

Supply Chain 4.0 – Perspectivas globales y situación en Uruguay

Estudio de brechas de conocimiento
en soluciones digitales para el sector logístico

Montevideo, abril 2020



Santiago Kraiselburd

Martín Tanco

Juan Andrés Topolansky

Agustín Rodríguez

Justino Romano

Resumen ejecutivo

Si bien el concepto de Industria 4.0 (del que deriva *Supply Chain 4.0*) no ha sido aún definido de forma rigurosa a nivel académico, en informes de distintas autoridades existen referencias recurrentes a una serie de tecnologías de punta con capacidad de disrumpir el paradigma actual de la cadena de suministro. La tendencia de implementación de dichas tecnologías para potenciar la eficiencia de la cadena sería el fenómeno caracterizado como *Supply Chain 4.0*.

El presente documento se enmarca dentro de la consultoría “Estudio de brechas de conocimiento en soluciones digitales para el sector logístico”, contratada por ANII. Su objetivo es introducir y resumir los principales casos de aplicación de las tecnologías relacionadas a la *Supply Chain 4.0* a nivel internacional, y brindar un panorama de la situación nacional de adopción de dichas soluciones digitales. Finalmente se plantean recomendaciones para el desarrollo de un centro de demostración de innovación digital logística.

Se propone, a efectos de este informe, una lista de las tecnologías 4.0 más mencionadas en los documentos consultados. Estas son, sin ningún orden en particular: *blockchain*, impresión 3D, internet de las cosas, *big data*, inteligencia artificial, vehículos autónomos, robótica y automatización, realidad aumentada y *cloud computing*. Los casos exitosos de aplicación referenciados en la literatura y resumidos en este informe son asignados a alguna de las tecnologías mencionadas a efectos de estructurar el estudio. Sin embargo, hay que destacar que los casos de estudio no son puros: varias de las tecnologías son complementarias o se superponen en sus definiciones. También se presenta, para cada tecnología, una estimación de magnitud del impacto económico en base a proyecciones de distintas autoridades.

Se incluye también, para cada una de las tecnologías, un estado de situación de Uruguay, basado en artículos de prensa, otras fuentes de acceso público y los resultados de una encuesta de diagnóstico del nivel de adopción de herramientas tecnológicas por parte de la cadena de suministro nacional, respondida por más de 200 empresas del sector. Si bien no se trata de un relevamiento exhaustivo sirve para entender, a grandes rasgos, dónde está parada el sector logístico nacional respecto a la adopción de soluciones digitales.

En la sección final del informe se plantean recomendaciones para la implementación de un centro de demostración de soluciones digitales para logística, que también forma parte del presente programa de ANII. Las sugerencias son realizadas en base a las brechas identificadas en la encuesta de diagnóstico e incluyen tanto tecnologías físicas como digitales.

La redacción del presente informe coincide con una época de inmensa incertidumbre a nivel mundial, a causa del COVID-19, cuyas consecuencias no han sido ni serán ajenas al sector productivo uruguayo. Diversos estudios internacionales muestran como la digitalización sufrirá una aceleración, que permitirá a algunas empresas recuperarse más rápido y mejor.

El presente informe actúa como una introducción general al estado de la *supply chain 4.0* en el mundo y en Uruguay. Investigaciones futuras permitirán profundizar en la temática y analizar las barreras de adopción de tecnología que experimentan las empresas nacionales. También se plantea como futura línea de investigación el estudio detallado de casos exitosos de transformación digital en empresas del sector productivo uruguayo. El informe complementario al presente, parte del mismo proyecto, presenta los resultados detallados de la encuesta ya mencionada.

Resumen ejecutivo	1
Antecedentes	1
Marco conceptual	5
<i>Blockchain</i>	8
Impresión 3D	12
Internet de las cosas	16
Análisis <i>Big Data</i>	21
Inteligencia artificial	25
Vehículos autónomos	29
Robótica y automatización	33
Realidad aumentada	37
Computación en la nube (<i>Cloud</i>)	40
Digitalización: ¿dónde empezar?	43
Conclusiones	49
Referencias	50

Antecedentes

Introducción y objetivos

El presente informe forma parte del Programa de Soluciones Digitales Innovadoras para el sector Logístico, desarrollado por la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII) junto al BID LAB. Se enmarca dentro de la consultoría de estudio de brechas de conocimiento en soluciones digitales para el sector logístico, contratada por ANII.

Uruguay es reconocido en la región como uno de los países más avanzados en desarrollo de software. Sin embargo, el nivel de adopción de tecnologías digitales por parte de las pequeñas y medianas empresas (PyMEs) es muy bajo. La escasa incorporación de innovaciones digitales trae consecuencias sobre la pérdida de oportunidades de negocio, la falta de modernización para transformar las empresas hacia modelos de mayor valorización, eficiencia y menor costo.

En el escenario de desarrollo para 2050, la OPP (2020) [1] visualiza una cadena de suministro eficiente e integrada verticalmente, donde la información tiene un alto nivel de visibilidad y, al mismo tiempo, se encuentra asegurada mediante sistemas como *blockchain*. También imagina una Red Digital Global de Puertos, transporte de paquetes con drones y nano-tiendas sin necesidad de *stock*. Este panorama, aún en el plano de las hipótesis, coincide con la visión que existe a nivel global sobre la logística del futuro.

Para comenzar a reducir la brecha que nos separa del escenario 2050, el Programa de Soluciones Digitales Innovadoras para el sector logístico tiene como objetivo incrementar la innovación en digitalización en las empresas del sector logístico de Uruguay. Para ello, uno de los mecanismos previsto es promover un mayor conocimiento de las soluciones digitales en las empresas del sector logístico, adecuadas a las necesidades del sector.

En particular, los objetivos del presente informe son:

- Mapear las últimas soluciones tecnológicas utilizadas en el sector logístico internacional y su aplicación, junto con casos de uso en la cadena de suministro nacional.
- Estimar un orden de magnitud para el impacto económico de cada una de estas soluciones tecnológicas.
- Presentar los principales resultados obtenidos a partir de la encuesta de diagnóstico de soluciones tecnológicas en la cadena de suministro uruguaya, llevada a cabo como parte del mismo proyecto.
- Realizar sugerencias para ser consideradas en el desarrollo de un centro de demostración de innovación digital logística, que forma parte del programa.

La información incluida en este informe se obtuvo principalmente de reportes generados por organismos internacionales especializados en el sector logístico, y también de artículos académicos publicados sobre la temática. A su vez, en el marco de este proyecto se realizó una encuesta a más de 200 empresas del sector logístico uruguayo, para evaluar su nivel de adopción de tecnologías en sus procesos. Esta encuesta representó una fuente de información relevante, aunque se presenta de manera extensiva en un documento complementario del presente informe.

La digitalización como herramienta para incrementar la resiliencia

Como quedará evidenciado por los casos de aplicación descritos en los siguientes capítulos, prácticamente la totalidad de la innovación en tecnologías de la *supply chain* 4.0 acontece en el mundo desarrollado. Esta realidad no debería sorprender, ya que liderar (o al menos no rezagarse de) la transformación digital requiere de una extraordinaria capacidad técnica, financiera y capital humano. [2]

Ya hace varias décadas que nuestra región viene quedando excluida de dichas condiciones, con grandes dificultades para competir dentro de los grandes mercados de punta de EEUU, Europa y las potencias asiáticas. Uruguay, pese a no ser una excepción, presenta algunos factores favorables: ser un productor y exportador de software per cápita de clase mundial, poseer una economía estable y una solidez institucional envidiable, y ser un país atractivo para desarrollarse como *hub* logístico y polo de servicios globales.

Otra observación relevante es que los avances tecnológicos suelen ser llevados a cabo por dos clases de empresas. Por un lado, se encuentran las gigantes multinacionales, con un poder económico y técnico que les permite ser pioneras en sus respectivas industrias. Al tener operaciones alrededor del mundo, sus desarrollos tecnológicos tarde o temprano terminarán arribando a las economías en desarrollo, aunque siempre con cierto retraso que aumenta la brecha de competitividad. Además, los beneficios del avance tecnológico no solo son las eficiencias que logra, sino también al valor agregado de la industria de la investigación y desarrollo, que se da principalmente en el primer mundo.

Por otro lado, las *startups* (microempresas ágiles de tecnología, fundadas y financiadas de forma independiente) cuentan con la flexibilidad y mentalidad necesaria para incursionar en áreas poco exploradas y llevar al límite la innovación y la creatividad, creando nuevos productos y modelos de negocio. Sus bajos requisitos de capital las hacen viables en casi cualquier economía, incluso aquellas subdesarrolladas. Las *startups* son, probablemente, el mayor foco de oportunidad de los países en desarrollo en cuanto a transformación digital, aunque para fomentar su surgimiento es necesario diseñar políticas públicas adecuadas de financiamiento y difusión.

Pero lo cierto es que todo lo anteriormente mencionado se encuentra dentro del horizonte de la especulación. A lo largo de las siguientes secciones, además de los casos de referencia a nivel internacional, será caracterizada la realidad actual de nuestro país a partir de información disponible en informes, prensa y otros medios de acceso público, y los resultados de la encuesta llevada a cabo como parte del presente proyecto.

La redacción del presente informe coincide con una época de inmensa incertidumbre a nivel mundial, cuyas consecuencias no han sido ni serán ajenas al sector productivo uruguayo. Debido al veloz surgimiento y extensión del virus COVID-19 en la región y el mundo entero, la economía está sufriendo un shock sin precedentes. Sectores enteros han sido paralizados completamente: la educación básica, el entretenimiento y el turismo. Otros, como la industria alimenticia o farmacéutica, continúan funcionando forzosamente por su naturaleza

indispensable, aunque ninguna ha salido ileso de esta crisis. Por ejemplo, los ingresos por exportación uruguaya de carne en marzo cayeron cerca de 40% respecto a 2019.¹

Diversos estudios internacionales muestran como la digitalización sufrirá una aceleración²³, que permitirá a algunas empresas recuperarse más rápido y mejor y probablemente genere un aumento de la brecha digital⁴. Mientras tanto la tecnología ha surgido como protagonista en empresas con avanzada digitalización. Varias de ellas (con actividades de oficina) han implementado el trabajo remoto (*home office*) como alternativa para continuar operando sin aglomerar personas en un mismo ambiente, al igual que algunas instituciones de educación terciaria. Otras, principalmente supermercados, han potenciado sus sistemas de *delivery*, mientras que plataformas digitales como PedidosYa ofrecen envíos sin cargo para sostener su nivel de ventas. Incluso las ferias de alimentos desarrollaron una aplicación para coordinar entregas a domicilio.

La RAE define “crisis” como “cambio profundo y de consecuencias importantes”. Una mentalidad flexible permite interpretar dicha definición como una oportunidad, y despojar la connotación negativa que suele acompañar al término. Sería una consecuencia muy positiva de la presente situación que la cadena de suministro nacional observe los beneficios y posibilidades que ofrece la digitalización y cambie su paradigma, y las motive a innovar en herramientas digitales durante las épocas favorables. Varios expertos en tecnología coinciden en la necesidad imperiosa de que, a partir de ahora, todas las empresas se vuelvan digitales. Más allá de Uruguay, es probable que el mundo cambie permanentemente. Con optimismo, el próximo gran *shock* que acontezca encontrará al sector productivo más preparado y resiliente, probablemente de la mano de la tecnología.

Estructura del informe

El siguiente informe se encuentra estructurado de la siguiente manera:

- a. Marco conceptual, donde se adoptarán definiciones de algunos de los principales términos utilizados, así como la presentación de las tecnologías a desarrollar en este informe.
- b. Desarrollo de cada tecnología, que cubre los casos internacionales de aplicación o potencial aplicación de dichas tecnologías en los procesos logísticos que correspondan, junto con las estimaciones económicas pertinentes para cada una de ellas y un estado de situación de Uruguay.
- c. Presentación de principales resultados obtenidos en la encuesta en relación al nivel de adopción de soluciones tecnológicas en la cadena de suministro uruguaya.
- d. Recomendaciones para el desarrollo del centro de demostración a partir de los resultados y conclusiones del presente proyecto.
- e. Comentarios finales

¹ www.inac.uy/innovaportal/v/16962/10/innova.front/exportaciones - Último acceso en marzo de 2020

² Fitzpatrick et al. (2020) The digital-led recovery from COVID-19: Five question for CEOs, McKinsey article

³ Lesser, Reeves (2020) Leading out of adversity, Boston Consulting group article

⁴ Milanese (2020) Digital Transformation and Digital divide post covid-19, Forbes, 11 de Mayo.

Encuesta de diagnóstico

En el marco de este proyecto se realizó una encuesta a más de 200 empresas pertenecientes a la *supply chain* para evaluar su grado de adopción de tecnologías en sus procesos. A partir del análisis de sus resultados se obtuvo una visión general del nivel de digitalización de la cadena de suministro en Uruguay. El análisis completo y las conclusiones extraídas se encuentran desarrollados en un informe complementario que será publicado junto al presente. Igualmente, se consideró pertinente incluir algunos resultados generales para caracterizar la situación nacional respecto a la *supply chain 4.0*.

Como será definido en la próxima sección, dicho concepto hace referencia a una cuarta revolución industrial, posiblemente caracterizada por un aumento en la productividad y disminución de la mano de obra empleada. Según los resultados de la encuesta el 43% de las empresas encuestadas disminuyó la cantidad de personas empleadas en los últimos tres años y la rentabilidad cayó para el 59% de los casos en el mismo período. Esta evidencia, en una primera instancia, sería contraria al acontecimiento de una nueva revolución en el sector, panorama que coincide con lo reportado a nivel regional por el informe del BID (2019) [3].

Dado este contexto recesivo, un aspecto muy relevante que se observó es que la gran mayoría de las empresas no ven a la falta de digitalización como un problema que afecte seriamente su supervivencia (sólo un 5% lo ve así). En otras palabras, las empresas no consideran la evolución tecnológica como una posible solución a sus problemas de efectividad y rentabilidad decreciente. En contraste con esto, la mayoría de los encuestados planea aumentar su inversión en tecnología en los próximos dos años. Aparentemente las empresas de la cadena de suministro nacional entienden la necesidad de avanzar en su transformación digital, si bien aún no identifican encontrarse rezagadas tecnológicamente como uno de sus problemas más importantes.

Los puntajes de digitalización, sobre un total de 5 puntos en los procesos obtenidos por cada tamaño de empresa fueron de 1.6, 2.1 y 2.7 para microempresas, PYMES y grandes empresas respectivamente. Esto muestra diferencias significativas entre distintos tamaños, siendo un nivel bajo para las microempresas, medio-bajo para las PYMES y medio para las grandes empresas.

Los resultados en la implementación de tecnologías logísticas específicas reflejan la misma tendencia. Sólo un 14% de las microempresas tiene implementada por lo menos una de las tecnologías incluidas en las preguntas para almacenes (como RFID, sistemas de *picking*, códigos de barras, entre otras), mientras que en las PYMES y en las grandes empresas este porcentaje asciende a 52% y 93% respectivamente. En las tecnologías de transporte consideradas (como GPS, energías limpias y cámaras dentro de la cabina), un 31% de las microempresas tiene por lo menos una tecnología implementada, contra un 67% de las PYMES y un 58% de las grandes empresas. Esta superioridad de las PYMES frente a las grandes empresas se explica considerando que gran parte de las empresas de transporte carretero encuestadas son PYMES y varias de ellas alcanzan mayores grados de actualización en sus flotas por dedicarse exclusivamente a la actividad de transporte.

Marco conceptual

Supply Chain

El Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP) define *supply chain* como “los intercambios materiales y de información en el proceso logístico, abarcando desde la adquisición de materia prima a la entrega de productos terminados a un usuario final”. La cadena conecta a vendedores, proveedores de servicios y clientes. [4] En español, suelen usarse diversos términos dependiendo de la región, tales como cadena de suministros, cadena de abastecimiento o cadena de abasto.

Los eslabones de la cadena, según World Economic Forum (2019), pueden clasificarse en cinco grandes grupos [5]:

- a) Proveedores
- b) Industria manufacturera, que incluye la logística de llegada y de salida
- c) Canales de distribución: tiendas, mayoristas y plataformas de e-commerce
- d) Facilitadores: proveedores de servicios logísticos, transportistas, aduanas, proveedores de tecnología y agentes financieros
- e) Clientes y usuarios finales

Del presente estudio se excluirá al último grupo, ya que el interés es diagnosticar el grado de digitalización de los procesos relacionados a logística en las empresas, sin que ello implique perder el foco hacia el cliente final.

Supply Chain 4.0

Definido el concepto de supply chain, ha surgido en los últimos años interés por un fenómeno conocido como “Supply Chain 4.0”. Este puede explicarse como “la re-organización de las *supply chains* [...] mediante el uso de tecnologías de la industria 4.0. Estas tecnologías, que emergieron en el siglo XXI, son mayoritariamente implementadas por empresas que se encuentran en la frontera del *supply chain management*, en países de altos ingresos” [6]

Dado este concepto, es necesario definir Industria 4.0, del que surge el nombre “Supply Chain 4.0”. Según Lasi et al. (2014) [7] el término fue acuñado en Alemania para designar una inminente cuarta Revolución Industrial. Esta se caracteriza por un cambio de paradigma en la producción manufacturera, en base a una digitalización avanzada en las fábricas y tecnologías inalámbricas en el contexto de “objetos inteligentes”. Según los autores, la visión futura de la industria consiste en sistemas de producción modulares y eficientes, que permiten la fabricación de bienes en lotes individuales, pero manteniendo las condiciones económicas de la producción en masa.

Si bien esta es una de las posibles caracterizaciones del fenómeno, el BID (2019) [3] sugiere que, al ser una transformación aún en desarrollo, está definida de manera amplia por carecer de la perspectiva histórica, y la literatura aún no ha logrado documentarla de forma abarcativa. También faltan indicadores econométricos que claramente muestren el impacto de esta cuarta revolución. De hecho, si el denominador común de las revoluciones industriales a lo largo de la historia fueron la aceleración de la productividad y el aumento del desempleo, todavía no hay evidencia de una cuarta revolución a escala mundial, por lo menos no en forma agregada. Sin embargo, es posible que algunas industrias estén desarrollando sus propias revoluciones, y que esto esté ocurriendo en diferentes partes del planeta.

Adicionalmente, es posible que la evolución hacia la cuarta revolución industrial tome formas diferentes en cada industria: si bien se espera siempre de una revolución industrial un aumento en la productividad, la caída del empleo no ha sido una consecuencia en todos los casos. Las revoluciones industriales también han creado nuevos empleos gracias al uso de nuevas tecnologías (por ejemplo, con la tercera revolución industrial llegó la internet, y se crearon empleos antes inexistentes como diseño de páginas web) y hasta nuevas industrias (por ejemplo, la segunda revolución industrial fue catastrófica para los fabricantes de carros tirados por caballos, pero creó la industria automotriz).

A continuación, listaremos las principales tecnologías relevantes para *supply chain 4.0*, resumiendo en qué consisten, su estado del arte a nivel mundial, y potencial impacto. Una complicación a la hora de evaluar cada tecnología por separado es que su impacto depende a menudo de la aplicación de otras tecnologías complementarias. Esto hace que su impacto *ceteris paribus* pueda ser nulo, pero muy importante cuando se implementan conjuntos de varias tecnologías a la vez. Por ejemplo, un sistema de verificación de la veracidad de la información basado en “*blockchain*” debe ser alimentado por esta información *online*, lo que puede requerir de internet de las cosas. Como es muy difícil adelantarse a todos los usos y complementariedades posibles, recurriremos a ejemplos de implementaciones exitosas que demuestran la factibilidad de la idea, y a algunas estimaciones preliminares de impacto potencial basadas, en estos ejemplos y, a veces, en el tamaño del problema que estas tecnologías puedan eliminar o disminuir significativamente.

Tecnologías incluidas en el informe

Como se explicó anteriormente, Supply Chain 4.0 hace referencia a un conjunto de nuevas tecnologías que caracterizan la transformación de las empresas líderes en el sector. En base a documentos de referencia, se seleccionaron aquellas más frecuentemente mencionadas para el sector logístico.

A su vez, estas tecnologías se pueden clasificar según su impacto potencial en la industria y la ventana de tiempo en la cual se proyecta su implementación. La multinacional alemana DHL (DHL, 2019) realizó un radar de tendencias en donde se mapean las tecnologías según estos criterios.

La lista de tecnologías escogidas se presenta en la Tabla 1, junto con la calificación del radar de tendencias logísticas de DHL en cuanto a nivel de disrupción y ventana de tiempo en la cual cada tecnología adquiriría relevancia. [8] Casos de uso internacionales de estas tecnologías serán desarrolladas individualmente en las próximas secciones de este informe. Además, para cada una de ellas, se indicarán las áreas de mayor probabilidad de impacto dentro de la cadena de suministro. Las áreas escogidas fueron: Sector primario, transporte, almacenamiento, producción, planificación y diseño, y *retail*, por considerarse como los eslabones clave de la cadena donde las tecnologías 4.0. muestran potencial de agregar valor.

Como fue mencionado anteriormente, las implementaciones no son puras, suelen abarcar más de un tipo de tecnología, y algunas veces no son fáciles de encasillar bajo el nombre de una sola. Al fin y al cabo, los desarrollos tecnológicos se apoyan en sus predecesores. Por ejemplo, Blockchain no tendría sentido sin la computación en la nube (*Cloud*). A su vez, la robótica solamente existe gracias a décadas de desarrollo de la inteligencia artificial, que permite a las máquinas tomar decisiones en base a un raciocinio similar al humano. Finalmente, el internet de las cosas y el Big Data son necesariamente complementarios, ya

que de poco serviría que los dispositivos conectados recolectaran grandes volúmenes de datos si no existiera la capacidad de procesarlos y analizarlos en tiempo real.

Tecnología	Impacto	Ventana de tiempo
<i>Blockchain</i>	Medio	>5 años
Impresión 3D	Alto	>5 años
Internet de las cosas (IoT)	Alto	<5 años
Análisis <i>Big Data</i>	Alto	<5 años
Inteligencia artificial	Alto	>5 años
Vehículos autónomos	Alto	>5 años
Robótica y automatización	Alto	<5 años
Computación en la nube (<i>Cloud</i>)	Alto	<5 años
Realidad aumentada (AR)	Medio	<5 años

Tabla 1: Tecnologías incluidas en el informe

Por lo discutido anteriormente se presenta el siguiente diagrama cuyo objetivo es ilustrar de forma básica las relaciones entre las distintas tecnologías 4.0 abarcadas en este informe, principalmente como referencia para aquellos lectores menos interiorizados en la temática. En el diagrama, las flechas simples indican una relación de dependencia: parten de una tecnología que se basa en otra, o que no podría alcanzar su máximo potencial en la *supply chain* sin la otra. Las flechas dobles representan tecnologías complementarias o cuyas definiciones se superponen.

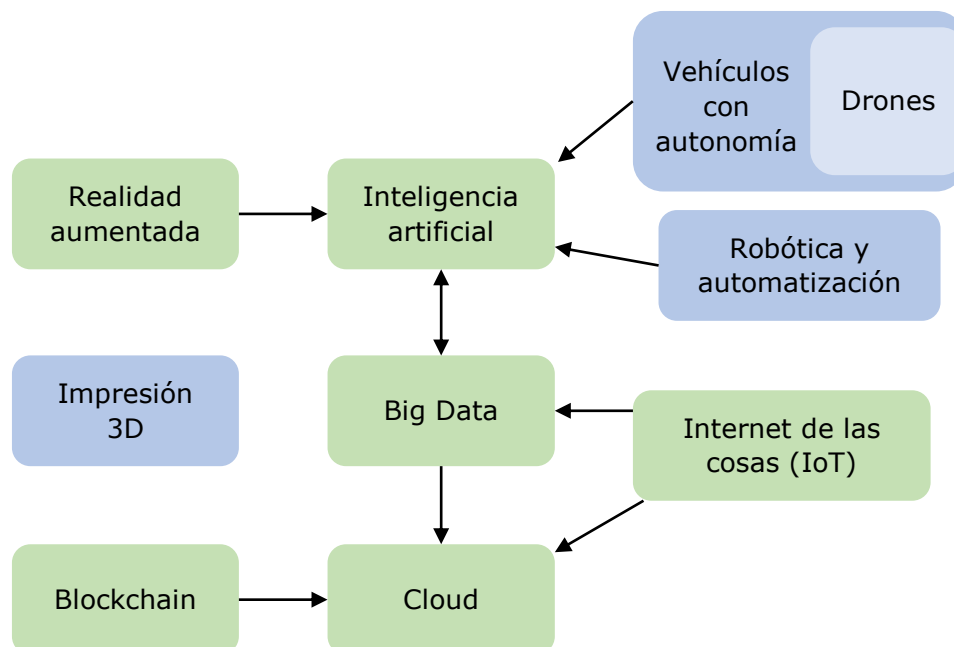


Figura 1: Relaciones entre tecnologías 4.0 (autoría propia)
En color azul se indican las tecnologías físicas y en verde las digitales

Blockchain

Conceptos relevantes

Blockchain	Es una tecnología que permite registrar transacciones de forma permanente y segura, en una red descentralizada de computadoras, reemplazando la necesidad de confiar en un intermediario que las registre y verifique [9].
Contrato inteligente (smart contract)	Nombre que se le da a una serie de cláusulas de ejecución automática que se incorporan a un <i>blockchain</i> para garantizar su seguridad y proporcionar un entorno adecuado para su procesamiento cuando se cumplan condiciones acordadas previamente por las partes [10].
Blockchain as a service (BaaS)	Son servicios en la nube, que permiten a empresas de múltiples rubros adoptar soluciones basadas en <i>blockchain</i> sin necesidad de invertir en hardware ni realizar desarrollo propio [10].
Redes públicas, privadas y federadas	Tipos de <i>blockchain</i> . En las redes públicas, cualquier interesado puede unirse y no existe un administrador central. Las privadas y federadas tienen acceso más restringido, y ofrecen mayor control a las entidades dueñas de la red [10].

Origen

En 2008 fue propuesta Bitcoin [11] como primera aplicación de una red distribuida de bloques encadenados, con una estructura tal que los datos almacenados se encuentren seguros frente a un intento maligno de modificación de los registros sin la autorización de la mayoría de los miembros de la red. El éxito de Bitcoin fomentó el surgimiento de nuevas criptomonedas, pero también se han venido estudiando usos de *blockchain* para múltiples aplicaciones en distintos campos, entre ellos la logística.

Áreas de impacto

Sector primario	Transporte	Almacenamiento
Producción	Planificación y diseño	Retail

Casos de aplicación

a) Aduanas y transporte internacional

Blockchain puede usarse para realizar el seguimiento de cargamentos comerciales. Mediante dispositivos conectados a internet se pueden registrar automáticamente las condiciones de un contenedor: temperatura, posición, humedad, si fue abierto en algún momento de la travesía, etc. La información se registra en una red *blockchain*, junto con las notificaciones de recepción, pago y otros eventos relevantes. Los beneficios consisten en la eliminación del

papeleo y la seguridad de que los controles y certificados emitidos no pueden ser alterados unilateralmente [10]. Por ejemplo, una terminal de contenedores y vehículos de Argentina se encuentra evaluando iniciativas de *blockchain* para integrarse mejor con las aduanas y mejorar los procesos de control.

La naviera Maersk e IBM se asociaron para proveer una plataforma *blockchain* para digitalización y seguimiento del comercio internacional, diseñada para ser usada por todo el sector. Se destacan la seguridad e infalibilidad en el intercambio de información y la eliminación de la documentación en papel. IBM también participó en una prueba junto a una empresa de transporte marítimo y una operadora portuaria para seguimiento y gestión de carga entre China y Singapur, que fue declarada exitosa [12]. Por otra parte, la naviera ZIM realizó un piloto para digitalizar un *bill of lading*, y la empresa Accenture también se encuentra experimentando con un sistema basado en *blockchain* para el mismo documento [9]. Se puede ver que el potencial de *blockchain* para facilitar el comercio internacional es reconocido y está siendo explorado por empresas relevantes.

b) Trazabilidad de productos

Otro posible uso de *blockchain* es la trazabilidad de productos de alto valor. La *startup* Everledger se dedica a registrar datos sobre el origen y autenticidad de diamantes, que de otra forma pueden ser falsificados o haber sido minados en zonas de guerra. Otro caso de posible aplicación sería la industria de los medicamentos, ofreciendo transparencia en la cadena y certezas sobre la autenticidad de medicamentos de alta relevancia. [13]

En otra aplicación parecida, se implementó un piloto para transparentar las cadenas de suministro de prendas de vestir, fomentando que los consumidores y tiendas adquieran prendas fabricadas a partir de materiales obtenidos de forma ética y sostenible. [9]

En la industria alimenticia, Walmart se asoció con IBM en 2016 con el objetivo de mejorar los sistemas de información de los miembros de la cadena de suministro para garantizar la trazabilidad de los alimentos. Esto es útil en el caso del surgimiento de una enfermedad transmitida por alimento, ya que la red *blockchain* descentralizada almacena números de lote, datos de producción, fechas de expiración y detalles de envío, permitiendo hallar el origen de cualquier alimento en cuestión de segundos [13]. La empresa ShipChain también ha experimentado con una aplicación para trazabilidad de productos combinando contratos inteligentes y una moneda digital propia, en una base de datos *blockchain*. [9]

c) Gemelos digitales para activos físicos

En la industria automotriz, aunque también aplicable a otros activos físicos como propiedades inmobiliarias, existe un concepto conocido como “gemelos digitales” (*digital twins*). Un gemelo digital es una representación digital de un objeto físico que permite almacenar información sobre su ciclo de vida. *Blockchain* puede usarse para asegurar la veracidad de la información registrada. Renault, junto con Microsoft y VISEO, experimentó con gemelos digitales de automóviles para guardar y transferir su historial de mantenimiento incluso cuando el vehículo cambia de dueño. Por otra parte, Bosch y una autoridad alemana de certificación usan la misma idea para prevenir la manipulación de odómetros. [9]

Oportunidades y dificultades



Altos niveles de confianza, ya que la información no se modifica sin consenso



Cadenas de suministro transparentes



Contratos inteligentes pueden aumentar eficiencia y eliminar el papeleo



Legislación y regulación deben desarrollarse para cubrir disputas



Anonimato y privacidad de los datos



Limitaciones técnicas como escalabilidad y consumo de energía

Impacto económico



Inversión en *blockchain* crecerá a tasa anual de 73%, alcanzando USD 1.7 mil millones en 2022 [14]. El valor agregado de negocio debido al uso de *blockchain* alcanzará USD 176 mil millones en 2025, y superará los USD 3.1 billones en 2030 [15].



El costo del papeleo para el comercio de bienes constituye entre el 15% y 50% del costo total del transporte físico [13]. Reducir las barreras de comercio (administración de fronteras e infraestructura) aumentaría el PBI global en 4,7% (USD 2,6 billones) y las exportaciones en 14,5% (USD 1,6 billones). [16]



La tecnología *blockchain* puede reducir los costos relacionados con la cadena de suministro para las empresas entre un 0,4% y 0,8%. [17]



Uruguay está en el puesto 150 de 190 en facilidad de realizar comercio. El costo de la documentación para importar y exportar es 131% y 166% mayor que el promedio de la región. [18]



Según DHL (2018), el 10% de todas las facturas de transporte de carga contiene información errada. En la industria del petróleo y la energía se podría ahorrar un 5% de los costos de transporte mejorando la precisión de la facturación. [9]



El comercio de objetos falsos representa un monto de importación de USD 461 mil millones al año, un 2,5% del total mundial [19]. El mercado de drogas y medicamentos falsos tiene un tamaño de entre USD 75 y USD 200 mil millones anuales. [20]

Situación en Uruguay

Blockchain surge a nivel mundial como una herramienta financiera, y por eso la mayoría de las aplicaciones concretas se encuentran en esa área. Solo recientemente se han comenzado a explorar aplicaciones en otras áreas, como la logística. Uruguay no es la excepción, aunque ya existen algunas intenciones de aprovechar los beneficios de blockchain para resolver problemas en otros mercados.

En lo que parece ser la primera aplicación nacional directamente relacionada a la cadena de suministro, una empresa de comercio exterior innovó en una red blockchain para gestionar la trazabilidad de las compras de Montes del Plata, eliminando ineficiencias. Representantes de la empresa ven con buenos ojos la posibilidad de extender el uso de blockchain en otros rubros.⁵

El panorama es prometedor: un empresario que trabaja con esta tecnología declaró que “para coordinar esfuerzos administrativos, el blockchain no tiene comparación”, y ya hay experiencias internacionales que marcan el camino y servirán, en el corto plazo, para evaluar los beneficios reales y extrapolarlos hacia una implementación más generalizada.

Si bien hoy en día hay escasez de técnicos con formación en blockchain, la alta demanda en el mercado laboral internacional probablemente sea un incentivo para que el cuerpo de conocimiento crezca en el corto plazo. Todo parece indicar que aún no se ha alcanzado el máximo nivel de impacto que esta tecnología promete.⁶

En la encuesta realizada, 5 de 208 empresas respondieron estar en proceso de implementación de tecnología blockchain, y una de ellas indicó ya tenerlo implementado.

Referencias para profundizar

- **BID (2018) [10] “Blockchain. Cómo desarrollar confianza en entornos complejos para generar valor de impacto social”.** Disponible en <http://dx.doi.org/10.18235/0001139>
- **DHL (2018) [9] “Blockchain in logistics”.** Disponible en www.logistics.dhl/global-en/home/insights-and-innovation/insights/blockchain.html

⁵ El País (2020) “El blockchain llega a la logística como opción sencilla y segura” Último acceso en marzo de 2020

⁶ El Observador (2019) “Empresas uruguayas comienzan a animarse con el Blockchain” Último acceso en marzo de 2020

Impresión 3D

Conceptos relevantes

Impresión 3D	Es una técnica que permite generar objetos automáticamente mediante el apilamiento de capas sucesivas de material (plástico, resina, vidrio, cerámica o metal) a partir de un modelo digital. [12]
Manufactura aditiva	Este término puede utilizarse de forma indistinta con “Impresión 3D”. Hace referencia a la naturaleza incremental de la fabricación mediante impresión 3D. [21]
Modelado por deposición fundida	Técnica más usada en el mercado masivo de impresión 3D. La impresora recibe material sólido y lo derrite capa por capa para producir un objeto. [22]
Sintetizado selectivo por láser	Técnica de impresión que usa láser para fundir material en polvo y formar el objeto deseado. Permite la impresión en metal. [22]
Estereolitografía	Técnica que usa un rayo láser en movimiento para construir un objeto, capa por capa, a partir de un polímero líquido que se endurece en contacto con la luz del rayo. [22]

Origen

La impresión 3D fue desarrollada originalmente como herramienta de generación de prototipos de partes mecánicas, zapatos, prendas y otros productos de consumo. Hoy en día está siendo más regularmente usada para producción principal, aunque aún confinada a ciertos componentes especializados de alto costo, como partes de vehículos. [21]

Áreas de impacto

Sector primario	Transporte	Almacenamiento
Producción	Planificación y diseño	Retail

Casos de aplicación

a) Producción de bienes especializados

Una industria con potencial de verse altamente beneficiada por la manufactura aditiva es la aeroespacial. Boeing utiliza partes impresas desde 2003, y hoy tiene 50.000 de ellas formando parte de una variedad de aeronaves. General Electric planea imprimir 35.000 inyectores para uno de sus motores en el futuro próximo [12]. NASA, buscando no incurrir en los altos costos de enviar objetos y herramientas al espacio, ha invertido en desarrollar impresoras 3D para misiones espaciales. [21]

También la industria de automóviles puede aprovechar las posibilidades de la impresión 3D. Por ejemplo, en 2011 la empresa Kor Ecologic desarrolló el primer coche completamente impreso, interior y exteriormente. BMW también utiliza esta tecnología para imprimir herramientas manuales que son usadas en su línea de producción. [21]

El campo médico es otro ejemplo de un sector que puede emplear manufactura aditiva para producir objetos complejos y costosos: prótesis, implantes, dientes y huesos artificiales [21]. NextDent y Renishaw son dos casos de empresas que se dedican a imprimir coronas dentales.

En el mercado de bienes de consumo masivo, la empresa Normal Earphones analiza imágenes de las orejas de cada consumidor e imprime auriculares a medida para cada uno de ellos. Este es un ejemplo claro del potencial de la impresión 3D para fabricar productos altamente personalizados. Por otra parte, empresas de calzado como Adidas y Nike han probado servicios de impresión de zapatos deportivos individuales. [22]

b) Mantenimiento

Dentro de la industria manufacturera, la impresión 3D puede ser empleada para mantenimiento autónomo de las propias líneas de producción. Una empresa multinacional de alimentos en Argentina se encuentra en proceso de implementación de dicha solución, junto a dispositivos IoT. [2]

c) Nuevos modelos de cadena de suministro

La impresión 3D podría significar que los bienes intermedios en la cadena sean sustituidos por la materia prima necesaria para fabricar los materiales de impresión. Un nuevo paradigma de este estilo eliminaría la necesidad de almacenamiento intermedio de la cadena, y se desarrollarían logísticas menos complejas, orientadas hacia el transporte masivo de materiales de impresión. También flexibilizaría el proceso reduciendo el tiempo entre diseño y desarrollo y habilitando la producción a demanda, mitigando el perjuicio del llamado “efecto látigo” frente a cambios en la demanda. [21]

Un ejemplo de aprovechamiento de este modelo es la industria de partes mecánicas, que suelen almacenar grandes cantidades de repuestos, algunos de los cuales nunca serán utilizados. La impresión a demanda permitiría reducir los inventarios pudiendo entregar piezas solicitadas en plazos razonables. Los almacenes físicos serían reemplazados por repositorios de archivos digitales CAD. El requisito para que este modelo sea exitoso es la existencia de una red suficientemente densa de impresoras. [22]

Oportunidades y dificultades



Menores tiempos y desperdicio de recursos para fabricación de piezas especializadas



Menor necesidad de almacenamiento y transporte



Reducción del riesgo en la cadena de suministro y del efecto látigo



Restricciones en materiales y velocidad



Falta de estándares comunes en la industria



Seguridad digital y propiedad intelectual

Impacto económico



En 2015 el mercado de venta de partes producidas mediante manufactura aditiva era de USD 1.3 millones [23]. En 2017 alcanzó USD 7.3 mil millones, y se estiman USD 15.8 mil millones en 2020, USD 23.9 mil millones en 2022 y USD 35.6 mil millones en 2024. [24].



Las ventas de polvo de polímero para impresión crecieron en el orden de 7 veces entre 2008 y 2018. También las ventas de metales para impresión vienen creciendo más de 40% anualmente entre 2014 y 2018. [24]



Una impresora 3D comercial para uso industrial puede valer hasta USD 1 millón, mientras que las preensambladas más baratas por debajo de USD 400 [22]. El precio de las máquinas cayó en el orden de 50% en las últimas dos décadas [25] [22]. Se espera que continúe descendiendo en los próximos años.



La manufactura aditiva es más barata que la manufactura tradicional para cantidades del orden de 10,000 unidades. El modelo de producción distribuida de partes para un avión, en comparación con el centralizado, es 80% más barato. [25]



El 92% del tiempo de ensamblaje en la industria automotriz corresponde a inventarios y esperas, y el transporte de las partes correspondientes alcanza los 45.3 mil millones de toneladas-millas solamente en EEUU [12]. El costo de la cadena de suministro se estima entre 5% y 12% del costo de un producto terminado. [21] [25]

Situación en Uruguay

Los servicios de impresión 3D al público general existen en Uruguay desde hace algunos años, y es posible para cualquier comprador interesado adquirir una impresora propia a un precio razonable. Algunas industrias y PyMEs contratan servicios de imprenta tercerizados para desarrollar prototipos particulares.

Aunque el país aún se encuentra lejos de un aprovechamiento a escala de producción de esta tecnología, existen casos particulares de su utilización exitosa. Por ejemplo, un técnico agropecuario diseñó una máquina sembradora y contrató los servicios de un proveedor de piezas impresas en 3D para generar una parte esencial de la máquina, a un costo 60 veces menor que mediante fabricación tradicional. En el año 2015 adquirió una impresora propia y comenzó a fabricar piezas por sí mismo⁷. Por otra parte, existe al menos una empresa que imprime piezas especializadas mediante una impresora de metal, para fabricar partes y repuestos altamente personalizados.

Según una empresa uruguaya proveedora de impresoras 3D el país sufre la ausencia de clientes manufactureros de gran porte en Uruguay que puedan adoptar y potenciar la tecnología. Sin embargo, existe un mercado comprador formado por universidades, polos logísticos y empresas privadas, y como consecuencia la demanda de impresoras ha crecido

⁷ El Observador (2017) "Impresión 3D: la próxima disrupción en la industria" Último acceso en marzo de 2020

60% desde 2018. Clínicas odontológica y tiendas de joyería son citadas como ejemplos de comercios que han comenzado a aprovechar los beneficios de personalización de los productos impresos en 3D.⁸

Las respuestas a la encuesta anteriormente mencionada reflejan el bajo nivel de adopción. La enorme mayoría de las empresas del universo de respuestas respondieron no utilizar ni tener intenciones de implementar impresión 3D, lo cual es natural ya que no se adapta fácilmente a cualquier rubro. Sin embargo, cabe destacar que dentro de las empresas grandes alrededor del 15% indicó intención de comenzar a utilizarla o que ya se encuentra en proceso de implementación.

Referencias para profundizar

- **DHL (2016)** [22] “**3D printing and the future of supply chains**”. Disponible en www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about_us/logistics_insights/dhl_trendreport_3dprinting.pdf
- **Thomas, D (2015)** [25] “**Costs, Benefits, and Adoption of Additive Manufacturing: A Supply Chain Perspective**”. Disponible en www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28747809

⁸ El País (2019) “La impresión 3D se abre paso en la joyería y la odontología” Último acceso en marzo de 2020

Internet de las cosas

Conceptos relevantes

Internet de las cosas (IoT)

Uso de sensores, tecnologías y redes para permitir que edificios, infraestructuras, dispositivos u otros objetos físicos compartan información entre sí sin necesidad de interacciones humano-humano o humano-máquina [12]. Otra forma más simple de definirlo es como la conexión en red de los objetos físicos a través de internet. [26]

Bluetooth

Especificación industrial para redes inalámbricas que permite la transmisión de datos mediante un enlace por radiofrecuencia

RFID

Identificación por radiofrecuencia. Sistema remoto de almacenamiento y recuperación de datos, cuyo objetivo es transmitir la identidad de un objeto mediante ondas de radio.

WiFi

Tecnología que permite la interconexión inalámbrica de dispositivos electrónicos (computadoras, teléfonos, televisores) a través de internet o un punto de acceso de red inalámbrica

Origen

El internet siempre ha sido fundamentalmente un medio de comunicación entre computadoras, y más tarde entre otros dispositivos de usuario como celulares y tabletas. Pero hoy en día ese ya no es el caso, debido al surgimiento del internet de las cosas (abreviado IoT por su nombre en inglés, *internet of things*), que extiende la conexión a todo tipo de objetos físicos. Estos objetos conectados envían información y reciben instrucciones, conectando el mundo digital con el físico y abriendo la puerta a infinidad de posibilidades de digitalización en distintas industrias. [26]

Áreas de impacto

Sector primario	Transporte	Almacenamiento
Producción	Planificación y diseño	Retail

Casos de aplicación

a) Gestión de operaciones y entornos complejos

En la ciudad de Seúl, un nuevo sistema de información combina GPS, sensores, cámaras y reportes de ciudadanos para gestionar el tránsito y aumentar la satisfacción del público. En el puerto de Hamburgo, el segundo más transitado de Europa, también se ha desplegado una amplia red de dispositivos de recolección de información, junto con carteles digitales y

aplicaciones móviles, para potenciar la eficiencia y reducir el impacto en el tráfico y la comunidad [26]. Otro puerto que se ha tecnificado es el de Rotterdam, que junto a IBM utiliza sensores IoT para recolección de datos para optimizar sus operaciones. Incluso en Argentina algunas terminales avanzadas están implementando IoT para verificar las condiciones de silos de granos y contenedores. [2]

El internet de las cosas también brinda herramientas para realizar mantenimiento predictivo, avisando sobre el estado físico de una máquina o un objeto en cualquier momento. Union Pacific usa IoT para predecir fallas en las ruedas de los trenes y reducir el riesgo de descarrilamiento, mediante sensores en las vías. La minera DPM ha desarrollado un sistema de control en sus minas que permite seguir los movimientos de los trabajadores y equipamiento, mejorando la seguridad de las detonaciones y multiplicando la productividad. [26]

b) Transporte y almacenamiento

La logística, por ser una actividad de constante flujo físico, es un campo ideal de aplicación de IoT, y uno de sus componentes principales son los almacenes, donde puede adquirir importancia la gestión inteligente de inventarios. Pallets, estantes e incluso artículos individuales pueden ser monitoreados mediante dispositivos inalámbricos minúsculos, otorgando visibilidad en tiempo real y posibilidades de optimización de los espacios. También existen iniciativas para dotar a los montacargas de la inteligencia necesaria para evitar accidentes dentro de los almacenes, mediante sensores y cámaras.

Con respecto al transporte, IoT permite localizar y conocer la condición de flotas de vehículos y contenedores, incluso saber si una caja fue abierta en algún punto de la cadena. En productos dependientes de la cadena de frío, los dispositivos telemáticos pueden medir y enviar información sobre la temperatura de un contenedor de manera remota. Otra posible aplicación de los vehículos conectados es la gestión de la utilización de las flotas (por ejemplo, saber exactamente cuánto tiempo un camión estuvo parado, prendido o circulando).

En 2012 se llevó a cabo un proyecto de investigación entre Volvo y DHL para desarrollar un camión capaz de decidir autónomamente cuándo y qué tipo de mantenimiento requiere, mediante sensores colocados en distintos lugares del vehículo. También son destacables los sistemas de seguridad y prevención de accidentes, que serán cubiertos en el capítulo de vehículos autónomos.

Finalmente cabe destacar la utilidad del IoT para mejorar el servicio de última milla de la cadena de suministro. Una aplicación son buzones de correo inteligentes, que avisan a los dueños si se encuentran llenos o vacíos, y también monitorean su estado de humedad para prevenir estropeo de los productos que contiene. Otro beneficio para la última milla podría ser saber si una persona se encuentra en su casa, para reducir las entregas fallidas, una de las principales ineficiencias en el área. [26]

c) Consumo y *retail*

Otro sector que se enfrenta a cambios dramáticos a partir del internet de las cosas es el *retail*, pudiendo mejorar la experiencia de compra. Algunos ejemplos son optimización del checkout, asistencia digital para guiar a los consumidores en la compra de los productos y pagos móviles. También hay tecnologías que permiten interactuar con los teléfonos móviles de los clientes en tiempo real, según su posición en el piso de la tienda, para brindar experiencias de usuario personalizadas. [26]

La tecnología IoT permite incluso automatizar tareas domésticas, en un concepto conocido como “*smart home*”. Por ejemplo, un refrigerador puede utilizar sensores y cámaras de video para monitorear su contenido y realizar órdenes autónomamente a través de internet. La misma idea es aplicable a otros electrodomésticos, también para realizar mantenimiento predictivo, realizando autodiagnóstico e informando a proveedores de su estado en tiempo real. [12]

Oportunidades y dificultades



Transparencia, trazabilidad y confiabilidad de operaciones logísticas



Falta de estándares IoT para consolidar múltiples fuentes de información



Mejora del control y la seguridad



Seguridad de los datos en sistemas hiperconectados



Servicios más dinámicos y personalizados para consumidores



Duración de la batería de los dispositivos

Impacto económico



La inversión mundial en IoT fue de USD 624 mil millones en 2018, y 745 mil millones en 2019 y superará el USD 1 billón en 2022. La mayor parte de dicha inversión es realizada por la industria manufacturera. [27]



El impacto económico total potencial es de entre USD 3.9 billones y USD 11.1 billones anuales en el año 2025. Para desbloquear el 40% de ese valor es necesaria la interoperabilidad entre distintos dispositivos IoT, y el 62% de ese valor ocurrirá en economías desarrolladas. [28]



Bobcat, en Estados Unidos, pudo aumentar la productividad de sus operarios de operación de montacargas entre 25% y 30%, con un período de retorno sobre la inversión de 18 meses, aplicando dispositivos telemáticos en 25 vehículos de movimiento de pallets. [29]

Situación en Uruguay

Un factor fundamental para el rendimiento de los objetos conectados es la calidad de la red. En ese aspecto Uruguay se encuentra bien posicionado con relación a sus vecinos, ubicándose primero en Latinoamérica en el ranking de velocidad de internet móvil. En comparación con el resto del mundo la velocidad de la red se encuentra justo en el promedio mundial y en la posición 60.⁹

⁹ Speedtest Global Index (2020) Último acceso en marzo de 2020 a <https://www.speedtest.net/global-index>

A nivel estatal, en los últimos años ANTEL ha liderado algunas iniciativas de IoT, apoyándose en la certificación de su plataforma Fiware en el año 2018¹⁰. Uno de los servicios disponibles es AntelAuto, que permite recolectar y visualizar datos en tiempo real de flotas de automóviles a través de un dispositivo conectado a un puerto del vehículo¹¹. Otro proyecto relevante fue la automatización de la red de pluviómetros nacional, mediante una colaboración con MIEM e Inumet que busca mejorar los pronósticos climáticos y el estudio de tendencias.¹²

Otro caso que merece mención es el de ALUR (Alcoholes del Uruguay) que se ha embarcado en un proyecto de implementación de sensores y sistemas de información en una planta de biodiesel de Montevideo, con el objetivo de mejorar la eficiencia, seguridad y prevenir fallas en los equipos.¹³

En el rubro privado, empresas de tecnología uruguayas han logrado innovaciones propias que se comercializan en distintos países del mundo, usualmente enfocadas en un rubro conocido como la domótica (que abarca casas inteligentes, electrodomésticos con autonomía, gestión energética)¹⁴. Un caso destacable relacionado a la cadena de suministro es un sistema de monitoreo y mantenimiento preventivo de pozos petroleros creado por una empresa uruguaya y aplicado por una petrolera norteamericana¹⁵. Es notorio que el amplio horizonte de posibilidades que ofrece la conexión de objetos físicos a internet abre espacio para la creatividad y la generación de valor nacional capaz de competir en los mercados globales.

Existen también innovaciones en el sector agropecuario nacional. La forestal Montes del Plata adquirió un sistema de sensores desarrollados por una empresa uruguaya para monitorear niveles de temperatura, humedad y luz en sus viveros. En el sector arrocero otra empresa nacional creó un sistema de sensores conectados para supervisar el nivel de agua en chacras y canales, sustituyendo la supervisión manual y evitando los gastos de combustible que esta implica.¹⁶

En el caso del *retail*, según un gerente de una empresa de telefonía, en 2017 sus locales en Uruguay ya contaban con dispositivos conectados para medir patrones de consumo y optimizar la ubicación de los productos en la tienda. Esta solución se encuentra disponible y podría ser fácilmente extendida a cualquier tipo de tienda. Otro ejemplo que podría categorizarse dentro del IoT es la facturación móvil, liderada en Uruguay por Mercado Pago, con enorme potencial de facilitar el pago de productos y servicios e independizar a los consumidores de los servicios bancarios y financieros tradicionales.¹⁷

Si bien el uso de IoT en logística no se encuentra todavía ampliamente difundido a nivel nacional, 10 de las empresas encuestadas contestaron que ya han implementado, o se

¹⁰ El País (2018) "Antel avanza a paso firme hacia el Internet de las Cosas" Último acceso en marzo de 2020

¹¹ <https://www.antel.com.uy/empresas/soluciones/antelauto> - Último acceso en marzo de 2020

¹² MIEM (2018) "Acuerdo entre el MIEM, Antel e Inumet automatizará la red pluviométrica nacional" Último acceso

¹³ <http://www.alur.com.uy/noticias/proyectos-de-iot-y-AdBlue/> - Último acceso en marzo de 2020

¹⁴ El País (2015) "Ideas uruguayas impulsan el despegue del Internet de las Cosas" Último acceso en marzo de 2020

¹⁵ El País (2018) "La conversación inteligente que mejora procesos industriales" Último acceso en marzo de 2020

¹⁶ Ídem

¹⁷ El Observador (2017) "El internet de las cosas se asienta en empresas uruguayas" Último acceso en marzo de 2020

encuentran implementando, “sensores o internet de las cosas en objetos, pallets y contenedores” para almacenamiento. Estas pertenecen a los rubros de transporte, *retail* e industria manufacturera.

Referencias para profundizar

- **DHL (2015)** [26] “**Internet of things in logistics**”. Disponible en www.logistics.dhl/global-en/home/insights-and-innovation/thought-leadership/trend-reports/internet-of-things-in-logistics.html

Análisis *Big Data*

Conceptos relevantes

Data Mining (minería de datos) El proceso de descubrir patrones interesantes y útiles y relaciones en grandes volúmenes de datos. El campo combina herramientas estadísticas y de inteligencia artificial con gestión de base de datos (DBM).¹⁸

Big Data Término utilizado para describir grandes volúmenes de datos que se generan de forma muy rápida, compleja y heterogénea. Requieren de técnicas avanzadas para su recopilación, almacenamiento, distribución, gestión y análisis. [30]

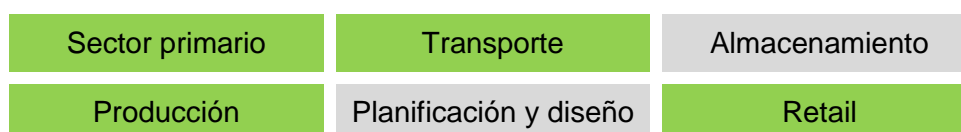
Análisis Big Data Hace referencia a herramientas para analizar y extraer información de conjuntos de datos demasiado grandes o complejos como para ser manejados rápidamente con sistemas tradicionales de procesamiento de datos. Son las técnicas necesarias para analizar y adquirir inteligencia a partir de los datos. [30]

Origen

La información se ha convertido en un elemento esencial de diferenciación competitiva en el actual mundo hiperconectado. El despliegue masivo de objetos conectados multiplica la cantidad de fuentes de datos de enorme variedad, requiriendo un procesamiento veloz para su análisis y la toma de decisiones. Se habla de las 3V (volumen, velocidad y variedad) como las características que definen el análisis *big data*. [31]

Cualquier empresa es dueña de grandes cantidades de datos. El desafío de la época en la que vivimos es poder extraer valor de ellos, convertirla en información, para tomar mejores decisiones. Esto es especialmente verdadero en el sector logístico, donde se realizan millones de transacciones y movimientos al día y se generan constantemente vastos conjuntos de datos. La diferencia entre *big data* y el análisis de datos tradicional (por ejemplo, mediante métodos estadísticos) radica en la magnitud del conjunto de datos, que requiere técnicas especiales para su procesamiento.

Áreas de impacto



¹⁸ <https://www.britannica.com/technology/data-mining> - Último acceso en abril de 2020

Casos de aplicación

a) Análisis de datos para pronosticar demanda

Las droguerías DM, frente al problema de determinar la cantidad de personal necesaria y los turnos de la forma más eficiente posible, implementaron pronósticos de largo plazo de los volúmenes de venta de cada uno de sus puntos de venta. El modelo consideraba una amplia gama de parámetros como información histórica, horarios de apertura, cierre y entregas, clima, etc. [31]

La empresa de *retail* Otto Group también desarrolló una herramienta analítica para predecir la demanda de artículos de moda, a partir de datos históricos de 16 temporadas anteriores y alimentándola con 300 millones de registros de transacciones por semana. Lograron reducir enormemente la cantidad de predicciones erradas de demanda. Un pronóstico correcto de la demanda reduce la necesidad de stock, y minimiza la insatisfacción de los clientes por encontrarse con artículos no disponibles [31]. En una escala más global, la transmisión más efectiva de la información y mejores herramientas de pronóstico pueden ayudar a mitigar el efecto látigo (*bullwhip effect*), uno de los riesgos más importantes en las cadenas de suministro. [2]

b) Optimización de última milla

En la última milla, que suele ser la etapa más costosa de la cadena de suministro, el procesamiento efectivo de grandes volúmenes de datos abre puertas a una mayor eficiencia operacional. Una posible aplicación es la optimización de las rutas para ahorrar tiempo y recursos. Utilizando datos en tiempo real sobre el tráfico, las condiciones de las posibles rutas y la disponibilidad de vehículos y puntos de entrega, se pueden realizar cálculos dinámicos para predecir las rutas más eficientes para cada vehículo. Este problema, a pequeña escala, suele poder ser manejado con *software* tradicional, pero para gestionar números elevados de transacciones son necesarios recursos más avanzados. Considerar, por ejemplo, el caso de FedEx, que moviliza más de 15 millones de paquetes por día.¹⁹

Otra posibilidad, de mayor complejidad, es la colaboración de agentes individuales para realizar entregas (*crowd-based pickup and delivery*, o *crowd-shipping*). Este modelo ya ha sido ensayado exitosamente por empresas como Uber, e implica que las personas se conviertan en dadoras de servicios, organizadas mediante una plataforma de información central. Actualmente, Uber tiene 91 millones de usuarios activos mensuales, 4 millones de choferes y realiza 14 millones de viajes por día²⁰. En el caso de la cadena de suministro, el *crowd-shipping* se vuelve especialmente valioso en zonas rurales o de difícil acceso. El sistema aprovecha recorridos cotidianos que las personas realizarían de cualquier manera, con la complejidad de tener que gestionar grandes números de recursos individuales y poco organizados. Dicha complejidad requiere grandes capacidades de procesamiento y resolución de problemas complejos en tiempo real y, por lo tanto, sería una aplicación modelo de *Big Data*. [31] [12]

¹⁹ <https://www.fedex.com/en-us/about/company-structure.html> - Último acceso en abril de 2020

²⁰ <https://www.uber.com/en-GB/newsroom/company-info/> - Último acceso en abril de 2020

c) Otras aplicaciones

Hace algunos años en EEUU, The Climate Corporation introdujo un modelo de simulación con varios millones de puntos de datos, con el objetivo de calcular dinámicamente riesgos y precios de seguros por daños climáticos en la agricultura. Hoy en día el sistema ha sido aprobado en todos los estados del país. [31]

Especialmente relevante es la sinergia entre el Internet de las Cosas, que genera constantemente enormes volúmenes de datos de diversas fuentes y formatos, y las capacidades de análisis en tiempo real que ofrece el *Big Data*. Por ejemplo, para optimizar procesos industriales, General Electric lanzó una plataforma en la nube que facilita la vinculación y gestión de máquinas conectadas. Otro posible aprovechamiento es el denominado “mantenimiento predictivo”, que intenta pronosticar la aparición de fallas para minimizar los tiempos de interrupción en las líneas de producción. [2]

Quizá uno de los beneficios más llamativos del *Big Data* es el acercamiento a los clientes y la personalización de los servicios y productos. El procesamiento efectivo de grandes bases de datos de clientes e información de consumo permite, hoy en día, generar valor individualizado y específico, optimizando los recursos. La creciente disponibilidad de datos sobre la actividad de las personas en internet y redes sociales (huella digital) multiplica las posibilidades. [31]

Oportunidades y dificultades



Eficiencia operacional y mayor control de activos y personal



Problemas de privacidad e información personal



Nuevas oportunidades de negocio basadas en datos y servicios inteligentes



Necesidad de personas con perfil científico y analítico



Valor agregado al combinar fuentes de datos variadas



Necesidad de alineamiento firme entre el negocio y los servicios TI

Impacto económico



Ingresos mundiales por Big Data e inteligencia de negocios crecerán de USD 189 mil millones a USD 274 mil millones en 2022. El sector con mayor participación es la manufactura. [32]



En la industria del retail en Estados Unidos, el uso de Big Data puede generar hasta un 60% de aumento del margen neto y un aumento en la productividad de entre 0.5 a 1% anual. [33]



Se puede reducir hasta en un 50% los costos de desarrollo y producción y hasta un 7% el capital de trabajo en la industria manufacturera. [33]

Situación en Uruguay

El mercado mundial de servicios de ciencias de datos crece vertiginosamente, lo cual es una oportunidad invaluable para empresas de software uruguayas y regionales. Por ser una tendencia tan nueva, recién en los últimos años las principales universidades comenzaron a dictar carreras relacionadas a la materia. Aún la mayoría de las empresas no tienen claro qué capacidades serán necesarias desarrollar para adaptarse al nuevo paradigma, ni las formas adecuadas de extraer el valor de los datos para potenciar sus modelos de negocio.

En la práctica es difícil separar el *Big Data* de la inteligencia artificial, por ser técnicas que se complementan estrechamente. Sobre todo, en contextos de negocio, la generación y análisis de datos incrementan su valor en la medida en que pueden ser usados para reconocer patrones, extraer *insights* relevantes o automatizar procesos. Todos esos agregados de valor dependen de técnicas de inteligencia artificial, en alguna de sus formas. En la sección siguiente (sobre inteligencia artificial) se resumirá la situación uruguaya en el campo de las ciencias de datos, *machine learning* y otras disciplinas relacionadas.

A su vez, la captación de grandes volúmenes de datos no puede ser manual: requiere una infraestructura de dispositivos conectados y plataformas de red capaces de almacenarlos y transferirlos. Dicho campo, que ya fue discutido en la sección anterior, se sitúa bajo el paraguas del “internet de las cosas”.

Por lo expuesto, y para no caer en redundancias, en esta sección no se profundizará sobre la situación en Uruguay.

Referencias para profundizar

- **DHL (2013)** [31] “**Big data in logistics**” Disponible en www.logistics.dhl/global-en/home/insights-and-innovation/thought-leadership/trend-reports/big-data-in-logistics.html

Inteligencia artificial

Conceptos relevantes

Inteligencia artificial (IA)

Inteligencia humana exhibida por máquinas. Sistemas que se aproximan, imitan, replican, automatizan y hasta mejoran el pensamiento humano. Los componentes claves de la inteligencia artificial son la habilidad para percibir, entender, aprender, resolver problemas y razonar. [34]

Machine learning

Conjunto de algoritmos capaces de realizar tareas o rutinas sin estar explícitamente programados para hacerlo, a partir de un proceso de aprendizaje. [2]

Redes neuronales

Algoritmos que intentan imitar la estructura y funcionamiento de un cerebro humano.

Deep Learning

Algoritmos que utilizan redes neuronales para aprender continuamente a hacer mejor su trabajo. Son capaces de tomar información del mundo real y ajustar sus algoritmos en base a ello. [34]

Origen

El concepto fue utilizado por primera vez en 1956 por John McCarthy, profesor de la universidad de Stanford. Desde ese entonces la inteligencia artificial atravesó varios ciclos tanto positivos como negativos. En particular son conocidos algunos acontecimientos que contribuyeron al auge de la inteligencia artificial: el primero fue la victoria del robot Deep Blue de IBM sobre el campeón mundial de ajedrez Kasparov en 1997 y luego la victoria del robot AlphaGo sobre Lee Sedol en 2016 en una partida del juego Go.

Hoy en día la inteligencia artificial se encuentra en su mayor auge en la historia. Esto se debe principalmente al desarrollo de lo que se conoce como Machine Learning, que es la capacidad de las máquinas de aprender a partir de la información que reciben. A su vez, existe un concepto denominado Deep Learning, que va un paso más allá y permite a las máquinas no sólo aprender a partir de los datos, sino ajustar el modelo de aprendizaje con la información recibida y las conclusiones creadas. [34]

Áreas de impacto

Sector primario	Transporte	Almacenamiento
Producción	Planificación y diseño	Retail

Casos de aplicación

a) Industria farmacéutica

La compañía farmacéutica Pfizer capacitó a miembros de toda su organización en esta tecnología, para que entendieran el impacto y potencial que puede tener. Luego comenzó a implementarla en diversas tareas a lo largo de todos los sectores de la empresa. Por eso creó un departamento de inteligencia artificial e invirtió en personal capacitado en la aplicación de inteligencia artificial al negocio. La implementación de automatización con inteligencia artificial aumenta mensualmente.

Se implementó una nube de datos científicos que toma datos en tiempo real del proceso para mejorar la predicción de compuestos. También permitió una mayor integración con los médicos, para informarles mejor acerca del uso apropiado de cada producto y con pacientes experimentales que participan en investigación, con los cuales se logró un trato más personalizado [35].

b) Predicción de tiempos de viaje y demanda

DHL desarrolló una herramienta basada en machine learning que permite predecir los tiempos de demora en los vuelos de carga para poder mitigar los costos que esto produce de manera proactiva. Estas herramientas pueden tomar en consideración diversos factores como en qué día se realizarán los envíos y los tiempos de cada aerolínea, esto permite a los agentes de carga realizar cambios a tiempo y reducir costos.

En ocasiones, ha sucedido que debido a tendencias en las redes sociales algunos productos tienen una demanda explosiva inesperada a nivel mundial lo cual genera un aumento repentino de los volúmenes saturando los canales de envío express. Con el avance de machine learning, se pueden predecir estos picos de demanda a través de información recopilada en las búsquedas de los usuarios en internet o en las redes. De esta manera las empresas de logística pueden prepararse para enfrentar estos fenómenos con anticipación [34].

c) Tareas de back office

Las empresas en la actualidad se ven constantemente presionadas por el mercado y la competencia a realizar sus operaciones de manera más eficiente para reducir sus costos. Muchas tareas administrativas, contables, financieras e inclusive de recursos humanos son repetitivas y requieren de mucha precisión. [34]

Existen empresas que están utilizando inteligencia artificial en sus procesos de preselección de candidatos. Las máquinas identifican a partir de datos como el CV de un candidato las características del perfil y en función de las mismas asignan los candidatos a los reclutadores. Un ejemplo de esto es la empresa Adecco, que utiliza un *chatbot* para poder emparejar las habilidades y aspiraciones salariales de los aspirantes con las posiciones abiertas en la empresa [35]. Los *chatbot*, con su habilidad de interpretar lenguaje natural, son una

herramienta cada vez más popular para gestionar reclamos, orientar procesos y realizar consultas rápidas a un sistema.

Oportunidades y dificultades



Permite tomar decisiones con anticipación a los eventos a través del análisis predictivo



Aumenta la eficiencia de los procesos reduciendo significativamente los costos



Mejora de productos a través de la personalización hacia el cliente



Falta de personal capacitado para desarrollo de soluciones orientadas a negocios



Resistencia a la implementación por parte de fuerzas laborales



Se requiere una alta inversión en tecnología y en personal calificado para su implementación

Impacto económico



Durante el año 2016 se invirtieron entre USD 26 mil millones y USD 39 mil millones en inteligencia artificial, 3 veces más que en 2013. [34] A su vez, las ganancias debido a implementación de inteligencia artificial aumentarán de USD 8 mil millones en 2016 a USD 47 mil millones en 2020. [36]



Según una encuesta llevada a cabo por Deloitte, un 82% de las empresas encuestadas percibieron retornos económicos debido a sus inversiones en inteligencia artificial, con una media de 17% de ROI. [37]



Grandes compañías como Google, Microsoft o Netflix están invirtiendo cada vez más en inteligencia artificial, debido a que sus negocios dependen de ello. Netflix ahorra mil millones de dólares al año en pérdidas potenciales de ganancias con su implementación de un sistema de búsqueda. [37]

Situación en Uruguay

Al igual que en la ciencia de datos, la enorme y creciente demanda a nivel mundial de desarrollos de inteligencia artificial (IA) abre numerosas oportunidades para desarrolladores de software locales, sobre todo teniendo en cuenta la brecha entre los precios del mercado mundial y los bajos costos relativos de producción nacional (especialmente los salarios de los programadores, en comparación con el resto del mundo).

Un dato de relevancia es que Uruguay se encuentra segundo en Latinoamérica y 35 en el mundo en el ranking de “government AI readiness”, que mide la capacidad de los gobiernos de apalancar los beneficios de la IA para brindar mejores servicios a la población. El índice considera factores como la calidad de la infraestructura de datos y el nivel educativo.²¹

En el mundo del *retail* y el *e-commerce* MercadoLibre es líder regional y nacional, y es reconocida por su constante innovación en inteligencia artificial aplicada a la búsqueda y sugerencia personalizada de productos, predicción de tiempos de envío y detección de

²¹ www.oxfordinsights.com/ai-readiness2019 - Último acceso en marzo de 2020

fraudes. Otras innovaciones por parte del sector privado nacional incluyen visión automática para detección de patrones de consumo en tiendas, detección de fraudes y pago automático de facturas²².

Respecto a la industria, un referente de una importante empresa local menciona el mantenimiento predictivo de la maquinaria como un campo fértil para reducir ineficiencias. También afirma que para alcanzar la excelencia en la aplicación de la IA Uruguay debe enfocarse en un nicho determinado, como podría ser la industria forestal, ganadera o agrícola²³. La agricultura de precisión, mencionada en capítulos anteriores, es un área con fuerte potencial de beneficio de la mano de tecnologías de monitoreo automático, análisis de tendencias, pronóstico y reconocimiento de imágenes.

Si bien el campo de aplicación desafía los límites de la imaginación, aún resta una adopción generalizada en la cadena de suministro de las funciones más básicas que permite la IA. Según la encuesta realizada solamente 3 empresas usan capacidades de análisis predictivo para pronosticar demanda y ventas, y 1 sola aplica IoT e IA para prevenir la aparición de fallas en sus equipos.

Referencias para profundizar

- **DHL (2018)** [34] “**Artificial intelligence in Logistics**” Disponible en www.logistics.dhl/global-en/home/insights-and-innovation/insights/artificial-intelligence.html
- **Deloitte (2018)** [37] “**State of AI in the enterprise**” Disponible en www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/4780_State-of-AI-in-the-enterprise/DI_State-of-AI-in-the-enterprise-2nd-ed.pdf

²² www.smarttalent.uy/innovaportal/v/44951/15/innova.front/que-lugar-ocupa-la-inteligencia-artificial-en-uruguay.html - Último acceso en marzo de 2020

²³ El País (2018) “Uruguay debe apostar a aplicar inteligencia artificial en un nicho donde sea experto” Último acceso en marzo de 2020

Vehículos autónomos

Conceptos relevantes

Vehículo autónomo	Vehículos en los cuales la operativa ocurre sin el aporte de un conductor para controlar la dirección, acelerado y frenado. [38]
Manejo asistido	Tecnologías que utilizan sensores y otros dispositivos electrónicos, que apoyan al conductor en determinadas situaciones como frenadas de emergencia, estacionamiento, control de velocidad, entre otras.
Dron	Aeronave no tripulada [39]. En un sentido más relevante a la temática, aparato de dimensiones reducidas que puede volar de forma autónoma.

Origen

Durante décadas se ha imaginado el uso de vehículos autónomos como una visión futurista y distante. Tanto GM como Ford comenzaron a trabajar en prototipos desde la década de 1950. Sin embargo, hasta el día de hoy esta tecnología todavía se encuentra en fase de testeo. [38]

La gran dificultad en el desarrollo e integración de los vehículos completamente autónomos a los sistemas viales es que necesita utilizar diversas tecnologías que también se encuentran en desarrollo como el internet de las cosas, *deep learning*, sensores, *cloud*, entre otras [12].

Áreas de impacto

Sector primario	Transporte	Almacenamiento
Producción	Planificación y diseño	Retail

Casos de aplicación

a) *Truck platooning*

Consiste en que dos o más vehículos, en este caso camiones, circulen juntos conectados a través de transmisores. El primer camión actúa como guía, mientras que los demás camiones imitan lo que este haga sin requerir la acción de un conductor.

La gran ventaja de esta tecnología es la reducción de costos de combustible, debido al aumento de eficiencia al reducir la resistencia con el aire, aprovechando la dinámica del convoy. Otra ventaja es el aumento en la seguridad, debido a que reduce la influencia de los errores humanos en los accidentes.

También permite realizar viajes más largos exigiendo menos a los conductores. Si en un viaje determinado hay más de un conductor, se puede turnar el camión guía mientras los

conductores de los otros camiones descansan. De esta manera, no es necesario parar a descansar, lo cual se puede hacer durante el viaje. [40]

b) Operaciones en depósitos

Otra aplicación de vehículos autónomos en logística es su utilización en movimientos de carga y descarga en depósitos. Un ejemplo claro de este uso son los auto elevadores autónomos, que utilizan tecnología láser para moverse dentro del depósito. Pueden recibir mercadería y llevarla a los racks de manera 100% autónoma y segura. También existen pequeños vehículos que trasladan mercadería dentro de los depósitos, que pueden trabajar juntos para formar cintas transportadoras.

Por último, existen vehículos capaces de moverse siguiendo a un operario a lo largo de una ruta de picking con un carro. Estos carros por lo general suelen ser pesados y difíciles de manipular, por lo tanto, de esta manera la tarea se hace de manera más fácil y eficiente. [38]

c) Drones

Los vehículos aéreos no tripulados (UAVs por sus siglas en inglés) o también llamados *Drones* han aumentado en popularidad en los últimos años, principalmente debido a su implementación para fines militares. Sin embargo, también tienen usos potenciales en la logística.

Empresas como DHL ya han desarrollado drones capaces de transportar paquetes, los cuales pueden ser muy útiles en envíos de última milla en zonas urbanas. De esta manera, se logran evitar las ineficiencias generadas por la congestión en estas áreas, reduciendo los costos de distribución. También se pueden implementar para envíos en zonas rurales o de difícil acceso.

Estos vehículos pueden funcionar tanto controlados por un operador en todo momento como de manera totalmente autónoma a través del uso de GPS. Sin embargo, para su uso autónomo es necesario que exista reglamentación legal clara que lo regule. [41]

Oportunidades y dificultades



Ahorro significativo de costos debido a aumento de eficiencia en combustible



Depende del avance de múltiples tecnologías para lograr ser económicamente viable



Reducción de emisiones de carbono



Problemas de seguridad debido a errores o hackers con grandes consecuencias



Aumento en la seguridad en operaciones debido a reducción de error humano



Resistencia de sindicatos debido a reducción de puestos de trabajo

Impacto económico



Los vehículos autónomos generarían un impacto tanto en los costos debido a jornales como en el combustible. Juntos componen generalmente más del 70% del costo, por lo que el potencial impacto es significativo.



La práctica del *truck platooning* puede generar ahorros grandes en combustible debido a la reducción en la fricción. A su vez, puede reducir las emisiones de CO2 en hasta un 8% para el vehículo guía y hasta 16% para los otros vehículos. [42]



Se proyecta que el mercado comercial de drones mundial crecerá de USD 1.6 mil millones en 2019 a USD 12.6 mil millones en 2025. [43]

Situación en Uruguay

Vehículos terrestres

La adopción exitosa en Uruguay de vehículos que se manejen solos parece lejana. A nivel mundial el progreso sigue siendo lento, aun en los países más avanzados. A eso se le suma la necesidad de una infraestructura vial adecuada (con líneas pintadas, cartelería en buen estado, etc.) para que los sistemas inteligentes puedan orientarse en el tránsito.

Sin embargo, ya se han adoptado extensamente los vehículos con autonomía parcial. Ejemplos de ello son los frenos ABS, regulados por una computadora para mantener control sobre el vehículo en caso de frenados bruscos, o los sistemas de estacionamiento autónomo integrados en los coches más modernos. También existen sistemas de manejo asistido para el control de la velocidad. Los fabricantes de vehículos de carga han desarrollado sistemas avanzados de asistencia al conductor como programas electrónicos de estabilidad, control de cruce y frenos de extensión²⁴. Hay 16 de las empresas encuestadas de transporte carretero que indicaron ya estar utilizando, o estar comenzando a utilizar, vehículos con cierto grado de autonomía.

Según un experto uruguayo, lo más probable es que, antes que vehículos urbanos, se adopten camiones autónomos mixtos, llevados por los conductores de forma manual hasta la salida de los centros urbanos y que funcionen autónomamente en ruta hasta llegar a la siguiente ciudad. Pronostica que, a más tardar en 2030, esta realidad ya estará instaurada de forma general en el transporte de carga. También se aventura a imaginar la obsolescencia de la propiedad privada de vehículos urbanos, cuando emerjan nuevos modelos de negocio basados en flotas de coches autónomos y un servicio de alquiler similar a Uber²⁵.

Otro importante empresario uruguayo de tecnología afirmó en 2017 que ya existían tres coches autónomos en el país marca Tesla, y que su empresa se encontraba prototipando un vehículo autónomo. Conjeturó que los vehículos autónomos podrían comenzar en el agro, por ser un contexto de poca población y bajas velocidades.²⁶

No se encontraron casos en Uruguay de empresas que utilicen vehículos montacarga completamente automatizados dentro de sus almacenes. Todo parece indicar que aún queda mucho terreno por recorrer en la implementación nacional de vehículos con autonomía. Pero

²⁴ www.volvotrucks.uy/es-uy/trucks/volvo-fm-euro5/features/driver-support-systems.html - último acceso en marzo de 2020

²⁵ El País (2018) "Autónomos: La revolución del auto" Último acceso en marzo de 2020

²⁶ www.cuti.org.uy/novedades/688-nicolaes-jodal-ya-hay-autos-que-se-manejan-solos-en-Uruguay - último acceso en marzo de 2020

la buena noticia es que aún Uruguay no se ha desfasado respecto del resto del mundo, por lo que existe la oportunidad de mantenerse cerca de las últimas innovaciones y, por qué no, fomentar desarrollos nacionales en el área.

Drones

La primera reglamentación nacional para el uso de drones fue resuelta en 2014.²⁷ En Uruguay, actualmente, hay 41 empresas con permiso para trabajos aéreos²⁸. Algunos de los rubros son el agro, industria audiovisual y relevamiento topográfico. Además de las empresas registradas existen dueños de drones para uso recreativo o que realizan actividad profesional de manera informal. En 2018 existían 10.000 drones activos en el país de los cuales 1.000 se dedicaban a tareas profesionales.²⁹

Según un miembro de la Asociación Uruguaya de Drones, en Uruguay se fabrican algunos prototipos de drones, aunque siempre en base a partes importadas, y los intentos de desarrollar aplicaciones de control de drones han sido poco exitosas³⁰. Por lo tanto, parece haber espacio para el desarrollo de innovaciones nacionales en el rubro.

Considerando aplicaciones relacionadas a la cadena de suministro, la más clara hoy en día es en la industria agropecuaria, en un campo conocido como “agricultura de precisión”. Una empresa uruguaya brinda diversos servicios utilizando drones, como la fumigación, fertilización, siembra, monitoreo y relevamiento de cultivos, y control de pérdidas de calor en equipos fotovoltaicos³¹. Posibles usos también abarcan el seguimiento de animales, cursos de agua y represas³².

En cuanto al uso de drones para transporte y entrega de bultos, ninguna de las empresas encuestadas manifestó haber incursionado en el área, aunque una de ellas indicó tener previsto la implementación en el mediano plazo. Es relevante mencionar que el Correo Uruguayo tiene intenciones de lanzar este año un servicio de entrega de medicamentos en zonas remotas del territorio utilizando un dron, como parte de un proyecto conjunto con la UTEC³³.

Referencias para profundizar

- **DHL (2014)** [38] “Self-driving vehicles in logistics” Disponible en www.logistics.dhl/global-en/home/insights-and-innovation/thought-leadership/trend-reports/self-driving-vehicles.html

²⁷ 180 (2014) “DINACIA reglamentó uso de drones en Uruguay”

²⁸ DINACIA. Nómina de empresas con permiso de trabajo aéreo

²⁹ El Observador (2018) “Dron: El nuevo señor de los cielos en Uruguay que crece con usos comerciales”. Último acceso en marzo de 2020

³⁰ La República (2018) “Drones encabezan aplicación de nuevas tecnologías en el agro”. Último acceso en marzo de 2020

³¹ <https://www.agrodron.com.uy/servicios/>. Último acceso en marzo de 2020

³² La República (2018) “Drones encabezan aplicación de nuevas tecnologías en el agro”. Último acceso en marzo de 2020

³³ Ecos Uy (2019) “Reparto de medicamentos con drones dividió al directorio del correo”

Robótica y automatización

Conceptos relevantes

Robot Máquina o ingenio electrónico programable que es capaz de manipular objetos y realizar diversas operaciones [39]

Robótica Técnica que aplica la informática al diseño y empleo de aparatos que, en sustitución de personas, realizan operaciones o trabajos, por lo general en instalaciones industriales [39]

Automatización Ciencia que trata de sustituir en un proceso el operador humano por dispositivos mecánicos o electrónicos [39]

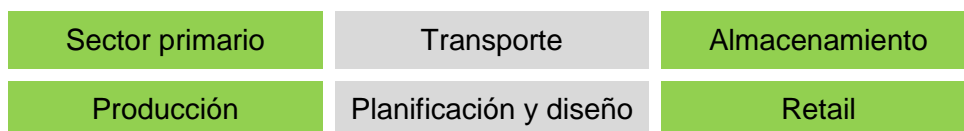
Origen

El término “*Robot*” fue utilizado por primera vez en la década de 1920 por el autor Karel Capek. La palabra deriva del checo “*Robota*” que significa “trabajo forzado”. [44]

Luego, en 1910 el artista francés Villemard realizó una obra en donde se observaban robots realizando el trabajo de barberos y peluqueros en el año 2000. A su vez, desde la década del 50 muchos medios han realizado predicciones acerca de robots llevando a cabo tareas como limpieza doméstica y tareas en el campo. [45]

Por lo tanto, se puede decir que la idea de dispositivos capaces de realizar tareas repetitivas que los humanos no quieren realizar no es nueva. Sin embargo, se podría decir que esta tecnología no ha avanzado tan rápido como se esperaba. Esto se debe a que la robótica es un área cuyo desarrollo depende del avance en múltiples disciplinas complejas, como la inteligencia artificial, la ingeniería mecánica, biología, entre otras. [45]

Áreas de impacto



Casos de aplicación

a) Carga y descarga en depósitos

En los depósitos existen múltiples tareas que consisten en movimientos repetitivos, como el *picking* de un pedido o carga y descarga de paquetes. Para este tipo de tareas, los robots son ideales en la búsqueda de la eficiencia, siempre y cuando funcionen de manera continua y logren integrarse adecuadamente a la operación.

Por eso, se han desarrollado robots que son capaces de descargar paquetes de un contenedor apenas llegan al depósito. Estos robots escanean el contenido del contenedor y analizan cuál es la secuencia de descarga óptima, para luego proceder a colocar los paquetes en cintas transportadoras.

b) Picking en depósitos

Otro concepto que surge de la aplicación de robots a depósitos es la de “goods-to-picker”. En depósitos grandes, los operarios para realizar actividades de picking manual suelen recorrer grandes distancias a lo largo de un día, lo cual es ineficiente y cansador para el operario. Para solucionar esto se desarrollaron robots que son capaces de sostener una estantería y moverla, para llevarla a donde esté el operario. De esta manera no se debe recorrer el depósito para recoger los objetos, sino que ellos se mueven hacia el empleado. Amazon utiliza este tipo de sistema en sus depósitos automatizados. También hay empresas que utilizan robots que son capaces de recorrer el depósito realizando el picking automáticamente. [45]

c) Brazos robóticos

Uno de los usos más revolucionarios de la robótica en la industria es la de robots que colaboran con seres humanos para realizar tareas en conjunto. Esto implica que un operario realice una parte de un proceso y luego un robot la termine. En el caso de la manufactura existen brazos robóticos, que son capaces de realizar partes de procesos de fabricación, bajo la supervisión de un humano o sin ella.

Empresas como Universal Robotics y ABB ya han desarrollado modelos de brazos robóticos capaces de trabajar en conjunto en líneas de producción con seres humanos cerca, sin embargo, todavía quedan por resolver asuntos legales de seguridad laboral, que serán determinantes para el desarrollo de estos productos. [45]

Oportunidades y dificultades



Aumento en la eficiencia de operaciones y reducción de costos



Necesidad de desarrollo en seguridad de datos



Permite asignar tareas de mayor valor agregado a operarios



Resistencia por parte de empleados a automatización



Aumento en la seguridad en operaciones



Requiere alta inversión

Impacto económico



En 2012 el gobierno estadounidense otorgó USD 50 millones en becas para investigar el uso de robots a 30 grupos. Al año 2016 llevaba invertidos más de USD 96 millones en total. China y Rusia en el año 2015 anunciaron una inversión de USD 200 millones para la creación de un centro de investigación en robótica. [45]



Amazon compró la startup de robótica Kiva por USD 775 millones en 2013. Mientras que Google invirtió más de USD 500 millones en la compra de 8 empresas de robótica. Ambas empresas en conjunto representan la tercera fuente de financiación en robótica mundial. [45]



Se proyecta que el mercado global de la robótica crezca de USD 64 mil millones en 2018 a USD 210 mil millones en 2025. [46]

Situación en Uruguay

La automatización es una tendencia continua que se puede alcanzar en distintos grados, a diferencia de tecnologías más concretas como la impresión 3D o el Blockchain. En la encuesta de diagnóstico llevada a cabo, de 57 empresas con procesos industriales, 30 calificaron su producción como parcialmente automatizada, 13 como totalmente manual, 13 como mayoritariamente automatizada y 1 como totalmente automatizada.

Como ejemplo de automatización de una línea de producción nacional se destaca el caso de un importante aserradero que mediante un escáner y un algoritmo inteligente analiza la superficie de láminas de madera, detecta defectos mayores a los aceptables, y activa una cuchilla para removerlos. Posteriormente un sensor mide la humedad de las láminas y estas son separadas automáticamente según su necesidad de secado.³⁴

Al ser preguntadas si utilizan “robots o máquinas con autonomía parcial o total en el mantenimiento de sus propios activos”, 7% respondió afirmativamente, 5% estar implementándolos y el resto no haberlos implementado aún. De las empresas que respondieron afirmativamente, dos pertenecen al rubro industrial y dos al rubro almacenamiento y comercio.

Finalmente, ninguna de las empresas encuestadas declaró utilizar robots o máquinas automáticas para almacenamiento ni para la carga y descarga de vehículos. En contraste con dichos resultados, ya han comenzado a llegar a Uruguay algunos sistemas automáticos de depósito. Una importante farmacéutica instalada en el país ha construido un almacén completamente automático autoportante con una capacidad mayor a 6.900 tarimas, de la mano de un proveedor de soluciones de almacenaje inteligente.³⁵ Por otra parte, una empresa uruguaya se asoció a una firma italiana para instalar farmacias robotizadas que reciben, identifican, almacenan y despachan medicamentos de manera inteligente.³⁶

Además de las mencionadas, existen en el país en el entorno de otras 8 empresas con casos conocidos de automatización relevante en sus almacenes y operaciones, mediante elementos como *sorters*, carruseles horizontales y *a-frames*, aunque aún son escasos los ejemplos a nivel nacional comparado con la realidad internacional.

³⁴ El País (2019) “La conversación inteligente que mejora procesos industriales” Último acceso en marzo de 2020

³⁵ www.mecalux.com.mx/casos-practicos/ejemplo-almacen-automatico-autoportante-mega-pharma-uruguay. Último acceso en marzo de 2020

³⁶ El País (2019) “La primera farmacia robotizada llegó al país de la mano de eMedical Group” Último acceso en marzo de 2020

En cuanto a robots logísticos, en el sentido estricto del término, no existen reportes de empresas uruguayas que ya se encuentren utilizándolos. Vale destacar que recién en los últimos tiempos las empresas más avanzadas del mundo, como Amazon, han comenzado a implementar almacenes con robots sustituyendo tareas humanas. Este tipo de soluciones solo se justifican en operaciones de enorme escala y requieren de altos niveles de inversión. Por ese motivo no es esperable que comiencen a aplicarse en Uruguay dentro del mediano plazo.

Referencias para profundizar

- **DHL (2016)** [45] **“Robotics in logistics”** Disponible en www.logistics.dhl/global-en/home/insights-and-innovation/thought-leadership/trend-reports/robotics-in-logistics.html

Realidad aumentada

Conceptos relevantes

Realidad aumentada (AR)	Es una visión en tiempo real de un ecosistema físico que ha sido aumentado o expandido agregándole información virtual generada por una computadora. Permite simplificar la experiencia de un usuario agregándole información a sus alrededores inmediatos o a una visión indirecta del mundo, como puede ser un video. [47]
Realidad virtual (VR)	Creación de un ambiente digital totalmente inmersivo que sustituye el ambiente físico del usuario. [48]
Realidad mixta (MR)	Es una mezcla del mundo real con un ambiente digital, en la cual ambos ambientes coexisten e interactúan. [48]
Wearables (usables)	Son dispositivos (como gafas o cascos) que permiten a usuarios tomar mejores decisiones en el mundo físico proporcionando información relevante y contextual en tiempo real. [48]

Origen

El concepto de realidad aumentada (AR) no es nuevo, al igual que varias de las tecnologías cubiertas en el presente informe. Pero recién en los últimos años se desarrolló la tecnología necesaria para implementarla en mayor escala, principalmente cámaras con la capacidad de analizar entornos físicos en tiempo real y relacionar posiciones entre distintos objetos. [47]

Áreas de impacto

Sector primario	Transporte	Almacenamiento
Producción	Planificación y diseño	Retail

Casos de aplicación

a) Experiencias aumentadas para retail

En el mundo del *retail*, la realidad aumentada puede ofrecer nuevas experiencias de usuario. Por ejemplo, es posible colocar digitalmente muebles en una casa, a través de la cámara de un celular o tableta. También existen espejos inteligentes que permiten probarse distintas prendas de ropa virtualmente sin necesidad de disponer de la prenda física. [49]

b) Producción

La realidad aumentada también tiene aplicaciones en la manufactura. Airbus desarrolló una aplicación que escanea partes en la línea de producción y detecta defectos, reduciendo tiempos de monitoreo y cantidad de errores [49]. Una multinacional de Brasil introdujo sistemas de AR para diseñar autopartes y realizar reingeniería de procesos. [2]

Otro uso relevante de las tecnologías de AR es la colaboración y asistencia remota por parte de expertos, guiando las acciones de un operario ubicado en el lugar donde surgió el problema mientras comparte su visualización del ambiente físico. [48]

c) Eficiencia en operaciones logísticas

BMW desarrolló una plataforma para asistir a conductores de vehículos terrestres, desplegando información de interés para la navegación en el parabrisas del vehículo como si fuera una pantalla.

La realidad aumentada también se muestra prometedora para operaciones logísticas en almacenes, principalmente para la tarea de *picking*. Un sistema de picking basado en AR (*Pick-by-vision*) consiste en un *wearable* que ofrece reconocimiento de objetos, lectura de código de barras, navegación e integración de información con el sistema de gestión de almacenamiento (WMS). Estas funcionalidades potencian el rendimiento de las personas reduciendo los tiempos de traslado y la probabilidad de cometer errores.

Además, la realidad aumentada puede mejorar el proceso de planificación de almacenes y plantas industriales, pudiendo simular en realidad mixta de las operaciones de producción, ensamblaje, etiquetado, reparación, etc. [49]

Oportunidades y dificultades



La operación asistida reduce la probabilidad de errores



Aumento del rendimiento de los operarios



Posibilidad de entrenamiento asistido



Integración con sistemas existentes de gestión de almacenes



Espacio de mejora en la robustez y confiabilidad de los actuales dispositivos de AR



Desafíos de seguridad e impacto en la salud de ciertos *wearables*

Impacto económico



El mercado global de tecnologías de realidad aumentada aumentará de USD 38 mil millones a USD 136 mil millones entre 2016 y 2021, a una tasa anual de 34%. [48]



Las operaciones de almacenamiento corresponden al 20% del total de los costos logísticos y, dentro de ellos, hasta el 55% corresponden al costo de la tarea de *picking* [50].



Pruebas realizadas en un almacén de la empresa Ricoh donde a los empleados se les dieron lentes inteligentes para optimizar las rutas de *picking* mejoraron la eficiencia de la tarea en un 25%, en base a mayor productividad y menos errores. [51]

Situación en Uruguay

La realidad aumentada es una de las tecnologías cuya aplicación para lograr eficiencias en la cadena de suministro aún se encuentra en una fase especulativa a nivel mundial. En Uruguay apenas existen algunas *startups* que desarrollaron casos de uso puntuales para educación³⁷, cultura³⁸ y arte³⁹. Otra innovación nacional que permite realizar pruebas virtuales de cosméticos a través de la cámara del celular fue adquirida en 2018 por una importante cadena de *retail* de los EEUU⁴⁰.

No se encontró documentación sobre incursiones en otras industrias. Sin embargo, 5 de las empresas encuestadas, todas dedicadas al transporte de carga, indicaron ya encontrarse utilizando realidad aumentada para asistir a sus choferes. Probablemente dichas respuestas corresponden a funcionalidades que ya vienen instaladas en algunos de los vehículos más modernos, o a capacitaciones realizadas a través de simuladores.

Referencias para profundizar

- **DHL (2014)** [49] “**Augmented reality in logistics**” Disponible en www.logistics.dhl/global-en/home/insights-and-innovation/thought-leadership/trend-reports/augmented-reality.html

³⁷ El Observador (2019) “Uruguayos proponen aprender a tocar la guitarra con realidad aumentada” Último acceso en marzo de 2020

³⁸ UyPress (2013) “Realidad aumentada: innovadora empresa uruguaya” Último acceso en marzo de 2020

³⁹ El Observador (2019) “Las fachadas del barrio Palermo cobran vida con un proyecto de realidad aumentada” Último acceso en marzo de 2020

⁴⁰ El Observador (2018) “Uruguay GlamST fue comprada por importante cadena de EEUU”

Computación en la nube (*Cloud*)

Conceptos relevantes

Cloud computing	Tecnología de procesamiento de datos en la cual los recursos y capacidad computacionales son provistos al usuario como un servicio de internet. En español se la conoce como “La nube” [52]
Infrastructure as a Service (IaaS)	Servicio online a través del cual el usuario es capaz de controlar almacenamiento y procesamiento utilizando cloud. El usuario puede controlar sistemas operativos, almacenamiento virtual y aplicaciones. [52]
Data as a Service (DaaS)	Servicio online a través del cual el proveedor del servicio provee al usuario espacio de almacenamiento en disco utilizando cloud. [52]
Software as a Service (SaaS)	Servicio online a través del cual el usuario puede utilizar las aplicaciones del proveedor, que funcionan en una infraestructura cloud. [52]

Origen

El origen del concepto se le atribuye a John McCarthy, importante informático del área de la inteligencia artificial, quien en 1960 sugirió que en un futuro los cálculos se podrían realizar a través de servicios públicos.

La idea volvió a surgir en la década de los 2000 con el crecimiento de las necesidades de las personas y empresas de expandir sus sistemas de información. Sin embargo, no fue hasta 2008 que se utilizó por primera vez el término *cloud* por el CEO de Google, Eric Schmidt, en una convención temática de internet. Hoy en día es un término ampliamente usado por diversas compañías que ofrecen estos servicios. [52]

Áreas de impacto

Sector primario	Transporte	Almacenamiento
Producción	Planificación y diseño	Retail

Casos de aplicación

a) Servicios de cloud

Ya existen varios proveedores de *cloud computing* que ofrecen servicios “en la nube” de almacenamiento, procesamiento y creación de aplicaciones web. Algunas de las ventajas de este tipo de tecnologías son la flexibilidad a la hora de escalar, seguridad, eficiencia y mayor poder de procesamiento. A su vez, existen determinados costos asociados con tener

servidores físicos propios como el mantenimiento, la amortización, el riesgo de robos, entre otros que no existen con los servicios *cloud*.

Ejemplos de este tipo de servicios son Microsoft Azure o Amazon Web Services (AWS), que ofrecen la opción de crear, administrar e implementar aplicaciones en la web. Estas aplicaciones pueden ser con los recursos y herramientas que el usuario prefiera, desde soluciones de *machine learning*, SQL, análisis de datos, entre otros. [52]

b) Plataformas B2B

Otra aplicación potencial de la tecnología *cloud* en logística son las plataformas B2B (*Negocio a negocio en inglés*) permite una mayor integración y colaboración entre los proveedores y clientes. Un ejemplo es la empresa Oracle que ofrece un servicio de *supply chain management cloud*, que hace posible colaborar en tiempo real con los demás eslabones de la cadena. Esto permite a los proveedores tener datos acerca del inventario de sus clientes, para poder realizar órdenes de reabastecimiento de manera más rápida y eficaz. También permite compartir pronósticos de demanda con los proveedores, para poder realizar compromisos de suministro de productos importantes de antemano y permitiendo que los fabricantes se preparen en caso de posibles picos de demanda o cambios en la misma. Esto genera que la cadena pueda responder de manera más ágil a las variaciones y ahorrar tiempo y dinero. [53]

c) Trazabilidad de productos

A través de la combinación de *cloud* con otras tecnologías como blockchain e internet de las cosas, se han desarrollado servicios de trazabilidad de productos a lo largo de la cadena. En las operaciones logísticas constantemente se están realizando transacciones e intercambios de información que pueden ser guardadas en la nube utilizando blockchain. También se pueden sincronizar datos acerca del estado de los productos, como la temperatura en algunos casos.

Estas plataformas B2B ofrecen la transparencia a lo largo de la cadena brindada por *cloud*, combinada con la seguridad de blockchain. De esta manera, todas las partes interesadas pueden monitorear el estado de las operaciones y confiar en que los datos sincronizados en la nube son fiables y verdaderos. [54]

Oportunidades y dificultades



Mejor control de toda la cadena de suministro a través de datos compartidos en tiempo real



Capacidad de agregar capacidad de procesamiento *on demand* aporta agilidad, flexibilidad y fácil escalabilidad



Mayor disponibilidad de recursos, lo que permite mejor nivel de servicio



Requiere excelente integración entre los servicios de cloud y los software de la cadena



Es altamente dependiente de un servicio de internet de alta calidad y fiabilidad



Problemas de seguridad y privacidad de datos

Impacto económico



Un 70% del presupuesto de IT de las empresas es absorbido por la tarea de mantener en funcionamiento los sistemas tecnológicos críticos para el negocio. Con el uso de cloud, almacenamiento más barato y tercerización se puede reducir dicho presupuesto en hasta un 20%. [35]



Las inversiones en cloud son cada vez más rentables. Según Oracle, el retorno de inversión de los sistemas cloud actualmente es 3.2 veces mayor que el de las soluciones locales. [55]

Situación en Uruguay

Prácticamente todos los casos de uso mencionados en las secciones anteriores se basan, de una forma u otra, en la computación *cloud*. En el mundo actual el almacenamiento de datos en servidores y dispositivos propios carece de sentido en la mayoría de los casos. El tamaño de los proveedores mundiales de servicios *cloud* genera una economía de escala tan potente que permite reducir enormemente los costos. A esto se le suman otros beneficios evidentes de usar la computación en la nube: el acceso remoto, compartido, la comunicación y transferencia de información en tiempo real.

El nuevo paradigma de la *supply chain* en el mundo, que se basa en transparencia, trazabilidad, información compartida y reducción de ineficiencias, es casi inconcebible sin herramientas de computación en la nube. En Uruguay se pueden destacar los ya mencionados casos de uso de Blockchain para comercio y transacciones financieras, agricultura de precisión y la nueva plataforma de IoT de Antel.

Yendo a lo más básico, según los resultados de la encuesta ya mencionada solamente 31% de las empresas aplican servicios *cloud* como Drive y SharePoint para gestionar y compartir ideas entre los miembros de la empresa. Además, apenas 14% reportó usar plataformas *cloud* para comunicarse y colaborar con proveedores y clientes.

Una tendencia disruptiva relacionada a la nube es el comercio electrónico (*e-commerce*). En relación a ello, 45% de las empresas respondientes manifestaron casi nunca comprar, y 57% casi nunca vender, a través de internet. Aun siendo estos ejemplos particulares extraídos de una muestra reducida, es claro que al sector productivo nacional le resta camino por recorrer en su transformación digital. Como fue discutido en la introducción del presente informe, un beneficio de la presente crisis que atraviesa el mundo puede ser acelerar dicho recorrido de forma forzada.

Referencias para profundizar

- **Arutyunov (2012) [52] “Cloud Computing: Its History of Development, Modern State, and Future Considerations”**
- **DHL (2019) [56] “Cloud Logistic Trend Summary”** Disponible en www.logistics.dhl/global-en/home/insights-and-innovation/thought-leadership/trend-reports/cloud-logistics.html

Digitalización: ¿dónde empezar?

En este documento se han presentado las últimas soluciones tecnológicas a nivel mundial, su utilidad y su impacto económico, así como su situación en Uruguay. Luego de asimilar esta información, resulta natural que las empresas que deseen avanzar en el camino hacia la digitalización se vean enfrentadas con la interrogante de por dónde empezar. Esta sección buscará dar luz a esta pregunta, que no es para nada sencilla de responder.

Para comenzar a abordar esta temática, se debe mencionar que la respuesta a esta pregunta no es única, sino que dependerá de la realidad actual de cada empresa, es decir de sus necesidades, si comercializa un producto o un servicio, el tipo de mercado en el que se mueve, etc. Por lo tanto, se deberá buscar una manera de clasificar a las empresas de forma que las recomendaciones realizadas aporten el mayor valor posible a cada caso particular. Debido a esto, se decidió dividir las recomendaciones en microempresas, pequeñas y medianas empresas (PYMEs) y grandes empresas. Esta decisión también se justifica debido a que en la encuesta se observó que el grado de digitalización de las empresas es muy sensible al tamaño de las mismas.

Estas recomendaciones también buscarán contribuir al desarrollo de un centro de demostración cuyo objetivo será generar conocimiento sobre la aplicación de soluciones digitales al sector logístico. El concepto consiste en crear un espacio interactivo equipado con una variedad de tecnologías como aplicaciones, equipos de última generación y automatismos, donde se puedan realizar eventos demostrativos, actividades de networking, capacitaciones y/o cursos de manera más eficaz. La idea de dicho centro está planteada como parte del mismo programa en el que se enmarca la presente consultoría, impulsado por ANII. Sin embargo, se recomienda evaluar detenidamente, si la necesidad de un centro de demostración en Logística 4.0, debería ser un espacio físico o por el contrario, un entorno virtual, donde es viable incluir la mayoría de las recomendaciones ya que están basadas en software, así como actuar como Marketplace entre los proveedores de tecnologías y aquellos que la necesitan.

Para capacitar a cada tipo de empresa, se recomendará una tecnología por cada uno de los tres procesos con menor puntaje de digitalización obtenido en la encuesta. Dentro de cada proceso, las recomendaciones se harán por subproceso. Se intentará incluir las tecnologías que añadan mayor valor en el camino de digitalización de cada empresa. Cabe aclarar que estas son simplemente recomendaciones en base a las necesidades observadas en la encuesta para cada tipo de empresa y que se deberá estudiar más adelante cómo llevar estas tecnologías recomendadas a la práctica de una manera concreta. Por lo tanto, puede que haya tecnologías no mencionadas en esta sección que también valga la pena investigar por parte de las empresas.

Microempresas

Según los resultados de la encuesta, las microempresas son las que presentaron un menor nivel de adopción de tecnologías. Particularmente, los tres procesos que presentaron menor puntaje en este tipo de empresas fueron “Entrega” (1.3 puntos de 5), “Planificación y Estrategia” (1.6 puntos de 5) e “Innovación y Diseño” (1.7 puntos de 5). Sin embargo, debido a que “Producción” obtuvo un puntaje levemente mayor que “Innovación y Diseño” (1.7 puntos de 5) y que este es el proceso con menor adopción en todo tipo de industrias, se considera de mayor relevancia incluir el proceso de “Producción” para una microempresa en su lugar.

Planificación y estrategia

Particularmente, en el proceso “Planificación y Estrategia” las microempresas presentaron un puntaje de 1.6 de un total de 5.

Dentro de este proceso, el subproceso con menor grado de digitalización es “Gestión del negocio”, que a su vez es sumamente importante para los objetivos de toda empresa. En este subproceso, un 85% de las empresas presentaron un nivel bajo y tan sólo un 8% un nivel medio. El nivel bajo en este subproceso representa a aquellas empresas que no poseen ningún software de gestión o que se gestionan mediante hojas de cálculo Excel sin ningún formato estándar. A su vez, el nivel medio consiste en el uso de un software de gestión en algún área en particular u hojas Excel con un formato estandarizado y funciones en común. Este tipo de tecnología es totalmente accesible a cualquier empresa que utilice Excel actualmente y la única inversión requerida serían las horas necesarias para crear las hojas estándar. También es importante destacar que, en caso de no utilizarse actualmente en la empresa, este software se puede adquirir a un precio muy accesible y es relativamente más fácil de aprender a usar que otras herramientas.

Por lo tanto, se recomienda en primer lugar incluir esta tecnología en el centro de demostración a través de ejemplos de hojas de cálculo estándar visualizadas en una computadora o *tablet*, donde se pueda ver el potencial y la utilidad que ofrece. También se puede complementar con algún ejemplo con datos de una empresa ficticia, para simular su uso y poder interactuar con ella.

Entrega

Dentro de este proceso todas las microempresas encuestadas presentaron un nivel bajo de digitalización en tres de los subprocesos. Estos son: “Gestión de almacenes e inventarios de productos terminados”, “Gestión de ventas y comunicación con clientes” y “Recepción y procesamiento de órdenes y pedidos”. Si bien todos estos subprocesos tienen su importancia, se plantea una recomendación para el segundo, debido a que aplica a la inmensa mayoría de las empresas y resulta clave para cualquier tipo de negocio.

En este subproceso, el nivel bajo corresponde a realizar la gestión de ventas y comunicación con clientes utilizando registros en papel y hojas de cálculo Excel. El nivel siguiente de digitalización (medio) corresponde a utilizar un sistema de gestión de clientes (CRM) estándar, con funcionalidades limitadas. En este caso, para las empresas la inversión es el software correspondiente y las horas de capacitación en la herramienta.

Para capacitar a las microempresas en este subproceso se sugiere instalar en el centro de demostración una *tablet* o PC para demostrar cómo se utiliza un software de este tipo y en qué consiste, resaltando su impacto en su negocio.

Producción

En este proceso, los peores dos subprocesos en puntaje están relacionados con utilización de impresión 3D, lo cual es lógico por no tratarse de una tecnología ampliamente difundida en la actualidad y aún requerir cierto nivel de inversión inicial. El subproceso siguiente en nivel de digitalización es “Monitoreo y control de los procesos de producción”.

En este último subproceso, 80% de las microempresas registraron un nivel bajo de digitalización y sólo 10% un nivel medio. En este caso, el nivel bajo de digitalización corresponde a realizar controles y registros manuales, generando que la recuperación de

información histórica de rendimientos sea costosa en tiempo y esfuerzo. En cambio, el nivel medio corresponde a la implementación de un sistema de retroalimentación, supervisión y control centralizado, también denominado SCADA. Esto permite tener un control mucho más seguro y estable de las condiciones de producción, así como acceder a información histórica de valores relevados. También facilita la detección de fallas de manera anticipada y la tarea de supervisión.

Para implementar esta tecnología en el centro de demostración simplemente se puede montar un SCADA en una tablet o computadora, que permita a los usuarios interactuar con la información mostrada sobre un proceso ejemplo y de esa manera demostrar su utilidad. También podría analizarse otros sistemas novedosos para la captura y monitorización de información de producción.

PYMEs

En este tipo de empresa los tres procesos con menor puntaje fueron “Compras” (2.2 puntos de 5), “Producción” (1.8 puntos de 5) e “Innovación y diseño” (1.4 puntos de 5).

Compras

El subproceso con menor nivel de adopción de tecnologías fue “Realización de órdenes y pedidos”, donde un 65% de las empresas presentó un nivel bajo y un 23% un nivel medio. El nivel bajo corresponde a realizar los pedidos mediante comunicación telefónica o por correo electrónico sin ningún sistema de gestión de órdenes, mientras que el nivel medio implica la utilización de cualquier sistema de gestión de órdenes con funcionalidades limitadas.

La comunicación telefónica es un medio de comunicación con un alto nivel de obsolescencia debido a que, a menos que se graben las conversaciones, no se mantiene un registro fiel de los pedidos realizados. Esto puede generar grandes problemas en caso de faltantes en el pedido, que generará sobrecostos debido al trabajo requerido para rectificar el pedido y hasta puede llegar a parar la producción si se trata de un insumo muy importante para la empresa. A su vez, esta comunicación no genera garantías en caso de reclamar al proveedor por este tipo de inconvenientes.

El correo electrónico puede prevenir parte de estos errores. Sin embargo, su gestión sigue siendo complicada en caso de tener muchos pedidos en paralelo. Se torna compleja la gestión de fechas de entrega, pagos, etc. Por eso, es altamente recomendable en empresas con un alto número de pedidos de materiales e insumos la utilización de un software especializado para ello. Debido a que esta tecnología es un software, es posible crear un demo⁴¹ para capacitar en el centro de demostración, donde se puedan mostrar ejemplos y de esa manera evidenciar su utilidad y potencial.

Producción

Dentro de este proceso, uno de los subprocesos con menor nivel de digitalización fue “Planificación de la producción a corto plazo”. Un 76% de las PYMEs presentó un nivel bajo, un 20% un nivel medio y tan sólo un 4% un nivel alto. El nivel bajo en este subproceso

⁴¹ Un demo es un programa informático de demostración que por lo general es una versión reducida del software a demostrar, que tiene por finalidad utilizarlo y evaluarlo antes de invertir en su versión completa.

corresponde a empresas que no utilizan ningún software especializado para planificar la producción a corto plazo, mientras que el nivel medio utiliza herramientas de software especializadas como MRPs⁴² básicas con indicadores de rendimiento generados manualmente o software para programación avanzada de producción.

La utilización de este tipo de software permite reducir los inventarios, así como los tiempos de producción y entrega. Esto permite reducir los costos y aumenta la flexibilidad de la empresa para responder frente a cambios en el entorno como aumentos en la demanda de manera eficiente.

Al igual que en algunas recomendaciones anteriores, este tipo de tecnología podría ser demostrada utilizando tablets o computadoras con un demo de un MRP. Se puede realizar una simulación de producción con datos de ejemplo y que los participantes comprueben el potencial de estas herramientas.

Innovación y diseño

En la actualidad es cada vez más frecuente el concepto de innovación como una clave para el desarrollo de las empresas y su distinción de la competencia. Esto cobra una importancia particular en el mundo de las PYMEs donde generalmente las empresas no invierten lo suficiente en este punto, lo cual permite a las que sí lo hagan diferenciarse de sus competidores y posicionarse en un nivel superior frente a los clientes. También se suele decir que el que no mejora sus procesos a la larga no podrá sobrevivir debido a que la competencia sí lo hará, lo cual refuerza el concepto de importancia en la innovación permanente.

Dicho esto, el subproceso más importante en este aspecto es “Registro y presentación de ideas innovadoras”. En el mismo, un 67% de las PYMEs presenta un nivel bajo de digitalización y un 33% un nivel medio, mientras que no se registraron niveles altos.

El nivel bajo corresponde a empresas que registran las ideas en papel y documentos digitales como Excel y Word. En este nivel es complicado trabajar en equipo, lo cual resulta totalmente relevante para este tipo de tareas. La mayoría de las técnicas de innovación utilizadas por empresas se basan en prácticas en las cuales cada persona se nutre de las ideas de los demás y se potencia la creatividad e innovación de los miembros del equipo.

Para esto se pueden utilizar las tecnologías del nivel medio en este subproceso, que son servicios en la nube como Google Drive o Sharepoint, que permiten colaborar en tiempo real sobre todo tipo de archivos. Esto agrega una ventaja extra que es tener respaldada la información en la nube. Se podría también incluir software específico de gestión de la innovación, recomendación para la certificación del proceso de innovación, así como capacitación básica asincrónica en metodologías como Design Thinking o SCRUM por mencionar algunas.

Grandes empresas

En el caso de las grandes empresas, los procesos que registraron los menores niveles de digitalización fueron “Entrega” (3.0 puntos de 5), “Producción” (2.1 puntos de 5) e “Innovación

⁴² Un MRP (o planificación de los materiales en español) es un software especializado utilizado, principalmente para tareas de planificación y administración, que tiene como principal función gestionar las necesidades de materiales requeridos por la producción en el tiempo y cantidad adecuados para cumplir con la demanda de los clientes.

y diseño” (1.9 puntos de 5). Como se puede observar, los niveles de digitalización registrados fueron notoriamente mayores que en las microempresas y en las PYMEs.

Entrega

Los únicos dos subprocesos donde las grandes empresas presentan un nivel bajo de digitalización son “Utilización de Blockchain para gestión de contratos, documentación o recibo y realización de pagos” y “Ventas en la empresa”. Debido a que Blockchain es una tecnología que todavía no ha alcanzado una madurez considerable en el mercado, es entendible que las empresas no lo hayan implementado en su gran mayoría ni piensen en hacerlo por el momento. Sin embargo, las ventas representan un subproceso de vital importancia y las tecnologías utilizadas son más accesibles actualmente para las empresas.

Un 52% de las grandes empresas presentó un nivel bajo en este subproceso, que corresponde a empresas que nunca o casi nunca realiza a través de internet, mientras que un 36% contestó realizar parte de sus ventas a través de internet. Sólo un 11% realiza sus ventas principalmente por internet. Para capacitar a las empresas en este punto, se pueden organizar talleres o cursos sobre e-commerce, en donde se exprese el impacto que este modo de comercialización ha tenido en las ventas de grandes empresas a nivel mundial y para mostrar la importancia que tiene hoy en día para poder ser competitivo. A su vez, se debe facilitar información sobre la infraestructura necesaria y los cambios que implica la venta on-line en la configuración de la cadena de entrega.

Producción

Los dos subprocesos con menor puntaje dentro de este proceso tienen que ver con la utilización de impresión 3D tanto para fabricación de piezas para venta como para mantenimiento de equipos. Ninguna empresa registró utilizar actualmente impresión 3D para los usos mencionados, sin embargo, un 21% contestó que planea implementarla para piezas a ser comercializadas y un 15% para mantenimiento.

Estos bajos porcentajes de implementación tienen sentido considerando que es una tecnología que actualmente es relativamente cara y todavía no es una práctica común en el mercado. Sin embargo, puede ser conveniente incluir en el centro de demostración una impresora 3D para demostrar su uso de manera presencial, debido al deseo de implementarla de una parte de las empresas. A su vez, esta tecnología tiene la ventaja de ser físicamente tangible, lo cual facilita la realización de demostraciones en el centro.

Por último, el siguiente subproceso con menor puntaje fue “Utilización de robots o máquinas con autonomía total o parcial en el movimiento de los activos”. En este caso, sólo un 7% de las grandes empresas contestó estar utilizando actualmente esta tecnología, mientras que un 33% prevé implementarla y un 60% no la utiliza ni prevé implementarla. Esta tecnología también puede incluirse en el centro de demostración, especialmente para mostrar la diferencia en productividad frente al trabajo manual en ciertas operaciones. Nuevamente posee la ventaja, al igual que la imprenta 3D, de ser una tecnología que es fácilmente demostrable por ser tangible físicamente.

Innovación y diseño

Para la innovación y diseño, el subproceso con menor grado de digitalización fue “Utilización de imprenta 3D para generar prototipos”, donde nuevamente se registra que ninguna empresa de las encuestadas la utiliza actualmente y sólo un 21% prevé implementarla. En este caso en el centro de demostración ya se recomendó en el proceso anterior implementar una

impresora 3D, por lo tanto, se recomendará otra tecnología para el siguiente subproceso con menor puntaje: "Diseño".

En este caso, sólo un 6% de las grandes empresas presentó un alto nivel de digitalización, donde un alto nivel corresponde a utilizar una plataforma compartida con las partes involucradas en el diseño, con funcionalidades de análisis y pronóstico utilizando inteligencia artificial. Mientras tanto, un 45% presentó un nivel medio que representa utilizar algún sistema de desarrollo vinculado al ERP, con registro y seguimiento de requisitos.

Para demostrar esta tecnología, al igual que en varias de las ya mencionadas, se puede armar un demo de un software de este estilo que permita que los usuarios lo prueben y entiendan sus funcionalidades y potencial. Para esto se pueden utilizar *tablets* o computadoras, así como brindar cursos y capacitaciones.

Conclusiones

En este informe se desarrolló, en primer lugar, un mapeo de las últimas soluciones digitales en el sector logístico internacional. Se puede concluir que, si bien muchas de las tecnologías están en fase de desarrollo y se encuentran todavía lejos de estar maduras en el mercado y en la industria, sin duda su implementación a nivel masivo en el futuro generará un cambio radical en la mayoría de las operaciones de la cadena de suministro. Será cuestión de tiempo que se sigan desarrollando para alcanzar el punto de madurez y accesibilidad que permitirá su implementación mediante un nivel razonable de inversión y una alta confiabilidad.

A su vez, a raíz de las tecnologías estudiadas en el marco internacional se pudo presentar la realidad uruguaya en cuanto a su implementación. En base a esto se observó que, si bien ninguna de ellas ha penetrado de forma generalizada en la cadena de suministro nacional, para todas se encontraron distintas iniciativas de implementación. Este es un panorama que permite el optimismo, ya que deja manifiesto que un conjunto interesante de empresas tiene la mirada puesta en el futuro y está esforzándose por avanzar hacia la implementación de las tecnologías más avanzadas.

Sin embargo, en contraste con esta perspectiva, la encuesta realizada en el marco de este proyecto revela una realidad diametralmente distinta para la generalidad del conjunto de empresas. En primer lugar, se registró que la mayoría de las empresas no perciben la falta de digitalización como un problema clave en sus empresas. Además, particularmente en MiPyMEs, se observaron niveles de digitalización por proceso más bajos que los esperados. Este grupo de empresas es predominante dentro del país, por lo que los resultados del presente estudio deberían motivar la reflexión y la acción.

En particular, es importante facilitar herramientas de sensibilización y capacitación a técnicos y empresarios, ya que el desarrollo de los procesos de transformación digital de las empresas del sector productivo trae, necesariamente, un desarrollo de la economía nacional. Con este fin, en base a los niveles expuestos en la encuesta para cada tipo de empresa, se realizaron recomendaciones acerca de qué tecnologías incluir en un centro de demostración propuesto como parte del presente programa, que consistiría en un espacio (físico o virtual) de capacitación interactiva donde se podrán realizar cursos, demostraciones y talleres de manera ágil y eficaz.

El camino hacia la digitalización deberá tener como pilar el brindar información rigurosa y confiable a las empresas sobre las herramientas disponibles, para fomentar la inversión en nuevas tecnologías y comunicar su potencial retorno de inversión. De esta manera, la mejora en la productividad y la eficiencia impulsada por la *supply chain 4.0* impulsará la economía y competitividad nacional frente a los países de la región y el mundo.

Referencias

- [1] OPP, «Las TICs en el Uruguay del Futuro,» 2020.
- [2] BID, «Cadena de suministro 4.0. Mejores prácticas internacionales y hoja de ruta para América Latina,» 2019.
- [3] BID, «Monitoring and assessing the impact of Supply Chain 4.0 in Latin America,» 2019.
- [4] Council of Supply Chain Management Professionals, *Supply chain management glossary and terms*, 2013.
- [5] World Economic Forum, «Supply Chain 4.0. Global practices and lessons learned for Latin America and the Caribbean,» 2019.
- [6] World Trade Organisation, «Understanding Supply Chain 4.0 and its potential impact on global value chains,» 2019.
- [7] H. Lasi, P. Fettke, H. Kemper, T. Feld y M. Hoffman, «Industry 4.0,» *Business & Information Systems Engineering*, vol. 6, nº 4, pp. 239-242, 2014.
- [8] DHL, «Logistics trend radar,» 2019.
- [9] DHL, «Blockchain In Logistics,» 2018.
- [10] BID, «Blockchain. Cómo desarrollar confianza en entornos complejos para generar valor de impacto social,» 2018.
- [11] S. Nakamoto, «Bitcoin: a peer-to-peer electronic cash system,» 2008.
- [12] BID, «Future of logistics,» 2019.
- [13] N. Hackius y M. Petersen, «Blockchain in logistics and supply chain: Trick or treat?,» de *Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics*, 2017.
- [14] IDC, «Worldwide Spending on Blockchain Forecast to Reach \$11.7 Billion in 2022, According to New IDC Spending Guide,» Julio 2018. [En línea]. Available: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS44150518>. [Último acceso: Noviembre 2019].
- [15] Gartner, «Forecast: Blockchain Business Value, Worldwide, 2017-2030,» 2017.
- [16] World Economic Forum, «Enabling Trade. Valuing Growth Opportunities,» 2013.
- [17] Cointelegraph, «Estudio: Blockchain ahorrará USD 450,000 millones en costes de la cadena de suministro en Europa Occidental,» Diciembre 2019. [En línea]. Available: <https://es.cointelegraph.com/news/study-blockchain-to-save-450b-in-supply-chain-costs-in-western-europe>. [Último acceso: Diciembre 2019].
- [18] Banco Mundial, «Ease of doing business in Uruguay,» 2019. [En línea]. Available: https://www.doingbusiness.org/en/data/exploreeconomies/uruguay#DB_tab. [Último acceso: 11 2019].

- [19] OECD, «Global trade in fake goods worth nearly half a trillion dollars a year,» Abril 2016. [En línea]. Available: <http://www.oecd.org/newsroom/global-trade-in-fake-goods-worth-nearly-half-a-trillion-dollars-a-year.htm>. [Último acceso: Noviembre 2019].
- [20] International Trade Administration, «Top Markets Report Pharmaceuticals. Overview and key findings.,» 2016.
- [21] M. Attaran, «Additive Manufacturing: The Most Promising Technology to Alter the Supply Chain and Logistics,» *Journal of Service Science and Management*, pp. 189-205, 2017.
- [22] DHL, «3D printing and the future of supply chains,» 2016.
- [23] Wohlers, «Wohlers report 2015. Additive manufacturing and 3D printing state of the industry,» 2015.
- [24] Wohlers, «Wohlers Report 2019. Additive manufacturing and 3D printing state of the industry,» 2019.
- [25] D. Thomas, «Costs, Benefits, and Adoption of Additive Manufacturing: A Supply Chain Perspective,» *International Journal of Advanced Manufacturing*, 2015.
- [26] DHL, «Internet of Things in Logistics,» 2015.
- [27] IDC, «IDC Forecasts Worldwide Spending on the Internet of Things to Reach \$745 Billion in 2019, Led by the Manufacturing, Consumer, Transportation, and Utilities Sectors,» Enero 2019. [En línea]. Available: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS44596319>. [Último acceso: Noviembre 2019].
- [28] McKinsey, «The Internet of Things: Mapping the value beyond the hype,» 2015.
- [29] TotalTrax, «How Bobcat used SmartLIFT technology to boost warehouse performance,» Septiembre 2014. [En línea]. Available: <http://info.totaltraxinc.com/blog/how-bobcat-used-smartlift-technology-to-boost-warehouse-performance>. [Último acceso: Noviembre 2019].
- [30] A. Gandomi y M. Haider, «Beyond the hype: Big data concepts, methods and analytics,» *International Journal of Information Management*, nº 35, pp. 137-144, 2015.
- [31] DHL, «Big Data in Logistics,» 2013.
- [32] Statista, «Big data and business analytics revenue worldwide 2015-2022,» 2019. [En línea].
- [33] J. Manyka, M. Chui, B. Brown, J. Bughin, R. Dobbs, C. Roxburgh y A. Hung Byers, «Big data: The next frontier for innovation, competition and productivity,» 2011.
- [34] DHL, «Artificial intelligence in Logistics,» 2018.
- [35] Deloitte, «Tech Trends,» 2019.
- [36] J. Goepfert y M. Shirer, «Worldwide Cognitive Systems and Artificial Intelligence Revenues Forecast to Surge Past \$47 Billion in 2020, According to New IDC Spending Guide,» *Channel Pro Network*, 2016.
- [37] Deloitte, «State of AI in the enterprise,» 2018.
- [38] DHL, «Self-driving vehicles in logistics,» 2014.

- [39] Real Academia Española, «Sitio web oficial de la Real Academia Española,» [En línea]. Available: <http://www.rae.es/>.
- [40] TNO Mobility and Logistics, «Truck platooning: driving the future of transportation,» 2015.
- [41] DHL, «Unmanned aerial vehicles in logistics,» 2014.
- [42] Ertico, «Study of the scope of Intelligent Transport Systems for reducing CO2 emissions and increasing safety of heavy goods vehicles, buses and coaches,» 2016.
- [43] Statista, «Projected commercial drone revenue worldwide 2016-2025,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.statista.com/statistics/607922/commercial-drone-market-revenue-worldwide-projection/>.
- [44] P. Coiffet y M. Chirouze, *An Introduction to Robot Technology*, McGraw-Hill, 1983.
- [45] DHL, «Robotics in logistics,» 2016.
- [46] Statista, «Size of the global market for industrial and non-industrial robots between 2018 and 2025,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.statista.com/statistics/760190/worldwide-robotics-market-revenue/>.
- [47] J. Carmigniani y B. Furht, «Augmented reality: An overview,» de *Handbook of Augmented Reality*, New York, Springer, 2011, pp. 3-46.
- [48] Deloitte, «Exponential technologies in manufacturing,» 2018.
- [49] DHL, «Augmented reality in logistics,» 2014.
- [50] R. de Koster, T. Le-Duc y K. Roodbergen, «Design and control of warehouse order picking: a literature review,» *European Journal of Operational Research*, vol. 182, nº 2, pp. 481-501, 2007.
- [51] PwC, «Industry 4.0. How digitalization makes the supply chain more efficient, agile and customer-focused,» 2016.
- [52] V. V. Arutyunov, «Cloud Computing: Its History of Development, Modern State, and Future Considerations,» 2012.
- [53] Oracle, «Gestión de la cadena de suministro: SCM / Oracle España,» [En línea]. Available: <https://www.oracle.com/es/applications/supply-chain-management/>. [Último acceso: 11 Febrero 2020].
- [54] Oracle, «Blockchain for Business,» [En línea]. Available: <https://www.oracle.com/a/ocom/docs/cloud/cloud-essentials-blockchain-for-the-enterprise.pdf>. [Último acceso: Febrero 2020].
- [55] Oracle, «Cloud now delivers 3.2 times more ROI,» 2017.
- [56] DHL, «Cloud Logistics Trend Summary,» 2019.