



Lámpsakos

ISSN: 2145-4086

Universidad Católica Luis Amigó

Vega Rodríguez, Leidy; Gaviria, Fabio Andrés; Botero, Luz Eugenia
La interactividad y la conectividad al servicio de la industria de la confección
Lámpsakos, núm. 22, 2019, Julio-Diciembre, pp. 106-122
Universidad Católica Luis Amigó

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3071>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=613964509010>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UAEM redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

La interactividad y la conectividad al servicio de la industria de la confección

Interactivity and connectivity at the service of the clothing industry

Leidy Vega Rodríguez*

Fabio Andrés Gaviria**

Luz Eugenia Botero***

(Recibido el 21-12-2018. Aprobado el 05-04-2019)

Estilo de citación de artículo:

L. Y. Vega, F. A. Gaviria, y L. E. Botero, "La interactividad y la conectividad al servicio de la industria de la confección", *Lámpsakos*, (22), pp. 106-122 (julio-diciembre, 2019). doi: 10.21501/21454086.3071

Resumen

Los rápidos avances en la industrialización e informatización han estimulado el desarrollo de procesos automáticos, precisos y sostenibles. La Industria 4.0 representa la evolución tecnológica integrada a los sistemas ciberfísicos, que combina sensores inteligentes, inteligencia artificial y análisis de datos para optimizar la fabricación en tiempo real. En este documento se explora el panorama de las nuevas tecnologías en el ámbito de la Industria 4.0, con la intención de brindar una perspectiva diferente que permita mejorar las técnicas tradicionales de desarrollo y fabricación de prendas de vestir y que facilite la respuesta permanente y rápida a los retos que se presentan en el mundo empresarial mediante la toma de decisiones inteligentes y responsables. El uso de tecnologías como Big Data o Cloud brinda la oportunidad de optimizar las operaciones y proporcionar valor agregado al integrar productos y servicios si se considera que se tiene una cadena de valor más compleja, canales digitales cada vez más importantes y un cliente más exigente. Muchas empresas del sector de la confección han adoptado estas tecnologías disruptivas, comprobando que tienen un profundo impacto en términos de productividad, calidad y servicio. Sin embargo, la falta de herramientas poderosas representa un obstáculo importante para explotar todo su potencial.

Palabras clave: Procesos automatizados; Industria de la confección; Análisis de datos; Economía digital; Industria 4.0; Sistemas de producción; Productividad; Optimización; Tecnologías disruptivas y emergentes; Tecnologías de la información y la comunicación.

* Ingeniera Química, Servicio Nacional de Aprendizaje, Sena. Centro de Formación en Diseño, Confección y Moda. Integrante del grupo de investigación INAMOD. Itagüí-Antioquia. Colombia. Contacto: lyvega@sena.edu.co, ORCID: 0000-0002-0799-5990.

** Diseñador industrial con énfasis en Moda, Servicio Nacional de Aprendizaje, Sena. Centro de Formación en Diseño, Confección y Moda. Integrante del grupo de investigación INAMOD. Itagüí-Antioquia. Colombia. Contacto: fgaviria@sena.edu.co, ORCID: 0000-0003-1434-8940.

*** Especialista en Gerencia del Desarrollo del Talento Humano. Administradora de Negocios, Servicio Nacional de Aprendizaje, Sena. Centro de Formación en Diseño, Confección y Moda. Integrante del grupo de investigación INAMOD. Itagüí-Antioquia. Colombia. Contacto: lboteros@sena.edu.co, ORCID: 0000-0002-6151-0480.

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3071>

Abstract

Rapid advances in industrialization and computerization have stimulated the development of automatic, precise and sustainable processes. Industry 4.0 represents the technological evolution integrated into cyberphysical systems, combining intelligent sensors, artificial intelligence and data analysis to optimize real-time manufacturing. This paper explores the panorama of new technologies in the field of Industry 4.0, with the intention of providing a different perspective, to improve traditional clothing development and manufacturing techniques and to facilitate a permanent and rapid response to the challenges facing the business world, through intelligent and responsible decision-making.

Using technologies like Big Data or Cloud provides the opportunity to optimize operations and provide added value by integrating products and services, considering that you have a more complex value chain, increasingly important digital channels and a more demanding customer. Many garment companies have adopted these disruptive technologies, proving that they have a profound impact in terms of productivity, quality and service. However, the lack of powerful tools is a major obstacle to exploiting their full potential.

Keywords: Automated processes; Clothing industry; Data analysis; Digital economy; Industry 4.0; Production systems; Productivity; Optimization; Disruptive and emerging technologies; Information and communication technology.

1. NOMENCLATURA

AI: Inteligencia Artificial

IoT: Internet de las cosas

RFID: Sistemas de identificación por radiofrecuencia

TIC: Tecnologías de la información y la comunicación

2. INTRODUCCIÓN

El sector confección se encuentra ante un panorama de cambio en sus modelos de producción y distribución, producto de la evolución científico-tecnológica inmersa en la Cuarta Revolución Industrial (Industria 4.0) que lo ha motivado a convertirse en incubadoras de tecnologías en las que prevalecen principalmente: la digitalización (sistemas de información para la gestión y la planificación de producción), la automatización (sistemas para la adquisición de datos de las líneas de producción y el uso de máquinas) y el intercambio automático de datos (cadena de suministro integral), con el fin de lograr la personalización de los productos, un mejor aprovechamiento de los materiales y la rapidez de entrega al consumidor final, garantizando que los procesos sean confiables, autónomos, precisos, sostenibles y libres de fallas [1]–[2].

La Industria 4.0 representa la tendencia actual de las tecnologías de automatización en la industria manufacturera, centrada en la digitalización de extremo a extremo y la integración de los ecosistemas industriales digitales mediante la búsqueda de soluciones completamente integradas [3]. Las tecnologías inmersas en la industria 4.0 son capaces de monitorear procesos físicos, crear el llamado *gemelo digital* (o cibernético) del mundo físico y tomar decisiones inteligentes a través de la comunicación y la cooperación con los diversos recursos de fabricación: humanos, máquinas, materiales, sensores, etcétera, lo que permite la optimización de la fabricación en tiempo real [4], [3]. De esta manera se logra una integración y ampliación de los procesos de fabricación en los

ámbitos intra e interorganizacional, lo que permite la transformación de las cadenas de valor de la industria y los modelos de negocio [3], [5].

Bajo este contexto, muchas empresas enfrentan el desafío de evaluar la diversidad de desarrollos y conceptos resumidos bajo el término Industria 4.0 y desarrollar sus propias estrategias corporativas para convertirse en empresas digitales líderes. Sin embargo, las empresas están limitadas por no tener el conocimiento suficiente para la adopción de estas tecnologías disruptivas, por lo que prefieren no implementarlas tan pronto para no cometer errores. De lo anterior se deriva otro reto, que dependerá en gran medida de la capacidad de las empresas y los gobiernos para mejorar la preparación técnica de las tecnologías; se trata de educar la fuerza laboral calificada necesaria, fomentar la difusión y adopción inclusivas, garantizar la disponibilidad de la infraestructura subyacente y abordar los problemas de ciberseguridad [6].

Para comprender completamente cómo la industria de la confección puede adoptar las tecnologías de la Industria 4.0, este documento proporciona una revisión de temas asociados como la fabricación en la nube, la fabricación habilitada para Internet of Things (IoT), Big Data y otras tecnologías relacionadas. Así mismo, se presentan los desarrollos actuales y las oportunidades futuras que existen en el apasionante campo de la Industria 4.0. Para este análisis, las tecnologías fueron agrupadas en dos categorías que hacen énfasis en informatización y digitalización: conectividad e informática y analítica e inteligencia, con base en el mapeo tecnológico realizado por el Foro Económico Mundial [6].

Conectividad e informática

La aparición de la Industria 4.0 representa un cambio fundamental en la forma de desarrollar, implementar, escalar y actualizar los servicios de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Actualmente,

el uso de las tecnologías de procesamiento y almacenamiento de información digital se han intensificado debido a la necesidad latente de crear, transformar y redefinir las relaciones entre la empresa y los clientes, como respuesta a las rápidas dinámicas de consumo.

Las máquinas inteligentes, los sensores y los sistemas de almacenamiento se encuentran dentro de las tecnologías capaces de intercambiar información de forma autónoma, desencadenar acciones y controlarse entre sí de forma independiente, para crear operaciones más eficientes, mejorar la calidad de los productos y aumentar la efectividad y la eficiencia operativa general a lo largo de la cadena de suministro.

Cloud computing

La computación en la nube es una tecnología disruptiva con la que se accede a un conjunto compartido de recursos informáticos; es utilizada para realizar tareas de computación complejas a gran escala, independientemente de la ubicación y el dispositivo utilizado, convirtiéndose en un medio de bajo costo para entregar soluciones rápidas al mercado en operaciones y servicios de misión crítica, al trasladar la informática y los datos a grandes centros de datos [7]. De esta manera se logra abarcar una gama de funciones de las TIC desde almacenamiento y computación hasta servicios de base de datos y aplicaciones [8].

El Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST por sus siglas en inglés) define la computación en la nube como:

un modelo para permitir el acceso a la red ubicuo, conveniente y bajo demanda a un grupo compartido de recursos informáticos configurables (por ejemplo, redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios) que pueden suministrarse y proyectarse rápidamente con un mínimo esfuerzo de gestión o interacción del proveedor de servicios [9].

Para entender un poco más el concepto de la computación en la nube, considere su experiencia con un correo electrónico, bien sea Yahoo!, Gmail, Hotmail, etcétera [10]. Cuando desea acceder a su correo electrónico, abre su navegador web, va al sitio web del correo electrónico e inicia sesión. La parte más importante de la ecuación es tener *acceso a Internet*. Su correo electrónico no se encuentra en su computadora física; accede a este desde cualquier lugar a través de una conexión a Internet. Con la computación en la nube no solo se accede al correo electrónico, sino a la información que se desee dentro de la nube. En resumen, como expresaron Damodaram & Ravindranath [11]:

Cloud Computing es más que una tecnología. Es más que una plataforma. Es más que solo un proveedor de alojamiento. Es más que solo una aplicación alojada como un servicio. Es más que proporcionar servicios de almacenamiento en Internet. Es una combinación de todo lo anterior, utilizando diferentes protocolos estándares de Internet como HTTP, SOAP, REST y XML.

Compañías como Google, Amazon, Facebook y Microsoft se esfuerzan por proporcionar plataformas más potentes, confiables y rentables, para brindar un servicio [8]; mientras tanto, las empresas buscan remodelar sus modelos comerciales para obtener beneficios de este nuevo modelo de servicios. Dentro de los beneficios que ofrece esta tecnología se encuentran [7], [12], [13] : 1) acceso a información a través de cualquier dispositivo con conexión a Internet; 2) optimización de la utilización de recursos de *hardware* y *software*; 3) escalabilidad; 4) infraestructuras flexibles y escalables que permitan una rápida implementación; 5) recuperación de desastres a bajo costo y soluciones de almacenamiento de datos; 6) transformación del departamento de las TIC (enfoque en innovación vs. mantenimiento e implementación); 7) mayor disponibilidad de aplicaciones de alto rendimiento para pequeñas y medianas empresas.

La computación en la nube ha hecho presencia cada vez más poderosa en la industria de la moda. De tal manera, se considera que las industrias de la

confección se caracterizan por tener ciclos de vida cortos, demanda impredecible, distribución rápida, preferencias erráticas de los clientes y compras impulsivas, dificultades para realizar operaciones comerciales transfronterizas y estancamiento de las condiciones económicas [11], [14], las aplicaciones en la nube proporcionan servicios útiles para simplificar las operaciones comerciales, reducir las operaciones de las TIC y los costos de gestión y liberar recursos críticos y presupuestos para proyectos innovadores discrecionales. El desafío principal del sector radica en conectar los procesos de la cadena de suministro a la nube, lo cual se obtiene por medio del intercambio de información y conocimientos, la integración de aplicaciones y la alineación de procesos, mejorando así la capacidad de una empresa para ofrecer soluciones técnicas rápidamente [15], [16]. Por ello, hoy día existen sistemas de computación basados en Internet, diseñados especialmente para la planificación de la producción, la gestión de materias primas, el cálculo de costos, el procesamiento de pedidos, el muestreo, el control de la preparación del pedido y la entrega final del producto [11].

Se espera que el mercado mundial de servicios en la nube crezca un 17,3 % en el 2019 hasta un total de \$206,2 billones, frente a los \$175,8 billones en el 2018. Para el año 2018, Gartner prevé un crecimiento del mercado del 21%, frente a los 145,3 mil millones de dólares obtenidos en el 2017 [17].

Si una empresa está considerando el uso de la nube, debe tener en cuenta qué tipo de nube se adapta mejor a sus necesidades en función de la forma en que pretenda utilizar el espacio y los recursos asociados, qué tipo de proveedor será más útil y cuál es la reputación y las responsabilidades de los proveedores de la nube antes de inscribirse. Hay tres categorías que agrupan los servicios en la nube: *software* como servicio (SaaS), plataforma como servicio (PaaS) e infraestructura como servicio (IaaS) [10], [11], [13]. Así mismo, es importante identificar qué tipo de información va a publicar, quién tendrá acceso y qué necesita para asegurarse de que esté protegida [10].

Pese a los beneficios que ofrece la computación en la nube, esta tecnología no ha desarrollado todo su potencial. Existen muchos desafíos clave en este campo, que incluyen el aprovisionamiento automático de recursos, la administración de energía y la administración de la seguridad y la privacidad, que son temas de interés por parte de la comunidad científica [12], [13], [18]. Hoy en día se ha propuesto la integración con otras tendencias disruptivas que son candidatas para Next Big Thing, como Internet de las cosas, inteligencia artificial y negocios digitales [8], [19].

Internet de las cosas (IoT)

Internet de las cosas es uno de los avances más prometedores en las TIC. Se refiere a una red inalámbrica mundial en la que personas, objetos físicos, aplicaciones y datos, integrados con sensores electrónicos, actuadores u otros dispositivos digitales, están conectados a través de Internet para recoger e intercambiar datos con el fin de facilitar la toma de decisiones para el control remoto, la integración y gestión de servicios [4], [20].

Ma afirma que el IoT tiene tres características principales [21]: 1) los objetos físicos son identificables y tienen la capacidad de comunicarse y de interactuar entre ellos, construyendo así una amplia red; son instrumentados y tratados individualmente mediante la incrustación de chips y códigos de barras; 2) los objetos instrumentados están conectados como terminales de red automáticas; y 3) los servicios omnipresentes son inteligentes y representan una red extensamente interconectada, lo que permite que cada objeto participe en el flujo del servicio para hacer que el servicio dominante sea inteligente. En resumen, los requisitos previos importantes para la implementación del IoT son que los objetos de interés puedan identificarse de manera única y que su entorno se pueda monitorear con un sensor [22].

El IoT es la primera tendencia altamente interconectada con Big Data que estimula la innovación y las nuevas oportunidades al llevar cada objeto, consumidor y actividad al ámbito digital, de tal modo que ofrece oportunidades en cinco etapas críticas del sistema de producción [6], [23]:

- Control inteligente de la empresa y optimización de la cadena de suministro, que se logra manteniendo una estrecha integración de las máquinas con los activos de fabricación de la empresa en general. Esto posibilita una producción más flexible y eficiente y, por lo tanto más rentable, frente a una cadena de suministro más compleja, canales digitales cada vez más importantes y un cliente más exigente.
- Gestión del rendimiento de los activos: la implementación de sensores inalámbricos rentables, la fácil conectividad en la nube (incluida la red de área extensa o WAN) y el análisis de datos mejora el rendimiento de los activos debido a que permiten que los datos se recopilen fácilmente desde el campo y se conviertan en información procesable en tiempo real, que puede predecir problemas y prescribir acciones al operador, lo cual representa una disminución de los tiempos de inactividad inesperados y aumento de productividad y confiabilidad.
- Creación de nuevos canales y flujos de ingreso: el IoT representa una oportunidad para crear nuevas fuentes de ingresos, para construir canales completamente nuevos, o en algunos casos, para crear nuevas categorías de productos que se integren a las plataformas conectadas existentes. Ofrecer nuevos servicios como el reemplazo automático de productos según el consumo del cliente o el monitoreo de las fechas perecederas, se convierte en una mina de oro potencial de información, que genera valor a la industria y fidelización de los clientes.
- Operarios aumentados: los empleados futuros usarán dispositivos móviles, análisis de datos, realidad aumentada y conectividad transparente para aumentar la productividad, por lo que necesitarán información al alcance de su mano, en tiempo real y que les resulte familiar. Usar sensores para automatizar muchas de las funciones que los empleados actualmente tienen que realizar manualmente, como rastrear el inventario o cambiar los precios en artículos individuales, brinda a los asociados de ventas más tiempo para interactuar con los clientes, mejorando aún más la

experiencia en la tienda. Así, las industrias evolucionarán para estar más centradas en el usuario y menos centradas en la máquina.

- Experiencia del cliente: con el IoT, las empresas minoristas desarrollan un ecosistema empresarial que conecta mundos físicos y digitales para permitir la interacción bidireccional y en tiempo real con los consumidores dentro y fuera de la tienda, mediante un dispositivo inteligente. De esta manera, se motiva a que los compradores que usan teléfonos inteligentes y que examinan los productos en la tienda física y luego compran en línea, exploren nuevas formas de conectarse para mejorar su experiencia en la tienda. El uso de sensores para rastrear las rutas de los clientes a través de una tienda, por ejemplo, puede ayudar al encargado del Visual Merchandising a mejorar el diseño de la tienda y las estrategias de colocación de los productos.

Por tanto, la idea central resultante detrás de la Internet de las cosas es recopilar y utilizar sin problemas información sobre el entorno físico y, potencialmente, sobre cualquier tipo de objeto en el mundo real (cosas) durante todo su ciclo de vida.

Con el IoT se puede reducir la capacidad de control de los actores humanos mediante la toma de decisiones basada en datos y lograr nuevos modelos de negocios y nuevas formas de interactuar con clientes, empleados y proveedores, que brinden una visibilidad total a lo largo del ciclo de vida de un producto, lo que crea la oportunidad de experiencias innovadoras para el consumidor. Así, el IoT será una fuerza disruptiva en las operaciones minoristas hacia un aumento de ingresos, reducción de costos y generación de una experiencia de marca diferenciada [23].

Motivados por el hecho de que “cualquier producto físico puede ser más inteligente, más interactivo, más rastreable y más valioso si se conecta a través del IoT” [24], el mundo científico ha estado estudiando recientemente este tema, lo cual se comprueba en las publicaciones realizadas en los últimos años. La cantidad de dispositivos conectados al IoT para el año

2025 puede llegar a los 80 billones, con una inversión cercana a los \$75 billones [25]; por ello se prevé que esta sea la tecnología del futuro [6].

Según Watson [26], las empresas que desean convertirse en organizaciones basadas en el IoT se enfrentan a siete factores importantes: 1) clara estrategia comercial, que sean consistentes con las soluciones habilitadas para el IoT; 2) patrocinio fuerte y comprometido, priorizando el impacto y los beneficios potenciales de las inversiones del IoT en torno a las necesidades de los clientes; 3) alineación entre el negocio y la estrategia de las TIC que permita el diseño e implementación de acuerdo con las necesidades de la empresa; 4) cultura de toma de decisiones basada en hechos y en datos; 5) infraestructura de datos sólida; 6) herramientas analíticas adecuadas; y 7) personal con habilidades analíticas avanzadas. Uno de los principales retos es que en las empresas se adopte un cambio completo en la mentalidad, que se promueva una filosofía basada en datos derivados del mundo real [6]. Estos datos deben transformarse en información, en conocimiento, conciencia y sabiduría que garantice una vinculación sólida entre el liderazgo empresarial y las tecnologías de la información, en pro de la identificación de oportunidades y la rápida aceptación de nuevas ideas y soluciones al mercado [23].

El IoT está madurando más rápido de lo previsto, lo que indica una implementación más inminente y generalizada, así considera las expectativas cambiantes de los clientes y la competencia de la industria. Pese a los indiscutibles beneficios que promete el IoT, el proceso de adopción ha sido más lento de lo esperado debido principalmente a la falta de rentabilidad para cada parte interesada respecto a la relación costo-beneficio [27], a las barreras existentes relacionadas con la ciberseguridad y con la creación de mecanismos que permitirán que los dispositivos inteligentes se descubran entre sí e interactúen entre sí [6].

Sistemas de identificación por radiofrecuencia (RFID)

Los sistemas de identificación por radiofrecuencia (RFID por sus siglas en inglés), también conocidos como etiquetas inteligentes de radiofrecuencia, son una tecnología de identificación automática e inalámbrica y captura de datos (AIDC por sus siglas en inglés), que tiene la capacidad de intercambiar datos en tiempo real al establecer una conexión entre etiquetas (incorporadas a objetos o personas en un extremo) y lectores [28], [29].

Las etiquetas o transpondedores son microchips remotos de almacenamiento de datos que se pueden adjuntar o incrustar en un producto, animal o persona [30]. Los lectores, conocidos también como transceptor o interrogador, son un componente que tiene una o más antenas que emiten ondas de radio para la detección de las etiquetas en el entorno [31]; es responsable de organizar la comunicación entre sí mismo y las etiquetas en su rango de lectura, decodificar los datos codificados en el IC de la etiqueta y pasarlos al middleware para su posterior procesamiento [31], [32]. La transmisión de datos se hace a través de ondas de radio, electrónicas y electromagnéticas, mediante campos magnéticos de forma inalámbrica y sin contacto, con una frecuencia que va desde 100-500 kHz hasta 2,4-5,8 GHz [30]. Dado que este sistema funciona en función de los cambios en las ondas, para fortalecer las señales ambientales se requiere una antena que permite que la etiqueta envíe y reciba ondas de radio entre etiquetas RFID y lectores [29].

La RFID ofrece una plataforma importante para la identificación de objetos, la recopilación de datos y la gestión de productos. Esta tecnología está revolucionando la gestión de la cadena de suministro, reemplazando los códigos de barras del sistema de seguimiento de objetos y se ha convertido rápidamente en una tecnología estratégica clave que agrega valor a lo largo de la cadena de suministro al aumentar la eficiencia del proceso, la precisión, la visibilidad y la seguridad [33]. En las industrias de fabricación de prendas de vestir de hoy, varios sistemas de captura de datos basados en RFID pueden resolver una serie de problemas exclusivos de este sector presentes en

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3071>

diferentes etapas de la cadena: fabricación (monitoreo y control), distribución (seguimiento automático), almacenamiento, logística y venta minorista (control de inventarios) [30], [33]-[34].

-En la fabricación de prendas de vestir, RFID se puede utilizar para monitorear el progreso del proceso de producción; para evitar movimientos innecesarios debido a que es posible rastrear los componentes, semiacabados y los productos terminados, lo que ayuda a mejorar la productividad y la calidad; y para evitar la mezcla de productos y componentes, y de diferentes accesorios.

-En distribución se puede utilizar para resolver el problema de clasificación y seguimiento de mercancías a medida que ingresan. Así, las mercancías recibidas se registran y los datos son almacenados en los transpondedores (o etiquetas inteligentes), lo que reduciría el tiempo de contar artículo por artículo y aumentaría el nivel de satisfacción de los empleados. Así mismo, se tendría un control automático de la disponibilidad de los artículos (tamaño, color, talla...).

-En las ventas es utilizada para la gestión del *stock* de artículos, de modo que se proporcione un artículo de forma rápida y correcta al agruparlos de acuerdo con su demanda, a fin de evitar el *arrepentimiento de búsqueda*, mejorando la experiencia de compra del cliente al poder interactuar con el producto antes de tomar una decisión de compra [30]. Así mismo, facilita la reposición automática de existencias de artículos. Si el producto es enviado, con las etiquetas RFID es posible leer todos los artículos empacados dentro de la caja, sin abrirla, lo que ahorra tiempo y costos de mano de obra.

GAP Inc. es uno de los referentes del sector confección que utiliza la tecnología RFID de alta frecuencia para evitar robos y detectar artículos, así como para el monitoreo con precisión del inventario, manteniendo un seguimiento de los tamaños y tipos de ropa. Por su parte, American Apparel considera que esta tecnología ayuda a la compañía a reaccionar rápidamente a las tendencias cambiantes de la moda, así como a comprender el estado y el flujo de los productos de prendas de vestir [29]; por ello, implementó el sistema RFID en ocho de sus tiendas, logrando una disminución aproximada de 60-80 horas por semana

en mano de obra y una reducción de los productos fuera de *stock* [30]. Resultados similares obtuvieron los comerciantes de ropa Charles Vögele en Suiza y Throttleman en Portugal, que utilizaron esta tecnología para administrar mejor los inventarios de las tiendas y mejorar la disponibilidad en los estantes [35]. El grupo brasileiro Valdac Global Brands (VGB) también instaló RFID para hacer un seguimiento de cada uno de los cerca de 40.000 productos desde el lugar de fabricación, pasando por el centro de distribución, hasta la tienda, los estantes y, finalmente, el punto de venta, logrando una reducción del 50% en los costos operativos [36]. Esto lo motivó a querer implementar esta tecnología en 120 tiendas de todo Brasil.

Dolgui & Proth [32] resumen las ventajas que ofrece la implementación de un sistema RFID: 1) datos en tiempo real sobre los bienes y mercancías, lo que facilita la gestión de información; 2) incremento de la velocidad de los flujos físicos; 3) reducción drástica de la carga de trabajo, y por lo tanto, del costo de mano de obra; 4) reducción de trabajos en proceso (WIP) e inventarios; 5) reducción de la contracción, ubicaciones inexactas de los artículos almacenados, errores de transacción, artículos etiquetados incorrectamente; como consecuencia, los registros de inventario están más cerca del inventario real; 6) reducción de la falsificación; 7) visibilidad general en las cadenas de suministro, lo que ayuda a mantener una ventaja competitiva; y 8) reducción de robo y pérdida.

Si bien el uso de sistemas RFID puede mejorar la productividad y la eficiencia, también expone barreras en términos de inversión, seguridad y privacidad en las organizaciones, compatibilidad, aspectos técnicos (recopilación de datos, infraestructura de software para soportar el IoT, modelo de interacción con dispositivos portátiles), operación y mantenimiento, y falta de estandarización [30], [37], [38]. Estos desafíos tecnológicos han condicionado su uso e imposibilitado que las empresas vean su potencial, por lo que las aplicaciones reales todavía son bastante limitadas y se han circunscrito a proyectos de investigación y pro-

yectos a escala piloto [28], [39]. Aun cuando se tienen ventajas en velocidad, precisión, flexibilidad, capacidad de almacenamiento y durabilidad sobre los sistemas de códigos de barras tradicionales [30]–[32], no se han podido concretar los beneficios reales de esta tecnología [37], considerando que no se pueden generalizar los resultados a las diferentes empresas [28].

Con la reciente evolución de la tecnología RFID y la presión continua ejercida hacia su mejora, los procesos de producción para hacer etiquetas se han optimizado y permitido una reducción enorme de costos [28], [39]. Queda claro que dicha tecnología tiene un futuro muy brillante y prometedor en la industria textil y de la confección que cambiará fundamentalmente el entorno competitivo. Los desarrollos tecnológicos ayudarán a lograr una amplia capacidad de adopción. Una visión de futuro de la RFID incluye el Internet de las cosas como la red para identificar y rastrear productos a medida que fluyen a través de la cadena de suministro global, en cualquier parte del mundo, lo cual puede contribuir aún más a la llegada de nuevos procesos de fabricación y logística que proporcionan una red de cadena de suministro controlada dinámicamente [39]. Para lograr lo anterior, es importante considerar que la introducción de la RFID en una cadena de suministro no es solo un problema técnico; las empresas interesadas estarán obligadas a reorganizar y, posiblemente, rediseñar su sistema de comunicación y procesamiento de datos, debido a que se requiere una infraestructura de las TIC ampliada, con nuevos computadores y nuevos softwares para desarrollar aplicaciones más automatizadas relacionadas con el mantenimiento, la seguridad, la calidad y la gestión en tiempo real de la información [32].

Analítica e inteligencia

Ante el boom actual de la información, las empresas tienen acceso a una gran cantidad de datos, de los cuales deben obtener valor para diseñar productos o servicios que sean fácilmente aceptados en el mercado.

A medida que la cantidad de dispositivos y máquinas conectadas se expanden, se genera la necesidad de capacidades adicionales de recopilación y procesamiento de datos. Es por ello que, para mejorar la fabricación de prendas de vestir, en la industria de la moda moderna es necesario implementar tecnologías informáticas que faciliten el diseño y desarrollo de un sistema de soporte de decisiones y predicciones, centrado en el cliente, obtenido mediante el tratamiento de grandes cantidades de información y la generación de simulaciones en tiempo real, con lo cual se puede aprovechar al máximo la información que se puede extraer de las TIC.

Big Data

Big Data es el conjunto de grandes volúmenes de datos, generalmente desestructurado y desorganizado, que contiene una variedad de información que crece de forma continua a una velocidad sumamente rápida y, por ende, requiere el uso de una escala significativa (más nodos) para un procesamiento eficiente [40]–[41]. En general, Big Data se refiere a los conjuntos de datos que debido a su tamaño no pueden ser capturados, almacenados, administrados y analizados por las herramientas tradicionales de las TIC [41], [42].

Los principales atributos relacionados con el concepto están definidos por 4V: volumen, velocidad, variedad y veracidad [43], [44]. El volumen se refiere al tamaño de los datos, que aumenta de terabytes a petabyte y que se crean a partir de todas las fuentes. Para el 2015 se estimó que se generaron aproximadamente 8 Zettabytes ($\text{Zetta}=10^{21}$) de datos digitales originados de correos electrónicos, blogs, Twitter, publicaciones en Facebook, imágenes y videos [45]. Según el informe de IDC, el volumen de datos alcan-

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3071>

zará 40 ZettaBytes para el 2020, que equivaldría a un aumento de 300 veces [46]. La variedad hace alusión a la procedencia de los datos (incluyendo texto, dispositivos de video/audio, sensores, redes, archivos de registro, aplicaciones transaccionales, web y redes sociales) y a los múltiples formatos disponibles, consistentes en datos estructurados, no estructurados y semiestructurados, públicos o privados, locales o distantes, compartidos o confidenciales, completos o incompletos, etcétera [40], [41], [45], [47]. La velocidad hace referencia a la frecuencia de generación y recepción de datos, lo cual permite la rápida toma de decisiones [44], [47]; algunos datos se reciben en tiempo real y son procesados ejecutando algoritmos cada vez más complejos en menos tiempo [41], [45]. YouTube es otro buen ejemplo que ilustra la velocidad de Big Data [47]. Esta alta velocidad es directamente responsable del alto volumen [47]. La veracidad tiene que ver con la incertidumbre de los datos, respondiendo a los interrogantes ¿qué tan seguros se está de esa información?, ¿qué tan completos y consistentes son los datos que tiene la empresa? Algunos autores han concertado que Big Data puede ser comprendido a través de la lente de 7V; adicional a las características mencionadas previamente, se incluyen virtualidad y variabilidad (o volatilidad) [48], [49].

Lo virtual es un proceso para administrar los datos de manera efectiva y eficiente según la demanda de los usuarios. La variabilidad se refiere a los cambios que constantemente experimentan los datos, debido a modificaciones por parte del usuario o por obsolescencia. La 7ª V es la característica más importante definida como Valor, permite identificar la información valiosa y convertir una gran cantidad de datos en valor comercial, analizando el conocimiento contenido en los mismos, que suministre una solución a los desafíos y problemas de la industria [48], [43].

El concepto Big Data no solo abarca los datos en sí, sino también las tecnologías utilizadas, la experiencia para generar, recopilar, almacenar, gestionar, procesar, analizar, presentar y utilizar datos, así como la información y el conocimiento derivado del análisis

[50], [51]. Los pilares sobre los cuales se sustentan las tecnologías Big Data son: medios sociales, Mobile computing (teléfonos inteligentes, tablets... y aplicaciones apps), Cloud-Computing (computación en la nube) e Internet de las cosas (M2M, sensores, chips) [52].

Ante el latente cambio de paradigma de los consumidores, quienes son protagonistas desde la fase de precompra hasta la poscompra, el análisis de datos ha sido la herramienta perfecta para que las empresas creen una conexión con los consumidores, por medio de pronósticos de tendencias, conocimiento de las preferencias, necesidades y emociones del cliente/consumidor, análisis del comportamiento de compra (saber qué les gusta comprar a sus clientes y cuándo), predicción de ventas, análisis de promociones y descubrimiento de nuevas categorías de productos, con lo que se garantice el éxito potencial de la nueva colección y la fidelidad del consumidor mientras expande su experiencia en la red [43], [53]–[54]. Además, es posible definir el pronóstico del *tiempo de almacenamiento* de un producto en el sitio web, así como el rastreo de los artículos que se devuelven con más frecuencia debido a defectos o calidad del producto. Por lo anterior, los datos digitales juegan un papel cada vez más importante en las empresas, las cuales deben preparar una propuesta de valor enfocada en mejorar el producto, la oferta, el precio y otras ventajas competitivas, reconociendo que los consumidores son más proactivos y más conocedores de los atributos de los productos y servicios que desean gracias a la capacidad que tienen para buscar información, comparar, comprar y obtener soporte en línea [53]. En sí, la ciencia de los datos masivos sirve para hacer predicciones mediante el uso de técnicas de análisis avanzadas como estadística, minería de datos, aprendizaje automático, redes neuronales, análisis predictivo, análisis de redes sociales, procesamiento de lenguaje natural (NLP) [55].

En los últimos años, los principales actores de todas las industrias han abierto sus ojos a las posibilidades que esta tecnología puede ofrecerles y, en

particular, la tecnología conectada, habilitada para datos. Las aplicaciones de Big Data son potencialmente infinitas. Marcas de moda conocidas como Ralph Lauren, Lucy Brand, Sperry y True Religion usan este tipo de inteligencia predictiva para descubrir cómo los diferentes cambios en el tejido del producto, detalles de diseño, colores y precio afectan la respuesta del cliente a un artículo [56], [57].

Se ha evidenciado una motivación por investigar y adaptar este nuevo paradigma, al comprender que “las decisiones controladas por los datos tienden a ser mejores decisiones” [52]. Así, la aceptación del Big Data representa un cambio estratégico en la industria, enfocado en: 1) reducción de costos e incremento de los ingresos; 2) mejora de la eficiencia operacional; 3) optimización de riesgos y operaciones; 4) mejora en la toma de decisiones; 5) innovación con productos o servicios; 6) mejora en la experiencia del cliente; y 7) transformación de los modelos de procesos y negocios a relevancia continua en los cambios de escenario [58], [59].

En resumen, los avances en el aprendizaje automático, la inteligencia artificial y otras tecnologías de la ciencia de datos no muestran signos de desaceleración, por lo que es un momento muy crucial para entrar en el mundo de la ciencia de datos, con una tarea desafiante en términos de organización y procesamiento de datos, reconociendo que el futuro está enfocado en la capacidad de captar y analizar los datos suficientes para un fin correcto [53].

Inteligencia artificial (AI)

Se define como el estudio de cómo los programas informáticos (sistemas) simulan procesos inteligentes, incluidos el aprendizaje, el razonamiento, la memoria asociativa y la comprensión de la información simbólica en contexto. En sí, la AI es un campo de la informática que puede: 1) simular artificialmente el cerebro humano y las características de su inteligencia; 2) simular las capacidades sensoriales humanas; 3) ac-

tuar inteligentemente como un humano; 4) aprender activamente y adaptarse como humano; 5) procesar lenguajes y símbolos; y 6) realizar una acción general inteligente [60].

Las técnicas de inteligencia artificial prometen soluciones efectivas a varios problemas del mundo real debido a su habilidad para emular procesos inteligentes, en oposición a las técnicas tradicionales, mediante la integración de la inteligencia en los sistemas informáticos [61]. Al aplicar la inteligencia artificial a la conectividad del IoT, las máquinas pueden autorregularse y tomar decisiones que aumenten la productividad de la fábrica sin necesidad del componente humano, haciendo los procesos de producción más autónomos, eficientes y personalizados [62].

Varias disciplinas de la AI pueden ser utilizadas en la industria de la confección, destacando el sistema experto (ES), las redes neuronales (NN), sistemas de lógica difusa (FL), el algoritmo genético (GA), la estrategia de evolución (ES), el sistema inmune artificial (AIS) y el sistema multiagente (MAS) [63], [64]. Debido a su naturaleza robusta y adoptiva, las redes neuronales artificiales (ANNs) y la lógica difusa han sido utilizadas ampliamente en la fabricación de prendas de vestir, aplicadas en todo el proceso de fabricación, desde el diseño de patrones, el corte, la costura, el manejo y distribución de materiales, hasta la planificación y control de producción, la gestión de la cadena de suministro (SCM) y el comercio minorista [63], [64]. Otra aplicación importante involucra el control de calidad a partir de la verificación de la calidad de la tela antes de fabricar la prenda. Por lo general, esta tarea es realizada manualmente a partir de la visualización humana realizada por expertos, lo que hace que sea un proceso tedioso, lento y con un nivel de rendimiento y precisión bajo [65]. Actualmente, se ha optado por el uso de máquinas automatizadas basadas en sistemas de redes adaptativas y neuronales, que proporcionan resultados consistentes y precisos en un tiempo corto y disminuyen los errores por inspección visual humana provocados por fatiga, falta de concentración o por subjetividad [63], [65], [66].

Las primeras empresas de la industria de la moda en adoptar esta tecnología han centrado sus esfuerzos en algunos elementos de la cadena de valor, siendo el más significativo el pronóstico de la demanda, la automatización de las operaciones, mejoras en la calidad, aumento de la producción, reducción de costos operativos, optimización del sistema de producción a través del control interno, mantenimiento predictivo y mejora de la gestión de calidad, lo que lleva a una respuesta rápida y el concepto justo a tiempo [6], [64], [67]. No obstante, su uso se encuentra limitado por las cuestiones éticas, reglamentarias, legales y económicas que implican la adopción de esta medida; así mismo, la especificidad del software, los altos costos y la ciberseguridad son otros factores críticos, si se compara con la disponibilidad de mano de obra barata, principalmente en los países en desarrollo [64].

La investigación y los desarrollos futuros frente a esta tecnología deben darse en torno a la *Internet industrial*, de manera que se establezcan sistemas inteligentes aplicables a las industrias manufactureras, en especial la de confección. Para lograrlo, se debe apuntar a avances convergentes a través de tres habilitadores: poder de cómputo, datos de entrenamiento y algoritmos de aprendizaje, lo cual se evidenciaría en mejoras en el método de recopilación de datos, mejoras en los procesos de extracción de características antes de que los datos se puedan enviar, mejoras en la capacidad de predicción de ANN mediante extrapolación del sistema y perfeccionamientos en la interacción hombre-máquina durante las aplicaciones de ANN [6], [64].

Se espera que la adopción de la AI permita el aumento de la productividad en un 30% y la disminución de los costos laborales entre un 18% y 33% para el 2030, logrando la perfección de la fabricación hasta en el más mínimo detalle [6]. Las empresas también podrían aprovechar la AI para procesar las preferencias de los clientes en tiempo real, a fin de escalar rápidamente los productos y servicios personalizados, a

medida que los consumidores se vuelven agnósticos de la marca y más dispuestos a pagar por las ofertas hiperpersonalizadas [6].

3. CONCLUSIONES

El futuro de la industria de la confección y la moda no está enfocado solo en la personalización en el diseño de ropa, sino también en la conectividad de servicios digitales inteligentes. Así, las tecnologías más necesarias en los próximos años serán todas las relacionadas con la gestión, manipulación y análisis de los datos digitales y su aplicación al diseño de la experiencia de usuario.

La Industria 4.0 propone la adopción de TIC avanzadas que entrelacen procesos físicos y digitales, de tal manera que combinen sensores inteligentes, inteligencia artificial y análisis de datos para mejorar la eficiencia y la competencia en la fabricación. El uso de tecnologías actuales como Big Data o Cloud impulsa el potencial de la Industria 4.0, considerando que los dispositivos y productos conectados brindan la oportunidad de optimizar las operaciones frente a una cadena de suministro más compleja, canales digitales cada vez más importantes y un cliente más exigente, así proporciona un valor agregado a diversos productos y sistemas al aplicar tecnologías de vanguardia a los productos tradicionales en la fabricación y los servicios. Hoy en día, la falta de herramientas o plataformas tecnológicas poderosas representa un obstáculo importante para explotar todo el potencial de la Industria 4.0, pero se espera que los beneficios demostrables de las nuevas tecnologías conduzcan a su mayor adopción y al impulso de la innovación y nuevas oportunidades de crecimiento digital.

Para el 2025, la industria textil y de la confección será un sector estratégico que proporcionará productos innovadores y competitivos, la digitalización y las nuevas tecnologías de fabricación se convertirán como en normas en las fábricas, lo que permitirá lo-

grar soluciones personalizadas, adaptables y atractivas, integrando servicios para consumidores muy diversos, informados y exigentes.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran la inexistencia de conflicto de interés con institución o asociación comercial de cualquier índole.

REFERENCIAS

[1] M. A. K. Bahrin, M. F. Othman, N. H. N. Azli, and M. F. Talib, "Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic", *Jurnal Teknologi*, vol. 78, no. 6-13, pp. 137-143, 2016. doi: 10.11113/jt.v78.9285

[2] V. Roblek, M. Meško, and A. Krapež, "A Complex View of Industry 4.0", *SAGE Open*, vol. 6, no. 2, 2016. doi: 10.1177/2158244016653987

[3] L. Da Xu, E. L. Xu, and L. Li, "Industry 4.0: state of the art and future trends", *International Journal of Production Research*, vol. 7543, no. 8, pp. 1-22, 2018. doi: 10.1080/00207543.2018.1444806

[4] R. Y. Zhong, X. Xu, E. Klotz, and S. T. Newman, "Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review", *Engineering*, vol. 3, no. 5, pp. 616-630, 2017. doi: 10.1016/J.ENG.2017.05.015

[5] R. Schmidt, M. Michael, H. Ralf-christian, C. Reichstein, P. Neumaier, and P. Jozinovi, "Industry 4.0-Potentials for Creating Smart Products: Empirical Research Results", vol. 2, pp. 16-27, 2015. doi: 10.1007/978-3-319-19027-3_2

[6] World Economic Forum, "Technology and Innovation for the Future of Production: Accelerating Value Creation", 2017. Available: http://www3.weforum.org/docs/WEF_White_Paper_Technology_Innovation_Future_of_Production_2017.pdf

[7] J. W. Rittinghouse, and J. F. Ransome, *Cloud Computing. Implementation, Management, and Security*, Taylor & Frandis Group, 2009.

[8] I. A. T. Hashem, I. Yaqoob, N. B. Anuar, S. Mokhtar, A. Gani, and S. Ullah Khan, "The rise of "big data" on cloud computing: Review and open research issues», *Information Systems*, vol. 47, pp. 98-115, 2015. doi: 10.1016/j.is.2014.07.006

[9] P. Mell, and T. Grance, "The NIST Definition of Cloud Computing", *National Institute of Standards and Technology*, 2011. Available: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>

[10] A. Huth, and J. Cebula, "The Basics of Cloud Computing", *United States Computer Emergency Readiness Team*, 2011. Available: <https://www.us-cert.gov/sites/default/files/publications/CloudComputingHuthCebula.pdf>

[11] A. K. Damodaram, and K. Ravindranath, "Cloud Computing for Managing Apparel and Garment Supply Chains-an Empirical study of Implementation Frame Work", *International Journal of Computer Science Issues*, vol. 7, no. 6, pp. 325-336, 2010. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/38fe/2601ca36e41616a1f4c-447b84a055279f984.pdf>

[12] S. Subashini, and V. Kavitha, "A survey on security issues in service delivery models of cloud computing", *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 34, no. 1, pp. 1-11, 2011. doi: 10.1016/j.jnca.2010.07.006

- [13] Q. Zhang, L. Cheng, and R. Boutaba, "Cloud computing: State-of-the-art and research challenges", *Journal of Internet Services and Applications*, vol. 1, no. 1, pp. 7-18, 2010. doi: 10.1007/s13174-010-0007-6
- [14] R. Nayak y R. Padhye, "Introduction: the Apparel Industry", In *Garment Manufacturing Technology*, R. Nayak y R. Padhye, Eds. Woodhead Publishing Series in Textiles, 2015, pp. 1-15.
- [15] S. Liu, F. T. S. Chan, J. Yang, and B. Niu, «Understanding the effect of cloud computing on organizational agility: An empirical examination», *International Journal of Information Management*, vol. 43, pp. 98-111, 2018. doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2018.07.010
- [16] H. Liu, S. Wei, W. Ke, K. K. Wei, and Z. Hua, "The configuration between supply chain integration and information technology competency: A resource orchestration perspective", *Journal of Operations Management*, vol. 44, pp. 13-29, 2016. doi: 10.1016/j.jom.2016.03.009
- [17] Gartner, (2018, September 12) "Gartner Forecasts Worldwide Public Cloud Revenue to Grow 17.3 Percent in 2019, 2018. [Online]. Available: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2018-09-12-gartner-forecasts-worldwide-public-cloud-revenue-to-grow-17-percent-in-2019>. [Accedido: 28-oct-2018].
- [18] Y. Jadeja, and K. Modi, "Cloud computing - Concepts, architecture and challenges", In *Conf. Comput. Electron. Electr. Technol. ICCEET 2012*, no March 2012, pp. 877-880, 2012. doi: 10.1109/ICCEET.2012.6203873
- [19] A. Botta, W. De Donato, V. Persico, and A. Pescapé, "Integration of Cloud computing and Internet of Things: A survey", *Future Generation Computer Systems*, vol. 56, pp. 684-700, 2016. doi: 10.1016/j.future.2015.09.021
- [20] M. A. A. Majeed and T. D. Rupasinghe, "Internet of things (IoT) embedded future supply chains for industry 4.0: An assessment from an ERP-based fashion apparel and footwear industry", *International Journal of Supply Chain Management*, vol. 6, no. 1, pp. 25-40, 2017. Available: <https://ojs.excelingtech.co.uk/index.php/IJSCM/article/view/1395>
- [21] H. D. Ma, "Internet of things: Objectives and scientific challenges" *Journal of Computer Science and Technology*, vol. 26, no 6, pp. 919-924, 2011. doi: 10.1007/s11390-011-1189-5
- [22] L. W. F. Chaves y Z. Nochta, "Breakthrough Towards the Internet of Things", In *Unique Radio Innovation for the 21st Century*, D. C. Ranasinghe, Q. Z. Sheng, y S. Zeadally, Eds. Springer, pp. 25-38, 2010.
- [23] J. Gregory, "The Internet of Things: Revolutionizing the Retail Industry", 2015. Available: *The Internet of Things: Revolutionizing the Retail Industry*
- [24] E. Papahristou, P. Kyratsis, G. Priniotakis, and N. Bilalis, "The interconnected fashion industry - An integrated vision", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 254, no. 17, 2017. Available: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/254/17/172020/pdf>
- [25] F. J. Riggins, and S. F. Wamba, "Research directions on the adoption, usage, and impact of the Internet of things through the use of big data analytics", In *Hawaii International Conference on System Science*, 2015, pp. 1531-1540. doi:10.1109/hicss.2015.186
- [26] H. J. Watson, "The Requirements for Being an Analytics- Based Organization", *Business Intelligence Journal*, vol. 17, no. 2, pp. 4-6, 2011.

[27] D. Uckelmann, M. Harrison, and F. Michahelles, *Architecting the Internet of Things*, First Edit. Springer, 2011.

[28] E. W. T. Ngai, D. C. K. Chau, J. K. L. Poon, A. Y. M. Chan, B. C. M. Chan, and W. W. S. Wu, "Implementing an RFID-based manufacturing process management system : Lessons learned and success factors", *Journal of Engineering and Technology Management*, vol. 29, no. 1, pp. 112-130, 2012. doi: 10.1016/j.jengtecman.2011.09.009

[29] H.-L. Chan, "Using radiofrequency identification (RFID) technologies to improve decision-making in apparel supply chains", In *Information Systems for the Fashion and Apparel Industry*, Number 179., T.-M. Choi, Ed. Woodhead Publishing Series in Textiles, 2016.

[30] R. Nayak, A. Singh, R. Padhye, and L. Wang, "RFID in textile and clothing manufacturing: technology and challenges", *Fashion and Textiles*, vol. 2, no. 9, pp. 1-16, 2015. doi: 10.1186/s40691-015-0034-9

[31] W. K. Wong, and Z. X. Guo, "The role of radio frequency identification (RFID) technologies in the textiles and fashion supply chain: an overview", In *Fashion supply chain management using radio frequency identification (RFID) technologies*, Woodhead Publishing Limited and The Textile Institute, 2014, pp. 1-12.

[32] A. Dolgui, and J.-M. Proth, "Radio-frequency Identification (RFID): Technology and Applications", In *Supply Chain Engineering*, Springer- Verlag London, 2010, pp. 163-192.

[33] S. G. Azevedo, P. Prata, and P. Fazendeiro, "The role of radio frequency identification (RFID) technologies in improving process management and product tracking in the textiles and fashion supply chain", In *Fashion supply chain management using radio frequency identification (RFID) technologies*, W. K. Wong y Z. X. Guo, Eds. Woodhead Publishing, 2014.

[34] D. Zhang, H. Huang, and M. Jo, "Future RFID technology and applications: visions and challenges", *Telecommunication Systems*, vol. 58, no. 3, pp. 193-194, 2015. doi: 10.1007/s11235-014-9865-8

[35] A. Ustundag, A. Ustundag, and M. Bal, "Economic Potential of RFID Use in Apparel Retail Industry", In *The Value of RFID: Benefits vs. Costs*, A. Ustundag, Ed. Springer- Verlag, 2013, pp. 129-139.

[36] E. Perin, "VGB Group to Deploy RFID at Its 120 Siberian and Crawford". [Online]. Available: <https://www.rfidjournal.com/articles/view?9432>.

[37] J. Al-kassab, P. Blome, G. Wolfram, y F. Thiesse, "RFID in the Apparel Retail Industry: A Case Study from Galeria Kaufhof", In *Unique Radio Innovation for the 21st Century*, D. C. Ranasinghe, Q. Z. Sheng, y S. Zeadally, Eds. Springer- Verlag Berlin Heidelberg, 2010, pp. 281-308.

[38] L. Sparks, "RFID: transforming technology?", In *Logistics and retail management: emerging issues and new challenges in the retail supply chain*, Third edit., J. Fernie y L. Sparks, Eds. 2009, pp. 233-252.

[39] E. Legnani, S. Cavalieri, R. Pinto, and S. Dotti, "The Potential of RFID Technology in the Textile and Clothing Industry: Opportunities, Requirements and Challenges", In *Unique Radio Innovation for the 21st Century*, D. C. Ranasinghe, Q. Z. Sheng, y S. Zeadally, Eds. Springer Science & Business Media, 2010, pp. 309-329.

[40] X. Su, "Introduction to Big Data", IFUD1123, 2017.

- [41] M. Chen, S. Mao, and Y. Liu, "Big Data: A survey", *Mobile Networks and Applications*, vol. 19, pp. 171-209, 2014. doi: 10.1007/s11036-013-0489-0
- [42] J. Manyika et al., "Big Data: The next frontier for innovation, competition, and productivity", *McKinsey Global Institute*, 2011. Available: https://bigdatawg.nist.gov/pdf/MGI_big_data_full_report.pdf
- [43] T. S. Latinovi, D. M. Preradovi, A. D. Marques, G. Guedes, and F. Ferreira, "Big Data in fashion industry", In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2017.
- [44] E. Aktas, and Y. Meng, "An Exploration of Big Data Practices in Retail Sector", *Logistics*, vol. 1, no. 12, p. 28, 2017. doi:10.3390/logistics1020012
- [45] V. Rajaraman, "Big Data Analytics", *Resonance*, vol. 21, no. 8, pp. 695-716, 2016. doi: 10.1007/s12045-016-0376-7
- [46] J. Gantz, and D. Reinsel, "The Digital Universe in 2020: Big Data, Bigger Digital Shadows, and Biggest Growth in the Far East – Western Europe", 2013. Available: <https://www.emc.com/collateral/analyst-reports/idc-digital-universe-western-europe.pdf>
- [47] A. Oussous, F. Benjelloun, A. Ait, and S. Belfkih, "Big Data technologies: A survey", *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, vol. 30, no. 4, pp. 431-448. doi: 10.1016/j.jksuci.2017.06.001
- [48] M. A. Khan, M. F. Uddin, and N. Gupta, "Seven V's of Big Data. Understanding Big Data to extract Value", In *Conference of the American Society for Engineering Education (ASEE Zone 1)*, 2014.
- [49] B. Davis, "The 7 pillars of Big Data", *Petroleum Review*, pp. 34-42, 2015. Available: https://www.landmark.solutions/Portals/0/LMSDocs/Whitepapers/The_7_pillars_of_Big_Data_Whitepaper.pdf
- [50] C. Yang, Q. Huang, Z. Li, K. Liu, and F. Hu, "Big Data and cloud computing: innovation opportunities and challenges", *International Journal of Digital Earth*, vol. 10, no. 1, pp. 13-53, 2017. doi: 10.1080/17538947.2016.1239771
- [51] V. Mayer-Schönberger, and K. Cukier, *Big Data: a revolution that will transform how we live, work, and think*. Houghton Mifflin Harcourt, 2013.
- [52] L. Joyanes, *Big Data, Análisis de grandes volúmenes de datos en organizaciones*, Primera ed. Mexico: Afaomega Grupo Editor, 2013.
- [53] J.-F. Valls, *Big Data: atrapando al consumidor*. Barcelona: Profit Editorial, 2017.
- [54] B. Marr, «Forbes», *Big Data: A Game Changer In The Retail Sector*, 2015. [Online]. Available: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2015/11/10/big-data-a-game-changer-in-the-retail-sector/#5272baea9f37>.
- [55] C. L. Philip Chen, and C. Y. Zhang, "Data-intensive applications, challenges, techniques and technologies: A survey on Big Data", *Information Sciences*, vol. 275, pp. 314-347, 2014. doi: 10.1016/j.ins.2014.01.015
- [56] B. Marr, "RALPH LAUREN. Big Data In The Fashion Industry", In *Big Data in Practice: How 45 Successful Companies Used Big Data Analytics to Deliver Extraordinary Results*, Wiley, 2016, pp. 195-198.

- [57] Data Driven Investor, "Data Driven Investor", How the Fashion Industry Is Using Data Science, 2018. [Online].
- [58] C. S. Ishikiriya and C. F. Gomes, "Big Data: A Global Overview", In *Big Data for the Greater Good*, A. Emrouznejad and V. Charles, Eds. Springer International Publishing, 2019, pp. 35-50.
- [59] B. M. Félix, E. Tavares, and N. W. F. Cavalcante, "Critical success factors for Big Data adoption in the virtual retail: Magazine Luiza case study Bruno", *Revista Brasileira de Gestão de Negócios*, vol. 20, no. 1, pp. 112-126, 2018. doi: 10.7819/rbgn.v20i1.3627
- [60] W. K. Wong and Z. X. Guo, "Fundamentals of artificial intelligence techniques for apparel management applications", In *Optimizing decision making in the apparel supply chain using artificial intelligence (AI)*, Woodhead Publishing Limited, 2013.
- [61] W. K. Wong, Z. X. Guo, and S. Y. S. Leung, *Optimizing decision making in the apparel supply chain using artificial intelligence (AI)*. Woodhead Publishing in association with The Textile Institute, 2013.
- [62] ANDI, Innpulsa, y VTSAS, "Cierre de brechas de innovación y tecnología". Medellín, Colombia, p. 853, 2018. <http://www.andi.com.co/Uploads/Estudio%20Cierre%20de%20Brechas%20Innovacion%20y%20Tecnologia-ilovepdf-compressed.pdf>
- [63] E. W. T. Ngai, S. Peng, P. Alexander, and K. K. L. Moon, "Decision support and intelligent systems in the textile and apparel supply chain: An academic review of research articles", *Expert Systems with Applications*, vol. 41, no. 1, pp. 81-91, 2014. doi: 10.1016/j.eswa.2013.07.013
- [64] R. Nayak y R. Padhye, "Artificial intelligence and its application in the apparel industry", In *Automation in Garment Manufacturing*, R. Nayak and R. Padhye, Eds. Woodhead Publishing, 2018, pp. 109-133.
- [65] A. Vijayan y A. Jadhav, "Fabric sourcing and selection", In *Garment Manufacturing Technology*, R.