

Importancia de la tendencia Blockchain en la logística 4.0 del transporte marítimo internacional

Importance of the Blockchain trend in international shipping logistics 4.0

Autores

Angie Ramírez
Comercio Internacional
Universidad Francisco de Paula Santander
Orcid:<https://orcid.org/0000-0002-7861-1480>
Cvlac:<https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/EnRecursoHumano/inicio.do>

Christian Vacca
Comercio Internacional
Universidad Francisco de Paula Santander
Orcid:<https://orcid.org/0000-0002-7914-0967>
Cvlac: <https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/EnRecursoHumano/inicio.do>

Resumen

La implementación de tendencias tecnológicas como resultado de la revolución 4.0, ha optimizado los procesos logísticos desarrollados por la industria del transporte marítimo internacional. Razón por la cual como objetivo de investigación se elaboró un “análisis de las tendencias de la revolución 4.0 en el transporte marítimo internacional”. Esto, a partir de una metodología cualitativa, de tipo descriptiva, fundamentada en una revisión bibliográfica.

Como resultado se encontró que el Blockchain, se consolida, por ende, como una de las tendencias tecnológicas más implementadas en este sector, debido a su capacidad para enlazarse con otras tecnologías como el Internet de las cosas (Iot), el Big Data, o los procesos de automatización, al enfatizar mediante el uso de bases de datos a manera de cadenas de bloque la transparencia en el suministro de información, la autonomía y automatización resultado de la tendencia a la digitalización, la reducción de costos, la disminución de trámites burocráticos, la prevención de fallos y fraudes, entre otros, generando altos niveles de confianza entre actores. De allí que se concluye el que el blockchain se ha consolidado en la actualidad como una de las tendencias tecnológicas más relevantes que se han implementado en el sector marítimo.

Palabras clave

Revolución 4.0 – Tendencias tecnológicas – Blockchain – Transporte marítimo

Abstract

The implementation of technological trends as a result of the 4.0 revolution has optimized the logistics processes developed by the international shipping industry. For this reason, as a research objective, an "analysis of the trends of the 4.0 revolution in international maritime transport" was elaborated. This, from a qualitative methodology, descriptive type, based on a literature review.

As a result, it was found that the Blockchain, is consolidated, therefore, as one of the most implemented technological trends in this sector, due to its ability to link with other technologies such as the Internet of Things (Iot), Big Data, or automation processes, by emphasizing, through the use of databases as blockchains, transparency in the supply of information, autonomy and automation resulting from the trend towards digitalization, cost reduction, reduction of bureaucratic procedures, prevention of failures and fraud, among others, generating high levels of trust among stakeholders. Hence, it is concluded that blockchain has been consolidated as one of the most relevant technological trends that have been implemented in the maritime sector.

Keywords

Revolution 4.0 - Technological trends - Blockchain - Maritime transport

Introducción

El comercio marítimo se ha visto afectado por la reciente crisis sanitaria producto del Covid-19, al mismo tiempo que, la pandemia ha afectado diferentes sectores, regiones y mercados a nivel global (Calatayud y Katz, 2019). El Covid planteó escenarios en los cuales fue necesario

reflexionar y actuar ante los cuellos de botella que se originaron en la cadena de suministro al enfrentar la escasez de equipos y contenedores, la congestión de los puertos, el aumento de tiempo en torno a las trayectorias de recepción y entrega de mercancías, el aumento en el valor de los fletes, entre otros.

De allí que, ha sido necesario para las organizaciones incorporar nuevas tendencias tecnológicas a la logística operacional del transporte marítimo. En tanto, el comercio electrónico, ha generado una pauta de optimismo para establecer escenarios de resiliencia organizacional (Naciones Unidas, 2021). Sumado a esto la vacunación de la población ha establecido las primeras pautas para la recuperación económica de los países.

El integrar los avances tecnológicos, por tanto, permitió afrontar los escenarios de crisis resultado de la pandemia, al reducir las interacciones y el contacto físico entre usuarios y colaboradores, impulsar el comercio en línea, la apertura de servicios de valor, la sostenibilidad ambiental, entre otros procesos que facilitan la gestión logística y la necesidad de adaptarse a una nueva realidad global. Frente a lo cual Valdés y Pérez (2020) afirman que regiones como América Latina y el Caribe han emprendido esfuerzos para progresar en los procesos de digitalización en la logística portuaria.

Por ello, el objeto del artículo de revisión parte del análisis de las tendencias de la revolución 4.0 en el transporte marítimo internacional. A raíz de lo cual, se evidencia la importancia del blockchain en el transporte de mercancías, como tendencia tecnológica que se enfoca en la generación de confianza, seguridad, autonomía y la automatización de procesos logísticos industriales, en torno a la toma de decisiones, la predicción de datos, la minoración de trámites aduaneros, la reducción de costos, la disminución del uso del papel y la optimización de procesos en tiempo real, con información veraz y efectiva.

Metodología

Este artículo presenta una metodología cualitativa, de tipo descriptiva, que busca identificar las tendencias de la revolución 4.0 en el transporte marítimo internacional. Se parte de la revisión

de 30 fuentes de carácter científico, por lo que se utiliza una revisión bibliográfica, elaborada mediante matriz documental, como instrumento de recolección de información. En tanto, en la búsqueda documental se referencian artículos, tesis, informes, libros y demás, relacionados al análisis de las tendencias en el transporte marítimo internacional; razón por la cual esta investigación se realiza a partir de la consulta de diferentes bases de datos académicas como Scopus, Ebscohost, Revista Visión Internacional, Scevier, Dialnet, Scielo, Redalyc, La Rioja, repositorios nacionales e internacionales.

De igual forma, resulta necesario señalar que la búsqueda de información se relaciona a las categorías de revolución industrial 4.0, logística 4.0, transporte marítimo internacional, tendencias tecnológicas en el transporte marítimo internacional, beneficios, ventajas y limitaciones de la digitalización portuaria. Aspectos mediante los cuales se genera un primer abordaje y acercamiento al panorama internacional del transporte marítimo frente a la aplicación de tendencias tecnológicas con el objeto de optimizar los procesos logísticos.

Esto permitió reconocer las tendencias tecnológicas existentes como resultado de la revolución 4.0, entre las cuales se encuentran la automatización y la robótica, el blockchain o cadena de bloques, el internet de las cosas (IoT), internet industrial de las cosas (IIoT), el big data, el cloud computing o servicios en la nube, y la inteligencia artificial (IA).

Ahora bien, la revisión documental, evidencia que el blockchain o cadena de bloques, es una de las tendencias más importantes en el transporte marítimo. Por ello, la investigación aborda la importancia de su aplicación en los procesos logísticos que se median en el transporte marítimo, a raíz de la revolución 4.0.

Antecedentes

El progreso tecnológico a lo largo de la historia ha marcado el desarrollo de la humanidad, de manera especial, desde su aporte al sector industrial y logístico. Debido a que estos cambios han marcado el desarrollo de la sociedad en diferentes épocas (Revuelta, 2019). En tanto, la primera revolución industrial, surge con la máquina de vapor, debido a que esta sustituye las

operaciones manuales realizadas por los obreros para incentivar el uso de las máquinas, reduciendo tiempos, costos y aumentando la productividad.

Por otra parte, la segunda revolución industrial, parte del siglo XX, con el uso de la energía eléctrica y los motores de combustión interna, para facilitar la producción a escala masiva en el sector industrial. En el caso de la tercera revolución, esta se evidencia con el auge del internet, dando paso a los cimientos de la automatización industrial, la robótica, y las tecnologías de la información y la comunicación (TIC's).

Mientras la cuarta revolución industrial, se consolida a partir del uso de la tecnología para incentivar las operaciones inteligentes, autónomas y automatizadas. Tecnologías como el internet de las cosas (IoT), el big data, clouding computing, inteligencia artificial (IA), entre otras, son parte importante de este momento de revolución tecnológica, debido a que facilitan la recopilación de datos, la interpretación y análisis de la información, para generar predicciones, que permiten la rápida toma de decisiones para hacer frente a fallos (Panizo, Bastos y García, 2022) o riesgos propios en torno a la incertidumbre en los procesos logísticos del transporte de carga, lo cual facilita la optimización de las operaciones y el aumento en la productividad laboral.

Escenarios de relevancia en el desarrollo de las sociedades, dado que la aplicación asertiva de las tecnologías permite a las empresas mejorar sus resultados, y obtener beneficios (Valdés y Pérez, 2020), mediante los cuales se diferencian en el mercado de sus competidores.

Transporte marítimo internacional

A nivel global el transporte de mercancías resulta un movimiento de relevancia, en tanto, Ferreño, Santiago y Munin (2021) señalan que el 80% del comercio internacional y la distribución de mercancías se moviliza a través del mar. Razón por la cual la logística en el transporte marítimo debe integrar rápidamente las nuevas tendencias tecnológicas para poder manejar de manera eficiente el movimiento de contenedores a través de las redes de transporte multimodal.

De manera especial, se considera la necesidad de dar continuidad al seguimiento del envío de estas mercancías, al contemplar que el transporte marítimo es el tipo de transporte en el que se debe movilizar un mayor volumen de artículos o productos, durante largos trayectos y un amplio periodo de tiempo. Por cuanto, los contenedores cambian de un modo de transporte a otro y durante estas fases se dificulta el seguimiento de las mercancías.

De allí que, la aplicación de la tecnología al transporte de contenedores, incentiva la transformación digital y la digitalización de las organizaciones dedicadas al transporte de mercancías y a su vez de los puertos, al ser estos últimos, agentes intermediarios en la cadena logística. Más aún al reconocer la importancia de contar con la información en tiempo real para fortalecer la toma de decisiones al cambiar la ruta de un contenedor (El Canal Marítimo y Logístico, 2021), sus condiciones de refrigeración, la recepción de mercancías en un puerto, entre otros aspectos, con el objeto de garantizar que el proceso de transporte se desarrolle y finalice de manera adecuada.

El Ministerio de Defensa Nacional (2022) manifiesta que el transporte marítimo es esencial en el abastecimiento de alimentos, materias primas, productos manufacturados, e incluso en medio de la pandemia de suministros y equipos médicos.

Lo cual reitera Carlier (2018), quien menciona que a través de esta modalidad se posibilita el comercio global de mercancías elaboradas y semielaboradas. Dado que el comercio marítimo internacional es indispensable debido a que solventa y garantiza la seguridad alimentaria a nivel internacional, permitiendo que los países dispongan de los diferentes alimentos y materias primas que se producen en cada región y continente.

En la actualidad la logística portuaria debe propender por optimizar sus operaciones, por cuanto, la digitalización hacia los Smart Port, participa del empleo de tecnologías innovadoras como la inteligencia artificial (IA), el internet de las cosas (IoT), el Blockchain o el Big Data, (Ferreño, Santiago y Munin, 2021), aplicaciones que mejoran la eficiencia de los puertos al reducir los tiempos de cargue y descargue; mejorar el uso de la infraestructura portuaria; las conexiones

del transporte multimodal; la reducción en los costos operativos; y la optimización del servicio al cliente, al aumentar su valor añadido y competitividad organizacional.

Resulta necesario el promover la digitalización en la industria marítima, mientras que, los puertos marítimos modernos, deben garantizar que el flujo de carga resulte eficiente y seguro en lo que respecta a las redes logísticas globales (González, Molina y Soler, 2020), optimizando la productividad, eficiencia y sostenibilidad en los procesos logísticos.

El blockchain, la inteligencia artificial (IA), el internet de las cosas (IoT), entre otras, son tecnologías que se implementan con mayor regularidad en los sistemas logísticos portuarios (Díaz, 2019), debido a que la digitalización de procesos aporta a la efectividad de las operaciones que se realizan en torno al transporte marítimo.

La necesidad de adoptar nuevas tecnologías, a su vez, se relaciona con la situación de pandemia que debió afrontarse a nivel global. En tanto, el aislamiento social y el pare en las actividades laborales de la población, e incluso el cierre de fronteras y de los puertos marítimos como forma de prevenir el contagio del virus (CEPAL, 2020), conllevo a que durante 2020 se presentará una caída económica en torno al transporte marítimo e iniciara un alza sostenida en los costos de fletes de transporte de contenedores. Esta caída implicó a nivel internacional la reducción del 1% de la actividad portuaria, y del 6% en las importaciones y exportaciones por contenedor. Lo cual resultó en la necesidad de que el transporte marítimo se soportará en otro tipo de movimientos portuarios y de transbordo para compensar la situación.

Frente a esto, Naciones Unidas (2021), señala que otras dificultades que experimentó el transporte marítimo durante pandemia se relacionan con el cierre del Canal de Suez en marzo de 2021, lo cual aumentó el costo de fletes, retraso a los buques con trayectoria hacia Europa, limitó la capacidad asumida por los buques de transporte y los puertos. Razón por la cual, resultó necesario establecer rutas alternativas añadiendo una mayor cantidad de millas y distancia a recorrer para llegar al punto de destino.

Este tipo de obstáculos logísticos provocados por la pandemia Covid – 19, evidenció la vulnerabilidad en las cadenas de suministro y la necesidad de establecer acciones de resiliencia y reactividad organizacional. Llevando a que las organizaciones se adapten de manera rápida y eficiente a una nueva realidad para la cual el mundo no se encontraba preparado, mientras a su vez, se necesita dar respuesta a la demanda, mantener la competitividad en el mercado, y por ende fomentar la integración tecnológica y la digitalización de los puertos.

Panorama internacional del transporte marítimo frente al covid-19

Los cierres de frontera y la interrupción de las actividades productivas que se presentó a nivel global, durante 2019 - 2020, a causa de la pandemia, generaron una reducción en la demanda de bienes y servicios, que dejó en evidencia la vulnerabilidad de la cadena de suministro en el transporte de carga internacional, en tanto, la crisis sanitaria dio lugar a un aumento en el desempleo global. Entre las regiones con mayor afectación, se encuentran Estados Unidos, Japón, la Unión Europea y América Latina y el Caribe (Sánchez y Weikert, 2020), estos, se reconocen como los escenarios geográficos con mayor afectación debido a la acumulación de contracciones del 26 y 27% en sus importaciones y exportaciones, durante los primeros cinco meses de 2020. Por ejemplo, la reducción significativa en los volúmenes de exportación para medio oriente los cuales prácticamente llegaron a un -18%.

Sumado a esto, las medidas sanitarias como forma de prevención generaron una incidencia frente al transporte de contenedores de un -7% a nivel global (Clarkson, 2020), caída en el transporte de contenedores que se presentó durante abril y mayo, mientras que en junio, el desplome del comercio marítimo global representó el 7% y el de América Latina llegó a un 8%. Generando preocupación frente a la forma en que las navieras asumirían esta situación y continuarían brindando sus servicios asegurando la confiabilidad de sus servicios.

Puertos colombianos y transporte marítimo internacional en pandemia

A nivel internacional, los puertos de Buenaventura y Cartagena cuentan con una posición geográfica privilegiada, ya que se ubican entre el océano pacífico y el atlántico, impulsando el

transporte marítimo y fluvial (Findeter, 2021), al posibilitar la movilización de más de 188 millones de toneladas de carga anualmente.

Estos puertos se encuentran en Colombia, y de acuerdo con el DIMAR (2020) más del 98% de las cargas exportadas e importadas mediante el transporte marítimo de carga representan la totalidad del comercio exterior del país. El cual durante la pandemia presentó un descenso de un 12,7% en sus operaciones anuales. Reducción en las operaciones que afectó principalmente a los puertos de Riohacha, Puerto Bolívar y Tumaco. Sin embargo, el puerto de Cartagena se ha mantenido como uno de los más activos en la recepción de operaciones en el transporte marítimo internacional. Y el Puerto de Buenaventura se sitúa como el tercer puerto con mayor cantidad de recaladas, pese a que disminuyó sus operaciones de carga en un 17,1%.

De allí que, los puertos ubicados en el Caribe continuaron efectuando las operaciones de carga y transporte marítimo, al contar con siete de once de los puertos cuyas actividades se dedican al comercio exterior, además de tener una mejor conectividad terrestre con la región del Pacífico.

En 2020, el Caribe presentó un crecimiento del 32.8% en torno al transporte marítimo, lo cual se relacionó con el aumento en las operaciones de carga entre un año y otro (DIMAR, 2020). De manera especial, debido a las ayudas humanitarias obtenidas durante la emergencia provocada por el huracán Iota.

Tendencias tecnológicas de la revolución 4.0 en logística

Entre las principales problemáticas que afectan al sistema logístico en el transporte de mercancías se encuentra el hurto de los productos, lo cual genera pérdidas millonarias a nivel mundial, de allí que, entre los esfuerzos por asegurar la cadena logística, con el tiempo se han creado herramientas y softwares tecnológicos que facilitan el rastreo y seguimiento de las cargas transportadas, a raíz de lo cual, las organizaciones son capaces (Huertos, 2019) de conocer el estado y la ubicación de las mercancías, ejerciendo un mayor control sobre las mismas.

La logística 4.0, por ende, ha propiciado la incorporación de tecnologías que benefician al sistema de transporte, mediante la robótica, el internet de las cosas (IoT), (Carvajalino, 2020) el internet industrial de las cosas (IIoT), el Big Data, el blockchain, la realidad aumentada y la automatización, entre otras.

El uso limitado de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), pueden afectar de manera negativa el sector logístico de una organización, al disminuir su competitividad en el mercado, ante las empresas que generan mayor confianza en los clientes al trabajar con sistemas de transporte inteligente.

Por ello, se encuentra necesario reconocer de qué forma se afecta la cadena de suministro en el transporte internacional de mercancías (Riaño, Navarro y Restrepo, 2021), y que tipo de acciones se pueden implementar para asegurar a través del uso de la tecnología la optimización de las operaciones logísticas.

Más aún, al contemplar, la necesidad de incentivar los procesos de transformación digital, los cuales se vieron acelerados durante la pandemia (Guevara, 2020) para dar respuesta a las crecientes necesidades y a la demanda que generó el aislamiento social en medio de la crisis sanitaria. De allí que, incluso la logística debió de manera repentina situarse y adaptarse a la 4ta Revolución industrial.

Por ello, la información ha resultado en uno de los activos más importantes para las entidades organizacionales (CEPAL, 2020). Y la cuarta revolución industrial se consolida y construye sobre la infraestructura de la revolución digital anterior, enfocándose más que en la creación de nuevas tecnologías emergentes, en la transición hacia nuevos sistemas, que se soportan en el uso de grandes volúmenes de información.

Tabla 1. Tendencias tecnológicas para el sistema logístico de transporte (Logística 4.0)

Tendencia	Característica
Automatización y robótica	Tecnologías que se relacionan directamente facilitando la realización automática de acciones o procedimientos de manera repetitiva.

	<p>Facilitan el análisis en tiempo real, incentivando la eficiencia en la gestión de operaciones y, por ende, reduciendo las fallas técnicas y los costos operativos.</p> <p>Desde el escenario logístico, estas tendencias tecnológicas se presentan principalmente en los puertos fomentando una alta eficiencia y productividad en el manejo de la cadena logística. Esto garantiza la seguridad y la reactividad para enfrentar situaciones de crisis o riesgo durante el transporte de carga.</p>
Blockchain o cadena de bloques	<p>Tecnología que permite fortalecer los mecanismos de seguridad en el intercambio de información entre los componentes que integran la cadena productiva y logística, para ello la información se encripta y se almacena, teniendo como objetivo el evitar que se presenten fallos en un único punto. Esto evita la filtración de datos y su adulteración fraudulenta.</p>
Internet de las cosas (IoT)	<p>Tecnología que posibilita la interconexión de dispositivos inteligentes y el intercambio de datos a través de internet, facilitando la toma de decisiones por parte de un usuario o dispositivo inteligente.</p> <p>Este tipo de tecnología se reconoce como una oportunidad para aumentar la eficiencia y rentabilidad económica de un servicio al facilitar la gestión de la información, incrementar el valor agregado ofertado por una entidad a sus clientes, realizar seguimiento de la recepción y envío de mercancías, identificar las rutas de transporte más efectivas, mejorar el servicio de entregas, optimizar la capacidad de los almacenes, entre otros.</p>
Internet Industrial de las Cosas (IIoT)	<p>Aplicación del internet de las cosas (IoT) en el sector industrial, orientada a optimizar la automatización frente a la captura de datos, y la toma de decisiones. Esta, se sustenta en la confianza y seguridad de la información.</p>
Big data	<p>Favorece el procesamiento de grandes volúmenes de información, a través de la detección de patrones y tendencias que posibilitan la toma de decisiones y la automatización de procesos. Este, suele ser visto</p>

	<p>como un complemento que analiza la información que proviene de la IoT, gestionando esta información y convirtiéndola en datos útiles para la planificación estratégica de una organización.</p> <p>Se consolida por cuatro elementos: Volumen; velocidad; variedad y veracidad.</p>
Cloud computing o servicios en la nube	<p>Externaliza el hardware tecnológico de una organización mediante el uso de servidores que posibilitan el almacenamiento de datos a través de internet. Posibilita el acceso a la información sin riesgos de interrupción y con un alto control de seguridad y protección de datos.</p>
Inteligencia Artificial (IA)	<p>La IA suele ser utilizada en la logística para predecir la demanda y por ende, facilitar el que se realicen ajustes en un corto plazo de tiempo, reduciendo costos y tiempos de despacho.</p>

Fuente. Barleta, Pérez y Sánchez, 2019

Para Ferreño, Santiago y Munin, (2021), es necesario detenerse y pensar en las aplicaciones de estas tecnologías para el transporte de mercancías, de allí que, en el caso de la inteligencia artificial (IA), el investigador se pregunta cómo puede abordarse en los sistemas de transporte marítimos, un ejemplo es en el caso del buque que transporta la mercancía, debe partirse de que este se compone por múltiples sistemas y para dotar a estos sistemas de inteligencia, estos deben ser capaces de percibir todo el entorno, y promover el procesamiento de la información recibida en cada proceso ejecutado por el buque, para propiciar la toma de decisiones.

Ahora bien, en las últimas décadas, en América Latina y el Caribe, han aumentado los esfuerzos por avanzar en la digitalización de los procesos de la logística portuaria y el comercio internacional. Razón por la cual se hace necesario mencionar dos iniciativas (CEPAL, 2020), que resultan de relevancia para el transporte marítimo: Las Ventanillas Únicas de Comercio Exterior (VUCEs) y Los Sistemas de Comunidades Portuarias (Port Community System, PCS).

Tabla 2. Iniciativas tecnológicas en el transporte marítimo

Ventanillas Únicas de Comercio Exterior (VUCEs)	Estas plataformas a manera de portal posibilitan la gestión de trámites en torno al transporte de mercancías, con el objeto de fortalecer el cumplimiento de las normativas de comercio exterior, mediante el uso de medios electrónicos que aseguren el que se cumplan los parámetros y requerimientos de control de mercancías, seguridad y operatividad.
Sistemas de Comunidades Portuarias (Port Community Sistem, PCS)	Plataforma que posibilita el intercambio de información, de manera transparente y segura entre actores, con el objeto de optimizar los procesos logísticos portuarios.

Fuente. CEPAL, 2020.

Motivo por el cual entre las principales tendencias tecnológicas que la industria portuaria ha adoptado en los últimos años (Calatayud, Katz y Riobó, 2022), se relacionan la digitalización de operaciones, la automatización de los servicios, el uso de inteligencias artificiales, el blockchain, y el avance en seguridad.

Resultados

Implicaciones del Blockchain en el transporte marítimo de carga

La revisión documental permite identificar que, entre las tendencias más importantes, como resultado del avance tecnológico para el transporte marítimo de carga se encuentra el blockchain o cadena de bloques. La cual se relaciona con la seguridad informática y financiera (Panizo, Bastos y García, 2022), en tanto, las personas sienten que las organizaciones que utilizan esta tecnología, brindan un mayor nivel de confianza y seguridad al prestar su servicio.

Al enfocarse en la seguridad, el blockchain, promueve la eficiencia en los procesos logísticos que son parte de las operaciones de comercio internacional a nivel global. Por ello, este tipo de tecnología encripta y distribuye la información entre los diferentes componentes que hacen

parte de la cadena logística organizacional (Barleta, Pérez y Sánchez, 2019), con el objeto de evitar fallos o situaciones de fraude en torno al uso de datos. Optimizando los procesos tradicionales en el manejo de trámites, para favorecer la digitalización y la automatización logística.

Las cadenas de bloque, por ende, son registros digitales transparentes que buscan generar confianza, a través del uso de una red o nodos de redes que pueden considerarse neutrales al actuar como un intermediario, en tanto, son varios los actores que intervienen en ella, sin monopolizar la información o controlarla, debido a que lo que se busca con este tipo de tecnología es que exista un trabajo colaborativo en el cual los diferentes participantes se sientan seguros de acceder a información veraz, bajo un principio de inmediatez.

De allí que, el blockchain se compone por una serie de bloques en los cuales se registran las diferentes transacciones, y estos datos, se comparte en nodos de redes, manteniendo en cada bloque una copia del registro. Ahora bien, en cada bloque se mantienen copias que se validan y actualizan de manera simultánea y automática para evitar la pérdida o alteración de la información (Revuelta, 2019). Por ello, en el blockchain es de relevancia utilizar marcas de tiempo en las cuales se genera una codificación de las fechas, horas y posibles modificaciones de las transacciones, quedando estos datos registrados en cada uno de los bloques que hacen parte de esta cadena.

Ahora bien, entre los principales usos que se le ha dado a esta tecnología se encuentra la gestión en los procesos de transporte, al facilitar el seguimiento, rastreo y control de mercancías, e incluso de operaciones y transacciones bancarias. La visibilización de las rutas y productos, en conjunto con una plataforma IoT, y un sistema de automatización (Carvajalino, 2020), permiten a los clientes evidenciar el inicio y el final en el transporte de carga de mercancías, de manera especial, en el transporte marítimo si se consideran los tiempos y distancias que deben recorrer los buques entre un puerto y otro para gestionar el embarque, desembarque de los contenedores de carga y las rutas multimodales, en el caso de pasar de un servicio marítimo a uno terrestre para finalizar el servicio prestado por estas organizaciones.

El blockchain, trabaja de la mano de la automatización industrial de procesos, al buscar la reducción de costos, promover la ciberseguridad en torno a las bases de datos e incentivar la

eficiencia organizacional, debido a que plantea una alternativa o solución frente a las problemáticas de vulnerabilidad tradicional que se presentan en el transporte marítimo de mercancías.

Entre otros, de la mano de esta tecnología aparecen los contratos inteligentes (Smart Contract), como un acuerdo entre partes, en las cuales mediante una aplicación informática no resulta necesario el uso tradicional de notarios o abogados para validar un contrato (Pinillos, Díaz y Osorio, 2020), debido a que son miles los ordenadores interconectados ante la comunidad portuaria, quienes gestionan esta validación estableciendo un registro inalterable.

En el sector marítimo, esta tecnología también permite reducir el uso de documentos impresos, aportando a un elemento de sostenibilidad ambiental y responsabilidad social. Por ello, entre los puertos a nivel global que se encuentran implementando el blockchain (Díaz, 2019) se pueden mencionar: el puerto de Rotterdam (en los países bajos); el Abu Dhabi, en los emiratos árabes; el puerto de Reino Unido, el puerto de Amberes, y los puertos de Dinamarca.

Por otra parte, sus características frente a la trazabilidad y simplificación de trámites han logrado que, en América Latina, las aduanas de ocho países, validen el intercambio de datos entre organizaciones y empresas certificadas como operadores económicos autorizados, a través de un aplicativo denominado CADENA (Calatayud y Montes, 2021). Y otras aduanas, como la de Corea, realizan pruebas para la implementación de esta tecnología frente al uso de datos e información sobre exportaciones, procesos logísticos de carga y créditos financieros.

Razón por la cual, entre las características (International Business Machines Corporation - IBM, 2018) y oportunidades que el blockchain aporta al sector de transporte marítimo, se encuentran las siguientes.

Tabla 3. Características y oportunidades del Blockchain

<p>Información distribuida</p>	<p>Los datos que se encuentran almacenados son completos, actualizados, y las entidades pueden consultar en tiempo real su propia copia de la información.</p>
---------------------------------------	--

Inmutable	Registros sellados en el tiempo y enlazados a manera de cadena entre bloques. De tal forma, que no resulta posible modificar los datos, alterar o corromper la información.
Consensuada	Debido a que parte de un acuerdo establecido entre diferentes entidades implicadas en el proceso logístico, asegurando la veracidad y fiabilidad de los datos.
Ahorra tiempo	Reduce los tiempos, al registrar y validar los trámites mediante una aplicación tecnológica.
Elimina intermediarios	El sistema implementa por sí mismo una auditoría continua de la información, por ello, las organizaciones reducen la intervención y el gasto en auditorías.
Reduce riesgos	Al fundamentarse sobre un principio de transparencia, permite prevenir las situaciones de fraude.
Incrementa los niveles de confianza	Mejorando la relación entre partes, y disminuyendo costes asociados a malentendidos o litigios.
Seguimiento de mercancías	Registra el seguimiento de mercancías en la cadena logística.
Auditoria con reguladores	Mediante la aplicación tecnológica se establecen los estándares legales que se deben seguir, de tal forma que se establecen registros automáticos sin la necesidad de generar informes de auditoria adicionales.

Fuente. IBM, 2018.

La implementación del blockchain, por ende, resulta en la apertura de oportunidades que benefician al transporte marítimo, en tanto, este es uno de los transportes menos digitalizados (Eslava, 2019) debido a los bajos niveles de inversión realizados por las organizaciones, y en el que gran parte de sus operaciones logísticas y trámites se median a través del uso de papel. Motivo por el cual se enfatiza en que el uso de la tecnología de Blockchain permite a la industria marítima ahorrar anualmente cientos de millones de dólares, debido a que acelera las operaciones logísticas de carga y descargue, reduce el riesgo de sanciones e incumplimientos en los procesos de aduana, y minimiza los trámites administrativos y documentales.

Por ello, entre los beneficios que facilita el contar con softwares informáticos avanzados para el transporte de carga marítima (Barleta, Pérez y Sánchez, 2019), se pueden mencionar los aspectos detallados en la siguiente tabla.

Tabla 4. Ventajas en la aplicación de tecnologías para el transporte marítimo

Detección de fallos	Las IA, por ejemplo, facilitan la lectura de sensores en tiempo real, por ello, permiten la rápida identificación de fallas en un sector específico del sistema.
Respuesta automática ante fallos	Al detectar rápidamente los fallos, facilita una rápida toma de decisiones para garantizar la continuidad en el trabajo de un sistema.
Mantenimiento predictivo	Los sistemas inteligentes facilitan la identificación de problemáticas que puedan surgir, evalúan el deterioro de los equipos, y generan una predicción sobre los momentos que resultan idóneos para realizar un mantenimiento óptimo, evitando que durante el transporte de mercancías se generen retrasos por aspectos relacionados a fallos o mantenimientos preventivos.
Gestión de la eficiencia energética	Al establecer tendencias en torno al comportamiento de los clientes del transporte marítimo, mejora la toma de decisiones en torno a la gestión del consumo energético de una organización.
Optimización del consumo de combustible	La IA, es capaz de combinar y predecir con base en pronósticos meteorológicos e hidrográficos las mejores rutas a través de las cuales se garantice una adecuada reducción de los costos en torno al uso de combustibles, debido a que estos pueden llegar a suponer el 20% de costos totales de una naviera (Ferreño, Santiago y Munin, 2021).
Optimización de ruta	De acuerdo a parámetros como tiempo, trayecto y distancia, o comodidad para la tripulación de un buque.
Ayuda a la navegación	Navegación asistida que facilita la toma de decisiones a una tripulación.
Navegación automática	Autonomía en la navegación y operatividad de los buques inteligentes.

Fuente. Ferreño, Santiago y Munin, 2021.

Sin embargo, esta industria ha enfrentado problemáticas de relevancia en torno a la ineficiencia, el desperdicio de recursos, el envejecimiento de la infraestructura, y el seguimiento de procesos en tiempo real de manera efectiva. Por ello, entre las dificultades que las organizaciones navieras y portuarias han debido afrontar se encuentra la falta de planeación, coordinación, toma de decisiones, retrasos, trámites burocráticos, pérdidas financieras, hurtos, y viabilidad de flujos de carga en el proceso logístico. Por ello, el blockchain, como tecnología que es capaz de enlazarse con otras tendencias, como el big data, el IoT, y la automatización digital, promueven la transparencia, la confiabilidad, la autonomía, y la optimización de procesos consistentes.

A continuación, se detallan las principales dificultades que surgen en torno a la digitalización de los sistemas logísticos en América Latina y el Caribe.

Tabla 5. Dificultades en la digitalización de los sistemas logísticos.

Baja transparencia	El manejo de información que resulta incompleta frente al estado de las mercancías durante el proceso de transporte incide en la identificación del desempeño del transportista, los factores que propician las demoras y la responsabilidad del operador de transporte.
Barreras tecnológicas	La falta de capital humano y financiero, afecta el que una organización se encuentre dispuesta a asumir costos de digitalización en torno a sus servicios logísticos.
Multiplicidad de actores	Cada uno con su propio sistema de información, lo cual dificulta una digitalización uniforme.
Acceso limitado a capital de inversión	Dificultades en el acceso a capital de inversión y financiamiento por parte de las organizaciones.
Dificultades en el reclutamiento y retención de talento	El recurso humano talentoso no suele encontrar llamativo el vincularse a una empresa de transporte.

Fuente. Calatayud y Katz, 2019.

Discusión

La aplicación de las tendencias tecnológicas que existen como resultado de la revolución 4.0, en el sector logístico constituyen un beneficio debido a que dan respuesta a los crecientes requerimientos y exigencias que se presentan en el mercado, mientras se busca lograr una mayor efectividad en la cadena logística de las organizaciones (Carvajalino, 2020), facilitando el que estas tengan el control de sus recursos; conozcan la ubicación en tiempo real de los escenarios geográficos por los cuales transitan las cargas, posibilite el prevenir los retrasos frente a tiempos de entrega pactados, el prever posibles accidentes o riesgos durante los trayectos por causas naturales o desconocidas; y principalmente el brindar una mayor seguridad al proceso de transporte al reducir los riesgos y evitar la pérdida o hurto de la mercancía.

Las tendencias tecnológicas en torno a la Logística 4.0, a su vez, presentan un alto potencial que fortalece las comunicaciones entre diferentes actores y colaboradores de la industria logística, e incluso, los dispositivos e infraestructura logística.

De allí que, entre los aspectos positivos se destaca el que su aplicación contribuye a reducir tiempos, costos, e incluso a aminorar los riesgos ambientales y sociales a los cuales se enfrenta el transporte de carga durante las trayectorias de recepción y entrega de mercancías (Atencia, 2022), por ello, se brinda un mayor soporte tecnológico fortaleciendo la recepción de información de manera simple, rápida y segura. En tanto, esto facilita optimizar el uso de rutas de transporte marítimo.

También es necesario afirmar que el uso de simulaciones mediante softwares especializados resulta un soporte tecnológico de gran ayuda en el tráfico de mercancías portuario (Martínez, 2019), en tanto, a través de este tipo de ejercicio se establecen prácticas de control y monitoreo de contenedores de carga, mercancías, flujos de personas, se evidencian las capacidades operativas de los puertos, se optimizan las rutas y la eficiencia de entrega de mercancías durante el trayecto que dura el transporte de carga, entre otras.

El blockchain, por ejemplo, permite mejorar el rendimiento operacional, a su vez incrementa la seguridad y protección no solo de los sistemas informáticos, sino también en torno a los riesgos laborales reduciendo las fallas humanas y previniendo los accidentes de trabajo (Díaz, 2019); además la automatización contribuye con la sostenibilidad ambiental al reducir emisiones, el ruido, los desechos y gestionar de manera más eficiente el consumo energético.

Sin embargo, si bien se encuentra que la revolución industrial 4.0 conlleva la digitalización de los operadores logísticos en las empresas de transporte (Calatayud y Katz, 2019), es cierto, que también se menciona que el hecho de que no todas las organizaciones, de manera especial, pequeñas y medianas empresas, puedan iniciar este proceso de transformación digital, propicia la aparición de cuellos de botella en torno a la cadena de suministro.

Entre las limitaciones encontradas, se identifica, tal como señala López, Pardo y Montenegro (2019), el hecho de que la falta de inversión en la infraestructura marítima puede limitar las oportunidades económicas para el crecimiento de una nación. Frente a ello, se encuentra por ejemplo que las problemáticas de conexión e infraestructura influyen en un bajo nivel de comercio, el asumir altos costos logísticos y retrasos o demoras en torno al embarque y entrega de mercancía, sumado a esto, la falta de tecnología disminuye la competitividad nacional de un país.

Situación que resulta negativa, debido a que Calatayud y Montes (2021), encuentran que la competitividad del mercado es necesaria en la integración de procesos logísticos digitales. Razón por la cual, el Consejo Privado de Competitividad (2020); señala que sin que exista una fuerte presencia tecnológica y las empresas dediquen tiempo y recursos para digitalizarse y lograr integrar en su infraestructura tecnológica una logística 4.0, en un corto plazo, podrían estar dejando de ser organizaciones competitivas.

La escasa inversión genera un atraso y propicia la aparición de cuellos de botella, razón por la cual, Eslava (2019), menciona que, pese a que el 60% del comercio marítimo se ejerce a través de contenedores, la inversión en infraestructura tecnológica es reducida y aumenta las

problemáticas en la cadena de suministro, relacionados a la ineficiencia y el desperdicio en las operaciones de la cadena logística.

También resulta necesario señalar, tal como indica La Alcaldía de Medellín (2021), que los avances tecnológicos que propició la industria 4.0 a su vez, deben afrontar y mitigar riesgos subyacentes, entre los cuales se encuentran los ataques cibernéticos a las cadenas de suministros (espionaje industrial, filtración de datos, sabotaje); los datos defectuosos, en tanto, si bien las IA resultan bastante útiles, resulta necesario que se generen protocolos a través de los cuales los seres humanos supervisen los procesos, debido a que aún resulta arriesgado confiar totalmente en un sistema inteligente; las regulaciones de seguridad; y las problemáticas de privacidad y uso masivo de datos en torno a la seguridad pública.

De allí que, de acuerdo con Rubio y Gallego (2020), los modelos de negocio deben adaptarse a un cambio disruptivo que parte de un ecosistema fundamentado en la innovación, el cual se reestructura continuamente en busca de optimizar la eficiencia y la competitividad organizacional de las empresas.

Conclusiones

El blockchain se ha consolidado como una de las tendencias tecnológicas más implementadas en el sector marítimo, debido a su capacidad para integrar otras tecnologías como el IoT, el Big Data, o la Automatización de procesos industriales, las cuales también son tendencias de la revolución 4.0., con el fin de establecer sistemas completamente automatizados en torno al transporte y carga de mercancía, permitiendo reducir costos, prescindir de los trámites burocráticos en papel, prevenir fallos y fraudes en torno al uso de datos, mientras a su vez se da respuesta a las normativas legales propias del servicio de transporte y cargue de mercancías.

Si bien la revolución 4.0 supone un avance en lo que respecta a optimizar los recursos en la cadena de suministro logística de las organizaciones, la aplicación de dichas tendencias tecnológicas no resulta en una práctica infalible. Debido a que los sistemas automatizados también

son susceptibles a situaciones en las que se presenten ataques DOS u otro tipo de fallas en los sistemas, razón por la cual se requiere de personal capacitado que supervise las operaciones.

Sumado a esto, existen problemáticas que resultan de la naturaleza de las pequeñas y medianas empresas, que dificultan la digitalización y automatización tecnológica. Debido a que en estos escenarios se generan situaciones de falta de transparencia en el suministro de información, la aparición de barreras tecnológicas, la participación de una multiplicidad de actores, el acceso limitado a capital de inversión, y las dificultades en torno al reclutamiento y retención de personal capacitado. Lo cual conlleva a la generación de cuellos de botella en torno a las líneas de suministros.

Referencias bibliográficas

- Alcaldía de Medellín (2021). Industria 4.0: Logística Y Transporte. <https://ode.medellindigital.gov.co/wp-content/uploads/2022/02/36.-Industria-4.0-Logistica-y-Transporte.pdf>
- Atencia, M. (2022). Desempeño de la logística de transporte marítimo internacional de Colombia en medio de la pandemia por Covid-19. [Tesis de grado, Universidad de Córdoba]. Repositorio Institucional Universidad de Córdoba. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/5036/Atenciahernandezmariajose.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Calatayud, A., y Montes, L. (2021). Logística en América Latina y el Caribe: oportunidades, desafíos y líneas de acción. BID. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Logistica-en-America-Latina-y-el-Caribe-Oportunidades-desafios-y-lineas-de-accion.pdf>
- Calatayud, A., y Katz, R. (2019). Cadena de suministro 4.0. Mejores prácticas internacionales y hoja de ruta para América Latina. BID. https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Cadena_de_suministro_4.0_Mejores_pr%C3%A1cticas_internacionales_y_hoja_de_ruta_para_Am%C3%A9rica_Latina_es.pdf
- Calatayud, A., Katz, R., y Riobó, A. (2022). Impulsando la transformación digital del transporte en América Latina y el Caribe. BID. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Impulsando-la-transformacion-digital-del-transporte-en-America-Latina-y-el-Caribe.pdf>

- Carlier, M. (2018). El transporte marítimo: su importancia para la economía mundial. tendencias a medio y largo plazo. Revistas ICE, 901. <http://www.revistasice.com/index.php/ICE/article/view/1999/1999>
- Carvajalino, S., C. (2020). Tendencias tecnológicas en la logística 4.0 para el seguimiento de mercancía: Un estado del arte. [Trabajo de grado de Especialización, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio de la Universidad Militar Nueva Granada. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/37222/CarvajalinoIlleraStephanieCarolina2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Como%20un%20ejemplo%2C%20se%20encuentra,la%20realidad%20aumentada%2C%20entre%20otras.>
- CEPAL (2020). Los efectos del COVID-19 en el comercio internacional y la logística. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45877/1/S2000497_es.pdf
- Consejo Privado de Competitividad (2020). Infraestructura, transporte y logística. https://compite.com.co/wp-content/uploads/2020/11/CPC_INC_2020_2021_Infraestructura-transporte-logistica.pdf
- Díaz, L. (2019) Automatización y digitalización en el sector de la estiba. el futuro en los puertos. Asociación Nacional de Empresas Estibadoras y Consignatarias de Buques (ANESCO). <https://anesco.org/wp-content/uploads/2019/06/Automatizacion-y-Digitalizacion-de-los-Puertos-del-Futuro.pdf>
- Dirección General Marítima (DIMAR) (2020) Estadísticas anuales de transporte marítimo en Colombia. <https://www.dimar.mil.co/sites/default/files/noticias/Estad%C3%ADsticas%20Anuales%20de%20Transporte%20Mar%C3%ADtimo%20en%20Colombia.pdf>
- El Canal Marítimo y Logístico (2021). La logística, en el punto de mira de la innovación y la digitalización. [Blog] <https://www.diarioelcanal.com/la-logistica-en-el-punto-de-mira-de-la-innovacion-y-la-digitalizacion/>
- Eliana P. Barleta, Gabriel Pérez, y Ricardo J. Sánchez (2019). La revolución industrial 4.0 y el advenimiento de una logística 4.0. CEPAL. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45454/1/S2000009_es.pdf
- Eslava, A. (2019). Blockchain y su impacto en el transporte marítimo global. <https://portalcip.org/wp-content/uploads/2019/12/BLOCKCHAIN-Y-SU-IMPACTO-EN-EL-TRANSPORTE-MARITIMO-GLOBAL.pdf>
- Ferreño González, S., Santiago, L., y Munín A. (2021). Construcción naval e industria 4.0. <https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/27608/M%C3%B3dulo%204-ConstruccionNavaleIndustria4.0.pdf?sequence=3>

- Findeter (2020). Estudio del sector transporte colombiano. <http://repositorio.findeter.gov.co/bitstream/handle/123456789/9708/%286%29%20ESTUDIO%20SECTOR%20TRANSPORTE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- González, N., Molina, B., y Soler, F. (2020). El impulso de la digitalización de los puertos del sistema portuario español mediante el análisis Business Observation Tool. *Revista Ingeniería y Desarrollo*, 38 (2). <http://www.scielo.org.co/pdf/inde/v38n2/2145-9371-inde-38-02-338.pdf>
- Guevara, C. (2020). Análisis de los retos de logística 4.0 en Colombia durante los próximos 5 años. [Trabajo de grado de Especialización, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio de la Universidad Militar Nueva Granada. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/37134/GuevaraLadinoAndersonCamilo2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Huartos, E. (2019). Logística 4.0: importancia en el proceso logístico de distribución de última milla. [Trabajo de grado de Especialización, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio de la Universidad Militar Nueva Granada. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/31727/HuartosCarranzaEderAndres2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- IBM (2018). La gestión de la cadena de suministro en la era de la industria 4.0. <https://cel-logistica.org/wp-content/uploads/2018/12/GUIA-IBM-CEL-Industria-Conectada-en-la-cadena-de-suministro-presentada-en-Logistics-2017-2.pdf>
- López Medina, M., Pardo C., y Montenegro Jaramillo, Y. (2019). Transporte marítimo en indonesia: desafío que enfrenta el país por falta de inversión en infraestructura. *Indonesia: Un punto geoestratégico para el comercio internacional*. Universidad del Bosque. https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/3071/L%3%B3pez_Medina_Mariantonia_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Martínez, T. (2019). Estudio de la aplicación de la industria 4.0 en el ámbito de la logística. [Trabajo de Maestría, Universidad de Valladolid]. Repositorio Universidad de Valladolid. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/36767/TFM-I-1140.pdf?sequence=1>
- Ministerio de Defensa Nacional - Dirección General Marítima (DIMAR) (2022) Anuario estadístico de tráfico marítimo en Colombia 2020 - 2021. <https://www.dimar.mil.co/sites/default/files/noticias/Anuario%20Estad%3ADstico%20de%20Trafico%20Mar%3ADtimo%20en%20Colombia%202020%20-%202021%20V%20Final.pdf>
- Naciones Unidas (2021). Informe sobre el transporte marítimo 2021. https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2021summary_es.pdf
- Panizo, C., Bastos, L., García, N. (2022). *Revolución 4.0: tendencias en el comercio y los negocios internacionales*. Universidad Francisco de Paula Santander.

- Pinillos, Villamizar, J. A., Diaz, Rodríguez, J. R., Osorio, Camacho, J. S. (2020). Implementación de las Industrias 4.0 como Componente Digital Para La Transformación Digital de la Economía de Norte De Santander. *Visión Internacional*, vol. 3, no. 1, 31-43.
- Riaño Solano, M., Navarro Márquez, S. Y. & Restrepo Osorio, M. T. (2021). Beneficios de la Logística Verde en el Comercio y los Negocios Internacionales, vol. 6, no. 1, [49-69]. DOI: <https://doi.org/10.22463/27111121.3333>
- Rubio, G., y Gallego, D. (2020) El uso de la tecnología, en los procesos logísticos de comercio exterior en Antioquia. [Trabajo de Grado, Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria]. Repositorio del Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria. <https://dspace.tdea.edu.co/bitstream/handle/tdea/1698/33.%20TGII%20Gallego%20%26%20Rubio%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sánchez, R., y Weikert, F. (2020). Logística internacional pospandemia, Análisis de las industrias aérea y de transporte marítimo de contenedores. CEPAL. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46656/1/S2000789_es.pdf
- Valdés, L., y Pérez, G. (2020). Transformación digital en la logística de América Latina y el Caribe. CEPAL. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46018/1/S2000585_es.pdf