



BOLETÍN 375 /

FACILITACIÓN,
COMERCIO Y LOGÍSTICA
EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

La revolución industrial 4.0 y el advenimiento de una logística 4.0

Antecedentes

La llamada cuarta revolución industrial (4RI) trae aparejada una serie de cambios disruptivos tanto en los modelos de negocios como en las cadenas productivas que los sustentan. La logística, como parte fundamental de estos procesos, no queda ajena a estos cambios trascendentales. Esta cuarta revolución industrial se caracteriza por la velocidad, la amplitud y profundidad en que ocurre. Los cambios son tan vertiginosos que cambiarán la manera como vivimos, trabajamos y nos relacionamos, impactando a los países, las empresas, las industrias, y la sociedad en su conjunto (Schwab, 2016). El sistema logístico del futuro, en consecuencia, apunta a la interconectividad de la información, la optimización del tiempo y los recursos, con una fuerte inversión y desarrollo en innovación para mantener su competitividad.



Antecedentes	1
I. El surgimiento de una logística 4.0	3
II. Las bases tecnológicas que cimentan la logística 4.0	5
III. Efectos del advenimiento de logística 4.0 en América Latina y el Caribe	9
IV. Estándares y mejores prácticas internacionales en la introducción de normativas tecnológicas	11
V. Reflexiones finales	12
VI. Bibliografía	14
VII. Publicaciones de interés	16

Este *Boletín FAL* presenta las oportunidades y los desafíos que representa para la región el surgimiento de la logística 4.0, a partir de la incorporación de una serie de tecnologías disruptivas en el sector productivo y que han dado origen a la llamada Revolución Industrial 4.0.

Los autores del documento son, Eliana P. Barleta, consultora, Gabriel Pérez y Ricardo J. Sánchez, Oficiales de Asuntos Económicos de la Unidad de Servicios de Infraestructura de CEPAL. Se agradecen asimismo los aportes realizados por Patricia Izarra para una versión preliminar de este documento.

Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de la Organización.



CEPAL





En los próximos años veremos como la digitalización de una serie de procesos, así como la masificación de tecnologías como el *blockchain*, el internet de las cosas (IoT), la realidad aumentada y la inteligencia artificial (AI) generarán cambios paradigmáticos en el sector de la logística y el transporte internacional, abriendo nuevas oportunidades para aquellos que puedan aprovechar estas tecnologías y generando brechas crecientes con aquellos sectores que no logren adaptarse oportunamente al nuevo contexto.

En el caso particular de la logística en América Latina y el Caribe, el desafío es aún mayor debido a la alta heterogeneidad que caracteriza a la región. Tal como ha sucedido en otros momentos de la historia del transporte en la región, es de esperar que algunos sectores productivos, así como algunas infraestructuras asociadas al comercio internacional, como pueden ser los grandes puertos o aeropuertos *hubs* de carga, accederán a las tecnologías de vanguardia y demandarán servicios logísticos capaces de desenvolverse en este ambiente hiperconectado. Sin embargo, al mismo tiempo, una parte importante de los sectores productivos más tradicionales, y particularmente las PYMES, continuarán operando en una lógica de logística tradicional. Tal diferencia supone un desafío tecnológico y regulatorio para el Estado que deberá dar servicios y facilitar procesos tanto para aquellos que operan en un entorno de logística 4.0 como para aquellos que seguirán operando en la forma tradicional. Cuán rápido converjan ambos esquemas, será crucial para aprovechar plenamente la potencialidad de estos cambios, evitar que la tecnología se alce como una barrera de entrada a algunos mercados o termine favoreciendo el proceso de concentración que vive la logística internacional.

El presente *Boletín FAL* presenta un diagnóstico preliminar (el cual será ampliado próximamente en otra publicación), sobre las tecnologías capaces de generar cambios disruptivos en la logística, sus potenciales impactos para la industria y desafíos que representan para una adecuada regulación y competencia en los mercados globales. En la primera y segunda parte se presentan algunos antecedentes sobre el surgimiento de una logística 4.0, y se describen algunas de las tecnologías con mayores efectos disruptivos sobre la logística comercial. La tercera parte analiza la situación particular de la región, con especial énfasis en la detección de posibles barreras de entrada que la introducción de estas tecnologías pudiese producir en algunos mercados y los necesarios cambios regulatorios para evitarlas. La cuarta parte detalla algunas de las normativas y sistematización de mejoras prácticas internacionales vinculadas a la adopción de tecnología y logística. Finalmente, en la quinta parte, se brinda un conjunto de recomendaciones para asegurar una adecuada convergencia de la logística tradicional a la logística 4.0, incluyendo la interoperabilidad de los sistemas asociados a la producción y el comercio.

I. El surgimiento de una logística 4.0

La digitalización de los procesos comerciales comenzó a iniciarse en la década de los 60 con los primeros esfuerzos para promover el intercambio electrónico de datos¹ (EDI por sus siglas en inglés). A lo largo del tiempo, estos procesos se han complejizado con nuevas aplicaciones y la integración de tecnologías que han permitido mejorar el flujo, la velocidad, acuciosidad y la seguridad de la información intercambiada, donde la gestión e intercambio de datos entre los participantes de la cadena logística, está siendo una fuente importante de innovación y de acercar las necesidades de los clientes al diseño de los servicios de valor agregado (Pérez-Salas y Sánchez, 2019).

Las aplicaciones deben ser entonces vistas como la hebra tecnológica que conecta y alimenta a una cadena logística cada vez más compleja y extensa, incrementando la competitividad de los participantes y maximizando la productividad de la infraestructura y servicios disponibles (Pérez-Salas, 2012). Estas aplicaciones tecnológicas combinan y coordinan distintas tecnologías de control, transmisión y procesamiento de información, con el fin de mejorar la eficiencia, seguridad y sostenibilidad de los servicios de infraestructura, generando oportunidades para servicios de valor agregado diferenciadores de la competencia y una reducción de las externalidades negativas tanto sociales como ambientales.

Actualmente, en medio de la llamada cuarta revolución industrial, el modelo de negocios asociado al comercio exterior da un nuevo giro, poniendo el énfasis en la calidad de los servicios, donde la gestión de información es un continuo y donde las fronteras tanto entre actores como entre países son cada vez más difusas, permitiendo una gestión en tiempo real de las cadenas de suministro.

Una tecnología disruptiva es aquella innovación que crea un nuevo mercado o transforma de forma trascendental un mercado existente, desplazando o haciendo desaparecer productos o servicios que, hasta entonces, eran utilizados por la sociedad de forma cotidiana. En general, este tipo de innovaciones disruptivas tiende a ser generado por outsiders al sector o por nuevos emprendedores que irrumpen en el mercado, más que por las compañías líderes tradicionales del sector (Voegelé, 2019).

Para llevar adelante la 4RI, una serie de tecnologías tales como el *blockchain*, la internet de las cosas o el *big data*, se entrelazan y generan una serie de cambios disruptivos para el sector empresarial con miras a incrementar la eficiencia operacional, brindar la flexibilidad necesaria para adecuar la producción a cambios en la demanda de manera muy rápida y reducir los costos asociados y las externalidades negativas generadas. En el caso particular de la logística que brinda servicios a esta 4RI, la cual llamaremos consecuentemente logística 4.0, se caracteriza por su capacidad de optimización de tiempo y recursos, trazabilidad de la cadena, seguridad e integridad de los datos así como una adecuada interoperabilidad entre distintos actores humanos y digitales. Este ecosistema digital es propicio además para la innovación, la generación de nuevos servicios y modelos de negocio basados en el conocimiento que favorecen un comercio más sostenible social y ambientalmente.

La cooperación entre los agentes de la cadena de suministro y una mejor visibilidad y trazabilidad de toda la cadena logística posibilita una gestión en tiempo real de los flujos de carga, un mejor uso de las infraestructuras, así como los recursos humanos y tecnológicos disponibles. Así también la posibilidad de disponer de grandes volúmenes de información en tiempo real, favorecer el proceso de toma de decisiones basado en evidencia, incrementando con ello la eficiencia operacional, mejoras en los costos asociados y servicios y la productividad de la economía, tal como se muestra en el diagrama 1.

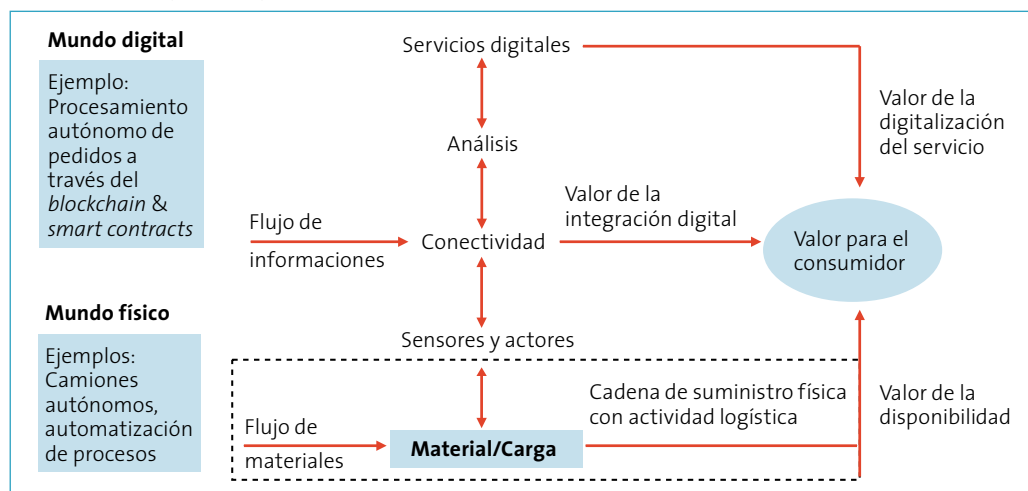
¹ El intercambio electrónico de datos es un sistema de comunicación entre empresas, que permite a través de un lenguaje normalizado, conocido y compartido por los participantes un intercambio efectivo de información, ya sean documentos comerciales o financieros (Pérez-Salas, 2001).



Los cambios tecnológicos que se avizoran y que abren las puertas a nuevos tipos de servicios logísticos basados en el conocimiento, se sustentan principalmente en la integración de servicios y sistemas para gestionar y optimizar en tiempo real cambios en la demanda o en la disponibilidad de infraestructura, reduciendo costos, tiempos de traslados y mejorando la experiencia de entrega al cliente. De acuerdo con la consultora Drewry (2019), las tecnologías con carácter disruptivas en la logística portuaria son la robótica, la inteligencia artificial, el internet de las cosas, la automatización, y por cierto, el *blockchain*. Elementos que coexisten y se conectan entre sí con otras herramientas tecnológicas ya existentes como el *cloud computing*, los SIG, el 5G, los Port Community Systems (PCS), entre otros desarrollos informáticos.

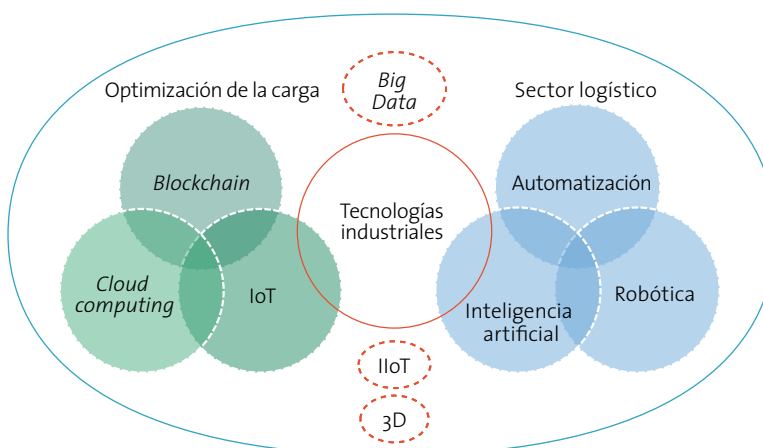
Con el fin de brindar una perspectiva más amplia, el diagrama 2 extiende este análisis a la cadena logística completa, integrando tanto la logística internacional con la del hinterland, haciendo evidentes los entrelazamientos de ellas con los distintos ámbitos de aplicación geográficos y productivos.

Diagrama 1
Modelo de negocio digitalizado



Fuente: Autores con base en Hofmann, E. and M. Rüsçh (2017), "Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics", *Elsevier*.

Diagrama 2
El ecosistema tecnológico vinculado a la logística



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.



Dentro de la 4RI, la flexibilidad de las configuraciones de los procesos de producción y su disponibilidad para adaptarse automáticamente a cambios en la demanda es uno de sus elementos característicos (Lage, 2019). Para ello, la captura, transmisión segura y análisis de datos disímiles es fundamental para la toma de decisiones asistidas que gatillan nuevos procesos de optimización de una forma dinámica y continua.

II. Las bases tecnológicas que cimentan la logística 4.0

En la actualidad existen una serie de tecnologías que presentan un enorme potencial disruptivo en la industria logística, principalmente por la posibilidad de integrar información y hacerla interoperar con otros sistemas productivos y de distribución, e incluso con los Sistemas Inteligentes de Transporte² (ITS por sus siglas en inglés), favoreciendo con ello la comunicación entre actores productivos, dispositivos y la infraestructura logística. Algunos de los efectos esperados de esta interoperabilidad son la reducción de tiempos, los costos y externalidades negativas ambientales y sociales, así como también el brindar el soporte tecnológico sobre el cual fortalecer la facilitación de procesos o la comodalidad, proveyendo información en tiempo real para hacer mucho más simple y seguro el cambio modal en una operación logística, brindando información para optimizar rutas o promover una logística colaborativa, donde empresas eventualmente podrían compartir parte o completamente su cadena de distribución para todos aquellos productos donde el servicio de distribución no sea un elemento diferenciador de la competencia, bajo un esquema de colaboración en competencia (*coopetition*, en inglés).

Las tecnologías con capacidades disruptivas afectarán casi todos los aspectos logísticos y los procesos económicos relacionados con el transporte tanto interno como internacional, donde la confluencia de los cambios técnicos y económicos es parte del cambio tecnológico futuro (Sánchez y Mouftier, 2016). El cambio por tanto será una constante, por lo que los mayores desafíos estarán vinculados a la gestión del conocimiento, la capacitación continua y la innovación como fuente diferenciadora de la competencia. A continuación se presentan algunas de estas tecnologías con mayores efectos disruptivos sobre la logística comercial.

² Los ITS (intelligent transport system) utilizan, procesan y manejan la información capturada por distintas aplicaciones para implementar y manejar estrategias que permitan dotar de mayor seguridad, incrementar el nivel de servicio y capacidad, reducir el tiempo de viaje y aumentar la productividad de un sistema de transporte (Pérez-Salas, 2001).

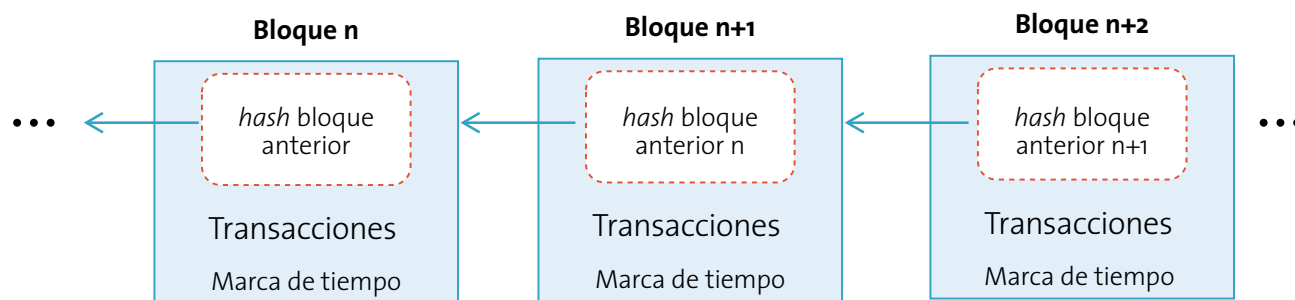
Automatización y robótica son dos tecnologías que van muy de la mano pues permiten realizar de forma automática acciones o procedimientos repetitivos. Con el crecimiento de la información disponible y técnicas informáticas para su manejo análisis en tiempo real se aprovecha de un manejo operacional mucho más eficiente, una reducción de las fallas operacionales así como una reducción importante en los costos totales una vez amortizada la inversión social. En el ámbito logístico, la automatización y la robotización están presentes particularmente en los puertos donde han aumentado fuertemente el rendimiento con una alta eficiencia y productividad. En el mediano plazo se espera su introducción en el resto de la cadena logística, tanto en las terminales de transferencia modal, como en la operación de barcos, camiones y otros equipos de forma autónoma, lo que permitirá un mejor rendimiento, seguridad y una mejor reactividad para enfrentar cambios puntuales. La automatización exige un planeamiento técnico y operativo muy cuidadoso, así como una adecuación gradual de la fuerza laboral y su reentrenamiento en otras áreas del sector (Sánchez y Mouftier, 2016).

Blockchain o cadena de bloques, en español: Esta tecnología ofrece un mecanismo de seguro para el intercambio de información entre los distintos componentes de la cadena productiva y logística, mediante una encriptación de la información y su almacenaje de forma distribuida evitando con ello un único punto de fallo o adulteración fraudulenta de la información. Esta tecnología surge inicialmente en el ámbito de la encriptación de monedas digitales aunque luego su aplicación se extendió a otros sectores como el comercio exterior, el transporte, las telecomunicaciones, la energía y donde cada día van surgiendo nuevas aplicaciones en ámbitos donde se requiera operar procedimientos y relaciones entre actores conectados digitalmente de una manera confiable y segura (Drescher, 2017).

El concepto implícito en el *blockchain* es que cada registro de la base de datos se compone de una serie de bloques, donde una misma transacción se registra y se comparte en múltiples nodos de la red, y donde cada nodo mantiene una copia y todas las copias se actualizan y validan simultáneamente. Para asegurar que las transacciones no puedan ser borradas o alteradas, se utiliza una marca de tiempo que codifica la fecha, hora de creación y modificación de una transacción, así como la información que los une al bloque anterior. Cada uno de los bloques contiene un enlace o *hash* que es un identificador único y acceso directo al bloque anterior, que se crea cuando los datos reales de la transacción se pasan a través de una herramienta criptográfica para mantener los datos de la transacción en secreto, tal como muestra en el diagrama 3.

Diagrama 3

Esquema de funcionamiento de un *blockchain* genérico



Fuente: Elaboración propia de los autores.

El *blockchain* permite tanto accesos públicos como privados, difiriendo ambos en el tipo de información a los que se puede acceder y operar en la cadena compartida, garantizando la integridad de la información disponible así como la seguridad, transparencia y auditabilidad del flujo completo de procesos e información contenida en la cadena logística, lo cual posibilitará mejorar la eficiencia y trazabilidad de los procesos de producción, distribución y de logística inversa, asegurando el nivel de seguridad necesario para la automatización de algunos procesos logísticos.

Una aplicación particular del *blockchain* son los *smart contracts* (contratos inteligentes) los cuales permiten la ejecución de determinados procedimientos o algoritmos informáticos y procesamiento de información de manera independiente, brindando al usuario solo la información resultante (Zyskind, Nathan y Pentland, 2015). A diferencia de un contrato tradicional en papel, en este caso las cláusulas se establecen en *scripts* (sentencias de códigos en un lenguaje de programación específico), donde los términos del contrato son comandos y sentencias que serán ejecutadas automáticamente por un software cuando se cumplan las condiciones estipuladas. Se espera que en el corto plazo, estos algoritmos puedan acceder directamente a los sistemas informáticos de los agentes participantes, ejecutarse autónomamente y generar las acciones contenidas en los contratos de manera totalmente transparente y automática sin injerencia de agentes humanos, reduciendo con ello el tiempo de procesamiento y el riesgo asociado a la interpelación de las cláusulas estipuladas. Los *smart contracts* por tanto permiten no sólo definir las reglas y sanciones para un acuerdo de la misma manera que lo hace un contrato tradicional firmado entre las partes, sino que además se autoejecutan para cumplir automáticamente estas obligaciones, sin intermediarios ni estar sujeto a arbitrios legales o jurisdicciones territoriales. Dado que este tipo de contratos pueden ser creados y ejecutados por personas físicas y/o jurídicas, pero también por máquinas u otros programas que funcionan de manera autónoma, la encriptación y seguridad que le brinda la tecnología *blockchain* es fundamental para su funcionamiento y masificación.

Junto con los usos tradicionales del *blockchain* en el tema de criptomoneda y *smart contracts* antes comentado, también se destacan las siguientes otras tres líneas de aplicación: i) la trazabilidad de los flujos monetarios, físicos o documentales; ii) la interoperabilidad entre distintos sistemas asegurando la integridad de los datos y; iii) la acuciosidad y seguridad necesaria para una implementación exitosa de la internet industrial de las cosas (Lage, 2019).

La internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés) es una tecnología que permite la interconexión a través de Internet de dispositivos inteligentes que comparten información y datos específicos entre ellos y otras plataformas digitales remotas para la toma de decisiones en tiempo real por parte del usuario o por otros dispositivos inteligentes en un esquema de comunicación máquina a máquina (M2M por sus siglas en inglés). Estimaciones de IHS Markit en 2018, muestran que el número de dispositivos con acceso a IoT a nivel global pasará de los 27 mil millones existentes en el año 2017 a más de 73 mil millones al año 2025 y de allí a 500 mil millones de dispositivos conectados en el año 2030 (Evans, 2011).

Otro de los elementos que favorecerá la masificación de esta tecnología es la puesta en marcha de la tecnología de telecomunicaciones 5G, la cual ofrecerá velocidad de acceso a la internet entre 10 a 100 veces más rápida que la actual y con una latencia baja de menos de 1 segundo lo que mejora los servicios basados en la nube y que resultan fundamentales, por ejemplo, para los vehículos autónomos y otros servicios como la internet Industrial de las cosas (ver más abajo).

Para el sector logístico, la IoT representa una enorme oportunidad para hacer más eficientes y rentables económicamente los servicios mediante la captura de información en tiempo real que permiten gestionar los activos de forma flexible e incrementar el valor agregado al cliente, ya sea el seguimiento de los envíos, la optimización de las rutas, el mejoramiento de la entrega de última milla, como también recabar información para la optimización de la capacidad de los almacenes, el mantenimiento planificado de activos fijos y adaptación de las configuraciones logísticas acordes a las variaciones dinámicas del mercado.

La internet industrial de las cosas (IIoT, por sus siglas en inglés), como su nombre lo indica, es una aplicación particular de la IoT en entornos industriales, con el fin de maximizar y automatizar la captura de datos para mejorar la trazabilidad de los procesos y la toma de decisiones de producción en tiempo real. En ambos casos, la confiabilidad y seguridad de la información es un tema fundamental.

Big data, es una tecnología que permite el procesamiento de grandes volúmenes de información de variadas fuentes y tipos de datos a gran velocidad, permitiendo detectar patrones históricos, tendencias que permitan mejorar el proceso de toma de decisiones o para automatizar procesos mediante una adecuada parametrización. El *big data* puede ser visto también como el complemento que analiza la información proveniente de la IoT que genera grandes volúmenes de datos de diferente naturaleza, y que a través de las técnicas informáticas de minería de datos y *big data*, es posible gestionar y convertir estos datos en información útil para la planificación estratégica y toma de decisiones. Una adecuada caracterización del *big data* contempla 4 elementos:

- Volumen: tamaño de la información almacenada (Gigabyte, Terabyte, Petabyte, Exabyte).
- Velocidad: rapidez con la cual se crea y captura el flujo de datos.
- Variedad: diversidad de datos, representación y semántica utilizada.
- Veracidad: precisión y veracidad de los datos que se manejan.

Cloud computing o servicios en la nube, es una tecnología que permite a los usuarios externalizar la infraestructura tecnológica (*hardware*) a proveedores externos que ofrecen acceso compartido e ilimitado a servidores de datos, almacenamiento, aplicaciones y servicios mediante internet, con un modelo de pago por uso. El modelo tiene ventajas de costos y escalabilidad de la infraestructura innegables, aunque requiere acceso a internet de alta velocidad sin interrupciones y controles de seguridad estrictos para proteger los datos y aplicaciones críticas (McKinsey, 2018).

Las impresiones 3D, permiten la creación de objetos mediante la superposición (impresión) de capas sucesivas de material a partir de un modelo o plano en 3D. Si bien su calidad y velocidad de producción aún están en discusión, la inversión privada en esta tecnología está enfocada en los Estados Unidos, con un 39% del mercado mundial, seguido por Asia y el Pacífico con 29% y Europa con 28% (ING, 2017). Es importante, sin embargo, distinguir entre las aplicaciones hogareñas de las industriales. En el primer caso, más que una reducción de la demanda de servicios de logística producto de la impresión de objetos in situ, es probable que la demanda se equilibre o incremente ligeramente, como resultado de la necesidad de suministrar a cada hogar los suministros básicos para la impresión casera de productos. Una cuestión diferente es la aplicación industrial de las impresoras 3D, donde la impresión de partes en polímeros de forma local podría generar cambios importantes en algunas cadenas de valor, por ejemplo en la automotriz, cambiando el esquema de operación hacia una cadena de valor más corta y que permita realizar esta producción de objetos directamente en las fábricas o muy cerca de ellas, ahorrando tiempo y gastos de transporte, pero también brindando una mayor flexibilidad de producción ante cambios en la demanda o en función de los gustos del cliente.

Inteligencia artificial (AI por sus siglas en inglés), es un sistema de autoaprendizaje con capacidad de replicar habilidades humanas, siendo usado generalmente para tareas que requieren movimientos repetitivos, reemplazando la labor humana por máquinas que operan solas. También permite, a partir de un gran volumen de información de fuentes diversas distinguir patrones y gatillar determinadas acciones en función de estos resultados.

En la logística, las principales aplicaciones de la AI son la predicción de demanda que permite ajustar de manera flexible y en corto plazo el volumen de inventario y optimizar la distribución de los productos con el fin de reducir los costos y tiempos de despachos.

Realidad aumentada (AR por sus siglas en inglés), es una aplicación que mediante el uso de dispositivos visuales permite combinar la realidad existente en un entorno logístico con información en 3D y datos informáticos relevantes que se despliegan sobre la misma visualización con el fin de mejorar la toma de decisiones.

En el contexto logístico, se está utilizando principalmente en la gestión de bodegas para mejorar los procesos de selección, control de calidad y empaquetado de productos, que son tareas rutinarias que consumen gran cantidad de tiempo y costos. El uso de la AR podría rebajar drásticamente los costos y tasas de fallas (errores de embalaje que retrasan los despachos o que generan devoluciones posteriores), mejorando los tiempos de despacho y calidad del servicio al cliente.

III. Efectos del advenimiento de logística 4.0 en América Latina y el Caribe

El advenimiento de tecnologías disruptivas en la logística, analizado en la sección anterior, debe llamar la atención de las autoridades nacionales y profesionales del sector de la logística de América Latina y el Caribe puesto que estas innovaciones generarán cambios profundos en la forma en que concebimos la logística. La pregunta relevante no es determinar si estas afectarán al sector, sino más bien cuan pronto lo harán. La 4RI ya está ocurriendo y tal como en el pasado, con la globalización y la economía digital, la rapidez con la cual se adecuen los gobiernos y el sector privado a estos cambios determina en buena medida la posibilidad de adaptarse con éxito al nuevo escenario. Para ello, los pasos más urgentes son resolver temas pendientes como la alfabetización digital, el costo y la velocidad de acceso a internet, así como la ciberseguridad³.

El *blockchain*, como se analizó en la sección anterior, configura un escenario interesante y oportunidades para mejorar la trazabilidad y seguridad de la cadena logística. En el caso particular de la región, también presenta algunas incertidumbres. La principal tiene que ver con el costo de operación de esta tecnología, ya sea siendo parte de iniciativas globales como TradeLens de Maersk e IBM o desarrollar una cadena de bloque propia. En ambos casos, se deben considerar no solo los costos de implementación, mantenimiento y actualización de la plataforma, sino también el costo de transacción, interoperabilidad con otros sistemas y seguridad brindada. También es importante tener presente los efectos que estas decisiones pueden tener en el proceso de concentración existente en la industria. En la 4RI la materia prima más preciada la constituyen los datos generados, lo que de no tomar las preocupaciones necesarias, puede llevar a un escenario donde la concentración existente en el mercado logístico global se extienda también al plano digital favoreciendo con ello una integración plena tanto vertical como horizontal.

La internet de las cosas (IoT) en América Latina, se estima que tenga una tasa de crecimiento anual de 27% entre el 2014 y 2024, pasando de 14,6 millones de dispositivos conectados a cerca de 160 millones a nivel regional al término del periodo, de acuerdo con estimaciones de Machina Research. Esta masificación puede representar una oportunidad para la región de dar un salto de calidad en logística, al permitir un seguimiento activo de toda la trazabilidad de la cadena de suministro, de forma más económica que las opciones actualmente en uso. La IoT brinda además una gran cantidad de información que no solamente posibilita una mejora en la toma de decisiones, sino que si fuera bien gestionada e integrada con otras plataformas, favorecería una mejor integración y gestión de la comodalidad, promoviendo el intercambio modal y el desarrollo de una distribución modal más equilibrada, lo cual resulta fundamental para la reducción de costos, tiempos y externalidades negativas sociales y ambientales de la actividad.

La logística 4.0 sin embargo, representa un enorme reto regulatorio para los gobiernos de la región debido a los efectos disruptivos que puede tener en la competitividad y productividad de la economía. Estas plataformas de información, la mayoría de ellas ubicadas en la nube (*cloud computing*), puedan también dejar fuera de jurisdicción muchas de las regulaciones o tasas con que opera actualmente el comercio exterior. Lo anterior se asemeja al proceso ocurrido en otras plataformas de economía colaborativa como Uber o Airbnb, tan solo por nombrar algunas que han tenido efectos disruptivos en sus respectivos sectores económicos y donde la regulación nacional ha sido incapaz de adaptarse con la suficiente velocidad y flexibilidad como para asegurar que estos sistemas operen de manera competitiva con el resto de la economía tradicional y generen beneficios sociales locales.

³ En inglés son utilizadas dos terminologías distintas para tratar la ciberseguridad: *cyber security* y *cyber safety*. La primera, *cyber security*, trata de la protección de la tecnología de la información (TI) —que se enfocan en el uso de datos como información, y la tecnología operacional (OT de su sigla en inglés)— sistemas enfocados en uso de datos para controlar o monitorear procesos físicos, como datos de accesos ilícitos, manipulación y disrupción, es la prevención ante ataques cibernéticos. Mientras que *cyber safety* cubre los riesgos de la pérdida de la integridad o seguridad crítica de datos y OT (BIMCO, CLIA, ICS, INTERCARGO, INTERTANKO, OCIMF, IUMI, (2017), The Guidelines on Cyber Security Onboard Ships version 2.0, P. 2.)

La regulación de los servicios de telecomunicaciones tiene una incidencia importante en la masificación y utilidad de la IoT. En particular la administración del espectro radioeléctrico, el otorgamiento de licencias, homologación de equipos y definición de estándares nacionales e idealmente regionales serán fundamentales para asegurar la competencia del mercado y la competitividad internacional. También se deben tomar en cuenta las regulaciones sobre la protección de los datos, la privacidad y la seguridad.

Es imprescindible también un marco institucional moderno que se adapte con flexibilidad a este nuevo contexto, favoreciendo la adopción de estas nuevas tecnologías, promoviendo su interoperabilidad con otros sistemas informáticos nacionales, tanto públicos como privados, mediante una arquitectura tecnológica nacional. Esta permite asegurar la interoperabilidad de las distintas tecnologías y proveedores evitando con ello barreras a la competencia o esquemas propietarios que funcionen como monopolios ya sea en la provisión del hardware o de los servicios asociados. Vela además por la protección de los datos personales así como la privacidad y seguridad de la información comercial compartida entre las partes. Esta arquitectura además debe evolucionar a la par del progreso tecnológico de modo de garantizar una adecuada normalización de la semántica de datos, conectividad, transmisión, interoperabilidad y cualquier otro aspecto necesario para brindar un adecuado ecosistema tecnológico.

Dada la existencia de cadenas de valor y la importancia de promover el comercio interregional, es recomendable desarrollar o coordinar homologaciones y arquitecturas tecnológicas a nivel regional, de forma tal de asegurar la interoperabilidad de los distintos acuerdos comerciales y de integración regional, además aprovechar economías de escala, favorecer el comercio interregional y una integración regional más plena y acorde con los planteamientos y Objetivos de la Agenda de Desarrollo Sostenible 2030.

Toda esta ubicuidad de los sistemas también hace a estas plataformas vulnerables a ataques informáticos. Los ciberataques, a diferencia de los virus de antaño (que se basaban principalmente en tácticas para explotar o exponer vulnerabilidades genéricas de los sistemas informáticos), están ahora siendo llevados a cabo por grupos especializados que dirigen sus ataques a sistemas críticos específicos con el fin de robar información comercial o de propiedad industrial, explotar vulnerabilidades para secuestrar sistemas y solicitar rescate (el llamado *hijacking* o secuestro de sistemas), hasta otros grupos especializados que buscan perturbar el adecuado funcionamiento de las cadenas de suministro y con ello afectar la economía o el propio modelo de desarrollo occidental (terrorismo cibernético).

En este contexto, resulta fundamental que los gobiernos brinden seguridad a la infraestructura crítica tanto de telecomunicaciones como de energía, y que promuevan acciones para que el sector privado tome las acciones necesarias para asegurar que las operaciones logísticas sean resilientes a esos ataques, conteniendo y limitando sus efectos de repercusión en el resto de la cadena de suministro.

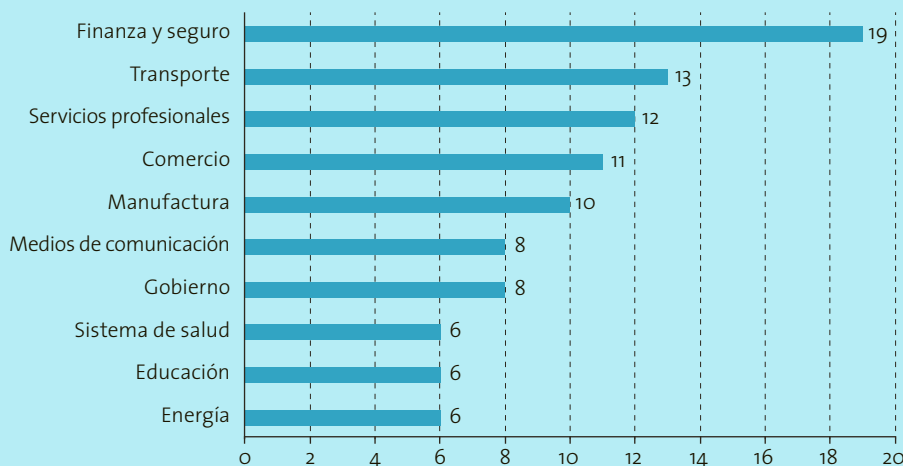
Dado que el sector logístico incluyendo el transporte, forma parte de la infraestructura económica de cualquier país, es un objetivo atractivo para los actores de amenazas maliciosas. En la medida en que la cadena de suministro de la industria del transporte se siga integrando y automatizando, aumentará exponencialmente el riesgo asociado a los ciberataques. De hecho, actualmente, los servicios de transporte y logística son el segundo sector más afectado por ciberataques con un 13% del total de ciberataques e incidentes ocurridos durante el año 2018 (IBM, 2019) sólo siendo superado por los ataques al sector financiero y de seguros como se muestra en el gráfico 1.

Por ejemplo, en el año 2011 el Puerto de Antwerp en Bélgica fue víctima de un ataque de Amenaza Persistente Avanzada (APT por sus siglas en inglés) llevado a cabo por un cártel de la droga. El ataque se dirigió contra sistemas de terminales que posteriormente fueron comprometidos por *hackers* y utilizados para liberar contenedores sin que las autoridades portuarias tuvieran conocimiento de ello. Se incautaron drogas ilícitas y contrabando por un valor aproximado de US\$ 365 millones, y armas de fuego por aproximadamente US\$ 1,5 millones. Otro caso que permite dimensionar la gravedad del problema es el que

afectó a A.P. Moller Maersk en junio de 2017, cuando un ataque conocido como ExPetr, provocó interrupciones en el sistema informático de la empresa que afectaron tanto a la producción de petróleo y gas como a las operaciones portuarias. Tras el incidente, Maersk afirmó haber cambiado sus sistemas de Tecnología de la Información (TI) para evitar que ocurrieran incidentes similares en el futuro. Se calcula que el siniestro ocasionó pérdidas por valor de US\$ 300 millones.

Gráfico 1

Los sectores que más sufren ataques cibernéticos



Fuente: IBM, 2019.

Finalmente, es importante destacar que la coordinación de acciones e inversiones en tecnología entre los sectores público y privado, así como la debida coordinación a nivel regional, tales como sistemas inteligentes de transporte, ventanillas únicas de comercio exterior, transmisión e intercambio electrónico de datos, trazabilidad de la carga, entre otros múltiples desarrollos disponibles, resultan fundamentales para dotar de una mayor eficiencia al sistema de transporte regional, una mayor seguridad de los procesos, así como una mayor competitividad para todos los participantes (Pérez-Salas, 2013).

IV. Estándares y mejores prácticas internacionales en la introducción de normativas tecnológicas

Gestionar adecuadamente los estándares tecnológicos, promover la cooperación y la introducción de las mejoras prácticas internacionales resulta fundamental para la introducción de normativas tecnológicas y brindar directrices para una adecuada seguridad acordes a la velocidad con que ocurren los cambios en estos ámbitos.

Así por ejemplo, el comité técnico de la Organización Internacional de Normalización (ISO) y la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) han desarrollado normas internacionales para la internet de las cosas (ISO/IEC JTC 1, 2014) así como también una Arquitectura de referencia de internet of things (ISO/IEC 30141), publicado en el año 2016. El Instituto de la Asociación de Estándares de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE-SA), también ha formado un grupo de trabajo con el propósito de desarrollar un estándar para un marco arquitectónico para internet de las Cosas IEEE P2413 (IEEE-SA, 2016).

En el caso del *blockchain*, desde el año 2017, la ISO busca una normalización del *blockchain* y tecnologías *ledger* distribuidas (ISO/TC 307-Blockchain) basadas en la siguiente estructura: arquitectura de referencia, taxonomía y ontología, casos de uso, seguridad y privacidad, identidad, contratos inteligentes, gobernanza de los sistemas de tecnología *blockchain* y *ledger* distribuido, interoperabilidad de los sistemas de tecnología *blockchain* y *ledger* distribuido, terminología y seguridad, privacidad e identidad. La Unión Internacional de

Telecomunicaciones (UIT), también ha demostrado interés en la normalización de la tecnología *blockchain*. El UIT-T ha instaurado un grupo de enfoque sobre la aplicación de tecnología de contabilidad distribuida (FG DLT), el cuál desarrollará un plan de trabajo de normalización para servicios interoperables basados en DLT (UIT-T, 2017). También el IEEE-SA busca desarrollar un estándar para el marco de uso de *blockchain* en IoT (IEEE-SA, 2017) así como la Fundación Linux junto a otras empresas colaborativas, han trabajado en la creación de una plataforma de código abierto llamado Hyperledger Project basada en la tecnología *blockchain* para un *ledger* distribuido que podría ser utilizado en múltiples industrias, optimizándose para innumerables casos de uso (Linux Foundation, 2016).

De igual forma existen normativas de gestión de riesgos cibernéticos, como la Organización Internacional de Normalización (ISO) y la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) han establecido la norma ISO/IEC 27001, la que establece los requisitos para un sistema de gestión de seguridad de la información. Dentro de sus características aboga por la combinación de tres pilares: las personas, los procesos y la tecnología. Por el ámbito de las personas, una organización necesita proporcionar formación en ciberseguridad a sus empleados para prevenir y reducir las amenazas cibernética. Por el lado de los procesos, se deben definir y auditar informáticamente las actividades de la organización, las funciones y la documentación que se utilizan para mitigar los riesgos de la ciberseguridad. Finalmente, en lo que se refiere a tecnología, después de identificar las amenazas cibernéticas a la organización, se deben implementar planes para hacer frente a esas amenazas y reducir el impacto de un eventual ataque.

BIMCO también ha creado directrices para incorporar la protección cibernética en el sistema de gestión de la seguridad del buque, incluyendo evaluaciones de riesgo de la tecnología operativa, los sistemas de navegación y los controles de los motores, proporcionando además una guía para hacer frente a los ciber riesgos para el buque, derivados de otros componentes de la cadena de suministro. Estas directrices se basan en los siguientes principios: (1) la toma de conciencia de los riesgos de seguridad y comerciales que se presentan debido a la falta de medidas de ciberseguridad, (2) la protección de la infraestructura de TI a bordo de los buques y de los equipos conectados, (3) un sistema de autenticación y autorización de los usuarios, para garantizar un acceso adecuado a la información necesaria, (4) la protección de los datos que se utilizan en el entorno del buque, garantizando una protección adecuada basada en la sensibilidad de la información, (5) la gestión de los usuarios de TI, para asegurarse de que sólo tienen acceso y derechos a la información para la que están autorizados, (6) la gestión de la comunicación entre el buque y la zona costera, y (7) desarrollar e implementar un plan de respuesta a incidentes cibernéticos basado en una evaluación de riesgos.

Otra directriz a ser mencionada, es la MSC-FAL.1/Circ.3 de la Organización Marítima Internacional (OMI), que ofrecen recomendaciones de alto nivel sobre la gestión de los ciber riesgos marítimos, para proteger el transporte marítimo de las ciberamenazas y vulnerabilidades actuales y emergentes que puedan dar lugar a fallos operativos, de seguridad, o de protección como consecuencia de la corrupción, la pérdida o el deterioro de la información, o de los sistemas, o su uso como vehículo para cometer actos ilícitos o de terrorismo.

V. Reflexiones finales

Los cambios tecnológicos que vivenciamos en estos tiempos asociados a la llamada 4 Revolución Industrial, tienen la capacidad de transformar el mundo en que vivimos, afectando todos los ámbitos de nuestra vida cotidiana incluyendo nuestro sistema productivo y forma de trabajo. La logística no está ajena a esta transformación paradigmática, por lo que se requieren nuevas herramientas y conocimientos que permitan adecuarnos al nuevo entorno tecnológico. Es importante tener presente que la tecnología no es un fin en sí mismo, sino un medio para mejorar la competitividad y sostenibilidad de

las operaciones logísticas necesarias para satisfacer las demandas actuales de desarrollo con una equidad intergeneracional.

Buena parte de las tecnologías aquí analizadas buscan contribuir a la reducción de costos, mejorar la toma de decisiones; favorecer la trazabilidad y seguridad de los envíos e información, permitiendo con ello mayor confianza entre actores, reduciendo la burocracia y favoreciendo la transparencia administrativa para crear servicios de valor añadido y rentables en la región. Para ello los hacedores de política, así como los organismos reguladores especializados, necesitan estar conscientes de estos cambios para aprovechar las oportunidades y los momentos políticos para generar el marco apropiado para desarrollar estas herramientas de una forma que beneficien la competitividad, la transformación productiva y la generación de empleo de calidad. Las tecnologías de la información aquí presentadas brindan un volumen de datos que permiten avanzar en la toma de decisiones basada en evidencia real, mejorando con ello no solamente la cooperación público-privada sino también favoreciendo la transparencia, el gobierno digital y la legitimidad de las decisiones.

También es importante hacerse parte de los desafíos que el nuevo esquema trae consigo. Establecer políticas de protección de la privacidad de los datos personales de forma compatible con el desarrollo de soluciones tecnológicas que integren información aprovechando las potencialidades de la inteligencia artificial, *big data* y otras tecnologías para desarrollar y comercializar nuevos datos que permitan modelos y oportunidades de negocio, favoreciendo soluciones abiertas por sobre las arquitecturas propietarias (Voegel, 2019).

En la región existe una importante brecha digital en comparación con los países que han acumulado capacidades tecnológicas e institucionales. En América Latina y el Caribe se nota una resistencia a la digitalización, influenciada por el temor de pérdida de empleos y la falta de oportunidades de aprendizaje digital. Por ello, junto con la alfabetización digital en el sector logístico, es importante generar acciones que permitan capacitar y reorientar los recursos humanos que puedan verse afectados o desplazados por la automatización y digitalización de los procesos hacia otros sectores económicos, donde puedan generar mayor valor y acceder a trabajos mejor remunerados.

Con el aumento de la tecnología, los ciberataques también se están volviendo más sofisticados a medida que los ciberdelincuentes utilizan diferentes tácticas y tecnología para explotar vulnerabilidades, por lo que la logística deberá aprender a lidiar con este tema y hacerlo parte de su matriz de riesgo, así como lo hizo con otras amenazas en el pasado, como el narcotráfico y el terrorismo.

El avance tecnológico exige una nueva mirada al modelo de negocios que existe actualmente. El paradigma del espacio-tiempo es diferente a todo lo conocido algunos años atrás, y lo será mucho más en un corto tiempo. La magnitud de los cambios exige un cambio cultural profundo de la gobernanza logística, especialmente en lo que se refiere a la cooperación pública-privada, la ciberseguridad y la incorporación de objetivos de resiliencia en todos los procesos de la cadena logística.

En este contexto hay espacios importantes para generar mejoras regionales y combinar competencia con cooperación (*coopetition*) en favor de una mayor competitividad regional. Dado las escasas barreras culturales y lingüísticas existentes entre las tres grandes subregiones de América Latina y el Caribe, generar estructuras tecnológicas con el objetivo de compartir de manera transparente datos e información, estrategias comunes de mantenimiento y desarrollo tecnológico, es una forma de avanzar en la transformación productiva de manera activa aprovechando plenamente el potencial que las tecnologías disruptivas tienen en la logística comercial. La magnitud de los cambios ocurridos, y de los que se espera que ocurran, también supone la necesidad de una mayor cooperación y alianzas para el conocimiento entre el sector público, privado y las instituciones académicas regionales.

VI. Bibliografía

- BIMCO (2018), *Guidelines on Cyber Security Onboard Ships*.
- Delawari, A. A. (2013), *Shared Situational Awareness Between Inland Actors at Port of Rotterdam*, MSc Thesis TU Delft.
- Drescher, Daniel (2017), *Blockchain basics: a non-technical introduction in 25 steps*, Apress, 2017, 255 pp, ISBN: 978-1-4842-2603-2.
- Drewry (2019), Ports & Terminals Market Briefing (1 October 2019).
- Evans, Dave (2011), "Internet de las cosas: Cómo la próxima evolución de internet lo cambia todo", Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG), [en línea] https://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/solutions/executive/assets/pdf/internet-of-things-iot-ibsg.pdf.
- Hofmann, E. and M. Rüsç (2017), "Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics", *Elsevier*.
- IBM (2019), X-Force Threat Intelligence Index 2019, [en línea] <https://www.ibm.com/security/data-breach/threat-intelligence>.
- IHS Markit (2018), *8 in 2018: The top transformative technologies to watch this year*, London.
- Ing (2017), 3D printing: a threat to global trade, Economic and Financial Analysis Global Economics, Technology, September, [en línea] <https://www.ingwb.com/media/2088633/3d-printing-report-031017.pdf>.
- IDC (2017), "En 2018, una de cada nueve empresas en LA estará emprendiendo una estrategia de Transformación Digital (DX): IDC". IDC Releases [en línea] <http://cl.idclatin.com/releases/news.aspx?id=2262>.
- IEC (International Electrotechnical Commission)/ Market Strategy Board (MSB)/ SAP/ Fraunhofer AISEC (2016), "IoT 2020: Smart and secure IoT platform", IECWP IoT Platform:2016-10(EN), [en línea] <http://www.iec.ch/whitepaper/pdf/iecWP-IoT2020-LR.pdf>.
- Instituto de Asociación de Estándares de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE-SA) (2016), IEEE P2413 - "Standard for an Architectural Framework for the Internet of Things (IoT)". [Información en línea] <http://grouper.ieee.org/groups/2413/>.
- Instituto de Asociación de Estándares de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE-SA) (2017), 2418 - Standard for the Framework of Blockchain Use in Internet of Things (IoT), [en línea] <https://standards.ieee.org/develop/project/2418.html>.
- ISO/IEC 17799, Estándar Internacional (2005), "Tecnología de la Información – Técnicas de seguridad – Código para la práctica de la gestión de la seguridad de la información", Segunda Edición.
- ISO/IEC JTC 1 (2014), "Internet of Things (IoT). Preliminary Report 2014", [en línea] https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/developing_standards/docs/en/internet_of_things_report-jtc1.pdf.
- ISO/IEC JTC 1 (2015), Information technology."Big Data", Preliminary Report 2014, [en línea] https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/developing_standards/docs/en/big_data_report-jtc1.pdf.
- ITU (2017), "Global Cybersecurity Index (GCI)", [en línea] https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/str/D-STR-GCI.01-2017-R1-PDF-E.pdf.
- Lage, Oscar (2019), Blockchain: From Industry 4.0 to the Machine Economy [Online First], IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.88694, [en línea] <https://www.intechopen.com/online-first/blockchain-from-industry-4-0-to-the-machine-economy>.
- Linux Foundation (2016), The Year of the Open Blockchain, [en línea] <https://www.linuxfoundation.org/blog/the-year-of-the-open-blockchain/>.
- Machina Research, [en línea] <https://machinaresearch.com/what-we-do/advisory-service/iot-forecasts/>.

- McKinsey (2017), The future of connectivity: Enabling the Internet of Things, 14 de octubre de 2019 [en línea] <https://www.mckinsey.com/featured-insights/internet-of-things/our-insights/the-future-of-connectivity-enabling-the-internet-of-things>.
- McKinsey (2018), Creating value with the cloud, Digital McKinsey Insights, December, [en línea] <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Digital/Our%20Insights/Creating%20value%20with%20the%20cloud%20compendium/Creating-value-with-the-cloud.ashx>.
- Organización Marítima Internacional (2019), MARPOL. Anexo VI y Código NOx 2008 y Directrices para la Implantación, 16 de julio de 2019 [en línea] http://www.imo.org/en/Publications/Documents/Supplements%20and%20CDs/Spanish/QC664S_022019.pdf.
- Pérez-Salas, G. y Sánchez, R. (2019), “Logística para la producción, la distribución y el comercio”, *Boletín FAL* 369 número 1/2019 ISSN: 1564-4227. Santiago de Chile, Naciones Unidas, CEPAL.
- Pérez-Salas, G. (2013), “La necesaria facilitación y seguridad de los procesos logísticos en América Latina y el Caribe”, *Boletín FAL* No. 321 número 5, Santiago de Chile, Naciones Unidas, CEPAL.
- ____ (2012), “Sistemas inteligentes de transporte: oportunidades para una logística sostenible y competitiva”, Capítulo en Las tecnologías de la información y de las comunicaciones (TIC) y el desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe: experiencias e iniciativas de política, *Serie Seminarios y Conferencias N° 74*, CEPAL, Naciones Unidas.
- ____ (2001), “Telemática: un nuevo escenario para el transporte automotor”, *Serie recursos naturales e infraestructura*, No. 30, Santiago de Chile, Naciones Unidas, CEPAL.
- Sánchez, R. y Mouftier, L. (2016), “Reflexiones sobre el futuro de los puertos: del estrés actual al cambio y la innovación del futuro”, *Boletín FAL* Edición N° 352, número 8, Santiago de Chile, Naciones Unidas, CEPAL.
- Schwab, K. (2016), *The Fourth Industrial Revolution*, ISBN-13: 978-1-944835-01-9, ISBN-10: 1944835016, REF: 231215, World Economic Forum.
- Tavasszy, L (2018), “Innovation and Technology in Multimodal Supply Chains”, *International Transport Forum Discussion Papers*, OECD Publishing, Paris.
- Voege, Tom (2019), “The Future of Transport Services” *Discussion Paper* N° IDB-DP-680, Transport Division, Interamerican Development Bank, Washington D.C, June.
- Zyskind, Guy, Oz Nathan, and Alex Pentland (2015), “Enigma: Decentralized Computation Platform with Guaranteed Privacy” ArXiv:1506.03471 [Cs], June 10, 2015. [en línea] <https://arxiv.org/abs/1506.03471>.

VII. Publicaciones de interés



Boletín FAL 305

Sistemas inteligentes de transporte en la logística portuaria latinoamericana

Georgina Febré
Gabriel Pérez Salas

El presente *boletín FAL*, analiza el rol de los sistemas inteligentes de transporte (ITS) en el desarrollo de la logística portuaria de América Latina.

El trabajo forma parte de las actividades que la Unidad implementa en el proyecto: "Transporte Sostenible en Iberoamérica" financiado por Puertos del Estado de España.

Disponible en: [Español](#) [Inglés](#)



Sistemas inteligentes de transporte: oportunidades para una logística sostenible y competitiva

Gabriel Pérez Salas

Publicado en:

Las tecnologías de la información y de las comunicaciones (TIC) y el desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe: experiencias e iniciativas de política. Memoria del seminario realizado en la CEPAL Santiago, 22 y 23 de octubre de 2012. Santiago: CEPAL, 2013. LC/L.3679. p. 40-44

Para que el crecimiento económico sea sostenible y que se logren mayores niveles de igualdad, los países de América Latina y del Caribe se enfrentan al desafío de consolidar políticas de reforma estructural, avanzando hacia una mayor diversificación productiva, con alta incorporación de progreso té...

Disponible en: [Español](#)