

BLOCKCHAIN DIGITALIZA EL TRANSPORTE MARÍTIMO GLOBAL DE MERCANCÍAS

BLOCKCHAIN DIGITALIZES MARITIME TRANSPORT GLOBAL GOODS

Xiomara Daniela Velásquez-Monroy¹  y Luis Alexander Eslava-Sarmiento² 

¹Instituto Colombiano Agropecuario, Colombia. **Email:** xiomara.velasquez@ica.gov.co

²Universidad Nacional de Colombia, Colombia. **Email:** laeslavas@unal.edu.co

Para citar este artículo: Eslava, S. L. y Velásquez, M. X. (2021). Blockchain digitaliza el transporte marítimo global de mercancías. *Loginn*, 5(1), <https://dx.doi.org/10.23850/25907441.4339>

Recibido: 16 de septiembre de 2021
Aceptado: 27 de septiembre de 2021
Publicado en línea: octubre 05 de 2021

RESUMEN

Palabras

clave:

blockchain;
transporte
marítimo;
conocimiento
de embarque
electrónico;
contratos
inteligentes;
cadena de
suministro.

JEL: F020;
L910;
N700I310;
I000.

Keywords:

blockchain;
maritime
transport;
electronic
bill of lading;
smart
contracts;
supply chain.

El transporte marítimo de mercancías enfrenta problemas significativos de ineficiencia y desperdicio debido al envejecimiento de su infraestructura tecnológica y de procesos comerciales que carecen de intercambio de información en tiempo real y de colaboración efectiva. Blockchain disrumpe el transporte marítimo internacional de mercancías ya que tiene el potencial de redefinir la forma en que se intercambia la información digital entre las partes interesadas, gracias a la inmutabilidad que está ausente en otros sistemas de tecnologías de la información. La tecnología blockchain tiene la capacidad de rastrear una amplia gama de socios logísticos globales, como son los remitentes, transitarios, transportistas, corporaciones de puertos marítimos, operadores de terminales y oficinas de aduanas, lo que permite hacer a las mercancías seguimiento y trazabilidad mucho más a fondo y, al mismo tiempo, brinda acceso abierto a la información relacionada con plazos de entrega; redefine los documentos tradicionales en papel, que consumen mucho tiempo e intensas relaciones de confianza dentro de la logística marítima. Esto hace el transporte marítimo global de mercancías sea más eficiente y productivo. Blockchain actualmente es el principal factor disruptivo en el transporte global de mercancías desde la invención del contenedor marítimo.

ABSTRACT

The maritime transport of goods faces significant problems of inefficiency and waste due to the aging of its technological infrastructure and business processes that lack real-time information exchange and effective collaboration. Blockchain disrupts the international shipping of goods as it has the potential to redefine the way digital information is exchanged between stakeholders, thanks to immutability that is absent in other information technology systems. Blockchain technology has the ability to track a wide range of global logistics partners, such as shippers, freight forwarders, carriers, seaport corporations, terminal operators, and customs offices, allowing much more tracking and traceability of goods. thoroughly and, at the same time, provides open access to information related to delivery times; redefines traditional, time consuming and trust-intensive paper documents within maritime logistics. This makes global shipping of goods more efficient and productive. Blockchain is currently the main disruptive factor in the global transport of goods since the invention of the maritime container.



INTRODUCCIÓN

Reconocida como una de las tecnologías emergentes, innovadoras y más disruptivas, la tecnología blockchain está ganando popularidad, ya que su innovación central radica en la capacidad de permitir a las partes, que están geográficamente distantes o que no se tienen confianza particular entre sí, registrar, rastrear, monitorear y realizar transacciones de activos (tangibles, intangibles o digitales) sin la necesidad de verificación de terceros, ya que no existe autoridad central con poder sobre el intercambio de datos (bancos, empresas, etc.), lo que facilita la transferencia de valor “Peer-to-Peer” (P2P). A diferencia de las bases de datos convencionales, administradas por una entidad central, blockchain depende de una red entre iguales que ninguna de las partes puede controlar. Como resultado, la industria, empresas y organizaciones pueden reducir costos y acelerar los procesos; se tornan más flexibles.

Blockchain (cadena de bloques) es una tecnología de contabilidad electrónica distribuida y compartida que registra transacciones de forma segura y a prueba de manipulaciones (fraude, doble gasto) a medida que ocurren entre las partes. Las transacciones suelen ser confirmadas por todos los participantes a través de un “protocolo de consenso” (Chang, Iakovou, y Shi, 2020), al eliminar la necesidad de depender de un ente central o de terceros para validarlas y garantizar la versión única de la verdad para todos, lo que permite rastrearlas fácilmente; crea transparencia: cada miembro de la red tiene acceso a los mismos datos, proporcionando un único punto de verdad. Una vez validada y registrada la transacción se vuelve permanente; en blockchain, los bloques que contienen las transacciones están matemáticamente “encadenados” en un orden cronológico (término conocido como “sellado de tiempo”) mediante técnicas criptográficas, de ahí el nombre “Blockchain” (Carlan, Coppens, Sys, Vanelander y Van Gastel, 2020).

Esto permite que todos los usuarios de la red, conocidos como nodos, mantengan una copia idéntica del libro mayor, al verificar la integridad de la base de datos compartida y al controlar y compartir la totalidad de esta. Ninguna parte puede eliminar o cambiar una transacción unilateralmente. En efecto, blockchain está blindado a cambios no autorizados o manipulaciones maliciosas de quienes integran la red; se detectará de inmediato un cambio en el libro mayor, ya que cualquier falsificación de la información debe hacerse en tiempo real, lo que hace que sea mucho más difícil que simplemente sustituir nuevos datos. Por tanto, blockchain visibiliza la cadena de transporte marítimo global de mercancías en la medida en que los actores dentro de esta tienen acceso y/o comparten información que consideren clave o útil para sus operaciones y para su mutuo beneficio (Czachorowski, Solesvik y Kondratenko, 2018).

Bill of lading

Blockchain promueve todo un potencial de innovaciones en una inmensa gama de productos, herramientas y conceptos como criptomonedas (Bitcoin, Ethereum), identidad digital, contratos inteligentes, nuevos modelos económicos y de negocios, y especialmente la digitalización del conocimiento de embarque «Bill of Lading» (B/L) electrónico, electronic bill of lading «e-B/L», «eB/L» o «eBL», el cual no se ha podido digitalizar en su totalidad por un vacío regulatorio (validez jurídica de sus transacciones por parte de algunos gobiernos), y por el marco legal obsoleto que rige los B/L y otros documentos de título negociables. Blockchain podría muy bien ser el principal factor disruptivo del sector del transporte y del comercio internacional desde la invención del contenedor marítimo (Clott, Hartman, y Beidler, 2020), ya que agiliza, facilita y reduce los pagos transfronterizos, obligando a las instituciones financieras ya consolidadas a reconsiderar la forma en que han venido operando, (Irannezhad, y Faroqi, 2021). El «e-B/L», «eB/L» o «eBL» se ha desarrollado rápidamente a lo largo del período pandémico, no ha habido ninguna pausa en su desarrollo. Tanto los puertos de la India como los israelíes han probado con éxito sistemas que involucran conocimientos de embarque electrónicos (Di Vaio y Varriale, 2020).

Desde finales de la época medieval, los transportistas han emitido documentos en papel para las mercancías transportadas en buques mercantes. El intercambio de información en el comercio internacional, en la actualidad, se realiza, en algunas partes, con la ayuda de documentos físicos en papel lo que genera costos considerables, y entre ellos el B/L, el documento más importante en el transporte marítimo global de mercancías (Sunny, Undralla y Madhusudan Pillai, V. (2020). El B/L es emitido por un transportista a un cargador que cubre el transporte de mercancías por mar, generalmente se emite en papel (se basa en la naturaleza jurídica de los documentos originales), el cual se encuentra regulado por la legislación de las Reglas de La Haya-Visby, y contiene información sobre las mercancías enviadas. Para tal, cumple tres funciones fundamentales y diferentes a lo largo de la cadena logística de transporte: (1) comprobante de recepción o envío de mercancías; (2) prueba de un contrato de transporte entre el buque y portador; (3) representación del derecho de posesión de las mercancías (transferencia del B/L por parte del transportista al destinatario, equivale a la entrega de la mercancía); el B/L no es negociable, es transferible. La tercera función puede presentar restricción por condiciones adicionales, como es el pago por parte del destinatario; de igual

manera esta propiedad habilita que los bancos tengan seguridad en la financiación de los contratos del flete, por tanto, el B/L puede actuar en nombre de la mercancía. Este documento sólo se puede reproducir de forma limitada ya que la representación del valor depende del B/L original. Este hecho da, en la práctica, lugar a retrasos en las operaciones logísticas de transferencia de carga si las mercancías ya han llegado a destino, pero todavía se está esperando que llegue el B/L (viaja por currier), lo que podría también ser una causa de congestión en los puertos (Tijan, Jović, Aksentijević y Pucihar, 2021). Lo anterior provocará que el transportista no emita la factura de flete. Para cumplir con los requisitos de la fecha de liquidación de la carta de crédito, el remitente a menudo solicita al transportista que emita primero el conocimiento de embarque. De esta forma, la fecha de envío indicada en la factura del embarque será anterior a la fecha real. Este comportamiento inverso del B/L cubrirá la situación de embarque de carga, y técnicamente es conocido como fraude del B/L. En general, quien posee el B/L controla la mercancía (Subramanian, N., (Chaudhuri y Kayıkcı, 2020).

Al emitirse un B/L de papel se asocian problemas como: (1) altos costos logísticos de edición, impresión, transporte y distribución al destinatario de hasta un 15 % (2) susceptibilidad a errores durante su edición al “describir erróneamente” las mercancías y al realizar “entregas” incorrectas; (3) riesgo de fraude, ya que todo documento en papel es susceptible de falsificación. Un vendedor podría contratar un comprador que requiera una carta de crédito que garantice el pago de las mercancías, luego crear un B/L fraudulento que un transportista nunca ha emitido y presentarlo a un banco junto con un giro para su respectivo pago. En la actualidad no hay certeza de que un B/L original en papel lleque al destinatario o al endosatario antes que las mercancías lleguen al puerto de destino; (4) un B/L de papel puede ser robado con el objeto de falsificar la información del comprador, posteriormente presentar el documento a un transportista con el deseo de obtener los bienes (Kim, y Deka, 2020).

Hasta ahora ha sido necesario que el B/L de papel pase por las manos de las partes involucradas, es decir, del vendedor al banco del vendedor, luego al banco del comprador y finalmente a manos del comprador de la mercancía o del destinatario de la mercancía, con el objeto de que todas las partes involucradas pueden verificar los documentos. Por lo general, muchos actores están involucrados en tales flujos logísticos, lo que conduce a procesos muy lentos y propensos a errores debido a que se produce un gasto considerable en las comunicaciones. El procedimiento de revisión de documentos requiere de tiempo considerable, que en el peor de los casos tarda más que el transporte real de la mercancía que describe el B/L. Por tanto, ralentiza el proceso de transporte y aumenta el precio de los bienes (Shope, 2021). La documentación relacionada con las obligaciones por sí solas representan del 5 al 10 % de los costos totales del transporte. Más allá de estas razones, el B/L de papel debe ser remitido al destinatario para poder liberar la mercancía en el puerto de destino. Si la mercancía ya se encuentra en puerto de destino y el B/L no ha llegado aún, no será posible realizar liberación de esta. Esto crea un costo logístico adicional de almacenamiento de las mercancías en el puerto, expone al transportista a la responsabilidad por cualquier pérdida de la carga y, en el caso de mercancías perecederas, se corre el riesgo de comprometer la calidad el valor comercial de esta. En efecto, se coloca al vendedor en una posición precaria de no recibir pago por la carga liberada y puede dar lugar a litigios prolongados (Wunderlich y Saive, 2019).

Cuando el B/L de papel se pierde o extravía en el proceso de entrega de mercancías, causará que el destinatario no pueda extraer las mercancías del puerto de destino, y el transportista debe firmar el nuevo B/L. Los documentos nuevos a menudo se producen durante un período de tiempo más largo, menos de cinco o más de seis días, y más de un mes antes de que puedan ser reprocesados, el proceso es largo y complejo, y la emisión y transporte de un B/L nuevo en papel resultará en costos más altos. Por tanto, el uso de B/L en papel representa un anacronismo en digitalización del mundo actual. Blockchain facilita la transferencia en tiempo real del «e-B/L», «eB/L» o «eBL» y mitiga los riesgos anteriormente expuestos. El tiempo de espera del papeleo conduce a un gran derroche de recursos y falta de desconfianza entre las partes involucradas, que impulsan el costo de sincronización del comercio internacional e impiden el comercio global (Tseng, Palma y Lu, 2021).

Shipping

Las transacciones en el sector marítimo son generalmente lentas, largas y costosas. La industria del transporte marítimo global de mercancías depende en gran medida de las formas tradicionales de hacer negocios, incluida la dependencia en el papeleo y la documentación impresa, cuyo uso implica una serie de diferentes partes de la cadena de suministro. Varias partes no solo manejan el papeleo, sino también los bienes, a menudo redundante e innecesario (Kothari, Jakheliya y Sawant, 2020). Según IBM, de un costo total de USD\$ 2000 para mover un contenedor marítimo de Mombasa, África a Rotterdam, Europa, el costo de papeleo que acompaña al contenedor es aproximadamente USD\$ \$300, o el 15 % del costo total. Los intermediarios involucrados en las transacciones incluyen exportadores, importadores, autoridades portuarias, operadores logísticos,

prestadores de servicio, 3PL-4PLs, aduana, funcionarios administrativos, financistas, inspectores, tasadores, agentes y otros. Ninguna de estas partes tiene acceso a datos e información sobre todas las partes necesarias de la cadena de suministro. Transacciones que involucran papel y documentación a menudo requiere una inspección física de los documentos, lo que genera altos costos de transacción para los envíos, se estima que el 20 % de los presupuestos operativos se deben a la falta de información. El intercambio de documentos sin papel (blockchain) tiene el potencial de abordar algunos de los desafíos en torno a los costos de las transacciones en el transporte marítimo global de mercancías (Czachorowski, Solesvik y Kondratenko, 2018).

Una preocupación en las transacciones habituales del transporte marítimo de mercancías es la seguridad, específicamente en lo que respecta al transporte, seguimiento y declaración de las mercancías peligrosas. El transporte marítimo de mercancías en contenedores no suele llevar indicación de su contenido específico. Aunque el código del producto puede ser escaneado o rastreado en algunos sistemas de datos, estos sistemas de datos rara vez comparten o interoperan con los sistemas de otras partes interesadas en el flujo logístico de las mercancías (Kapkaeva, Gurzhiy, Maydanova, y Levina, 2021). Esto representa un problema extremo de seguridad en el caso de mercancías peligrosas que constituyen entre el 5 al 10 % de la carga un buque portacontenedores. La declaración incorrecta de la carga puede provocar pérdidas financieras, daños en el buque, lesiones y pérdida de vidas. El Sistema de Notificación de Incidentes (Cargo Incident Notification System, CINS) establecido en 2011 por cinco de las líneas de contenedores más grandes del mundo (CMA-CGM, Evergreen, Hapag Lloyd, Maersk Line, Mediterranean , Shipping Company) con el objeto de compartir e intercambiar información sobre todos los incidentes relacionados con la carga, estima que casi una cuarta parte del total de los incidentes a bordo de la flota global de portacontenedores se deben a una declaración incorrecta de la carga (Karen Czachorowski, Marina Solesvik y Yuriy Kondratenko, 2019).

La implementación del código internacional de gestión de la seguridad (Code International Safety Management, ISM) y los requisitos de la Organization for Standardization (ISO) relacionados con la gestión de la calidad han complicado profundamente la presentación de informes y la gestión de documentos en el transporte global de mercancías. Fuera de los requerimientos de seguridad y de calidad, las limitaciones de documentación para las exportaciones también suelen incluir documentos relacionados con exportación, transporte, cumplimiento y certificados de origen, entre otros. Se espera que los requisitos reglamentarios y las necesidades asociadas para mejorar el seguimiento se conviertan más estrictos con el tiempo, en respuesta a la ruptura de los acuerdos comerciales entre los principales poderes económicos, aumentando aún más la complejidad de las transacciones y la documentación requerida (Lam y Wong, 2018).

Mercancías perecederas como frutas, hortalizas y medicamentos (farmacéutica) requieren de condiciones de temperatura controlada para garantizar su vida útil, la seguridad o eficacia del producto. Según la Organización Mundial de la Salud, el 40 % de las vacunas se degradan (pérdida del ingrediente activo) por las variaciones de temperatura durante su tránsito internacional de origen a destino. La industria farmacéutica invierte miles de millones de dólares en el transporte marítimo de productos sensibles a la temperatura. Adicional a esto, cada año, hasta el 30 % de los productos farmacéuticos vendidos en los mercados emergentes son falsificados, mientras que aproximadamente un millón de vidas se pierden debido a la falsificación de estos (Wang, Liu, Wang y Yue, 2021).

Los envíos con temperatura controlada requieren para su seguimiento digital de herramientas como IoT, telemática, sistemas globales de comunicación móvil, lo que podría implicar el uso de sensores en los contenedores refrigerados (contenedores inteligentes), una unidad de procesamiento y un transmisor que permitirá en tiempo real el monitoreo y seguimiento de la temperatura, lo que a su vez aprobará una respuesta inmediata en caso de que la temperatura se aparte del rango designado. Después de que se haya realizado la entrega, y la carga se haya retirado del contenedor, el destinatario debe notificar inmediatamente a su aseguradora de carga marítima y/o la compañía naviera si ha observado defectos de calidad en su embarque (descomposición, alteraciones, condensación, congelamiento, descongelación, deterioro, etc.). Para tal, debe solicitar a la naviera el registro de monitoreo del contenedor en los puertos de origen/destino y a bordo del buque: pre-trip inspection report, temperaturas del aire de suministro y retorno, intercambio de aire fresco (ajustes de ventilación), control de atmósfera modificada, si es el caso, y descarga del microprocesador de la unidad del contenedor refrigerado (data logger, download). Lo anterior, con el propósito de cotejarlos con los referidos en el conocimiento de embarque (B/L) y en el Equipment interchange receipt (EIR), una vez ha sido estibada la carga en el contenedor. Esta información debe estar disponible a pedido del departamento de reclamaciones de las líneas navieras o del asegurador del importador por un período de 18 meses que se ha realizado la entrega de la mercancía al cliente final.

La capacidad de tener toda esta información es un lugar, accesible para todas las partes relevantes, reduciría los costos de transacción, además de reducir los costos de auditoría y contabilidad. La tecnología blockchain permite automáticamente en cuestión de segundos el seguimiento del cambio en la propiedad de un envío, desde que se ha vendido. En el caso de cumplimiento en la documentación y reporte de códigos y estándares, blockchain tiene el potencial de reducir las cargas administrativas al permitir la racionalización, digitalización y automatización de ciertos documentos y requisitos de informes mediante el uso de contratos inteligentes por agentes relevantes del transporte marítimo de mercancías; también facilita el seguimiento y la documentación de las condiciones de temperatura y atmósfera controlada de los envíos. Blockchain en el seguimiento y rastreo de envíos, apoyará a los transportistas, al reducir el tiempo de espera y el tiempo de recarga al permitir el intercambio de información como la confirmación del arribo de los buques (Tiempo Estimado de Arribo, E.T.A.) en tiempo real; reducirá pérdidas, retrasos e ineficiencias por información inexacta, donde el correo electrónico se usa típicamente para las comunicaciones, proporcionando un espacio común para la información a través de toda la cadena de suministro (Yang, 2019).

A los armadores, bróker y operadores de buques, la tecnología de blockchain les facilitará la comunicación en línea, reduciendo este tipo de costos; permitiendo el intercambio de información más detallada sobre los envíos en tiempo real, proporcionando una interfaz estándar, facultando a los compradores a utilizar el sistema para realizar un seguimiento independiente de los eventos en su sistema. Los intermediarios (transitarios) tendrán un área estandarizada para la recopilación de datos de numerosas fuentes; permitiendo una mayor visibilidad y ahorro tiempo por la corrección de errores en la tecnología de papel; podrán contar con una auditoría segura que vincule los documentos originales con las declaraciones de aduana (Sanchez-Gonzalez, Díaz-Gutiérrez y Núñez-Rivas, 2019). El puerto marítimo reducirá costos y agilizará la comunicación entre líneas navieras y demás puertos del mundo a través de una plataforma estándar de la tecnología de blockchain. Además, blockchain ayudará a automatizar los procesos del terminal portuario, como el seguimiento y la localización de envíos, clasificación de carga en patio, protección y automatización documental, gestión de recursos y espacio; diseñar planos de estiba óptimos para la transferencia de contenedores desde y hacia los buques; los usuarios autorizados podrán acceder a datos en tiempo real, conocer la trazabilidad de la carga transportada a través de la documentación transparente de las operaciones con marca de tiempo. Las empresas de seguros garantizarán la coherencia de los datos, con todas las partes interesadas recibiendo la misma versión de los datos clave. Los datos estarán disponibles y de manera permanente, lo que les permitirá realizar un detallado análisis, y por supuesto, una adecuada y pertinente evaluación de riesgos (McKinlay, Pithouse y McGonagle, 2018).

Smart contracts

Varias áreas en el sector marítimo donde el proceso de pago existente es relativamente ineficaz, en comparación con los pagos en otras dependencias. Lo primero es la falta de automatización paralela para pequeños y medianos transportistas y transitarios en particular, donde el trabajo manual es involucrado en la facturación, y los pagos generalmente implican transferencias bancarias y cheques. El procesamiento de las facturas de los remitentes requiere un tiempo estimado de 2 a 15 minutos de labor manual por factura (correcta), y mucho más si las facturas son incorrectas (Michele y Christa, 2020). Los impactos y costos de estas ineficiencias tienden a ser a cargo de empresas y entidades más pequeñas (transportistas y transitarios), mientras que las empresas más grandes tienden a hacer uso de contratos a largo plazo y soluciones de Tecnologías de la Información (TI) para la facturación y liquidación de fletes (Nasih, Arezki y Gadi, (2019).

El proceso de utilizar las condiciones de pago de “Efectivo contra Documentos” es otra reconocida fuente de ineficiencia y costos del sistema marítimo, y que se utiliza para proteger a los remitentes y transitarios en el caso de trabajar con un nuevo y desconocido destinatario (es decir, en el caso de que no exista confianza). en un acuerdo de “Efectivo contra Documentos”, la compañía naviera no emitirá un conocimiento de embarque (B/L) hasta después de que se haya pagado los cargos de origen y no se liberará la carga hasta que se haya pagado los cargos de destino. Estos arreglos requieren mucho tiempo y en efecto, de recursos; adicional a esto, están asociados con un alto nivel de costosas transacciones (Muñuzuri, Onieva, Cortés y Guadix, 2020).

Cartas de crédito, acuerdos contractuales a nombre de un cliente del banco que autoriza un banco para realizar pagos a otro banco y a un beneficiario, se han utilizado durante siglos en el comercio internacional de mercancías (Shin y Shin, 2020). Las cartas de crédito requieren el uso de bancos como intermediarios y, como tales, asociado con altos costos de transacción: hasta cientos de dólares por carta de crédito. Varios desafíos y/o limitaciones adicionales presenta en la actualidad el proceso de pago en el transporte marítimo de mercancías; se tienen entre otros los siguientes: transferencias de fondos que no llegan al destinatario previsto; retrasos de hasta tres o más semanas en la acreditación de fondos a las cuentas; pérdidas debido a las

conversiones de moneda (incluso en ausencia de fluctuaciones del tipo de cambio); y altos costos de transacciones a través de bancos asociados. Las partes interesadas «stakeholders» también enfrentan riesgos de impago en varios niveles, incluyendo situaciones políticas, financieras o sociales en ciertos países, riesgo comercial debido a la posible insolvencia del importador o exportador, y al riesgo de pérdida de la cantidad recaudada debido a fluctuaciones del tipo de cambio. Blockchain se ha visualizado como una vía potencial para mejorar la eficiencia de validaciones de entrega y/o pagos en el transporte marítimo global de mercancías, al permitir su descentralización e inmutabilidad, lo que podría mejorar la velocidad y confiabilidad de las remesas y eliminar intermediarios innecesarios mediante el uso de un sistema transparente y seguro para manejar este tipo de transacciones (Shuyi y Jasmine Siu Lee Lam, 2020).

Se han sugerido contratos inteligentes «smart contracts» en blockchain como una forma de minimizar o eliminar los actuales desafíos y limitaciones con el objeto de lograr transacciones óptimas, eficientes y efectivas en el transporte marítimo global de mercancías, permitiendo al mismo tiempo registros accesibles para todas las partes relevantes. Como estaba previsto, tales contratos inteligentes podrían ofrecer una oportunidad para optimizar y mejorar la eficiencia y transparencia de las transacciones de envío y acuerdos contractuales, al tiempo que se reducen los costos. En el caso de la validación del envío y los pagos, los contratos inteligentes podrían permitir, en la plataforma blockchain, participantes para celebrar acuerdos donde, por ejemplo, los pagos se mantendrían en custodia hasta que se valide la entrega de un envío, se libere la carga, una inspección o se cumple cualquier conjunto de condiciones. Los pagos en blockchain podrían involucrar el uso de tokens o una ciber divisa en lugar de los sistemas heredados actuales. Ciber monedas específicas del transporte marítimo podrían utilizarse para facilitar la entrega de envíos validación y/o pagos. Este enfoque, se argumenta, podría permitir pagos instantáneos, así como conversión instantánea de monedas y simplificar el número y la complejidad de las transacciones entre empresas y organizaciones (Parola, Satta, Buratti, y Vitellaro, 2020).

El uso de contratos inteligentes y tokens en la validación de entregas y pagos está disrumpiendo en el transporte marítimo global de mercancías. En la red global de suministro de contenedores marítimos existen empresas de todo el mundo, con muchas monedas, por lo que actualmente los bancos y los intermediarios son necesarios, pero esto requiere de dinero y de tiempo. Considerando el alquiler de un contenedor por una semana con trayectoria desde Europa a la India, los costos de transporte requieren más de tres semanas para pagarse y hasta un 5 % en tarifas. Con el uso de los tokens y las criptomonedas, solo se tomarán unos minutos y solo algunos centavos en tarifas. Esto también compensa el riesgo de fluctuaciones y aumenta la rentabilidad (Li, L y H. Zhou, 2020).

Bunker

Emisiones contaminantes producto de la quema de combustibles en el transporte marítimo global de mercancías causan cientos de miles de muertes anuales, debido a enfermedades crónicas, incluidas las enfermedades cardiopulmonares y el cáncer, así como millones de casos de asma y otras dolencias respiratorias. Estudios científicos sugieren que reducir el contenido de azufre del combustible utilizado en los buques de alta mar reducirían la mortalidad prematura entre un 34 % y un 50 % y reducirían la morbilidad en ~54 %. Impactos negativos adicionales de las emisiones de los buques incluyen la acidificación de ambientes de agua dulce y salada; la contaminación del agua; daño a la vida marina y el cambio climático (con todos sus impactos dañinos concomitantes)

En 2020 la Organización Marítima Internacional (OMI), implementó estándares de combustible limpio que limitan el contenido de azufre del combustible búnker al 0,5 % (5000 ppm), en comparación con el límite anterior de 3,5 % (35000 ppm). El cumplimiento de estos estándares requerirá cambios a combustibles con bajo contenido de azufre, combustibles alternativos como el Gas Natural Licuado (GNL) o depuradores. El Comité de Protección del Medio Marino de la OMI, (CPMM) también ha desarrollado una estrategia para reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, (GEI) del transporte marítimo, ya que este representa aproximadamente el 2,2 % de las emisiones mundiales de dióxido de carbono (CO₂). La estrategia inicial tiene por objetivo reducir las emisiones de GEI del transporte marítimo en un 50 % para 2050. Una parte de este esfuerzo implicará la transición a “Cero Combustibles de Carbono”, un enfoque actualmente es apoyado por varios «stakeholders» en la industria del transporte marítimo global de mercancías. Por ejemplo, una coalición de sesenta grupos comerciales, incluidos empresas líderes del transporte marítimo, se han comprometido a “Llegar a Cero”, lo que implicará una transición a cero emisiones combustibles de carbono y buques e infraestructura adecuada para 2030, ya que los buques construidos en 2030 serán parte de la flota mundial en 205 (Muñuzuri, Onieva, Cortés y Guadix, 2020).

Estas regulaciones, y los requisitos de obtención, recopilación y análisis de datos para el cumplimiento, podrían lograr

beneficios significativos para el medio ambiente y la salud pública. Implementar, hacer seguimiento y cumplimiento de estos requisitos presentan desafíos incalculables, sin embargo, ya que la OMI no tiene la autoridad para monitorear, rastrear y hacer cumplir, solo queda esperar que las leyes propias de cada nación las hagan cumplir. Hasta el momento, la aplicación y el cumplimiento son inconsistentes entre las naciones, incluso en países que se comprometen a ratificar las reglas y hacer cumplir las normas sobre combustibles contaminantes (Balci, 2021).

Existe la posibilidad de que los buques que no cumplan las normas pasen desapercibidos; por ejemplo, solo un pequeño porcentaje (2-7 %) de los buques tienden a ser inspeccionados en los puertos a nivel global. Adicional a lo anterior, las sanciones por incumplimiento también varían sustancialmente entre los países. Incluso para las partes interesadas que desean cumplir con los estándares de combustible presentan desafíos y limitaciones en los procesos de aseguramiento y recopilación de datos existentes relacionados con el consumo de combustible. Los compradores de «bunker» no tienen acceso a los datos de aseguramiento de la calidad relacionados con la información de producción y procesamiento del combustible para buques o «bunker». La falta de documentación respecto a la calidad del combustible también presenta un desafío relacionado con las reclamaciones de los seguros. Por ejemplo, si los destinatarios recibieran «bunker» contaminado, las aseguradoras no tienen acceso a datos para probar el cumplimiento o para demostrar que se utilizó combustible contaminado (Bavassano, Ferrari y Tei, , 2020).

La “epidemia” de «bunker» contaminado, que tuvo su inicio en la región de la costa del Golfo de EE. UU., propiamente en Houston en 2018, y que arruinó cientos de buques demostró la importancia de verificar la calidad y contenido del «bunker». Muchos buques que lo usaron en mal estado perdieron energía en ruta, lo que representó un incremento de los factores de riesgo en tránsito internacional, y en efecto, descendieron los niveles de seguridad y protección, especialmente cuando los buques afectados se encontraban en rutas marítimas ocupadas o en medio de un clima inclemente y debieron ser remolcados. La Asociación Internacional de Propietarios Independientes de Buques Tanque (AIPBT), ha advertido que podría haber una “epidemia global” de este combustible en mal estado. También han hecho énfasis en que las autoridades de los diferentes países no monitorearon, no investigaron o no llevaron a cabo acciones correctivas con el suministro de «bunker» en mal estado en 2018, problema originado en Houston y que desde entonces se ha extendido a países como Panamá y Singapur. La incapacidad, o la falta de compromiso, para rastrear, monitorear y hacer cumplir estos estándares podría llevar a que se tergiverse la realidad sobre los impactos ambientales y sobre sus efectos en la salud (Koh, Dolgui y Sarkis, 2020).

Estimaciones de incumplimiento deliberado (trampa, fraude) en términos de cumplimiento, los requisitos mínimos permitidos de azufre componente del «bunker», por ejemplo, han oscilado entre el 10 % y el 30 % del consumo total. Parte de la incapacidad para monitorear, trazar y asegurar de manera confiable el origen y la calidad del combustible se debe al proceso de documentación existente en la industria del «bunker», a base de albaranes de papel para la entrega del combustible. Además de dejar margen para el fraude en lo que respecta a la calidad y/o cantidad de combustible, permite engañar a los armadores, transportistas y fletadores, un sistema basado en papel no permite a las partes interesadas como a las aseguradoras y reguladores, acceso a datos sobre el origen del combustible, cadena suministro y combustión final (Liu, Zhang y Zhen, 2021).

La tecnología de blockchain permite el seguimiento, monitoreo y trazabilidad del origen y la calidad del «bunker» mediante el registro en el Libro Mayor de Contabilidad Electrónica Distribuida y Compartida a lo largo de la cadena de suministro del «bunker» (producción, abastecimiento, trasvase y combustión final), al registrar transacciones a medida que ocurren entre las partes en forma segura y a prueba de manipulaciones (fraude, doble gasto). Blockchain crea una pista de auditoría inmutable, que sigue el «bunker» y cualquier cambio que se le haga. También registra todas las actividades y aprobaciones por parte de los actores que realizan transacciones con el combustible. Blockchain proporciona evidencia de cumplimiento con IMO 2020 y asegura que en cada punto de la cadena de suministro del «bunker» sea fácil de verificar por parte de las partes interesadas si el combustible que están moviendo, cargando, comprando o vendiendo es el producto que se supone que debe ser, incluso si el combustible está mezclado.

Containers

El transporte marítimo de contenedores es uno de los aspectos más importantes de la cadena de suministro global. En la actualidad, aproximadamente el 75 % de todo el comercio marítimo global se realiza a través de contenedores marítimo. Sin embargo, a pesar de su crecimiento, ha habido poca inversión en mejoras de los procesos, lo que ha llevado al crecimiento de problemas en la cadena de suministro de contenedores (Yoon, Talluri, Yildiz y Sheu, 2020). Tres problemas críticos dificultan la eficiencia general de la cadena de suministro. El primero es el despacho de aduanas que crea barreras al comercio e

ineficiencias (falta de adopción de las mejores prácticas en los trámites aduaneros; inspecciones frecuentes, largas esperas; demoras en la frontera y requisitos onerosos, falta de coordinación entre agencias fronterizas y cumplimiento de las normas de importación-exportación; barreras asociadas con la corrupción, que podrían incluir los costos directos de hacer “pagos de facilitación” (sobornos) o las demoras adicionales que resultan si un soborno es rechazado o no). El segundo está relacionado con el uso de una tecnología obsoleta, que está creando mucho desperdicio en el sistema marítimo. El tercero alude a prácticas ineficientes de contratación. Sin embargo, el transporte global de mercancías en contenedores marítimos carece de un estándar unificado para la identificación de información y adicionalmente requiere resolver el problema de los costos de fideicomiso.

La tecnología de blockchain tiene el potencial de abordar algunos de los desafíos que encierran los costos de las transacciones en el transporte marítimo global de mercancías. Los sistemas de pago de la actualidad están cargados de ineficiencias. En 2019, más de 800 millones de contenedores de unidades equivalentes a veinte pies (TEU) se movilizaron en el sector marítimo global, requiriendo la emisión, verificación, pago y conciliación de más de 4250 millones de facturas (fletes) (Wamba y Queiroz, 2020). Las ineficiencias del sistema asociadas con estas transacciones, incluidos los costos de transacción y condiciones de pago como “Efectivo contra Documentos” (donde la confianza de nuevos clientes es un problema), se estima que costaron más de USD\$74 mil millones.

Los contenedores marítimos con sobrepeso y los pesos mal declarados se están convirtiendo en un problema muy grave a nivel global. La literatura científica indica que hasta el 20 % de los contenedores que se desplazan el comercio internacional tienen sobrepeso o están declarados incorrectamente. Esto puede dar lugar a: a) que los buques se estiben incorrectamente, lo que puede afectar negativamente a la estabilidad y posible pérdida de contenedores por la borda al caer al mar; b) causar daños al equipo de manipulación en los Terminales Portuarios de Contenedores (TPC); c) lesiones a los estibadores que los maniobran en los muelles de atraque y en los patios de contenedores; d) generar accidentes en carreteras y vías férreas. Estos contenedores con sobrepeso y mal declarados son originados en parte por algunos remitentes que intentan maximizar el espacio en el contenedor, y que han estudiado en detalle los deficientes controles a las cargas por parte de las autoridades competentes (Ahmad, Hasan, Jayaraman, Salah y Omar, 2021).

En algunos TPC del mundo pesan y hacen control solo de los contenedores de exportación durante el proceso interno. Contenedores marítimos también se pesan en las estaciones de básculas de carreteras y en algunas instalaciones ferroviarias. Los contenedores marítimos de importación, por lo general, no se pesa antes de salir de los terminales marítimos, y las líneas navieras dependen del peso suministrado por el remitente en el extranjero en el conocimiento de embarque (B/L) para determinar qué medidas se deben tomar para mover legalmente el contenedor (Mathivathanan, Mathiyazhagan, Rana, Khorana y Dwivedi, 2021). Los contenedores marítimos con sobrepeso no deben cargarse en el buque ni transportarse por carretera en camiones hasta que la línea naviera haya notificado al remitente o al destinatario y le haya indicado qué acción la línea tomará. Los contenedores marítimos de importación con sobrepeso las líneas navieras pueden cambiar el conocimiento de embarque (B/L) a “Puerto a Puerto” y obligar al destinatario o remitente a organizar el transporte por camión a su cargo, y transferir el riesgo de cualquier multa o sanción que pueda resultar.

Se ha estimado que entre el 15 y el 50 % de los costos de transporte en la industria global de transporte de contenedores se deben al tiempo invertido en la gestión del papeleo.

La característica de transparencia y trazabilidad de datos que ofrece blockchain a los operadores del puerto pueden ayudar a los operadores portuarios a seleccionar rápidamente una empresa de transporte para enviar contenedores de manera rápida, conveniente y de forma segura. El reducido tiempo de espera de los contenedores se traduce en beneficios económicos. De igual forma, casi la mitad de todos los buques portacontenedores a nivel global arriban con más de 12 horas de retraso a sus puertos de destino programados. Los tiempos de inoperabilidad (transferencia de carga) del buque y de congestión debido al tiempo de espera en los puertos aumentan los costos de la logística marítima (Bai, y Sarkis, 2020).

A nivel global, los costos comerciales (medidas no arancelarias y servicios de transporte) comprenden una gran parte (60 – 80%) de los gastos operativos marítimos. Además, la cadena marítima global de suministro sigue dependiendo en gran medida de la tecnología del papel físico. Por ejemplo, puede haber hasta 200 interacciones que, en efecto, involucran documentación a lo largo de una sola cadena marítima de suministro. Los remitentes y destinatarios deben interactuar con hasta 20-30 entidades solo para mover un contenedor del punto de origen al punto de destino (O-D). Además, las partes de la cadena todavía interactúan con frecuencia por teléfono o correo electrónico, siendo interacciones que requieren de tiempo y generan cuellos

de botella que afectan la eficiencia del sistema. Como resultado de estos factores, las cadenas marítimas de suministro son independientes, aisladas, carecen de cooperación, no comparten información, lo que hace que sea muy difícil para los miembros pronosticar o hacer operativos efectivos (Alahmadi, Al-Ahmadi, y Almeshari, 2019).

En consecuencia, estas cadenas de suministro están llenas de trampas logísticas de valor (zonas de rendimiento subóptimo). Las relaciones de poder asimétricas reducen toda actitud operativa, desestabilizan las relaciones y, lamentablemente, aumentan la probabilidad de comportamientos oportunistas en las cadenas marítimas de suministro clásicas. La efectividad de los flujos de información también se ven alterados por el uso de estrategias, recursos y capacidades divergentes. De hecho, las cadenas marítimas de suministro tradicionales “esbeltas” se caracterizan por una limitada participación en lo que respecta a la logística colaborativa y significativa; retrasos en la información y visibilidad limitada o nula de la cadena da como resultado que estas no pueden evolucionar en el entorno dinámico empresarial actual. Si la información puede ser compartida de manera efectiva, los costos de envío podrían reducirse hasta en USD\$ 300 por contenedor. Los miembros de la cadena marítima de suministro deben implementar estrategias de capacidad dinámica para mejorar la eficiencia e innovación de sus operaciones logísticas marítimas. Al usar la tecnología de blockchain, los miembros podrían construir un ecosistema de cadena de suministro habilitado digitalmente: blockchain digitaliza el transporte marítimo global de mercancías (Bai y. Sarkis, 2020)

El intercambio de información mejora la visibilidad de la cadena marítima de suministro y mejora las operaciones desempeño, así el desempeño estratégico; la visibilidad mejora la capacidad de respuesta y la toma de decisiones de los miembros de la cadena. La tecnología de blockchain mejora la transparencia al proporcionar una vista completa de toda la cadena. La información está disponible de forma simultánea para todos los miembros, lo que permite la evaluación rápida de las demandas de los usuarios finales. Tan alta visibilidad significa que se pueden dar respuestas en tiempo real sobre la planificación y los niveles de ejecución, Con blockchain el flujo logístico del contenedor se pueden rastrear en tiempo real. Ubicación, marcas de tiempo y actividades se pueden verificar desde el punto de origen hasta sus clientes finales (O-D), lo que permite una identificación rápida y precisa de posibles problemas (Hastig y Sodhi, 2020).

La tecnología Blockchain tiene el potencial de rastrear una amplia gama más de socios logísticos globales, como remitentes, transitarios, transportistas, corporaciones de puertos marítimos, operadores de terminales y oficinas de aduanas, lo que permite hacer a las mercancías seguimiento y trazabilidad mucho más a fondo y, al mismo tiempo, brinda acceso abierto a la información relacionada con plazos de entrega. Esto hace el transporte marítimo global de mercancías sea más eficiente y productivo. Uno de los principales desafíos en logística marítima es monitorear la calidad del producto que va al interior del contenedor y rastrear sus movimientos físicos hasta llegar a los usuarios finales. Los compradores de una cadena marítima de suministro tradicional no pueden determinar qué hay al interior de un contenedor marítimo en tránsito (O-D) hasta que esté se abra. Un transportista marítimo solo puede confiar en los documentos proporcionados por el remitente o el transitario más no puede evidenciar el contenido que transporta el contenedor (Li y Zhou, 2020).

También puede resultar difícil para las autoridades aduaneras identificar a los compradores de determinados productos importados. Blockchain tiene como objetivo evitar el acceso no autorizado a los datos dentro de la cadena de bloques mediante el uso de algoritmos criptográficos seguros. Esta inmutabilidad hace que los datos sean a prueba de manipulaciones y, en última instancia, ayuda a mejorar la eficiencia del transporte y el despacho de aduanas. Las aduanas y otras agencias gubernamentales pueden mejorar la visibilidad del estado de los envíos de los comerciantes mediante el uso de la plataforma blockchain; proporcionando información de ubicación actualizada y visibilidad sobre el contenido del contenedor en tiempo real; dado que cada transacción se registra en un libro mayor, por un solo bloque irrefutable, la transacción y la propiedad de un contenedor serán irreversibles y estarán a salvo de fraude. De esta forma, blockchain agiliza el comercio internacional. Por tanto, mediante el uso de la tecnología blockchain, las autoridades aduaneras podrán recopilar rápidamente toda la información que necesitan: propiedad, fuente, autenticidad y precio. Esto reemplazará las prácticas de etiquetado de productos que actualmente se utiliza para determinar el ingreso de mercancías al territorio nacional aduanero o en efecto, prohibir su ingreso. Así, con el apoyo de la tecnología de blockchain se generarían documentos comerciales de transferencia más eficientes, predecibles y más seguros, y con mayores detalles de la carga, se reduce el riesgo de transportar mercancías fraudulentas o falsificadas, protegiendo a los consumidores, y se acelera el proceso de despacho de aduanas.

El transporte marítimo global de mercancías es complejo y el nivel de incertidumbre es alto. A menudo, cuando un participante de la cadena de transporte no entrega los productos requeridos a tiempo y en su totalidad, o si los productos han sido comprometidos en el camino, las partes interesadas tienen que identificar con prontitud el problema, generalmente cuando

surge una disputa transfronteriza, esta se resuelve con multas o con compensaciones, o cada parte puede reaccionar en los tribunales de la otra para resolverlo (Mukherjee, Mejia, y Xu, 2020). Es posible que las partes involucradas no quieran confrontar con jueces; o no están familiarizados con (son escépticos de) las leyes nacionales y locales; las disputas suelen ser engorrosas y costosas. Estas disputas se derivan principalmente de ambigüedades en las cláusulas contractuales y la falta de responsabilidad. Blockchain tiene la capacidad de registrar la procedencia de los activos, la transferencia de propiedad, la legalidad y los requisitos de seguridad en tiempo real. En consecuencia, puede ayudar a abordar estos problemas y, en efecto, reducir la probabilidad de tener una disputa. Una cadena de bloques puede rastrear y monitorear la carga a lo largo de su tránsito (O-D) y es altamente seguro ya que: a) un identificador único emitido para cada participante autorizado en la red garantiza que la carga solo pueda ser recibida por sus verdaderos destinatarios, lo que ayuda a evitar el robo de carga; b) el cifrado de bloque hace que sea más difícil para los piratas informáticos y el crimen organizado interrumpir el sistema, ya que blockchain tiene la capacidad de identificar y diagnosticar de manera eficiente la fuente raíz causante del problema.

CONCLUSIÓN

El transporte marítimo global de mercancías atraviesa un período de falta de rentabilidad y exceso de capacidad. Sin embargo, el exceso de capacidad no es el único responsable de los problemas de la industria marítima. El transporte marítimo de mercancías enfrenta problemas significativos de ineficiencia y desperdicio debido al envejecimiento de su infraestructura tecnológica y de procesos comerciales que carecen de intercambio de información en tiempo real y de colaboración efectiva. El 90 % de los bienes del comercio mundial son transportados en contenedores marítimos sin tener en cuenta que la industria marítima se ralentizó por la complejidad de las comunicaciones punto a punto a través de proveedores de transporte terrestre, transitarios, agentes de aduanas, gobiernos, puertos y transportistas marítimos. Cada tramo y fase del proceso de transporte involucra a varios participantes que requieren de intercambiar información; no hay una sola empresa involucrada, sino miles de intermediarios interconectados que necesitan compartir información, datos y documentos; con la tecnología de blockchain el riesgo de mantener esta brecha de información disminuye.

La tecnología de blockchain proporciona un intercambio de datos seguro y un repositorio a prueba de manipulaciones para los documentos y eventos de envío de mercancías contenedorizadas al reducir significativamente los retrasos y el fraude, ahorrando miles de millones de dólares al año al reducir las barreras dentro de la cadena global de suministro, en consecuencia, el PIB mundial podría aumentar en casi un 5 % y el volumen comercial total en un 15 %.

Blockchain tiene el potencial dentro de la industria del transporte marítimo de mercancías de redefinir los documentos tradicionales en papel, que consumen mucho tiempo e intensas relaciones de confianza dentro de la logística marítima.

La Red de “Valor Compartido” o blockchain implementa una capa global de confianza para todos los actores del transporte marítimo de mercancías, en el sistema actual del comercio marítimo, las actividades comerciales se basan en la confianza entre personas, confianza en la autonomía contractual, confianza en un sistema garantizado por las autoridades y confianza en las costumbres y prácticas de la industria. La red de “Valor Compartido” tiene por objetivo construir un sistema de “Confianza sin Confianza”, lo que significa que la confianza tradicional que se basa en instituciones como los tribunales y los bancos serán reemplazadas por la dependencia del código (o la tecnología). Por tanto, lo que hace blockchain es cambiar parte de la confianza en las personas e instituciones para confiar en la tecnología; pero por muy sofisticados que sean, los códigos informáticos todavía son creados, mantenidos y alterados por personas. Por tanto, la confianza tradicional en los humanos no ha cambiado (Michele y Sysb, 2020).

La razón por la que blockchain disrumpe el transporte marítimo internacional de mercancías se debe a tiene el potencial de redefinir la forma en que se intercambia la información digital entre las partes interesadas, gracias a la inmutabilidad que está ausente en otros sistemas de tecnologías de la información. Por tanto, la digitalización del conocimiento de embarque por medio de la tecnología de blockchain dará lugar a considerables mejoras operativas y ahorros de costos. Cambiando el status quo reducirá los tiempos de transporte y los tiempos de entrega, lo que resulta en un impacto profundo sobre el desempeño de la cadena de suministro.

La digitalización del transporte marítimo global de mercancías por blockchain tiene el potencial de derribar barreras, crear ecosistemas completamente integrados para mejorar la eficiencia y la transparencia, lo que conlleva a nuevos modelos de negocio.

La revisión de la literatura relevante indica que los socios comerciales y las compañías navieras beneficiarse enormemente al adoptar blockchain. Se espera que las ganancias se obtengan mediante la reducción del uso de intermediarios, especialmente los transitarios que, según algunas estimaciones, representan más del 20 % del costo total del transporte marítimo global de mercancías.

Blockchain actualmente es el principal factor disruptivo en el transporte global de mercancías desde la invención del contenedor

marítimo.

Declaración sobre conflicto de interés

Los autores del presente documento manifiestan ser independientes con respecto a instituciones financiadoras y de apoyo, y que durante la redacción del manuscrito no han recibido ningún tipo de financiamiento y no han incidido intereses o valores distintos a los que usualmente tiene la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, R. W., Hasan, H., Jayaraman, R., Salah, K., & Omar, M. (2021). Blockchain applications and architectures for port operations and logistics management. *Research in Transportation Business & Management*, 100620. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2021.100620>
- Alahmadi, S., K. Al-Ahmadi, & M. Almeshari. (2019). Spatial variation in the association between no2 concentrations and shipping emissions in the red sea. *Science of the Total Environment* 676: 131–143. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.161>
- Bai, C., & J. Sarkis. (2020). A supply chain transparency and sustainability technology appraisal model for blockchain technology. *International Journal of Production Research* 58 (7): 2142–2162
- Balci, G. (2021). Digitalization in container shipping: Do perception and satisfaction regarding digital products in a non-technology industry affect overall customer loyalty? *Technological Forecasting and Social Change*, 172, 121016. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1708989>
- Bavassano, G., Ferrari, C., & Tei, A. (2020). Blockchain: How shipping industry is dealing with the ultimate technological leap. *Research in Transportation Business & Management*, 100428. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2020.100428>
- Carlan, V., Coppens, F., Sys, C., Vanelslander, T., & Van Gastel, G. (2020). Blockchain technology as key contributor to the integration of maritime supply chain? *Maritime Supply Chains*, 229–259.

- <https://doi:10.1016/b978-0-12-818421-9.00012-4>
- Chang, Y., E. Iakovou, & W. Shi. (2020). Blockchain in global supply chains and cross border trade: a critical synthesis of the state-of-the-art, challenges and opportunities. *International Journal of Production Research* 58 (7): 2082–2099. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1651946>
- Clott, C., Hartman, B., & Beidler, B. (2020). Sustainable blockchain technology in the maritime shipping industry. *Maritime Supply Chains*, 207–228. <https://doi:10.1016/b978-0-12-818421-9.00011-2>
- Czachorowski, K., Solesvik, M., & Kondratenko, Y. (2018). The application of blockchain technology in the maritime industry. *Studies in Systems, Decision and Control*, 561–577. https://doi:10.1007/978-3-030-00253-4_24
- Di Vaio, A., & L. Varriale. (2020). Digitalization in the sea-land supply chain: experiences from Italy in rethinking the port operations within inter-organizational relationships. *Production Planning & Control* 31 (2–3): 220–232. <https://doi:10.1080/09537287.2019.1631464>
- Hacioglu, U. (Ed.). (2020). *Digital business strategies in blockchain ecosystems. Contributions to Management Science.* <https://doi.org/10.1007/978-3-030-29739-8>
- Hastig, G. M., & M. S. Sodhi. (2020). Blockchain for supply chain traceability: business requirements and critical Success Factors. *Production and Operations Management* 29 (4): 935–954. <https://doi.org/10.1111/poms.13147>
- Irannezhad, E. (2020). Is blockchain a solution for logistics and freight transportation problems? *Transportation Research Procedia*, 48, 290–306. <https://doi:10.1016/j.trpro.2020.08.023>
- Irannezhad, E., & Faroghi, H. (2021). Addressing some of bill of lading issues using the Internet of Things and blockchain technologies: a digitalized conceptual

- framework. Maritime Policy & Management, 1–19. <https://doi:10.1080/03088839.2021.1930223>
- Kapkaeva, N., Gurzhiy, A., Maydanova, S., & Levina, A. (2021). Digital platform for maritime port ecosystem: port of hamburg case. Transportation Research Procedia, 54, 909–917. <https://doi:10.1016/j.trpro.2021.02.146>
- Karen Czachorowski, Marina Solesvik & Yuriy Kondratenko. (2019). The application of blockchain technology in the maritime industry, V. Kharchenko et al. (eds.), Green IT Engineering: Social, Business and Industrial Applications, Studies in Systems, Decision and Control 171, Springer Nature Switzerland, Pp. 561-577 https://doi:10.1007/978-3-030-00253-4_24
- Kim, S., & Deka, G. C. (Eds.). (2020). Advanced Applications of Blockchain Technology. Studies in Big Data. <https://doi:10.1007/978-981-13-8775-3>
- Koh, L., Dolgui, A., & Sarkis, J. (2020). Blockchain in transport and logistics – paradigms and transitions. International Journal of Production Research, 58(7), 2054–2062. <https://doi:10.1080/00207543.2020.1736428>
- Kothari, R., Jakheliya, B., & Sawant, V. (2020). Implementation of A Distributed P2P Storage Network. 2020 IEEE International Conference for Innovation in Technology (INOCON). <https://doi:10.1109/inocon50539.2020.9298>
- Lam, J. S. L., & H. N. Wong. (2018). Analysing Business Models of Liner Shipping Companies. International Journal of Shipping and Transport Logistics 10 (2): 237–256. <https://doi:10.1504/IJSTL.2018.090078>
- Li, L., & H. Zhou. (2020). A survey of blockchain with applications in maritime and shipping industry. Information Systems and e-Business Management, 1–19. <https://doi:10.1007/s10257-020-00480-6>
- Liu, J., Zhang, H., & Zhen, L. (2021).

- Blockchain technology in maritime supply chains: applications, architecture and challenges. *International Journal of Production Research*, 1–17. <https://doi:10.1080/00207543.2021.1930239>
- Mathivathanan, D., K. Mathiyazhagan, N. P. Rana, S. Khorana, & Y. K. Dwivedi. (2021). Barriers to the adoption of blockchain technology in business supply chains: A total interpretive structural modelling (TISM) approach. *International Journal of Production Research*, 1–22. <https://doi:10.1080/00207543.2020.1868597>
- McKinlay J, Pithouse D, & McGonagle J, Sunders J. (2018). Blockchain: background, challenges and legal issues, DLA Piper. <https://www.dlapiper.com/en/denmark/insights/publications/2017/06/blockchain-background-challenges-legal-issues/>
- Michele Acciaro & Christa Sysb. (2020). Innovation in the maritime sector: aligning strategy with outcomes. maritime policy & management. The Flagship J. Inte.Shipping and Port Res. 47 (8), 1045–1063. <https://doi.org/10.1080/03088839.2020.1737335>
- Mukherjee, P. K., Mejia, M. Q., & Xu, J. (Eds.). (2020). Maritime law in motion. WMU Studies in Maritime Affairs. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-31749-2>
- Muñuzuri, J., Onieva, L., Cortés, P., & Guadix, J. (2020). Using IoT data and applications to improve port-based intermodal supply chains. *Computers & Industrial Engineering*, 139, 105668. <https://10.1016/j.cie.2019.01.042>
- Nasih, S., Arezki, S., & Gadi, T. (2019). Blockchain technology impact on the maritime supply chain. In *Proceedings of the 4th International Conference on Smart City Applications* (pp. 1–4). <https://doi.org/10.1145/3368756.3369104>
- Parola, F., Satta, G., Buratti, N., & Vitellaro, F. (2020). Digital technologies and business opportunities for logistics

- centres in maritime supply chains. *Maritime Policy & Management*, 1–17. <https://doi:10.1080/03088839.2020.1802784>
- Sanchez-Gonzalez, P.-L., Díaz-Gutiérrez, D., Leo, T., & Núñez-Rivas, L. (2019). Toward Digitalization of Maritime Transport? *Sensors*, 19(4), 926. doi:10.3390/s19040926
- Shin, S.-H., & Shin, Y.-J. (2020). The impact of organizational culture and strategy on shipping liner's awareness and utilization of the 4th IR technologies. *Maritime Policy & Management*, 1–19. <https://doi:10.1080/03088839.2020.1843724>
- Shope, Mark. (2021). The Bill of Lading on the Blockchain: an analysis of its compatibility with international rules on commercial transactions (March 1, 2021). *Minnesota Journal of Law, Science & Technology*, Vol. 22, 2021, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3796660>
- Shuyi Pu & Jasmine Siu Lee Lam. (2020). Blockchain adoptions in the maritime industry: a conceptual framework. *Maritime Policy & Management*, 1–18. <https://doi:10.1080/03088839.2020.1825855>
- Subramanian, N., Chaudhuri, A., & Kayıkcı, Y. (2020). Blockchain and supply chain logistics. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-47531-4>
- Sunny, J., Undralla, N., & Madhusudanan Pillai, V. (2020). Supply chain transparency through blockchain-based traceability: an overview with demonstration, *Computers & Industrial Engineering* <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106895>
- Tijan, E., Jović, M., Aksentijević, S., & Pucihar, A. (2021). Digital transformation in the maritime transport sector. *Technological Forecasting and Social Change*, 170, 120879. <https://doi:10.1016/j.techfore.2021.120879>
- Tseng, F.-M., Palma Gil, E. I. N., & Lu, L. Y. Y. (2021). Developmental trajectories of blockchain research and its major subfields. *Technology in Society*, 66,

101606. <https://doi:10.1016/j.techsoc.2021.101606> Logistics and Transportation Review, 131, 108–117.
- Wamba, S. F., & M. M. Queiroz. (2020). Blockchain in the operations and supply chain management: benefits, challenges and future research opportunities. International Journal of Information Management 52: 102064 <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.102064>
- Wang, J., Liu, J., Wang, F., & Yue, X. (2021). Blockchain technology for port logistics capability: Exclusive or sharing. Transportation Research Part B: Methodological, 149, 347–392. <https://doi:10.1016/j.trb.2021.05.010>
- Wunderlich, S., & Saive, D. (2019). The Electronic Bill of Lading. Blockchain and Applications, 93–100. https://doi:10.1007/978-3-030-23813-1_12
- Yang, C.-S. (2019). Maritime shipping digitalization: Blockchain-based technology applications, future improvements, and intention to use. Transportation Research Part E: <https://doi:10.1016/j.tre.2019.09.020>
- Yoon, J., S. Talluri, H. Yildiz, & C. Sheu. (2020). The value of blockchain technology implementation in international trades under demand volatility risk. International Journal of Production Research 58 (7): 2163–2183. <https://10.1080/00207543.2019.1693651>