorenz, Gerbert, Waldner, Justus, Engel & Harnisch. (2015). Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. *Boston Consulting Group*, 9(1), 54-89.

- Sdoukopoulos, E., Boile, M., Tromaras, A., & Anastasiadis, N. (2019). *Energy efficiency in European ports: State-of-practice and insights on the way forward*. Sustainability, 11(18), 4952.
- Siror, J., Huanye, S., & Dong, W. (2011). RFID based model for an intelligent port. *Computers in industry*, 62(8-9), 795-810.
- Sosedova, D., Putz, J., Jolic, N., & Kavran, Z. (2014). *European automated container terminals*. Communications-Scientific letters of the University of Zilina.
- Talley, W. K. (2012). *The Blackwell companion to maritime economics* (Vol. 11). John Wiley & Sons.
- Terminal Puerto Rosario. (2022). *TPR Terminal Puerto Rosario*. Retrieved from <https://www.puertoderosario.com.ar/acerca-nuestro/porque-tpr>
- Terminal Puerto Rosario. (2023). *Máster Plan*. Retrieved from <https://www.puertoderosario.com.ar/nuestra-terminal/proyectos>
- UNCTAD. (2019). *Review of Maritime Transport*. London. Retrieved from https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2019_en.pdf
- United Nations. (2022). *Do you Know all 17 SDGs?* Department of Economic and Social Affairs. Sustainable Development. Retrieved from <https://sdgs.un.org/goals>
- Valentine, V., Benamara, H., & Hoffmann, J. (2013). Maritime transport and international seaborne trade. *Maritime Policy & Management*, 40(3), 226-242.
- Van Den Bosch, F., Hollen, R., Volberda, H., & Baaij, M. (2011). *The strategic value of the Port of Rotterdam for the international competitiveness of the Netherlands: A first exploration*. Rotterdam: Erasmus University.
- Wang, B., & Liu, S. (2012). Port process reengineering based on information technology. In *Proceedings of International Conference on Engineering and Business Management*.
- Wang, Y., Han, J., & Beynon-Davies, P. (2019). Understanding blockchain technology for future supply chains: a systematic literature review and research agenda. *Supply Chain Management: An International Journal*.
- We Are 42. (2022). Retrieved from <https://weare42.io/about/>
- Xisong, D., Gang, X., Yuantao, L., Xiujiang, G., & Yisheng, L. (2013). Intelligent ports based on Internet of Things. In *Proceedings of 2013 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics* (pp. 292-296). IEEE.

11. Anexo Tabla Abreviaciones

Significado de las siglas de las abreviaciones utilizadas tanto en inglés como en español.

Siglas	Inglés	Español
3DP	3 Digital Printing	3D Impresiones
AFIP		Administración Federal de Ingresos Públicos
AM	Additive Manufacturing	Manufactura Aditiva
BC	Block Chain	
BD	Big Data	
CC	Cloud Computing	Computación en la nube
DHMR	The Harbour Master's Division	División de Capitanía Marítima
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme	Esquema de Ecogestión y Auditoría
ENAPRO		Ente Administrador Puerto Rosario
ENISA	European Union Agency for Cybersecurity	
ESI	Environmental Ship Index	Índice estándar medioambiental para buques
FERM		Programa de Resiliencia Cibernética Portuaria
IA	Artificial Intelligence	Inteligencia Artificial
IMO	International Maritime Organisation	Organización Marítima Internacional
IoT	Internet of Things	Internet de las cosas
ISAC	Information Sharing and Assesment Communities	Comunidades Cibernéticas de Evaluación e Intercambio de Información

ISPS	International Ship and Port Facility Security	Código Internacional de Instalaciones Portuarias y Buques
IT	Information Technology	Tecnología de la Información
KPI	Key Performance Indicators	Indicadores Claves de Performance
MATER		Mercado a Término de Energía Eléctrica de Fuente Renovable
MEM		Mercado Eléctrico Mayorista
MIRG-NL	The Maritime Incident Response Group Netherlads	Grupo de Respuesta a Incidentes Marítimos de los Países Bajos
MOBI		Metodología para un inventario de seguridad objetivo
NIS	Network and Information System Directive	
NSI	Nautical Safety Index	Índice de Seguridad Náutica
OCR	Optical Character Recognition	Reconocimiento Óptico de Caracteres
OES	Operators of essential services	Operadores de Servicios Esenciales
OMI	International Maritime Organization	Organización Marítima Internacional
PCR	Port Consultants Rotterdam	Consultores portuarios Rotterdam
PCS	Port Community System	Sistema comunitario portuario
PERS	Port Environmental Review System	Sistema de Revisión Ambiental Portuaria
PFSO	Port Facility Security Officer	Oficial de Protección de la Instalación Portuaria
PSO	Port Security Officer	Oficial de Protección Portuaria
RAMLAB	Rotterdam Additive Manufacturing Lab	Laboratorio de Manufactura Aditiva de Rotterdam
RDM	Research, Design & Manufacturing	Investigación, Diseño y Manufactura

Ro - Ro	Roll On - Roll off	
SEgI	Smart Energy Index	Índice Energía Inteligente
SEnI	Smart Environment Index	Índice Medio Ambiente Inteligente
SOI	Smart Operations Index	Índice Operaciones Inteligente
SPI	Smart Port Index	Índice Puerto Inteligente
SSOs	Ship Security Officers	Oficiales de Protección de Buques
SSSI	Smart Safety and Security Index	Índice Seguridad y Protección Inteligente
SyM	Simulation & Modelling	Modelado y Simulación
TEU	Twenty-foot Equivalent Unit	Unidad equivalente a veinte pies
TIC	Information and communications technology	Tecnología de la Información y la Comunicación
TOS	Terminal Operating System	Sistema Operativo de Terminal
TPR		Terminal Puerto Rosario
UE	European Union	Unión Europea
VUCE		Ventana Única de Comercio Exterior

Fuente: elaboración propia