

La Cuarta Revolución Industrial desde el internet de las cosas

Oscar Manuel Duque Suárez

Resumen

Se contextualizan las tecnologías emergentes, y como desde las mismas surge y se fundamenta la cuarta revolución industrial, también conocida como la Industria 4.0, desde un punto de vista donde el internet de las cosas hace parte o se vincula con cada una de dichas tecnologías. Se parte desde las bases de la inteligencia artificial y como la misma junto con la robótica abren paso a Big Data, Cloud Computing, BlockChain, los sistemas ciberfísicos (CPS), ciberseguridad, Biotecnología, materiales inteligentes, vinculadas todas de alguna manera en la aplicación con el internet de las cosas (IoT).

Palabras clave: Tecnología, Emergente, Revolución, Industria, IoT

Introducción

La capacidad del humano para identificar problemas de su entorno y aplicar sus conocimientos para dar solución a los mismos lo ha caracterizado sobre los demás seres vivos, dicha concepción de obtener un producto que satisface necesidades, el cual es creado bajo ciertos conocimientos utilizando los recursos disponibles, se conoce como tecnología, y ha sido gracias a esta que ha logrado permanecer en la historia y evolucionar, siendo la misma naturaleza y las propias decisiones humanas quienes han puesto a la raza humana al límite de su existencia. En algunas épocas de la historia la necesidad de un cambio, junto con el surgimiento de tecnologías innovadoras, que bien coincidieron en la misma época por razones externas o resultaron de la misma necesidad del cambio, dieron paso a revoluciones industriales, las cuales modificaron las formas de producción en las industrias, y como consecuencia la economía y las propias condiciones sociales. La primera revolución industrial inició entre los años 1750 -1840, dicha industrialización fue impulsada por una

sucesión interrelacionada de cambios tecnológicos que sustituyeron a la capacidad humana por instrumentos mecánicos, y a la energía humana y animal por energía inanimada (Rozo-García, 2020). La segunda Revolución industrial se da a mediados del siglo XIX y se caracterizó por el gran paso que dio en el ámbito científico y tecnológico, surgiendo en esta la era eléctrica, las comunicaciones, la evolución de la industria química y del transporte, así como también el uso de los combustibles fósiles. La tercera revolución es conocida como la del conocimiento y las tecnologías de información y llevó a cabo entre 1960 y 1990, de ella destacan los avances en bioingeniería, electrónica, computadores, y la robótica.

En los últimos años muchas de las tecnologías emergentes se consolidan en la industria, y la mayoría de ellas apuntan a la digitalización, razón por la cual se da una revolución digital y se le conoce como la cuarta revolución industrial (Chávez, 2019), la cual también es denominada como Industria 4.0, es así como para (Rozo-García, 2020) “La cuarta revolución industrial fusiona los sistemas físicos, los sistemas digitales y los sistemas biológicos, para generar una red de producción inteligente donde los distintos componentes interaccionan y colaboran entre sí”. Donde esa interconexión y colaboración entre sí se ha logrado gracias a la vinculación de todas las tecnologías con el emergente Internet de las Cosas y el Internet de los Servicios, con lo cual se está consiguiendo una mayor flexibilidad e individualización de los procesos productivos.

Tecnologías emergentes presentes en la Industria 4.0

Las Tecnologías emergentes son aquellas que a pesar de su poca madurez ofrecen resultados prometedores a corto, mediano y largo plazo. Por su parte también entran aquí las convergentes, las cuales ofrecen la posibilidad de crear sinergias entre diversas áreas, es por esta razón que la cuarta revolución industrial está suprimiendo la brecha entre lo físico, lo digital y lo biológico. Entre dichas tecnologías se tiene a la inteligencia artificial (IA), la cual posee grandes implicaciones en otras tecnologías emergentes como la neurociencia, el Internet de las Cosas, los drones, la robótica, y las demás que más adelante son mencionadas (Chávez, 2019), donde la IA en sinergia con éstas tiene como objetivo que los avances tecnológicos ejecuten actividades que en circunstancias normales requerirían la asistencia de la inteligencia humana, como por ejemplo aprender, razonar, resolver problemas, percibir

imágenes, sonidos, tactos, sabores, olores y reconocer patrones de cual quiera de estos sentidos, tomar decisiones, comprender lenguajes, entre otras capacidades.

Otra de las tecnologías emergentes presentes en la industria 4.0 es la computación en la nube, conocida como Cloud Computing, la cual permite un acceso ubicuo y bajo demanda a un conjunto compartido de recursos informáticos, mediante un esfuerzo mínimo de interacción con un proveedor de servicios, como lo cita (Rozo-García, 2020). Lo anterior hace sentido a establecer como otra tecnología a la ciberseguridad, ya que la digitalización presente en la industria 4.0 trae consigo nuevos riesgos cibernéticos, considerando a la ciberseguridad como las practicas, procesos y tecnologías, desarrolladas para aminorar el riesgo de hacer uso, procesamiento, almacenamiento y transmisión de información, la cual es utilizada por las organizaciones e industrias.

También se da paso a los sistemas ciberfísicos (CPS) y al Blockchain, los CPS se centran en una base sólida de sistemas matemáticos e informáticos para modelar, simular y diseñar sistemas integrados concurrentes en tiempo real, buscando caracterizar los principios científicos e ingenieriles que sustentan la integración del espacio físico con el espacio virtual en todos los campos. Y Blockchain según Chávez (2019) “es una tecnología que permite almacenar transacciones de manera descentralizada, es decir, almacena datos de forma segura en una gran cantidad de servidores”, la cual utiliza técnicas avanzadas de matemáticas basadas en la criptografía.

Todas estas tecnologías, y la masificación de la información, requiere de una tecnología que hace posible el tratamiento y procesamiento de dicha información, la cual es conocida como Big Data y hace referencia a las soluciones de hardware y software que permiten recibir, almacenar y organizar el acceso a conjuntos de datos de tamaños desbordantes, Según (Chas, 2020a) esta tecnología se describe en 5 dimensiones, las cuales se observan en la figura 1.

Figura 1 Las 5 Vs de Big Data



Nota. Chas, A. (2020a). Big Data: definición, características, y tecnologías principales. Recuperado el 15 de julio de 2020, de <https://www.auraportal.com/es/que-es-big-data/>

Como tecnologías adicionales se tienen la realidad virtual y aumentada, la fabricación por adicción, la biotecnología, los materiales inteligentes, entre otras. (Saturno, Moura Pertel, Deschamps, & De Freitas Rocha Loures, 2018) plasma las más destacadas en la figura 2.

Figura 2 Tecnologías presentes en la Industria 4.0



Nota. Saturno, M., Moura Pertel, V., Deschamps, F., & De Freitas Rocha Loures, E. (2018). Proposal of an Automation Solutions Architecture for Industry 4.0. DEStech Transactions on Engineering and Technology Research, (icpr). <https://doi.org/10.12783/dtetr/icpr2017/17675>

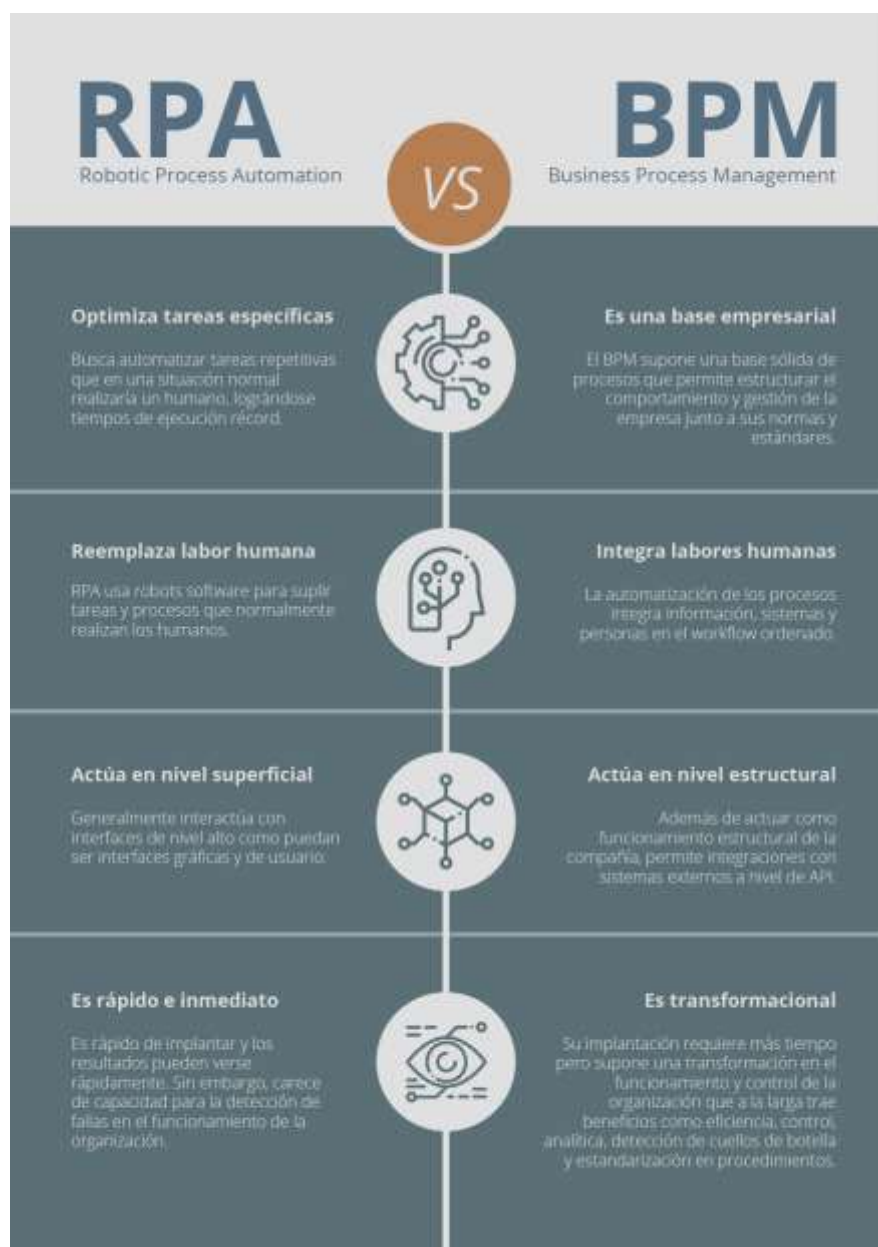
Sistematización de los procesos organizacionales

Las tecnologías emergentes no solo han mejorado la manufactura, sino también hacen aportes importantes a los sistemas organizacionales de las empresas, factor que se correlaciona con el incremento productivo, algunas de estas tecnologías son las RPA (de sus siglas en ingles Robotic Process Automation) y las BPM (de sus siglas en ingles Business Process Management), para (Chas, 2020b) BPM es la herramienta ideal para establecer un flujo de trabajo optimo a nivel empresarial, y si la detección de los cuellos de botella determina que BPM no resultó suficiente es el momento de implementar RPA. Siendo BPM una tecnología que según (García, García Cáceres, & Delgado Tobón, 2018) “busca transformar la actividad operacional de la organización en un conjunto de procesos racionales y lógicos, este resultado se obtiene luego de adoptar un pensamiento enfocado en procesos de negocio, de tal manera, que las actividades se agrupan dando forma al proceso y este último es gestionado con mayor facilidad”. La RPA aunque al igual que BPM busca una mejora organizacional, su funcionalidad parte del objetivo de optimizar los tiempos en tareas realizadas por el humano, eso sí, operando a un nivel más superficial. Una explicación más profunda de su funcionamiento se da en (van der Aalst, Bichler, & Heinzl, 2018), quienes indican que:

Las herramientas RPA realizan declaraciones en estructurado datos, generalmente usando una combinación de interfaz de usuario, interacciones, o conectándose a las API para impulsar servidores cliente, mainframes o código HTML, una herramienta RPA opera para mapear un proceso en el lenguaje de herramientas RPA para el software robot a seguir, con tiempo de ejecución asignado para ejecutar el guión de un panel de control. Por lo tanto, Las herramientas de RPA tienen como objetivo reducir la carga en empleados de simples tareas repetitivas (pp. 1-2).

Una comparación de dichas tecnologías se observa en la figura 3.

Figura 3 Comparación de RPA y BPM



Nota. Chas, A. (2020). RPA: Robotic Process Automation - Qué es y cómo nos ayuda. Recuperado el 6 de julio de 2020, de https://www.auraportal.com/es/rpa-robotic-process-automation-que-es/?utm_term=&utm_campaign=DSA+-+ES&utm_medium=ppc&utm_source=adwords&hsa_src=g&hsa_net=adwords&hsa_mt=b&hsa_cam=10210652125&hsa_grp=107561746528&hsa_kw=&hsa_ver=3&hsa_acc=1207609380&hsa_tgt

El Internet de las Cosas IoT

Hoy por hoy la tecnología alberga aparatos con capacidades de detección, actuación, y conectividad a la red, a su vez con servicios dinámicos de monitoreo y control, y la internet moderna integra dichos objetos, y de lo anterior surge la definición del Internet de las cosas (IoT) como una red mundial de objetos interconectados direccionables de manera única, basada en protocolos de comunicación estándar. El IoT tiene diversas características principales que determinan su funcionamiento, las cuales para (Gill et al., 2019) son:

- (I) Los sistemas a menudo son muy dinámicos y la membresía de la red debe hacer frente a la volatilidad, donde un dispositivo puede aparecer y segarse en varias redes.
- (II) Los dispositivos son altamente heterogéneos en términos de rendimiento informático y capacidades funcionales, y como tal el sistema debe hacer frente a un procesamiento limitado, memoria y almacenamiento persistente.
- (III) Los sistemas son gestionados y controlados por múltiples partes interesadas, lo que requiere mecanismos federados para la gestión segura de la recopilación de datos del IoT.

-Aplicaciones y desafíos comunes

En el estudio de las aplicaciones (Rao & Clarke, 2020) abordan algunas de ellas dividiéndolas en tres enfoques. El primero es en aplicaciones relacionadas con la salud, dando como casos de estudio el uso de RFID y códigos de barras para etiquetar dispositivos médicos, el uso de la biometría del paciente para la identificación y el uso de sensores para medir los signos vitales del paciente. El segundo enfoque es orientado hacia la cadena de suministro, donde para los autores se pueden obtener ventajas definitivas al optimizar la cadena de suministro global, incluida una mejor gestión de inventario, una mayor precisión en el cálculo de los plazos de entrega de la carga y un cumplimiento más rápido de los pedidos, así como también es importante obtener datos sobre el estado de los envíos y la condición de los objetos que se envían durante el tránsito, donde el uso de dispositivos IoT como sensores de temperatura dentro de los contenedores de envío y las cámaras pueden proporcionar una pista de auditoría que demuestre que el contenido se manejó correctamente.

Y el tercer enfoque esta orientado a las redes de energía inteligentes, ya que según los autores “Existe un considerable interés en las fuentes de energía verde y renovable en la actualidad, incluidos los biocombustibles, la energía hidroeléctrica, solar y eólica”, dentro de sus casos de estudio exponen el medidor eléctrico inteligente, donde una instalación y prueba piloto han revelado que Blockchain combinado con medición inteligente es capaz de conectar a todos los participantes del mercado en la microrred y proporcionar una plataforma operativa.

Se debe destacar que estas aplicaciones no son las únicas, pero en general, cualquiera de ellas se caracteriza por poder operar en dominios heterogéneos, permitir análisis ricos y gestionar interacciones complejas, es por ello que abordan desafíos en una amplia gama de dominios de aplicación, además de las ya mencionadas, se tienen la electrónica, la infraestructura, los sistemas de gestión, la fabricación y el transporte. El mundo ya se encuentra haciendo uso de dispositivos IoT, como por ejemplo, celulares, rastreadores, relojes, electrodomésticos, lo que aumenta la exposición de la seguridad de las personas, pudiendo violarse la privacidad de los usuarios, siendo la seguridad otros de los desafíos comunes.

-Protocolos

Los dispositivos IoT hacen uso de una variedad de protocolos de comunicación diferentes para interrelacionarse, el procedimiento de verificación formal del protocolo consta de cuatro pasos básicos, el primero es estudiar las especificaciones del protocolo en detalle (Hofer-Schmitz & Stojanović, 2020). Los protocolos de comunicación en general representan un conjunto de reglas que permiten que dos o más entidades en un sistema de comunicación transmitan información a través de diferentes tipos de conexiones, los protocolos mas usados en la comunicación IoT son ZigBee, Onda Z, EDR Bluetooth, Bluetooth LE, LoRaWAN, Sigfox, NB-IoT, óLoWPLAN, LTE y el mas reciente 5G, las características de estos se observan en la tabla 1. Considerando además los protocolos de capa, teniendo en la aplicación, protocolos como lo son MQTT y CoAP, para los cuales aun no existen métodos formales según el autor, quien expone que investigaciones han detectado vulnerabilidades desconocidas en aplicaciones que implementan el protocolo MQTT. Y por último los protocolos de transporte como el TCP y UDP.

Tabla 1 Protocolos de comunicación usados en IoT

Protocolo	Límite de rango nominal	Tasa de datos típica	Espectro	Consumo de energía	Estándar	Alianza	Año de lanzamiento
ZigBee	Local (<100 m)	250 kbps	2.4 GHz	Bajo (<100mW)	ZigBee spec. 05-3474-21, IEEE 802.15.4-2011	Alianza ZigBee	2003
Onda Z	Local (<100 m)	40-100 kbps	900 MHz sin licencia	Bajo (<100mW)	UIT-T G.9959	Alianza Z-Wave	2003
EDR Bluetooth	Local (<100 m)	2 Mbps	2.4 GHz	Mediano (<1W)	IEEE 802.15.1	Grupo de interés especial de Bluetooth	1999
Bluetooth LE	Local (<100 m)	1 Mbps	2.4 GHz	Bajo (<100mW)	IEEE 802.15.1	Grupo de interés especial de Bluetooth	2011
LoRaWAN	Metro (> 10 km)	<50 kbps	900 MHz sin licencia	Bajo (<100mW)	Propiedad	LoRa Alliance	2015
Sigfox	Metro (> 10 km)	<100 bps	900 MHz sin licencia	Bajo (<100mW)	Propiedad	Empresa Sigfox	2009
NB-IoT	Metro (> 10 km)	<250 kbps	900 MHz	Bajo (<100mW)	3GPP Release 13	3GPP	2016
6LoWPAN	Local (<100 m)	250 kbps	2.4 GHz	Bajo (<100mW)	IETF / RFC 4944, IEEE 802.15.4	6LoWPAN IETF WG	2007
LTE	Metro (> 30 km)	> 100 Mbit/s	Celular con licencia	Dependiente de la banda	3GPP Release 8 y 9	GSMA - Portadores celulares	2010
5G	Metro (> 30 km)	<10 Gbps	Celular con licencia	Dependiente de la banda	3GPP 5G	3GPP ITU-R	2018

Nota. Hofer-Schmitz, K., & Stojanović, B. (2020). Towards formal verification of IoT protocols: A Review. Computer Networks, 174(March). <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2020.107233>

-Ventajas y Riesgos

La implementación del IoT si bien ofrece muchos beneficios para las organizaciones y además si trabaja mancomunadamente con Big Data ofrece el potencial para que las organizaciones obtengan información valiosa, incrementado sus aplicaciones y posibilidad de nuevos negocios, y grandes aportes para la industria 4.0 (Colombo & Lucca Filho, 2018), es claro también que abundan los riesgos y factores que pueden tener efectos significativos no deseados en las organizaciones y su intención de utilizar IoT (Brous, Janssen, & Herder, 2020). Como un ejemplo el autor explica que el IoT puede convertirse en parte de las estructuras que limitan las acciones individuales, dando un caso de estudio donde la adopción del IoT para el control de acceso para ingresar al transporte público puede mejorar la

eficiencia, pero eliminar el elemento humano de los conductores en trenes y autobuses puede presentar riesgos inesperados, como una mayor incidencia de vandalismo, que requiere nuevas estructuras organizativas para mitigar estos riesgos. Para (Čolaković & Hadžialić, 2018) existe la necesidad de una mejora continua en la cual se tengan en cuenta todos los aspectos mencionados anteriormente, identificando los principales problemas y desafíos relacionados con el desarrollo de IoT.

IoT industrial y el futuro de la industria

En los últimos años el IoT ha recibido gran atención en el campo industrial y cuando dicha tecnología es aplicada en dicho campo es conocida como IIoT (IoT industrial), teniendo aquí como objetivo la producción mediante fabricación inteligente y el establecimiento de fábricas inteligentes con conexiones estrechas entre clientes y socios comerciales, lo cual lo logra reuniendo máquinas autónomas, robótica, sistemas de aumento de red y Big Data, todo sobre la base de IoT, además a esto (Wang, Zhu, Ni, Gu, & Zhu, 2020) indica que “el IIoT se usa junto con los Sistemas Ciberfísicos (CPS) para la Industria 4.0 para digitalizar y comprender el mercado de suministros, fabricación y ventas, y finalmente lograr productos convenientes, efectivos y personalizados”. Acotando que al igual que con las aplicaciones del IoT no industrial, el IIoT también afronta sus mayores retos al tener que mejorar su vulnerabilidad en temas de seguridad, siendo este su principal problema.

-Una Arquitectura empresarial

El IoT ha venido impulsando la innovación digital en las empresas, lo cual se ha dado ciertamente por la necesidad de un desarrollo efectivo de aplicaciones de IoT en condiciones realistas, siendo el propósito de la IoT empresarial crear valor para las organizaciones empresariales y los clientes a través de los servicios de IoT, razón por la cual muchas compañías de tecnología están desarrollando varias plataformas de IoT para ayudar a las empresas a desarrollar e implementar rápidamente servicios de IoT. Según (Lee, 2019) estas plataformas han permitido a empresas que no cuentan con personal capacitado en los diversos campos del IoT adoptar estos sistemas, acotando que las nuevas plataformas de IoT emergen constantemente y brindan oportunidades y desafíos potenciales para la IoT empresarial.

-Protocolos más usados en plataformas empresariales

Cada vez son más los sectores empresariales que utilizan plataformas IoT, según (Aheleroff et al., 2020) las plataformas mas utilizadas son AWS IoT, Azure IoT Suite, Google Cloud IoT, IBM Watson IoT, Kaa IoT Platform, PTC ThingWorx, ThingSpeak y WSO₂ IoT, quienes entre sus protocolos soportados tienen HTTP, HTTP Web, MQTT, AMQP, GCM, TCP, REST, ODBC, API, RESTful, Web Sockets y XMPP. Acotando que casi todas las plataformas IoT ofrecen funcionalidades similares.

-Uso de la red 5G

Anteriormente se expusieron problemas del IoT, pero aun no se mencionó otros de sus problemas principales, el cual es la latencia, donde el aumento en la cantidad de dispositivos habilitados para IoT provoca la necesidad de una tecnología que pueda soportar esta gran cantidad de transmisiones de datos de manera eficiente a un ancho de banda extremadamente alto. Pero para (Mistry, Tanwar, Tyagi, & Kumar, 2020) existe una salida, quien explica que “la llegada de tecnologías inalámbricas más rápidas, especialmente, los sistemas inalámbricos de 5a generación (5G) son un controlador para las aplicaciones IoT habilitadas para 5G”. Permitiendo lo anterior crear nuevas aplicaciones industriales que operen fuera del rango actual de banda ancha móvil, siendo esto el impulsador para lograr una mayor disponibilidad.

Analítica y Big Data para el IoT

Uno de los habilitadores del espacio IoT es la disponibilidad y el crecimiento de las plataformas de computación en la nube, que pueden almacenar y procesar la gran cantidad de datos generados por los dispositivos IoT, es por lo anterior que podría decirse que Big Data es un foco importante para la transformación mundial continua de la fabricación avanzada (Shah, Wang, & He, 2020). Esto se debe a que los dispositivos IoT y la nube son de naturaleza complementaria. Mientras que los dispositivos IoT tienen capacidades limitadas de almacenamiento, computación y comunicación, la nube supera estos factores en varios órdenes de magnitud (Cui, Kara, & Chan, 2020). Un ejemplo claro es expuesto por (Rao & Clarke, 2020) quien expresa que “mientras que una cámara de seguridad Amazon

Blink tiene muy poco almacenamiento (1 MB), la nube puede contener al menos 2.5 exabytes de datos generados diariamente”. La interacción resultante entre la nube y los dispositivos IoT ha dado lugar a una nueva área de computación, denominada CloudIoT.

Referencias

- Ahleroff, S., Xu, X., Lu, Y., Aristizabal, M., Pablo Velásquez, J., Joa, B., & Valencia, Y. (2020). IoT-enabled smart appliances under industry 4.0: A case study. *Advanced Engineering Informatics*, 43(May 2019), 101043. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2020.101043>
- Brous, P., Janssen, M., & Herder, P. (2020). The dual effects of the Internet of Things (IoT): A systematic review of the benefits and risks of IoT adoption by organizations. *International Journal of Information Management*, 51(May 2019), 101952. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.05.008>
- Chas, A. (2020a). Big Data: definición, características, y tecnologías principales. Recuperado el 15 de julio de 2020, de <https://www.auraportal.com/es/que-es-big-data/>
- Chas, A. (2020b). RPA: Robotic Process Automation - Qué es y cómo nos ayuda. Recuperado el 6 de julio de 2020, de https://www.auraportal.com/es/rpa-robotic-process-automation-que-es/?utm_term=&utm_campaign=DSA+-+ES&utm_medium=ppc&utm_source=adwords&hsa_src=g&hsa_net=adwords&hsa_mt=b&hsa_cam=10210652125&hsa_grp=107561746528&hsa_kw=&hsa_ver=3&hsa_acc=1207609380&hsa_tgt
- Chávez, A. S. (2019). *Nuevas tecnologías, la cuarta revolución industrial. Un panorama general y sus implicaciones con el diseño*.
- Čolaković, A., & Hadžialić, M. (2018). Internet of Things (IoT): A review of enabling technologies, challenges, and open research issues. *Computer Networks*, 144, 17–39. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2018.07.017>
- Colombo, J. F., & Lucca Filho, J. De. (2018). Internet Das Coisas (Iot) E Indústria 4.0. *Revista Interface Tecnológica*, 15(2), 72–85. <https://doi.org/10.31510/infa.v15i2.496>

- Cui, Y., Kara, S., & Chan, K. C. (2020). Manufacturing big data ecosystem: A systematic literature review. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 62(August 2019), 101861. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2019.101861>
- García, D., García Cáceres, R. G., & Delgado Tobón, E. (2018). Una Introducción Conceptual Al Bpm Y Bi a Conceptual Introduction To Bpm and Bi. *Revista Colombiana De Tecnologías De Avanzada (Rcta)*, 2(30). <https://doi.org/10.24054/16927257.v30.n30.2017.2743>
- Gill, S. S., Tuli, S., Xu, M., Singh, I., Singh, K. V., Lindsay, D., ... Garraghan, P. (2019). Transformative effects of IoT, Blockchain and Artificial Intelligence on cloud computing: Evolution, vision, trends and open challenges. *Internet of Things*, 8, 100118. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2019.100118>
- Hofer-Schmitz, K., & Stojanović, B. (2020). Towards formal verification of IoT protocols: A Review. *Computer Networks*, 174(March). <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2020.107233>
- Lee, I. (2019). The Internet of Things for enterprises: An ecosystem, architecture, and IoT service business model. *Internet of Things*, 7(2019), 100078. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2019.100078>
- Mistry, I., Tanwar, S., Tyagi, S., & Kumar, N. (2020). Blockchain for 5G-enabled IoT for industrial automation: A systematic review, solutions, and challenges. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 135, 106382. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2019.106382>
- Rao, A. R., & Clarke, D. (2020). Perspectives on emerging directions in using IoT devices in blockchain applications. *Internet of Things*, 10, 100079. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2019.100079>
- Rozo-García, F. (2020). Revisión de las tecnologías presentes en la industria 4.0. *Revista UIS Ingenierías*, 19(2), 177–191. <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n2-2020019>
- Saturno, M., Moura Pertel, V., Deschamps, F., & De Freitas Rocha Loures, E. (2018).

Proposal of an Automation Solutions Architecture for Industry 4.0. *DEStech Transactions on Engineering and Technology Research*, (icpr).
<https://doi.org/10.12783/dtetr/icpr2017/17675>

Shah, D., Wang, J., & He, Q. P. (2020). Feature Engineering in Big Data Analytics for IoT-Enabled Smart Manufacturing – Comparison between Deep Learning and Statistical Learning. *Computers & Chemical Engineering*, 141, 106970.
<https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2020.106970>

van der Aalst, W. M. P., Bichler, M., & Heinzl, A. (2018). Robotic Process Automation. *Business and Information Systems Engineering*, 60(4), 269–272.
<https://doi.org/10.1007/s12599-018-0542-4>

Wang, Q., Zhu, X., Ni, Y., Gu, L., & Zhu, H. (2020). Blockchain for the IoT and industrial IoT: A review. *Internet of Things*, 10(66), 100081.
<https://doi.org/10.1016/j.iot.2019.100081>