



## Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica

Página principal: [www.riit.com.mx](http://www.riit.com.mx)

### **La interconexión digital de objetos habituales con Internet y sus aplicaciones para la empresa y la Industria 4.0: Review**

### **The digital interconnection of common objects with Internet and its applications for the company and Industry 4.0: Review**

**Usca-Veloz, R.B.<sup>a</sup>, Muyulema-Allaica, J.C.<sup>b\*</sup>, Espinosa-Ruiz, C.G.<sup>a</sup>, Sánchez-Macías R.A.<sup>a</sup>, Velasteguí-Bósquez, G.A.<sup>a</sup>, Caspi-Pilamunga, W.M.<sup>a</sup>**

<sup>a</sup> Facultad de Ciencias Administrativas. Universidad Estatal de Bolívar. Guaranda, Bolívar. Ecuador.

<sup>b\*</sup> Escuela de Diseño Industrial, Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato (PUCESA), Ambato, Tungurahua, Ecuador; Grupo Consultor Empresarial Caaptres-Ecuador. Riobamba, Chimborazo, Ecuador.

E-mail: [robtronics.rv17@gmail.com](mailto:robtronics.rv17@gmail.com); [juanca327@hotmail.com](mailto:juanca327@hotmail.com); [cgabrieler89@gmail.com](mailto:cgabrieler89@gmail.com); [alejo\\_san00@hotmail.com](mailto:alejo_san00@hotmail.com); [gracealexandravelastegui@gmail.com](mailto:gracealexandravelastegui@gmail.com); [washomcp@gmail.com](mailto:washomcp@gmail.com)

**Innovación Tecnológica:** Interconexión digital de objetos habituales con Internet.

**Área de aplicación Industrial:** Aplicaciones para la empresa y la Industria 4.0.

Enviado: 15 Enero 2019

Aceptado: 28 Junio 2019

### **Abstract**

The aim of this work is to explore the digital interconnection of common objects with the Internet and its applications for the company and Industry 4.0. Concept referred to the term Internet of Things (IoT). The IoT integrates the objects of daily life and gives them intelligence to respond to external stimuli, without the need for human intervention. The study started from the approach of three fundamental questions of exploration to which an answer was provided from a review and critical assessment of previous research. The conclusions indicated the importance of moving towards the adoption of these technologies as a means of optimizing the available resources and there is evidence of the need for specialized personnel for its development and implementation in organizations.

**Key Words:** company, industry 4.0, digital interconnection, internet of things, optimization.

## Resumen

Este trabajo tiene como objetivo explorar la interconexión digital de objetos habituales con Internet y sus aplicaciones para la empresa y la Industria 4.0. Concepto referido al término Internet de las Cosas (IoT). La IoT integra los objetos de la vida cotidiana y les entrega inteligencia para que respondan a estímulos externos, sin necesidad de intervención humana. El estudio partió desde el planteamiento de tres interrogantes fundamentales de exploración a las cuales se proporcionó respuesta desde una revisión y valoración crítica de investigaciones previas. Las conclusiones señalaron la importancia de transitar hacia la adopción de estas tecnologías como medio de optimización de los recursos disponibles y se evidencia la necesidad de personal especializado para su desarrollo e implementación en las organizaciones.

**Palabras Clave:** empresa, industria 4.0, interconexión digital, internet de las cosas, optimización.

## 1. Introducción.

La interconexión de objetos habituales a través de la Red, está de moda, hablándose de ello de forma activa y por pasiva pero no está de más esclarecer que este concepto está referido al término Internet de las Cosas, (en adelante IoT, del término anglosajón Internet of Things), es un concepto un poco abstracto pero que fundamentalmente, consigue verse como un paradigma en el que los objetos habituales con el avance de la tecnología tienen la capacidad de conectarse a la Red, enviar datos a través de ella y/o albergar algunos de estos datos, interpretarlos y actuar consecuentemente para nuestro beneficio (Zito, 2018; Rajput & Singh, 2019). El objetivo del IoT es crear un medio en el cual diferentes objetos o dispositivos se encuentren conectados e interactuando en espacios coreografiados (Tseng, Tan, Chiu, & Kuo, 2018; Rajput & Singh, 2019). Gracias a esta tecnología se consigue trabajar con medios donde un objeto consigue dar retroalimentación a otro (Camacho, Oropeza, & Lozoya, 2017; Lu & Weng, 2018; Wang & Ji, 2019). En un sentido más técnico, se puede decir que, consiste en la unificación de sensores y dispositivos inteligentes en objetos habituales conectados a Internet a través de redes fijas e inalámbricas, diseñados con el objetivo de aprovechar un mundo conectado de manera digital y para gestionar nuevos crecimientos y

oportunidades de negocio para la empresa y la industria.

Por este motivo, este artículo se inserta en el impresionante ecosistema de la innovación e investigación interdisciplinar como una temática de frontera del conocimiento para la incorporación de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en la industria y en la empresa, específicamente en la temática derivada del IoT.

Así, el objetivo de este trabajo investigativo se centró en explorar la *“Interconexión digital de objetos habituales con Internet y sus aplicaciones para la empresa y la Industria 4.0”*. Igualmente, difundir cómo éstas y sus tecnologías asociadas pueden contribuir a transformar las organizaciones hacia su futuro y sensibilizar a los empresarios sobre la importancia de transitar hacia la industria 4.0 para elevar los niveles de competitividad, y supervivencia de sus empresas. De igual forma, para su incorporación a cadenas de suministro globales y el acceso a nuevas oportunidades de negocio. Con base en ello, las preguntas de investigación planteadas son: ¿Qué se entiende por interconexión de objetos habituales a través de la Red?; ¿Cuáles son las principales tecnologías asociadas a la interconexión de objetos habituales a través de la Red y la estructura esencial de trabajo?; y, ¿Qué beneficios,

implicaciones y perspectivas futuras pueden esperarse de la interconexión de objetos habituales a través de la Red para la empresa y la Industria 4.0?

En seguida, se procedió a una revisión exhaustiva de la literatura, con el fin de analizar con detenimiento la información abarcado en los aspectos relacionados con la temática de estudio de una manera coherente y lógica que permitió dar respuesta a las grandes interrogantes de investigación planteadas con anterioridad, con el fin de alcanzar un adecuado entendimiento de la materia y explicar los beneficios, implicaciones y perspectivas futuras que pueden esperarse de la interconexión de objetos habituales a través de la Red para la empresa y la Industria 4.0.

Por último, las conclusiones del estudio retoman los aspectos del análisis para esbozar un panorama posicional reflexivo que permitirá a los tomadores de decisiones, dentro de cualquier tipo de organización y fuere cual fuere su actividad principal, tener un punto de partida para trazar sus políticas en el marco de esta premisa.

## 2. Materiales y métodos.

Para contextualizar el objeto de estudio y tener una valoración crítica de investigaciones previas, así como contrastar los hallazgos y enfoques metodológicos utilizados, se seleccionó como técnica exploratoria y analítica para la recolección de información la revisión sistémica de literatura.

Con base en ello, este trabajo se centralizó en dar respuesta, desde la reflexión, a tres interrogantes fundamentales; la primera de ellas: ¿Qué se entiende por interconexión de objetos habituales a través de la Red?; la segunda: ¿Cuáles son las principales tecnologías asociadas a la interconexión de objetos habituales a través de la Red y la estructura esencial de trabajo? y la tercera: ¿Qué beneficios, implicaciones y

perspectivas futuras pueden esperarse de la interconexión de objetos habituales a través de la Red para la empresa y la Industria 4.0?

En un primer momento, se buscaron artículos relacionados con interconexión de objetos habituales a través de la Red o conocidos también como IoT y la industria 4.0 publicados en la Web, Scopus, Web of Science and Google Scholar, por nombrar algunos; posteriormente, se recogió los aspectos más relevantes seleccionados por su representatividad en cuanto a la autoría y la especificidad de la temática. Por último, se redactó el informe que implicó cierto grado de dedicación, tiempo, esfuerzo, destrezas y habilidades interdisciplinarias creativas, enfocado a recoger todos los comentarios que se consideren necesarios.

## 3. Resultados y discusión

### 3.1. ¿Qué se entiende por interconexión de objetos habituales a través de la Red?

*“La Internet de las Cosas es, sobre todo, innovación en el modelo de negocio”. - John Cohn.*

Para dar respuesta a la primera interrogante, se ha respaldado en las definiciones más reconocidas dadas por los principales entes encargados de la normalización de Internet en el mundo, es decir, la ITU (del término anglosajón International Telecommunication Union), quienes afirman que *“la IoT es una infraestructura global para la sociedad de la información, que permite servicios avanzados mediante la interconexión de las cosas (físicas y virtuales) sobre la base de TIC existentes y en evolución que sean interoperables”* (Yinghui & Guanyu, 2010). También se tiene la definición de Malina, Hajny, Fujdiak, & Hosek (2016) donde expresan que la interconexión de objetos habituales a través de la Red o IoT se puede explicar cómo una Red altamente interconectada de entidades heterogéneas, tales como, etiquetas, sensores, dispositivos embebidos,

dispositivos portátiles, entre otros, que interactúan y se comunican entre sí en tiempo real.

En este mismo orden de ideas, la IoT es una revolución tecnológica que constituye el futuro de la informática y las comunicaciones (Xu, Wendt, & Potkonjak, 2014; Rahman, Daud, & Mohamad, 2016; Camacho, Oropeza, & Lozoya, 2017; Tseng, Tan, Chiu, & Kuo, 2018; Rajput & Singh, 2019). Su desarrollo obedece a la dinámica de innovación técnica en diversos campos significativos, desde comunicaciones inalámbricas o sensores inteligentes, hasta nanotecnología. Compartir información por medio de los dispositivos y sistemas conectados a través de Internet consigue volverlo más eficiente (Cerf, 2009; Xu, Wendt, & Potkonjak, 2014; Zito, 2018).

Para Gascón, Seseña, & Alfaro (2009) la IoT busca proporcionar identidad a los objetos, interconectarlos e integrarlos en la Red y otorgarles un papel en la Internet del

futuro. Lo que les permite intercambiar información en un entorno conectado sin la necesidad de interacción humana. Ninguna de estas interacciones precisa ser verbales o comprensibles por un ser humano, pero demandan ser estandarizadas y perceptibles por cualquier dispositivo que necesite intercambiar dicha información.

Xu, Wendt, & Potkonjak (2014) exponen que la IoT revolucionará la condición en que las personas y las organizaciones interactúan con el mundo físico, la interacción con dispositivos domésticos, automotores, plantas industriales, entre otros, soportarán grandes modificaciones. De la misma manera permitirá que varios servicios como salud, educación y gestión de recursos, puedan ser perfeccionados para comodidad y satisfacción del cliente.

Como resultado de la revisión sistemática, en la Tabla 1 se plasma una clasificación de los dispositivos de la IoT según su ambiente de aplicación.

**Tabla 1.** Clasificación de dispositivos IoT.

Nº	Ámbito	Dispositivo
1	Vestibles	Relojes, lentes, bandas fitness y otros dispositivos de salud, anillos, pulseras, ropa, cinturones, entre otros.
2	Domótica	Alarmas, cerraduras, cámaras, refrigeradores, televisores, manejo automático de luces, control de temperatura, automatización de cortinas, riego de macetas y jardines, etc.
3	Industrial	Variedad de sensores para monitorizar y controlar producción, inventarios, estado físico y ubicación de los empleados, entre otros.
4	Automotriz	GPS, sensores en neumáticos para ahorrar combustible, seguros automáticos en puertas, encendido inteligente, sistemas de aparcamiento automático, conducción automática, entre otros.
5	Ciudades inteligentes	Detectores de velocidad para monitorizar tráfico, sensores en las estructuras de los edificios para monitorizar sus estado, cámaras de vigilancia, sensores para monitorizar usos de bicicletas, estacionamientos inteligentes, sensores para medir la congestión de tráfico y redirigirlo en tiempo real para agilizar el traslado, vigilancia mediante drones.

**Fuente:** Los Autores basados en: (Cerf, 2009; Xu, Wendt, & Potkonjak, 2014; Malina, Hajny, Fujdiak, & Hosek, 2016).

Esta nueva dimensión de interconexión se hace muy significativa por la interacción de los objetos con el medio, la transmisión continua de sucesos o cambios relevantes en las mediciones de las etiquetas, sensores, dispositivos embebidos, dispositivos portátiles y las acciones realizadas automáticamente por las cosas, basadas en

las tecnologías de la IoT que cada día avanzan crecidamente en el control de los diferentes elementos de una Red.

### 3.2 ¿Cuáles son las principales tecnologías asociadas a la interconexión de objetos habituales a través de la Red y la estructura esencial de trabajo?

*El gran motor del cambio – la tecnología.* - Alvin Toffler.

Para dar respuesta a la segunda interrogante, se consideró investigaciones como las de (Yan & Huang, 2008; Yun & Yuxin, 2010). Investigaciones, que recalcan que las principales tecnologías sobre las cuales se pretende impulsar la interconexión de objetos habituales o IoT son: (1) el RFID (proveniente del término anglosajón Radio Frequency Identification)

para la identificación de los objetos, (2) los sensores para la captación de las permutas del medio físico, (3) la nanotecnología para que se genere ubicuidad en los sistemas (es simplemente que sean cada vez menos perceptibles por las personas o usuarios finales) y (4) las tecnologías inteligentes para que los objetos puedan generar acciones dependiendo del contexto y sin influencia humana.

Estas cuatro tecnologías se expresan de manera general. A continuación, ver la Tabla 2, para tener claridad sobre qué tratan y por qué son substanciales para el desarrollo del IoT.

**Tabla 2.** Principales tecnologías del IoT.

Nº	Tecnologías	Características
1	RFID	Tecnología de identificación automática sin contacto llamada “identificación por radiofrecuencia”. Con esta tecnología se consigue lograr la identificación automática de objetos estáticos o dinámicos y de personas. La forma más básica del sistema RFID (del término anglosajón Radio Frequency Identification) se compone de etiquetas, lectores y antenas. Este tipo de tecnología es claramente útil para la IoT, puesto que con ella se adquiere la identificación de los diferentes objetos que interactúan en la IoT y se logra mayor facilidad para la administración de la información.
2	Sensores	Son una pieza clave para agenciar al IoT, debido a que gracias a estos se logra la compilación de información sobre el entorno en el que se encuentran los objetos. A partir de los avances en nanotecnología, se ha conseguido que el tamaño de los microprocesadores sea cada vez menor sin que toleren pérdidas de velocidad de procesamiento. En la actualidad, es frecuente hablar de redes de sensores ubicuas USN (por sus siglas en inglés). Este término es utilizado para representar las redes con nodos de sensores inteligentes que se pueden desplegar en cuarta generación. Esta tecnología posee un enorme potencial, ya que podría generar aplicaciones en una desarrollada gama de ámbitos civiles y militares, tales como garantizar el bienestar y la seguridad, monitoreo del hábitat y del medio ambiente, la asistencia médica en tiempo real, detección de minas terrestres y hasta sistemas de transporte inteligente (ITS).
3	Nanotecnología	El estudio de partículas minúsculas se está utilizando para optimizar los productos alrededor de una serie de industrias, incluyendo los sectores de educación, medicina, energía y transporte. La utilización de nanotecnología hará permisible que los objetos que interactúan y se conectan en la Red unos con otros sean lo más pequeños posible. Se prevé que irán reduciendo su tamaño con los avances en este campo tan significativo para la IoT.
4	Tecnologías inteligentes	Las tecnologías inteligentes son los métodos situados para lograr cierto propósito mediante el uso de un discernimiento a priori. Los objetos que adquieren inteligencia, después de la implantación de tecnologías inteligentes, se pueden comunicar con los usuarios activa o pasivamente. El contenido y la orientación de la investigación incluye especialmente: teoría de la inteligencia artificial, tecnologías avanzadas y sistemas de interacción entre humanos y máquinas, tecnologías y sistemas de control inteligente, procesamiento inteligente de señales, entre otras.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de datos publicados por (Yan & Huang, 2008; Yun & Yuxin, 2010).

### ***Infraestructura esencial para la IoT***

El impacto que tiene la IoT en los negocios recae significativamente en las redes corporativas y el centro de datos, haciendo que la infraestructura para resistir toda esta ola de información sea base para el éxito de un mundo conectado. Todos estos datos van a crear una inteligencia en las ciudades, comunidades, plantas de manufactura y negocios en general.

En los últimos años se ha observado un inevitable y creciente avance tecnológico y el servicio de Internet. Esto ha permitido conectar cada vez más dispositivos, lo cual originó que la cantidad de dispositivos interconectados a Internet prevaleciera al número de habitantes en el mundo proporcionando como resultado el término IoT. Se estima que para el año 2020 la cantidad de dispositivos conectados en total será de 50 mil millones, a una media de 6,58 dispositivos conectados por persona (Figuerola, 2014; Rahman, Daud, & Mohamad, 2016), mientras que Yu, Sekar, Seshan, Agarwal & Xu (2015) argumentan que, para el mismo año, habrá 25 mil millones de dispositivos sólo de IoT. Este gran acrecentamiento en el número de dispositivos conlleva un significativo reto para la seguridad, ya que por lo general son productos novedosos que ofrecen una funcionalidad determinada y muchos fabricantes desatienden las características de seguridad, debido a la competencia por llegar primero al mercado y que su producto sea fácil de utilizar (Yu *et al.*, 2015).

La capacidad de la infraestructura de los operadores de Red es limitada, y la proliferación de los teléfonos inteligentes o smartphones está saturando la capacidad de las redes. Si a lo primero se suman millones de nuevos dispositivos conectados a Internet, la tecnología 4G no será suficiente, por lo que la combinación del uso del móvil, la conexión wifi y la fibra óptica atesoran vital importancia para subsanar la saturación de las infraestructuras móviles.

Sin embargo, el negocio 4G está creciendo, la capacidad de las redes móviles actúa como un cuello de botella. Ante este argumento, la IoT se resiste, por lo que se requiere una serie de medidas para solventarlo (Yun & Yuxin, 2010).

La infraestructura necesaria para soportar IoT ha ido evolucionando ágilmente en los últimos años. Hoy con el advenimiento del “Protocolo de Internet versión 6” (IPv6) y de la posibilidad teórica de direccionamiento de alrededor de 340 undecillones de dispositivos (2<sup>128</sup>) se adquiere una inagotable capacidad de administración de dispositivos para la Red soporte (Lobo & Rico, 2012). Según Yu *et al.*, (2015) debido a este inusitado desarrollo, inversiones y avances en la telefonía móvil, esta tecnología ha demandado en otras tecnologías emergentes la posibilidad de un rápido desarrollo. La adaptación de infraestructura a dicho desarrollo se recoge en el Figura 1.



**Figura 1.** Infraestructura necesaria para soportar IoT. Fuente: Elaboración propia a partir de datos publicados por (Yun & Yuxin, 2010; Lobo & Rico, 2012; Yu *et al.*, 2015).

Como señala, Malina *et al.*, (2016) hay que tomar en cuenta que la IoT consiste en dotar a los aparatos electrónicos de capacidades

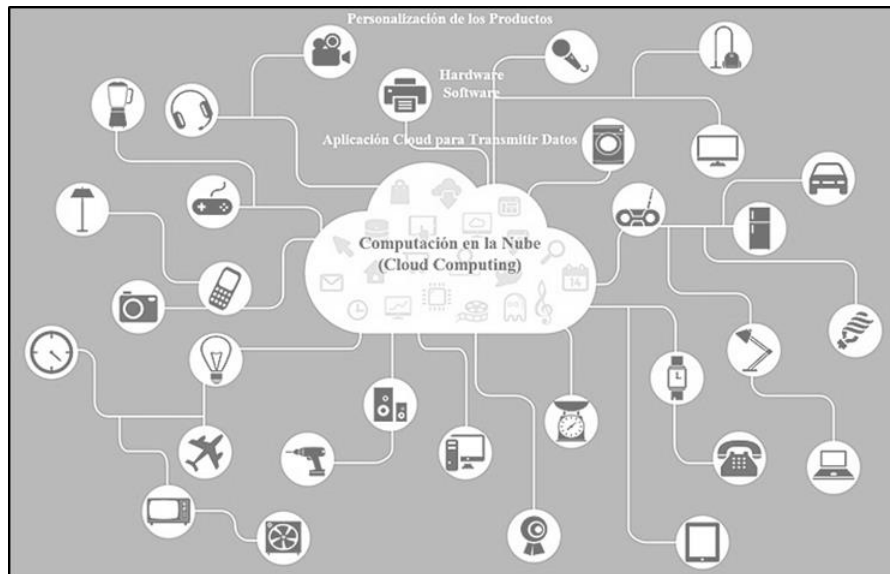
de conectividad y remisión de datos. En tal sentido, los autores Sosa & Godoy (2014) exponen que estos datos se pueden enviar de máquina a máquina (M2M) o a su vez pueden ser enviados a la computación en la nube o CC (proveniente del término anglosajón Cloud Computing). Según Zito (2018) esta nueva y actual generación de productos inteligentes se conoce como de objetos inteligentes conectados (proveniente del término anglosajón Smart Connected Products), incluyendo los productos de consumo habitual y la maquinaria industrial, que comparten sus principales características. Para Sosa & Godoy (2014) estos productos necesitan una nueva infraestructura tecnológica como redes para conectarse al Cloud y protocolos de comunicación que les permita intercambiar datos entre máquinas y con los usuarios, generar nuevas aplicaciones Cloud para el fabricante y su ecosistema, adecuando así el desarrollo de nuevos modelos de negocio.

La experimentación en términos de evolución tecnológica ha avanzado ágilmente que hoy se interactúa con plataformas de desarrollo, como ThingWorx de PTC, mismas que facilitan el desarrollo de aplicaciones de una forma más rápida, acelerando el tiempo que transcurre entre que un producto es concebido y su lanzamiento al mercado (proveniente del término anglosajón Time to Market), reduciendo el riesgo de proyecto y facilitando la evolución de las aplicaciones en entornos cambiantes como el de IoT.

De la práctica en esta temática tan alucinante se puede decir que ambos tipos de Smart Connected Products (productos de consumo habitual y la maquinaria industrial) comparten sus tres principales elementos:

1. Componentes físicos a manera de partes eléctricas o mecánicas.
2. Componentes inteligentes como sensores, almacenaje de datos y software entre otros.
3. Componentes de conectividad a modo de puertos, antenas y redes.

Así la literatura evidencia que, gracias a las capacidades de conectividad productos de consumo habitual y la maquinaria industrial, la parte de hardware se ve reducida, ya que se pueden aprovechar de partes de hardware de otros dispositivos a los que se conectan (Malina *et al.*, 2018; Zito, 2018). Por otro lado, la parte de software se complica haciéndose más protagonista en estos productos conectados que necesitan una interfaz de usuario y algún tipo de aplicación Cloud para transmitir datos. (Rahman *et al.*, 2016; Gómez & Porras, 2018). Esto consiente un gran grado de personalización de los productos de un carácter muy sencillo, no hace falta fabricar productos distintos para cada usuario, sino que los usuarios los pueden personalizar conforme a sus necesidades a través del software, tal como se ejemplifica en la Figura 2.



**Figura 2.** IoT en productos conectados inteligentes. Fuente: Elaboración propia a partir de datos publicados por (Rahman et al., 2016; Malina et al., 2016; Zito, 2018; Gómez & Porras, 2018).

Bajo este contexto, la infraestructura para este mundo conectado requiere ser segura y ágil, a la vez que inteligente para ofrecer simplicidad, agregar valor, ser escalable, reducir costos de operación, y que suministre el ancho de banda ineludible para reducir al máximo las interrupciones o fallas en la Red. Todo esto reducirá, a su vez, el coste total de propiedad o costo total de propiedad (proveniente del término anglosajón Total Cost of Ownership o TCO) y consentirá hacer frente a los cambios y desafíos del mundo real de una manera rápida y eficiente.

Por lo tanto, las soluciones de infraestructura para un mundo conectado deben centrarse en el principio de la sencilla interoperabilidad de los sistemas críticos específicos. La unificación de estas soluciones permitiría una medición en tres niveles que son: alinear, converger y optimizar, con el objeto de exteriorizar el grado de integración que existe en los cinco sistemas críticos (comunicación, sistemas, control, poder y seguridad). Adicionalmente es importante complementarlo y hacer cumplir las políticas de seguridad informática, anticipadamente definidas, además de ser diligente con las auditorías, el sistema de control y las correspondientes

actualizaciones. Finalmente, corresponde implementar la seguridad apropiada y un plan de contingencia que contemple copias de resguardo, autenticación de usuarios, integridad de datos, confidencialidad de la información almacenada y control de acceso, para minimizar las vulnerabilidades de los sistemas críticos. El resultado concurrirá en un sistema más seguro y protegido, así como unos copartícipes más satisfechos.

### 3.3. ¿Qué beneficios, implicaciones y perspectivas futuras pueden esperarse de la interconexión de objetos habituales a través de la Red para la empresa y la Industria 4.0?

*Si tu negocio no está en Internet, tu negocio no existe. - Bill Gates.*

La aparición del fuego encendió la chispa de una evolución y revolución imparable y de gran relevancia en la historia de la humanidad. Desde este primer descubrimiento que, con escasa diferencia podríamos considerar la Revolución en el punto cero, hemos pasado por otras tres revoluciones industriales señaladas. La primera, surgida entre 1760 y 1830, gracias



a la aparición de la máquina de vapor que supuso la mecanización de los procesos de producción. La segunda, alrededor de 1850 con la irrupción de la electricidad, que conjeturó la producción en masa. La tercera, surgida a mediados del siglo XX, gracias al desarrollo de la electrónica y las tecnologías

de la información y las telecomunicaciones. Hoy presenciamos a la cuarta revolución industrial, caracterizada por el imparable fenómeno de la digitalización aplicado a la industria en todos los sectores, tal como se muestra en la Figura 3.



**Figura 2.** Desarrollos de la industria. Fuente: Elaboración propia a partir de datos publicados por (Mosconi, 2015; Fernández, 2017).

Según Mosconi (2015) el término industria 4.0 fue utilizado por primera vez por el gobierno alemán en la segunda década del siglo XXI y forma parte del proyecto denominado: El futuro de la “Industria 4.0”. Este concepto hace parte de la denominada Cuarta Revolución Industrial, en la cual el mundo físico-real y el virtual se acoplan en un sistema llamado Sistemas Ciber-Físicos (proveniente del término anglosajón Cyber Physical-System o CPS), que es posible a través de la denominado IoT.

La Industria 4.0 está sustentada en el desarrollo de sistemas, la IoT y el Internet de la gente y de los servicios (Cooper & James, 2009; Lasi, Fettke, Feld, & Hoffmann, 2014; Ning & Liu, 2015). Así los ratifica Sommer (2015) incorporado a otras tecnologías como la fabricación aditiva, la impresión 3D, la ingeniería inversa, la analítica de los datos (Big Data) y la inteligencia artificial, entre otras, las

que al ocuparse de forma conjunta, están generado permutaciones trascendentales no sólo en la industria de la manufactura sino también en el comportamiento del consumidor y en la condición de hacer negocios. Y, al mismo tiempo, benefician la construcción de capacidades que permiten a las empresas adaptarse a los distintos cambios del mercado cada vez más exigente.

Es imprescindible ubicar a las empresas e industrias del futuro en un escenario distinto, con empleados distintos y procesos diferentes, lo que requiere la reindustrialización del país, diferenciando entre productividad y competitividad (Muyulema, 2018; Rajput & Singh, 2019). La fábrica inteligente hace uso de diferentes tecnologías digitales, como IoT, analítica macrodatos, inteligencia artificial y robótica avanzada (Tseng, Tan, Chiu, & Kuo, 2018). Adicionalmente se han

identificado varios criterios variados para transformar la cadena de suministro lineal (extraen, usan y eliminan) en cadena de suministro circular (reducen, reutilizan y reciclan) para abordar las 3R (reciclar, reducir, reutilizar), pero estos esfuerzos se ven obstaculizados por brechas y discrepancias en los datos (Ismagilova, Hughes, Dwivedi, & Raman, 2019). Estos problemas imposibilitan alcanzar la sostenibilidad, lo que allana el camino para avanzar hacia las tecnologías emergentes, como la Industria 4.0. Cabe recalcar en este punto que, la Industria 4.0 es una combinación de CPS, IoT y la Computación Cognitiva o CC (del termino anglosajón Cognitive Computing) (Lu, Peng, & Xu, 2019; Duan, Edwards, & Dwivedi, 2019). Esta innovación tecnológica proporciona circunstancias favorables para reforzar estrategias circulares como la remanufactura, el reciclaje y también optimizan la capacidad de mantenimiento y extienden el ciclo de vida y el valor de los productos (Camacho, Oropeza, & Lozoya, 2017; Rajput & Singh, 2019).

La Industria 4.0 contribuye a la sostenibilidad al adoptar IoT para recuperar información en tiempo real, lo que ayuda a mejorar la recopilación de datos y compartir el consumo de recursos y el desperdicio de materiales (Jabbour, Jabbour, Filho, & Roubaud, 2018; Queiroz & Wamba, 2019). Mejora aún más la precisión y los sistemas de fabricación (Winans, Kendall, & Deng, 2017). La industria 4.0 ha sentado las bases para identificar las fallas y los errores para optimizar los desechos y podría controlar el desempeño operativo de la cadena de suministro sostenible (Lu & Xu, 2019; Rajput & Singh, 2019). Las combinaciones o habilitadores de la Industria 4.0 permiten la supervisión del rendimiento, el mantenimiento predictivo y la recuperación del servicio (Rajput & Singh, 2019; Duan, Edwards, & Dwivedi, 2019). El diseño de economía circular (EC) en la cadena de suministro sostenible es adaptable en función de los datos proporcionados a

través de la manufactura en la nube y IoT (Lu & Weng, 2018; Frank, Dalenogare, & Ayala, 2019). Por lo tanto, la cadena de suministro sostenible contribuye a la implementación del vínculo entre la economía circular y la Industria 4.0 motivando a las organizaciones empresariales a avanzar hacia la cadena de suministro y ofrece una nueva perspectiva de producción y consumo (Jabbour, Jabbour, Filho, & Roubaud, 2018). Por lo tanto, se puede decir que la sostenibilidad se puede lograr mediante la integración de EC y la Industria 4.0.

El concepto de EC está entrelazado con varios otros conceptos, algunos de los cuales son anteriores, como la simbiosis industrial (Muyulema, 2018; Tseng, Tan, Chiu, & Kuo, 2018; Lu, Peng, & Xu, 2019). Bajo este contexto, para promover la transición de la economía lineal a la EC en una cadena de suministro, las redes de valor deberán estar integradas con transparencia, con la ayuda de las tecnologías asociadas a la Industria 4.0 (Fernández, 2017; Rajput & Singh, 2019). La cadena de bloques se considera una de las innovaciones tecnológicas que impulsa la cadena de suministro sostenible (Kshetri, 2018; Queiroz & Wamba, 2019). Los investigadores Kalmykova, Sadagopan & Rosado (2018) presentaron algunas estrategias de cadena de suministro sostenibles, como el sistema de servicio de producto o producto como servicio, recuperación de energía, recuperación de desechos, construcción de infraestructura logística, EIoT (del termino anglosajón The Enterprise Internet of Things), componentes vitales para el diseño de la cadena de suministro de la Industria 4.0. En la misma línea Choy (2015); Garcia-Muiña, González-Sánchez, Ferrari, & Settembre-Blundo (2018); Olivares & Hernández (2019) se centraron en la integración de sistemas industriales para permitir el uso mínimo de los recursos y reutilizar los desechos para crear beneficios económicos y ambientales.

Recientemente, Cardin (2019) mencionó que los sistemas ciber-físicos o CPPS (del termino anglosajón Cyber-physical production system) han tenido un gran éxito en la última década en varias comunidades científicas, y específicamente en temas de producción. El principal atractivo del concepto radica en el hecho de que abarca muchos temas científicos que antes eran distintos. Es un cambio de paradigma en el proceso de fabricación y ofrece los beneficios en la optimización de los procesos de producción, la producción eficiente en recursos y el proceso de producción centrado en el ser humano. De manera similar, Lu, Peng & Xu (2019) plantearon una arquitectura de fabricación eficiente en el consumo de energía en una CPPS abierta donde las actividades de fabricación se configuran de forma automática. Estos hallazgos argumentaron que la CPPS está íntimamente relacionada con las entidades del proceso de fabricación y tiene implicaciones en la cadena de suministro personalizada de circuito cerrado. Por otro lado, Liu *et al.*, (2019) abordaron que la colaboración entre humanos y robots contribuye a la fabricación sostenible.

La Industria 4.0 es una transformación digital del proceso de fabricación en el que se comparten datos heterogéneos entre el entorno físico y el real. Desde esta perspectiva, Sommer (2015); Roblek, Meško, & Krapež (2016); (Camacho, Oropeza, & Lozoya (2017); (Lu & Weng (2018); Duan, Edwards, & Dwivedi (2019); comentan que, las tecnologías clave de la Industria 4.0 son IoT, la CC, Big Data, simulación, realidad aumentada, fabricación aditiva, integración de sistemas horizontales y verticales, robots autónomos y ciberseguridad.

Ahora bien, el debate en torno a los beneficios, implicaciones y perspectivas futuras pueden esperarse de la interconexión de objetos habituales a través de la Red o IoT para la empresa y la industria tiene lugar en un contexto caracterizado por una toma de conciencia generalizada de la importancia que posee cada organización para el devenir de la economía y el bienestar de un país (Cooper & James, 2009; Figuerola, 2014; Zito, 2018). Efectivamente, aparte de la notable contribución que aporta al total del empleo o al PIB.

Fundamentalmente la actividad manufacturera presenta otra serie de claves interesantes para el desarrollo económico, ya que suele hacer sostenible un mayor gasto en I+D+i, unas tasas de exportación más elevadas, un empleo de superior cualificación profesional, así como una mayor productividad en comparación con el resto de sectores económicos (Bloom & Sadun, 2012; Mosconi, 2015; Navarro & Sabalza, 2016). En la industria manufacturera no solo el nivel remunerativo de los trabajadores tiende a ser mayor que en el conjunto de la economía, sino que además preexiste una menor polarización de las cualificaciones y las remuneraciones de los trabajadores que en el sector servicios, por lo que la pérdida de la industria manufacturera acentúa la polarización social (Sommer, 2015).

Bajo estas consideraciones, se puede decir que en el entorno actual de competencia global hay que romper las barreras mentales que a veces bloquean e impiden innovar, en ese sentido la Tabla 3 expone algunas de las implicaciones que se visualiza tendrá esta nueva revolución tecnológica (IoT) en la industria 4.0, los negocios y el empleo.

**Tabla 3.** Implicaciones de la nueva revolución tecnológica (IoT).

No	Iniciativa	Implicaciones
1	Industria 4.0	a) Instalaciones de producción totalmente digitalizadas e interconectadas.
		b) Manufactura flexible, autónoma y sustentable.
		c) Robots que asisten e interactúan con humanos.
		d) Máquinas que aprenden, que procesan las experiencias pasadas para ser autodidactas.
		e) Productos inteligentes, conscientes del entorno y que proveen información.
		f) Manejo y análisis de grandes volúmenes de datos en tiempo real.
		g) Enfoque a la innovación y actividades de valor agregado.
		h) Perspectiva a la innovación a lo largo del ciclo de vida del producto inteligente y conectado.
2	Negocios	a) Cambios en el tipo de productos de físico a digitales conectados.
		b) Mayores niveles de integración de la organización y el entorno.
		c) Redes de trabajo que crean valor.
		d) Infraestructura y servicios compartidos en la nube.
		e) Cadenas de suministro inteligentes y globales.
		f) Modelos de negocio basados en servicios en la nube, logística y distribución.
3	Empleo	a) Nuevos esquemas de colaboración e infraestructuras sociales.
		b) Otras formas de interacción hombre-máquina.
		c) Perfiles de puesto altamente especializados.
		d) Procesos de trabajo más complejos.
		e) Trabajo más flexible.
		f) Ambientes de trabajo asistidos y dependientes de la tecnología.
		g) Requerimientos para el manejo de tecnologías digitales, robots, programación y analítica como competencias transversales.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de datos publicados por (Cooper & James, 2009; Christopher & Holweg, 2011; Bloom & Sadun, 2012; Lasi, Fettke, Feld, & Hoffmann, 2014; Roblek, Meško, & Krapež, 2016).

El análisis de la información presentada sobre esta temática permite beneficiarse de una visión más amplia de los alcances, beneficios, implicaciones y perspectivas de esta nueva revolución tecnológica. Sin embargo, esta transición que es esencial para el futuro de las empresas e industrias independientemente de su tamaño y sector no es inmediata, sino que debe seguir un proceso planificado, organizado, dirigido y controlado que sostengan las bases económicas y tecnológicas que respalden las inversiones y cambios que están por llegar.

En definitiva, el análisis ejecutado en el presente trabajo se guía según un planteamiento donde se intuye que la tecnología es un medio que viabiliza cuestionar o cambiar radicalmente el modelo de negocio ligado a la actividad empresarial (qué vendemos, cuál es nuestra propuesta de valor, a quién se lo vendemos y cómo lo vendemos), que demanda unas organizaciones dinámicas, abiertas y

valientes, con elementos multidisciplinarios y un entorno de actuación que sea favorable.

Bajo este escenario, el desafío para esta nueva revolución tecnológica será entonces el desarrollo de software, sistemas de análisis masivo de datos y su almacenamiento, la incorporación de electrónica a los elementos que interactúan en los procesos productivos, empresariales (de negocio) y en los productos derivados de ellos, la convivencia del hombre con la máquina y la disponibilidad de información para una mejor y más efectiva toma de decisiones.

Surgió entonces una última interrogante por responder: *¿Qué perspectivas futuras pueden esperarse de la interconexión de objetos habituales a través de la Red para la empresa y la Industria 4.0?*, según los datos de la Guía Semestral de Gasto Mundial de IoT, elaborada por la consultora IDC (del término anglosajón International Data Corporation), muestran que el sector de la IoT continuará creciendo con fuerza en

2019, y pronostica que el gasto global alcanzará los 745.000 millones de dólares, lo que admitiría un incremento interanual del 15,4% frente a los 646.000 millones alcanzados en 2018. Además, este informe argumenta que el gasto en tecnologías relacionadas con IoT continuará aumentando en el período 2017-2022, cuando se espera que en este último supere a 1,2 billones de dólares. Esto involucra que el aumento de la inversión en este campo experimentará un incremento anual del 13,6% hasta entonces (IDC, 2017).

Las previsiones de IDC (2017) ponen en manifiesto del mismo modo que el sector de consumo será el que más crecimiento de la inversión registre, con una tasa de crecimiento anual del 19% hasta el año 2022. Le continúa la inversión en los sectores de seguros y la salud. De igual forma la manufactura discreta y el transporte serán los sectores en los que crecidamente se gaste en IoT en el año 2020: aproximadamente más de 150.000 millones de dólares. Desde una representación de casos de uso empresariales, las soluciones de vehículo a vehículo (V2) y de vehículo a infraestructura (V2I) serán las que más distingan crecer el gasto en IoT: un 29% cada año hasta 2022. Le seguirán las áreas de gestión del tráfico y de seguridad de vehículos conectados.

La categoría tecnológica de IoT que más gasto va a agrupar en el año 2019 son los servicios. Precisamente, se destinarán 258.000 millones de dólares a tecnologías de información (TI) tradicional y servicios de instalación, así como a dispositivos no convencionales y servicios operacionales. El gasto en hardware se aproximará a los 250.000 millones. En este campo, en lo que más se dispondrá para gastos será en sensores y módulos: más de 200.000 millones. Mientras, en software para IoT se invertirán 154.000 millones en el año 2019 y será la categoría que más ascienda entre el periodo 2017 y 2022, con un crecimiento

anual arraigado del 16,6%. El gasto en servicios de la misma manera crecerá por encima del general en IoT, con un incremento anual del 14,2% hasta el año 2022. En conectividad para IoT se invertirán en el año 2019 un aproximado de 83.000 millones (IDC, 2017).

Estados Unidos y China serán los países con una mayor inversión en IoT en el año 2019: 194.000 millones y 182.000 millones de dólares respectivamente. Le seguirán Japón (65.400 millones), Alemania (35.500 millones), Corea del Sur (25.700 millones), Francia (25.600 millones) y Reino Unido (25.500 millones). Los países en los que más crecerá la inversión en IoT hasta el año 2022 serán México (28,30% de crecimiento anual), Colombia (24,90% de gasto anual) y Chile (23,30% de crecimiento anual) (IDC, 2017; Bajla, Sano, & Demarchi, 2018).

Bajo esta perspectiva transitamos una era en que la conectividad se acelera y las máquinas se vuelven cada vez más inteligentes. Un mundo en el que adquirimos la oportunidad de explotar exhaustivamente la potencialidad ofrecida por las tecnologías digitales a lo largo de las cadenas de valor de todo tipo de organización. Liderar en este nuevo entorno, utilizando las tecnologías digitales para transformar los negocios centrales y crear otros nuevos, debería ser la máxima prioridad en la agenda de negocios.

Sudamérica tiene una oportunidad insuperable para poder competir con los gigantes industriales del mundo. Con un mercado interno en crecimiento y una gran base de talento juvenil, la oportunidad se exhibe hoy como nunca antes para las compañías de la región. Lo que corresponde ahora es aprovechar al máximo las experiencias de reinversión digital.

Por ejemplo, gracias a la integración de una solución de Big Data y análisis de información, el Grupo Unicoba (Brasil) consiguió reducir un 80% el tiempo que

antes tomaba encontrar nuevos consumidores de sus productos, al tiempo que creció un 90% las actividades para controlar sus comercializaciones desde la nube. Por su parte, la fabricante chilena de equipos destinados para minería y construcción Komatsu Cummins redujo sus bases de datos un 62% para enfocarse solo en clientes reales; al tiempo que el Instituto Tecnológico de Monterrey (México) simplificó sus procesos de contratación y ahora gestiona fácilmente más de 40.000 contrataciones anuales con herramientas en la nube (González, 2017).

Precisamente, un estudio de Morgan (2016) para la corporación multinacional Citrix Systems, Inc., fundada en 1989, que suministra tecnologías de virtualización de servidores, conexión en red, software como servicio (SaaS) e informática en la nube, precisa que los empresarios que han integrado tecnologías móviles en la región han reducido sus costos hasta en 78%, al tiempo que han aumentado la productividad de sus empleados en 89%, en la disposición que se estimula el teletrabajo al acceder a los recursos de sus oficinas en cualquier lugar y a toda hora.

Cabe señalar que hay áreas empresariales en donde es más evidente la transformación digital. Por ejemplo, el marketing está a la vanguardia al optimizar las experiencias a los clientes con la integración de productos multimedia que expanden la operación de las tiendas físicas. En Colombia, el 31% de las organizaciones ya ha habilitado estos canales (Barrientos, 2017).

A pesar de que existe un número progresivo de compañías que confían sus operaciones a herramientas digitales, según Bajla, Sano, & Demarchi (2018) América Latina aún está lejos de alcanzar los niveles de otras regiones del planeta. Aún existen barreras que impiden que esta tendencia avance de una forma fluida como:

- La falta de inversión en tecnologías digitales como la robótica, los medios

sociales, la IoT, la inteligencia artificial o los macrodatos.

- La baja penetración de Internet que persiste en varias partes de la región. - El Índice de Conectividad Global (GCI, por su sigla en inglés), ejecutado por el operador logístico DHL, muestra un claro retraso en el tráfico de todo tipo de datos comerciales en la región. Entre los 140 países analizados por el estudio, Panamá es el latino con las sobresalientes condiciones de conectividad al ubicarse en el puesto (42) y superando a Chile (53), Brasil (57) y Perú (64). Colombia aparece en el puesto (88) y Argentina en el (102).
- Insuficiente inversión en el desarrollo de habilidades emergentes en redes, que envuelve capacidades técnicas en tecnologías como la nube, movilidad, virtualización de datos, seguridad cibernética e IoT.

El problema se torna particularmente grave cuando se trata de competencias técnicas puesto que, por ejemplo, expertos en redes de TI, las cuales resultan esenciales para poder aprovechar el potencial que brindan diversas herramientas digitales, tales como dispositivos móviles, la nube y la IoT (Bajla, Sano, & Demarchi, 2018). Un estudio elaborado por Cisco e IDC arrojó que América Latina podría satisfacer apenas un tercio (32%) de su demanda de habilidades de redes para el año 2019 (IDC, 2017).

Bajo esta información, el desplazamiento hacia la reinención digital de las economías de Sudamérica demandará algo más que la mera experimentación con TI o el stack de SMAC (Social, Movilidad, Analítica y Cloud). Representará combinar tecnologías digitales apropiadamente de modo tal de estimular tanto el crecimiento de los ingresos, así como también de la rentabilidad. Sólo de este modo las organizaciones sudamericanas conseguirán reinventarse en empresas conectadas, inteligentes, vivas y de aprendizaje

continuo, competentes de generar eficiencias operativas y experiencias hiper-personalizadas para sus clientes finales.

Tomando en consideración que actualmente ya existe todo tipo de aparatos relacionados con IoT, desde autos y motos, sistemas de audio, televisores, cerraduras, wearables, refrigeradores y muchos otros relacionados con la vida diaria. Así, ya queda de manifiesto que la IoT puede transformarse en un aspecto clave como tecnología operativa para todo tipo de organizaciones y dar valor agregado al entorno del trabajo.

La IoT de la misma manera puede mejorar las experiencias de los clientes, optimizar los procesos de negocio y el desarrollo de productos (Martínez, Mejía, Muñoz, & García, 2017). En ese sentido, IoT puede permitir a un fabricante, por ejemplo, conectarse directamente con el usuario de su producto, lo cual no solo consigue optimizar la experiencia del cliente, sino además el soporte, las ofertas de servicio y el producto en sí mismo. Eso sí, IoT implica desconocidos riesgos y retos de seguridad a nivel de dispositivos, plataformas, redes, sistemas operativos, comunicaciones y sistemas conectados. La seguridad es un desafío permanente en esta nueva tecnología. Mientras más dispositivos estén interconectados, más oportunidades de ataques poseen los delincuentes cibernéticos (cibercrimen) para acceder a datos privados de consumidores y normalmente tiene motivos maliciosos. Por lo tanto, se torna vital verificar las identidades de los usuarios.

Por otro lado, están emergiendo nuevos modelos de seguridad en redes con capacidades enriquecidas para la resolución de problemas, inclusive, con capacidades de autoaprendizaje, lo que viabiliza un diagnóstico y solución más rápidos.

Por último, los modelos de negocio IoT pueden utilizar la información recolectada de considerables formas para entender y

comprender el comportamiento de los clientes, mejorar productos, suministrar nuevos servicios, entre otros. En ese aspecto, IoT demanda nuevas intermediaciones analíticas, con innovadoras herramientas y algoritmos. Sin duda alguna, aquí se puede decir que existe un enorme potencial.

No obstante, hay que tener en cuenta que para cumplir ese enorme potencial es vital superar algunos desafíos, como escalabilidad, interoperabilidad, ancho de banda, una robusta plataforma en la nube, nueva normativa de los sistemas de información y comercio electrónico y ciberseguridad, por mencionar algunos. Estamos frente a una gran oportunidad; hay que trabajar para aprovecharla.

#### **4. Conclusiones.**

Los resultados de la investigación dan respuesta a las tres grandes preguntas de investigación planteadas en el presente trabajo al encontrar en la revisión de literatura información suficiente y pertinente que permite conceptualizar los términos relacionados con la interconexión digital de objetos habituales con Internet y sus aplicaciones para la empresa y la Industria 4.0.

La interconexión de objetos habituales o IoT nace como resultado de la existencia de tecnologías disponibles en el medio, tales como la identificación por radiofrecuencia (RFID) y las denominadas redes inalámbricas de sensores (WSN). Se trata de una innovación tecnológica en las relaciones entre los objetos de uso cotidianos y las personas, incluso entre los objetos directamente, que se enlazarán entre ellos y con la Red y brindarán datos en tiempo real para su monitorización y control.

Las principales tecnologías asociadas a la interconexión de objetos habituales a través de la Red están enmarcadas por así decirlo

en una secuencia de capas, cada una encargada de una labor y que ha sido diseñada con mimo para cumplir su función. Desde la extracción de datos, su envío, recepción y posterior procesamiento para dar lugar a los resultados. Tomado en cuenta que su perfeccionamiento depende de la dinámica de la innovación tecnológica en campos tan diversos como los sensores inalámbricos, la nanotecnología, y el software para sistemas embebidos. Por lo tanto, su infraestructura esencial de trabajo para este mundo conectado debe de ser aquella que asegure la disponibilidad de estas redes en 24/7, una alta confiabilidad y privacidad de la información en la Red. La confiabilidad implica autenticidad de la información en tránsito, de la identificación inequívoca de los actores en la comunicación, como también un reaseguro de la calidad de las mediciones efectuadas por los equipos desplegados.

Los beneficios, implicaciones y perspectivas futuras pueden esperarse de la interconexión de objetos habituales a través de la Red para la empresa y la Industria 4.0 se fundamente en que la IoT no sólo conecta ordenadores y dispositivos móviles con todo tipo de objetos, sino que posee también la capacidad de interconectar ciudades, edificios, industrias, vehículos u hogares, así como infraestructuras de redes eléctricas, de gas o de abastecimiento de agua, entre otros ámbitos cotidianos. Bajo este criterio se evidencia la importancia de transitar hacia la adopción de estas tecnologías como medio de optimización de los recursos disponibles y se evidencia la necesidad de personal especializado e interdisciplinar vinculado a este tipo de tecnologías, que engloban un sofisticado grupo de metodologías y técnicas de última generación, para su desarrollo e implementación en las organizaciones.

Finalmente, el despliegue generalizado de IoT tanto a nivel nacional como internacional debe ir de la mano de políticas claras sobre el manejo de la información y

de la seguridad de la misma, con el fin de generar un ambiente de confianza entre los usuarios y tener mayor facilidad de adopción y utilización por los países.

## 5. Referencias

1. Bajla, P., Sano, A. S., & Demarchi, J. (2018). Sudamérica rumbo a un futuro digital. *Research para Industria X.0. Accenture*, 1-25. Obtenido de [https://www.accenture.com/t00010101T00000Z\\_\\_w\\_/ar-es/\\_acnmedia/PDF-82/Accenture-brochure-south-america-industry-xo.pdf](https://www.accenture.com/t00010101T00000Z__w_/ar-es/_acnmedia/PDF-82/Accenture-brochure-south-america-industry-xo.pdf).
2. Barrientos, F. P. (2017). Marketing + internet = e-commerce: oportunidades y desafíos. *Revista Finanzas y Política Económica*, 9(1), 41-56.
3. Bloom, N., & Sadun, R. &. (2012). Americans do I.T. better: US multinationals and the productivity miracle. *American Economic Review*, 102, 167-201.
4. Camacho, C. J., Oropeza, O. E., & Lozoya, R. O. (2017). Internet de las cosas y Realidad Aumentada: Una fusión del mundo con la tecnología. *ReCIBE. Revista electrónica de Computación, Informática, Biomédica y Electrónica*, 6(1), 139-150.
5. Cardin, O. (2019). Classification of cyber-physical production systems applications: Proposition of an analysis framework. *Computers in Industry*, 104, 11-21. doi:<https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.10.002>.
6. Cerf, V. (2009). La próxima Internet la red de las cosas. *Revista Colombiana de Telecomunicaciones*, 16(53), 36-38.
7. Choy, Z. E. (2015). Mejores prácticas para una cadena de producción sostenible. *Quipukamayoc*, 23(44), 81-86.
8. Christopher, M., & Holweg, M. (2011). Supply Chain 2.0: managing supply chains in the era of turbulence. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 41(1), 63-82.
9. Cooper, J., & James, A. (2009). Challenges for database management in the internet of



- things. *IETE Technical Review*, 26(5), 320-329.
10. Duan, Y., Edwards, J. S., & Dwivedi, Y. K. (2019). Artificial intelligence for decision making in the era of Big Data – evolution, challenges and research agenda. *International Journal of Information Management*, 48, 63-71. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.01.021>.
  11. Fernández, L. J. (2017). La industria 4.0: Una revisión de la literatura. *Actas de Ingeniería*, 3, 222-227.
  12. Figuerola, N. (2014). *Seguridad en Internet de las cosas. Estado del Arte*. Valencia: SIRT-CV: Centro de Seguridad TIC de la Comunitat Valenciana. Obtenido de [http://www.csirtcv.gva.es/sites/all/files/downloads/%5BCSIRT-CV%5D%20Informe-Internet\\_de\\_las\\_Cosas.pdf](http://www.csirtcv.gva.es/sites/all/files/downloads/%5BCSIRT-CV%5D%20Informe-Internet_de_las_Cosas.pdf).
  13. Frank, A. G., Dalenogare, L. S., & Ayala, N. F. (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*, 210, 15-26. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004>.
  14. Garcia-Muiña, F. E., González-Sánchez, R., Ferrari, A. M., & Settembre-Blundo, D. (2018). The Paradigms of Industry 4.0 and Circular Economy as Enabling Drivers for the Competitiveness of Businesses and Territories: The Case of an Italian Ceramic Tiles Manufacturing Company. *Soc. Sci.*, 7(12), 1-31. doi:<https://doi.org/10.3390/socsci7120255>.
  15. Gascón, J., Seseña, J., & Alfaro, A. (2009). Internet del Futuro: La convergencia como factor clave para la evolución tecnológica. *Revista Colombiana de Telecomunicaciones*, 16(53), 32-35.
  16. Gómez, E. E., & Porras, F. E. (2018). Modelo de evaluación de seguridad para transmitir datos usando Web Services. *Revista Industrial Data* 21(1), 123-132. doi:<http://dx.doi.org/10.15381/idata.v21i1.14927>.
  17. González, T. A. (2017). *La Industria 4.0 avanza en América*. Bogotá: Universidad de La Sabana, Search Data Center en Español. Obtenido de <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/cronica/La-Industria-40-avanza-en-America-Latina>.
  18. IDC (International Data Corporation). (2017). *Guía mundial semestral de gasto en Internet de las cosas*. IDC y The Conference Board Total Economy Database.
  19. Ismagilova, E., Hughes, L., Dwivedi, Y. K., & Raman, R. (2019). Smart cities: Advances in research—An information systems perspective. *International Journal of Information Management*, 47, 88-100. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.01.004>.
  20. Jabbour, A. B., Jabbour, C. J., Filho, M. G., & Roubaud, D. (2018). Industry 4.0 and the circular economy: a proposed research agenda and original roadmap for sustainable operations. *Annals of Operations Research*, 270(1), 273-286. doi:<https://doi.org/10.1007/s10479-018-2772-8>.
  21. Kalmykova, Y., Sadagopan, M., & Rosado, L. (2018). Circular economy – From review of theories and practices to development of implementation tools. *Resources, Conservation and Recycling*, 135, 190-201. doi:<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.034>.
  22. Kshetri, N. (2018). 1 Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives. *International Journal of Information Management*, 39, 80-89. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2017.12.005>.
  23. Lasi, H., Fettke, P., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6 (4), 239-242.
  24. Liu, Q., Liu, Z., Xu, W., Tang, Q., Zhou, Z., & Pham, D. T. (2019). Human-robot collaboration in disassembly for sustainable manufacturing. *International Journal of Production Research*. doi:<https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1578906>.

25. Lobo, C. J., & Rico, B. D. (2012). Implementación de la seguridad del protocolo de internet versión 6. *Gerenc. Tecnol. Inform.*, 1(2), 35-46.
26. Lu, H.-P., & Weng, C.-I. (2018). Smart manufacturing technology, market maturity analysis and technology roadmap in the computer and electronic product manufacturing industry. *Technological Forecasting and Social Change*, 133, 85-94.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.03.005>.
27. Lu, Y., & Xu, X. (2019). Cloud-based manufacturing equipment and big data analytics to enable on-demand manufacturing services. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 57, 92-102.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.rcim.2018.11.006>.
28. Lu, Y., Peng, T., & Xu, X. (2019). Energy-efficient cyber-physical production network: Architecture and technologies. *Computers & Industrial Engineering*, 129, 56-66.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.01.025>.
29. Malina, L., Hajny, J., Fajdiak, R., & Hosek, J. (2016). On perspective of security and privacy-preserving solutions in the internet of things. *Computer Networks*, 102, 83-95.
30. Martínez, J. M., Mejía, J., Muñoz, M., & García, Y. M. (2017). La Seguridad en Internet de las Cosas: Analizando el Tráfico de Información en Aplicaciones para iOS . *ReCIBE. Revista electrónica de Computación, Informática, Biomédica y Electrónica*, 6(1), 77-96.
31. Morgan, J. (2016). *Humanizing the Workforce with Technology*. Santa Clara: Citrix Systems, Inc. Obtenido de [https://www.citrix.com/content/dam/citrix/en\\_us/documents/white-paper/humanizing-the-workforce-with-technology.pdf](https://www.citrix.com/content/dam/citrix/en_us/documents/white-paper/humanizing-the-workforce-with-technology.pdf).
32. Mosconi, F. (2015). *The new European industrial policy: Global competitiveness and the manufacturing renaissance*. London: Routledge.
33. Muyulema, A. J. (2018). La ecología industrial y la economía circular. Retos actuales al desarrollo de industrias básicas en el Ecuador. *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 5(2), 1-15.
34. Navarro, A. M., & Sabalza, L. X. (2016). Reflexiones sobre la Industria 4.0 desde el caso vasco. *Ekonomiaz*, 89(1), 143-173.
35. Ning, H., & Liu, H. (2015). Cyber-physical-social-thinking space based science and technology framework for the Internet of things. *Science China Information Sciences*, 58, 1-19.
36. Olivares, B. O., & Hernández, R. A. (2019). Ecoterritorial sectorization for the sustainable agricultural production of potato (*Solanum tuberosum* L.) in Carabobo, Venezuela. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 20(2), 1-16.  
doi:[https://doi.org/10.21930/rcta.vol20\\_num2\\_art:1462](https://doi.org/10.21930/rcta.vol20_num2_art:1462).
37. Queiroz, M. M., & Wamba, S. F. (2019). Blockchain adoption challenges in supply chain: An empirical investigation of the main drivers in India and the USA. *International Journal of Information Management*, 46, 70-82.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.11.021>.
38. Queiroz, M. M., & Wamba, S. F. (2019). Blockchain adoption challenges in supply chain: An empirical investigation of the main drivers in India and the USA. *International Journal of Information Management*, 46, 70-82.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.11.021>.
39. Rahman, A. F., Daud, M., & Mohamad, M. Z. (2016). Securing Sensor to Cloud Ecosystem using Internet of Things (IoT) Security Framework., (págs. 1-5).  
doi:<http://doi.org/10.1145/2896387.2906198>.
40. Rajput, S., & Singh, S. P. (2019). Connecting circular economy and industry 4.0. *International Journal of Information Management*, 48, 98-113.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.03.002>.

41. Roblek, V., Meško, M., & Krapež, A. (2016). A Complex View of Industry 4.0. *SAGE Open*, 2(6), 1–11.
42. Sommer, L. (2015). Industrial revolution—Industry 4.0: Are German manufacturing SMEs the first victims of this revolution? . *Journal of Industrial Engineering and Management*, 8, 1512-1532.
43. Sosa, E. O., & Godoy, D. A. (2014). Internet del futuro: Desafíos y perspectivas. *Revista de Ciencia y Tecnología*, (21), 40-46. Obtenido de Recuperado en 11 de enero de 2019, de [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1851-75872014000100007](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-75872014000100007).
44. Tseng, M.-L., Tan, R. R., Chiu, A. S.-F., & Kuo, T. C. (2018). Circular economy meets industry 4.0: Can big data drive industrialsymbiosis? *Resources, Conservation & Recycling*, 131, 146-147. doi:<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.12.028>.
45. Wang, L., & Ji, W. (2019). Cloud enabled CPS and big data in manufacturing. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 9783319895628, 265-292. doi:10.1007/978-3-319-89563-5\_20.
46. Winans, K., Kendall, A., & Deng, H. (2017). The history and current applications of the circular economy concept. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68(1), 825-833. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.123>.
47. Xu, T., Wendt, J., & Potkonjak, M. (2014). Security of IoT systems: Design challenges and opportunities. *IEEE/ACM International Conference on Computer* (págs. 417-423). San Jose, CA, USA: Aided Design (ICCAD). doi:10.1109/ICCAD.2014.7001385.
48. Yan, B., & Huang, G. (2008). Application of RFID and Internet of Things in Monitoring and Anti-counterfeiting for products. *International Seminar on Business and Information Management*, 392-395.
49. Yinghui, H., & Guanyu, L. (2010). "A Semantic Analysis for Internet of Things. *International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation*, 336-339.
50. Yu, T., Sekar, V., Seshan, S., Agarwal, Y., & Xu, C. (2015). Handling a trillion (unfixable) flaws on a billion devices: Rethinking network security for the Internet-of-Things. *Proceedings of the 14th ACM Workshop on Hot Topics in Networks - HotNets - XIV*, (págs. 1-7). Filadelfia. doi:<http://doi.org/10.1145/2834050.2834095>.
51. Yun, M., & Yuxin, B. (2010). Research on the Architecture and Key Technology of Internet of Things (IoT) Applied on Smart Grid. *International Conference on Advances in Energy Engineering*, (págs. 12-22). Singapur.
52. Zito, M. (2018). La sustentabilidad de Internet de las Cosas. Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. *Ensayos*, 70, 1-3.