

Tecnologías de la información y las Comunicaciones en la era de la cuarta revolución industrial: Tendencias Tecnológicas y desafíos en la educación en Ingeniería¹

Information and Communication Technologies in the Era of the Fourth Industrial Revolution: Technological Trends and Challenges in Engineering Education

L. Y. Becerra

Recibido: junio 25 de 2020 – Aceptado: diciembre 28 de 2020.

Resumen—Las tecnologías de la información y la comunicación tienen un papel importante en el despliegue de las tendencias tecnológicas actuales. En la era de la Cuarta Revolución Industrial, se enfrentan varios desafíos tanto en la industria como en la educación. Por ello, es fundamental conocer los avances tecnológicos y los cambios que son necesarios para los perfiles profesionales, curriculares y en la enseñanza. Este documento proporciona una revisión integral de las tendencias tecnológicas in the era of the industria 4.0 y los desafíos que se enfrentan en la educación en ingeniería.

Palabras Clave—Cuarta Revolución Industrial, TIC, educación en ingeniería, tendencias tecnológicas.

Abstract—Information and Communication Technologies have an important role in the deployment of current technological trends. In the era of the Fourth Industrial Revolution, several challenges are faced in both industry and education. For this reason, it is fundamental to know the technological advances and the changes that are necessary for professional profiles, curriculum, and teaching. This paper provides a comprehensive

review of technological trends in the era of industry 4.0, and the challenges met for engineering education.

Keywords— Fourth Industrial Revolution, ICT, engineering education, technologies trends.

I. INTRODUCTION

Las tendencias tecnológicas actuales se centran en entornos inteligentes y cosas que son cada día más inteligentes y autónomas. Todo lo inteligente conectado por la red de datos global. Tales tendencias están involucradas en la era de la cuarta revolución industrial o industria 4.0 (*4IR*, *Fourth Industrial revolution*), que surgió en Alemania en 2011[1] para referirse a una política económica de gobierno establecida en estrategias de alta tecnología [2], representadas por la automatización, la digitalización de procesos, el uso de tecnologías electrónicas y de la información[3][4].

La 4IR se basa en el desarrollo de sistemas, Internet de las cosas (IoT) [5] e Internet de personas y servicios [6],[7] junto con otras tecnologías como fabricación aditiva, impresión 3D, ingeniería inversa, big data y analítica, inteligencia artificial, etc. lo que generó cambios importantes no solo en la industria manufacturera sino también en el comportamiento del consumidor y en la forma de hacer negocios[4].

Internet de las cosas (IoT) es una de las tendencias más importantes de la cuarta revolución industrial. Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) son el medio para hacer posible el despliegue de tales tendencias tecnológicas. Las TIC comprenden la integración de sistemas de comunicaciones y aquellas tecnologías que permiten transmitir, almacenar y manipular datos o información[8].

De acuerdo con estos avances tecnológicos, el mundo enfrenta grandes cambios en contextos como la cultura, la educación, el negocio y la industria. Las tecnologías avanzadas incorporan el conocimiento de muchos aspectos

¹Producto derivado del estudio de tendencias disciplinares en la Universidad Católica de Pereira.

L. Y. Becerra, Universidad Católica de Pereira, Pereira, Colombia, email: line.becerra@ucp.edu.co.

Como citar este Artículo: Becerra, L. Y. Tecnologías de la información y las Comunicaciones en la era de la cuarta revolución industrial: Tendencias Tecnológicas y desafíos en la educación en Ingeniería, Entre Ciencia e Ingeniería, vol. 14, no. 28, pp. 76-81, julio-diciembre, 2020. DOI: <https://doi.org/10.31908/19098367.2057>.



diferentes de la ingeniería para crear sistemas inteligentes complejos. Las industrias modernas necesitan profesionales con habilidades en una variedad de disciplinas teóricas y prácticas.

TABLA I.
TENDENCIAS TECNOLÓGICAS SEGÚN IEEE COMMUNICATIONS SOCIETY[9]

No	2015-2016[10]	2017[11]	2018 [12]	2019[13]	2020[14]
1	5G	5G	5G	Aprendizaje automático.	THz Spectrum-las conversaciones sobre 6G.
2	Virtualización, Redes definidas por Software SDN & Virtualización de Funciones de red, NFV.	Nuevas formas de gestionar el espectro más allá de la simple división de compartido o propio.	La implementación masiva de MIMO.	Frecuencias THz: donde la comunicación se encuentra con el posicionamiento y la imagen.	La IA llega a las alturas con el aprendizaje federado.
3	Redes Cognitivas, Big Data.	Internet de las cosas despegando.	Aprendizaje Automático.	La era posterior a la telefonía celular está cerca.	Meta-materiales, Meta-superficies, Meta-resonadores, Meta-cualquier cosa.
4	Conectividad para todo, Internet de las cosas IoT & Internet del todo IoE.	Vehículos sin conductor.	Internet de las Cosas.	LTE sigue siendo más importante que 5G.	El teléfono celular está muerto. ¡Salve IoT!
5	Teléfonos inteligentes más inteligentes, Sensores conectados.	Seguridad, privacidad y cuerpos ocultos en la nube.	Carros sin conductor.	Los chicos de TI se cuelan silenciosamente en el edificio.	El teléfono Celular está muerto. ¡Salve IT!
6	Neutralidad de Red, Gobernanza de red.	Libros de contabilidad distribuidos, el fin de los bancos y el comienzo de una nueva forma de gestionar redes.	Seguridad, privacidad y una nueva ronda de elecciones.	El Techlash continúa. Seguridad y privacidad cada vez más importantes.	El año en que se agrietó el mundo de las telecomunicaciones.
7	Fibra en Todas Partes, Gigabit y Carrier Ethernet.	Inteligencia Artificial, Aprendizaje profundo para ir audazmente donde ninguna máquina ha jugado antes.	Libros de contabilidad distribuidos, el fin de los bancos y el comienzo de una nueva forma de ejecutar redes. Arquitecturas de red más flexibles.	La implementación masiva de MIMO sigue siendo al menos tan emocionante como la teoría de MIMO masiva.	Plataformas voladoras, como vehículos aéreos no tripulados (UAV), drones y globos no tripulados en futuras aplicaciones de red y los desafíos que presentan las redes 6G.
8	Cyberseguridad.	Ciudades Inteligentes.	6G	Seguridad, privacidad y la cadena de suministro.	La implementación masiva de MIMO se convierte en un plan de carrera.
9	Comunicación Molecular.	Nuevas formas de comunicar I: comunicación molecular.	Arquitecturas específicas de Silicio y programables.	6G.	Todo el mundo está particionando y virtualizando.
10	Comunicaciones Verdes.	Nuevas formas de comunicarse II: LiFi.	Más allá del teléfono celular Teléfonos Inteligentes más inteligentes, integrando Inteligencia Artificial.		

Por otro lado, los estudiantes deben tener una visión amplia del mundo, más conocimiento global y más aprendizaje digital. Las instituciones educativas y las universidades necesitan cambiar sus planes de estudio y sus metodologías de enseñanza-aprendizaje para poder preparar a los futuros profesionales alineados con la evolución tecnológica.

El propósito de este documento proporciona una revisión de temas asociados a las tendencias tecnológicas, el papel de los sistemas de telecomunicaciones en la era 4IR y los desafíos en la educación en ingeniería. Este documento está organizado de la siguiente manera: La Sección II proporciona el concepto de tecnologías de la información y las comunicaciones. La sección III describe las tendencias tecnológicas actuales. La sección IV incluye las principales características de la educación 4.0. La sección V expone los desafíos fundamentales que se encuentran en la educación en ingeniería.

II. TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES

Las TIC comprenden las comunicaciones unificadas y la integración de las telecomunicaciones, y aquellas tecnologías

que permiten transmitir, almacenar y manipular datos o información [2]. Los sistemas de telecomunicaciones son fundamentales para el despliegue de todas las tendencias tecnológicas en la 4IR.

Las TIC comprende una extensa gama de informática y técnicas de procesamiento de señales de sistemas inalámbricos y fijos. Se centra en la transferencia de información a través de varios medios electrónicos, como estándares de comunicación alámbricos o inalámbricos, y es crucial en la fabricación inteligente, donde las operaciones de producción y la toma de decisiones dependen en gran medida de los datos.

El uso de las TIC facilita el manejo de los recursos de información y los resultados en la reducción de costos y el aumento del cumplimiento del cliente [15]. En la era de la fabricación moderna, miles de millones de dispositivos digitales tienen acceso a redes basadas en Internet. Esto también es posible con la evolución y migración del protocolo de Internet de IPv4[16] a IPv6[17], el aumento de direcciones IP, permitiendo el despliegue de las tecnologías emergentes. Este rápido crecimiento ha provocado que las TIC se convierta en una piedra angular de los sistemas de fabricación, donde el diseño, producción y rápida entrega de productos sean adaptables y altamente personalizados [18].

III. TENDENCIAS TECNOLÓGICAS

La sociedad de las comunicaciones de la IEEE (IEEE Communications Society)[9], es un líder global de la comunidad compuesta por un grupo diverso de profesionales de la industria de las comunicaciones con un interés común en el avance de todas las tecnologías de las comunicaciones. Cada año publica las 9 o 10 tendencias de tecnologías en comunicaciones. Estas tendencias son seleccionados con el asesoramiento de expertos de ComSoc, con la ayuda de analytics de la IEEE explore y con las aportaciones de los datos de tendencias de google. En la tabla I se listan las tendencias publicadas en los últimos 6 años. Se puede observar que algunas de las tendencias han permanecido a lo largo de esos años, como son: 5G, 6G, MIMO, Internet de las cosas e Internet del todo, autos sin conductor, automóviles inteligentes, seguridad y privacidad, inteligencia artificial, máquinas de aprendizaje, teléfonos inteligentes más inteligentes.

Por otro lado, Gartner Inc. [19], empresa estadounidense consultora y de investigación de las tecnologías de la información. Cuenta con una extensa base de datos de información de mercado y realiza análisis de benchmarking sobre TI, finanzas, ventas, marketing y operaciones. En Latinoamérica, tiene su sede en Brasil. En otras partes de la región tiene oficinas en México, Uruguay y Chile - que cubre Perú - y Venezuela, que cubre actividades en Colombia, Panamá, República Dominicana y Puerto Rico. Gartner Tiene su sede en Stamford, se fundó en 1979[19]. Entre las tendencias que ha publicado en los últimos 3 años se destacan: Inteligencia Artificial, Analytics y Apps inteligentes, Cosas Inteligentes, Gemelos Digitales, Nube al borde, Plataformas Computacionales, Experiencia Inmersiva: Realidad aumentada y Realidad Virtual mezcladas, Block Chain, Evento conducido (Event-driven). Para el 2021 publico las siguientes tendencias: Internet de los comportamientos IoB, computación que mejora la privacidad, Nube distribuida, Operaciones en cualquier lugar, Malla de ciberseguridad, Negocio inteligente componible, AI engineering, ingeniería de inteligencia artificial, Hiperautomatización [20].

En efecto todas las tendencias tecnológicas mencionadas anteriormente están muy alineadas con la Cuarta Revolución industrial. La Industria 4.0[21] relaciona la digitalización de sistemas y procesos industriales, y su interconexión a través de Internet de las Cosas (IoT) e Internet de Servicios (IoS), para lograr una mayor flexibilidad e individualización de los procesos productivos. Es una visión de la fábrica del futuro o fábrica inteligente. La transformación digital de la industria y las empresas con la integración de nuevas tecnologías disruptivas, produciendo el advenimiento y despliegue de la Cuarta Revolución Industrial integrando el paradigma de Internet de las Cosas, Big Data, Cloud Computing y Ciberseguridad, sensores inalámbricos, dispositivos móviles, todo enmarcado en Smart Ciudades y entornos inteligentes [22]–[27]. Las tecnologías que integran la industria 4.0 se listan a continuación.

- Big Data y analítica.
- Realidad aumentada.

- Fabricación aditiva.
- Aprendizaje automático.
- Nube.
- Ciberseguridad.
- Internet de las cosas.
- Robots autónomos.
- Sistemas ciberfísicos (CPS).

En [4], entre los componentes de Industria 4.0, se menciona: sistemas ciberfísicos (CPS), Internet de las cosas, Internet de los servicios. En aplicaciones: máquinas inteligentes, fábricas inteligentes, productos inteligentes y programables, ciudades y servicios inteligentes. También menciona los dispositivos tecnológicos integrados: sensores, microchips, sistemas autónomos, sistemas ciberfísicos, máquinas autónomas. Características: Flexibilidad, inteligencia, conectividad, seguridad, confiabilidad, trazabilidad, movilidad, colaboración, sociabilidad y sustentabilidad. Principios de diseño: integración, interoperabilidad, virtualización, descentralización, capacidades en tiempo real, orientación al servicio y modularidad. En arquitecturas de soporte: Internet de las cosas (IoT), identificación por radiofrecuencia (RFID), redes industriales, informática de alto rendimiento, informática móvil, servicios en la nube e internet, infraestructura como servicio IaaS, plataformas tecnológicas como servicio (PaaS) y software como como servicio SaaS, Big Data y Analytics avanzado.

Al mismo tiempo, con el despliegue de tecnologías para la industria 4.0, los sistemas de telecomunicaciones se vuelven esenciales para la transmisión de información. Por tanto, algunas áreas como las comunicaciones móviles, tecnologías que soportan internet de cosas como RFID, IPv6, redes de sensores, telemetría de teledetección, redes inteligentes, redes definidas por software entre otras, se convierten en foco de estudio e investigación para su evolución.

Internet de las cosas e Internet de todo. Son paradigmas de la evolución de Internet mediante el uso de objetos inteligentes como sensores, actuadores, RFID, teléfonos móviles, NFC, etc., que pueden ver, pensar, oír y realizar diversas tareas interactuando entre sí y compartiendo información a través de Internet[28]. Tal evolución sugiere varios desafíos con respecto a la recolección, análisis y distribución de datos para el uso adecuado de la información que permita mejorar la calidad de vida[29]–[32]. IoT es la tendencia más significativa de la 4IR.

IV. EDUCACIÓN EN LA ERA DE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Educación 4.0 es una respuesta a la necesidad de preparar profesionales con habilidades para el 4IR. Las universidades tienen la importante misión de proporcionar conocimientos y garantizar el desarrollo de competencias para la industria 4.0 [33]–[36]. Las industrias modernas necesitan especialistas con habilidades para una variedad de disciplinas teóricas y prácticas [32]. La industria necesita nuevos ingenieros con actitud profesional, experiencia en el trabajo en equipo multidisciplinario y habilidades sobresalientes de comunicación, no solo con otros humanos sino también con máquinas. Por lo tanto, es necesario cambiar los planes de

estudio y los métodos de enseñanza, especialmente de cursos básicos como física, matemáticas, materiales, circuitos eléctricos y electrónicos, así como tecnologías de la información y la comunicación[32], [26], [37].

Por tanto, es evidente que el desarrollo de la Industria 4.0 caracterizada por la aplicación intensiva, extensiva e integrada de la automatización, robotización, Sistemas de Información y Sistemas de Telecomunicación en los sistemas productivos de los países generará programas novedosos de ingeniería, tecnología y técnicas para formar nuevos profesionales en un entorno de cooperación universidad-empresa-estados para el bienestar de la sociedad [38].

El concepto de Industria 4.0 es muy adecuado, especialmente para las ciencias de la ingeniería básica, como la ingeniería informática, la electrónica y la ingeniería de máquinas. Esto debería implementarse como un piloto en el plan de estudios de ciencias. Como resultado, el concepto de Industria 4.0 trae una innovación bastante significativa en términos de industria y universidad.

Por ejemplo, en [39] se menciona que se debe tener en cuenta que cada persona tiene un estilo de aprendizaje diferente, por tanto, fundamental que los métodos de aprendizaje estén de acuerdo con ellos. Por otro lado, los profesores deben preparar el material con un alto grado de personalización.

En [40] los autores presentan seis facetas a contemplar en la educación 4.0: nuevos formatos de aprendizaje, independencia de tiempo y ubicación para el aprendiz, individualización del aprendizaje (ayudar en lugar de seleccionar), globalización, aumento de la motivación para aprender, transmisión de habilidades y aprendizaje permanente o para toda la vida.

Por otro lado, [41] describe algunas características a considerar en la educación 4.0 como recursos con aprendizaje adaptativo individual impulsado por inteligencia artificial, perfiles de aprendices y docentes apoyados en un portal de aprendizaje basado en inteligencia artificial.

En [42], el autor explica la necesidad de generar un modelo de enseñanza-aprendizaje innovador, con suficiente madurez y tecnologías accesibles para adaptarlas de forma natural en un entorno pedagógico. El diseño debe emplear una combinación de técnicas de aprendizaje activo como el aprendizaje basado en problemas y el aprendizaje orientado a problemas. Así, el proceso de aprendizaje puede ocurrir de una manera que esté conectada a una realidad basada en la resolución de un proyecto en particular. El autor también presenta las competencias o habilidades generales que debe tener un ingeniero 4.0 como colaboración virtual, resiliencia, inteligencia social, pensamiento innovador y adaptativo, manejo de carga cognitiva, creación de significado, alfabetización en nuevos medios, mentalidad de diseño (pensamiento de diseño), transdisciplinariedad, enfoque y habilidades computacionales.

V. DESAFÍOS EN LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA

Teniendo en cuenta que el mundo está experimentando cambios debido al aumento de la digitalización y la informatización en las empresas, gracias a la industria 4.0, surge la necesidad de una mayor colaboración entre el

personal con diferentes campos de especialización. Esto significa que los miembros de una multitud de profesiones necesitan trabajar y comunicarse entre sí. Estos desarrollos en la industria también tienen una influencia en los planes de estudio actuales de las escuelas y universidades. Se requiere conocimiento interdisciplinario a través de diferentes currículos para trabajar en un entorno de industria 4.0 [42].

Uno de los desafíos de la educación superior en el contexto de las tecnologías de tendencia debido a la cuarta revolución industrial es de actualizar sus perfiles de formación, los perfiles de los egresados, los diseños curriculares cuyas áreas de formación deben ser coherentes y adaptables a las tendencias y destacar la sinergia entre las mismas, modificar las metodologías de enseñanza y el aprendizaje al nuevo modelo digital, y para estudiantes digitales, los objetivos de formación generales y específicos para que se distingan las nuevas competencias, teniendo en cuenta que la nueva formación debe ser interdisciplinaria y multidisciplinaria. Para esto se requerirán nuevos profesionales y nueva investigación[38].

Por tanto, es evidente que para el desarrollo de la Industria 4.0, que se caracteriza por la aplicación intensiva, extensiva e integrada de la automatización, de la robotización, de los Sistemas de Información y de los Sistemas de Telecomunicación en los sistemas productivos en la ciudad y el campo se generarán nuevos programas de ingeniería, de tecnología y de técnicos que capaciten a los nuevos profesionales en un ambiente de cooperación universidad-empresa-estado para el bienestar de la sociedad [38].

El concepto de Industria 4.0, es muy conveniente, especialmente para las ciencias de la ingeniería básica, como la ingeniería informática, electrónica y de máquinas. Esto debe ser implementado como piloto en el currículo de ciencias[43]. Como resultado, el concepto de Industria 4.0, trae una innovación bastante significativa en términos tanto de la industria como de la universidad. Para formar estudiantes apropiados y calificados para la industria, se deben defender los principios básicos de este concepto y se deben hacer los arreglos necesarios. Dado que la tecnología de Internet se utiliza activamente en la educación superior, los cambios serán muy fáciles y el efecto de estos cambios será muy grande. La producción actual es bastante significativa, considerando el problema del personal calificado, una reforma significativa en la educación será un paso importante para elevar el nivel en la educación superior [37].

Por otro lado, las tecnologías de la información y la comunicación han transformado el de aprendizaje del aprendizaje tradicional al aprendizaje basado en digital[44],[45],[46]. La tendencia tecnológica IoT es uno de esos paradigmas que contribuye a tales iniciativas, pero este trae consigo también varios desafíos asociados con la aplicación de IoT en la educación. Por tanto, los departamentos de ingeniería necesitan desarrollar sus planes de estudio para incorporar cursos de IoT con el fin de calificar

sus nuevos graduados con capacidades suficientes para gestionar y trabajar en diferentes proyectos de IoT [46].

De acuerdo con lo anterior, entre otros desafíos actuales a nivel educativo están: lograr hacer cambios de mentalidad tanto para la enseñanza como el aprendizaje, lograr hacer el cambio de metodologías de enseñanza y habilitar mecanismos que permitan el aprendizaje mixto de los estudiantes. Actualización de currículos para desarrollar en los estudiantes competencias multidisciplinarias y en coherencia con la cuarta revolución industrial. Poder reconocer las necesidades del sector empresarial, teniendo en cuenta la revolución tecnológica y hacer ofertas de programas académicos que sean coherentes a esas necesidades. Y algo muy importante por trabajar es conseguir que la nueva generación vuelva a involucrarse y a incentivarse o motivarse a estudiar programas que requieren procedimientos analíticos y matemáticos, ya que es una de las tendencias en la disciplina de ingeniería.

VI. CONCLUSIONS

En el despliegue de tecnologías para la 4IR, los sistemas de telecomunicaciones se vuelven esenciales para la transmisión de información. Áreas como la comunicación móvil, las tecnologías que soportan el Internet de las cosas como RFID, IPv6, redes de sensores, telemetría de teledetección, redes inteligentes, redes definidas por software entre otras, se convierten en un foco de estudio e investigación para su evolución.

Como resultado, el concepto de 4IR trae innovaciones bastante significativas en términos tanto de la industria como de la universidad. Esta revisión permite determinar los desafíos importantes que enfrenta la educación al considerar los cambios tecnológicos de tendencia. Adicionalmente, la forma de enseñar y aprender debe tener una reorientación hacia nuevos métodos para las nuevas generaciones inmersas en un mundo más digitalizado y automatizado.

De la literatura encontrada, se concluye que los currículos también deben estar actualizados y tener características de adaptabilidad a los cambios y la constante evolución de la tecnología. Es evidente que las empresas necesitan personal calificado y con competencias diferentes a las que se están desarrollando actualmente. Por lo tanto, los graduados deben ser globales, deben poder interactuar con éxito con otras personas de otras disciplinas, así como con máquinas y robots. Los graduados también deben ser multidisciplinarios, creativos con pensamiento de diseño y algo muy mencionado es con inteligencia emocional y resiliencia. Estas son habilidades que las instituciones de educación superior deben comenzar a fortalecer a partir de los planes de estudio.

REFERENCES

- [1] M. Baygin; H. Yetis; M. Karakose and E. Akin; "An Effect Analysis of Industry 4.0 to Higher Education," 2016, doi: 10.1109/ITHET.2016.7760744.
- [2] F. Mosconi, *The new European industrial policy: Global competitiveness and the manufacturing renaissance*. London, England: Routledge., 2015.
- [3] L. Sommer, "Industrial revolution—Industry 4.0: Are German manufacturing SMEs the first victims of this revolution?," *J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 8, pp. 1512-1532., 2015.
- [4] C. B. Ynzunza Cortés, J. M. Izar Landeta, J. Bocarando Chacón, Guadalupe; F. Aguilar Pereyra, and M. Larios Osorio, "El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras," *Concienc. Tecnológica*, no. 54, 2017.
- [5] H.-D. Ma, "Internet of Things: Objectives and scientific challenges," *J. Comput. Sci. Technol.*, vol. 26, no. 6, pp. 919–924, 2011.
- [6] A. J. J. Cooper, "Challenges for Database Management in the Internet of Things," *IETE Tech. Rev.*, vol. 26, no. 5, pp. 320–329, 2015.
- [7] T. and H. M. Lasi, H., Fettke, P., Feld, "Industry 4.0," *Bus. Inf. Syst. Eng.*, vol. 6, no. 4, pp. 239-242., 2014.
- [8] R. Y. Zhong; X. Xu; E. Klotz and S. T. Newman; "Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review," *Engineering*, no. 3, pp. 616–630, 2017, doi: 10.1016/J.ENG.2017.05.015.
- [9] IEEE, "Communications Society." www.comsoc.org/about (accessed Sep. 10, 2018).
- [10] IEEE, "IEEE Comsoc CTN Special Issue On Ten Trends That Tell Where Communication Technologies Are Headed In 2015." www.comsoc.org/ctn/ieee-comsoc-ctn-special-issue-ten-trends-tell-where-communication-technologies-are-headed-2015 (accessed Sep. 10, 2018).
- [11] IEEE, "Top 10 Communications Technology Trends In 2017." www.comsoc.org/blog/top-10-communications-technology-trends-2017 (accessed Sep. 15, 2018).
- [12] IEEE, "Ten Communications Technology Trends For 2018." www.comsoc.org/ctn/ten-communications-technology-trends-2018 (accessed Sep. 15, 2018).
- [13] IEEE, "Nine Communications Technology Trends for 2019," 2019. <https://www.comsoc.org/publications/ctn/nine-communications-technology-trends-2019>.
- [14] IEEE, "Nine Communications Technology Trends for 2020." <https://www.comsoc.org/publications/ctn/nine-communications-technology-trends-2020>.
- [15] H. O. Colin M, Galindo R, "Information and communication technology as a key strategy for efficient supply chain management in manufacturing SMEs.," *Procedia Comput Sci*, vol. 55, pp. 833–42, 2015.
- [16] Postel J., "Internet Protocol," *IETF RFC791*, 1981.
- [17] Deering S.; and Hinden R., "Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification," *IETF RFC8200*, p. 40p, 2017.
- [18] S. T. N. Ray Y. Zhong, Xun Xu, Eberhard Klotz, "Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review," *Eng. Elsevier*, vol. 3, pp. 616–630, 2017.
- [19] Gartner, "Información de la compañía." www.bnamericas.com/company-profile/es/gartner-inc-gartner (accessed Sep. 16, 2018).
- [20] Gartner, "Gartner Top Strategic Technology Trends for 2021," 2020. <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-strategic-technology-trends-for-2021/>.
- [21] A. Rojko, "Industry 4.0 Concept: Background and Overview," *Int. J. Interact. Mob. Technol.*, vol. 11, no. 5, pp. 77–90, 2017.
- [22] L. Joyanes, *Industria 4.0 - La cuarta revolución industrial*. Alfaomega, 2017.
- [23] F. Tao, Y. Zuo, L. y Xu, and L. Zhang, "IoT-Based intelligent perception and access of manufacturing resource toward cloud manufacturing," *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 10, no. 2, pp. 1547–1557, 2014.
- [24] F. Chen, P. Deng, J. Wan, D. Zhang, A. y Vasilakos, and X. Rong, "Data mining for the internet of things: literature review and challengesNo Title," *Int. J. Distrib. Sens. Networks*, vol. 11, no. 8, pp. 103–146, 2014, doi: 10.1155/2015/431047.
- [25] X. Xu, "From cloud computing to cloud manufacturing," *Comput. Manuf.*, vol. 28, no. 1, pp. 75–86., 2012.
- [26] C. Wang, S., Wan, J., Li, D., and Zhang, "Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook," *Int. J. Distrib. Sens. Networks*, vol. 12, no. 1, pp. 681–706, 2016, doi: 10.1155/2016/3159805.
- [27] M. Chen, S. y Mao, and Y. Liu, "Big data: a survey," *Mob. Networks Appl.*, vol. 19, no. 2, pp. 171–209, 2014, doi: 10.1007/s11036-013-0489-0.
- [28] K. Kaur, "A Survey on Internet of Things – Architecture, Applications, and Future Trends," in *First International Conference on Secure Cyber Computing and Communication(ICSCCC)*, 2018, pp. 581–583.
- [29] B. Javed; M. W. Iqbal; and H. Abbas; "Internet of things (IoT) design considerations for developers and manufacturers," in *Proceedings of*

- the *IEEE International Conference on Communications Workshops (ICCWorkshops '17)*, pp. 834–839.
- [30] A. Triantafyllou; P. Sarigiannidis and T. D. Lagkas, “Network Protocols, Schemes, and Mechanisms for Internet of Things (IoT): Features, Open Challenges, and Trends,” *Wirel. Commun. Mob. Comput.*, vol. 2018, 2018.
- [31] D. Assante; A. Caforio; M. Flamini and E. Romano, “Smart Education in the context of industry 4.0,” in *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 2019, pp. 1140–1145.
- [32] J. S. F. Kozák S.; Ružický, E.; Stefanovi, “Research and Education for Industry 4.0,” 2018.
- [33] Drath R. and Horch A., “Industrie 4.0: Hit or Hype?..,” *IEEE Ind. Electron. Mag.*, vol. 8, no. 2, pp. 56–58, 2014, doi: 10.1109/MIE.2014.2312079.
- [34] and Z. J. Mejia-Gutierrez, R., Carvajal-Arango R., “Engineering education through an intercontinental PLM collaborative project: The Global Factory case study,” 2014, doi: 10.1109/FIE.2014.7044159.
- [35] N. A. and R. L. Asok, A. M. Abirami, “Active Learning Environment for Achieving Higher- Order Thinking Skills in Engineering Education,” in *IEEE 4th Int Conf on MOOCs, Innovation and Technology in Education*, 2016, pp. 47–53, doi: 10.1109/MITE.2016.020.
- [36] V. Leite, “Innovative Learning in Engineering Education: Experimenting with Short-Term Project- Oriented Research and Project-Based Learning,” in *IEEE 26th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)*, 2017, pp. 1555-1560., doi: 10.1109/ISIE.2017.8001477.
- [37] M. Baygin, H. Yetis, M. Karakose, And, and E. Akin, “An effect analysis of industry 4.0 to higher education,” 2016, doi: 10.1109/ITHET.2016.7760744.
- [38] J. H. carvajal Rojas, “La Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0 y su Impacto en la Educación Superior en Ingeniería en Latinoamérica y el Caribe,” 2017.
- [39] F. Sulamith *et al.*, *Engineering Education 4.0 - Excellent Teaching and Learning in Engineering Sciences*. 2016.
- [40] M. Ciolacu, P. Mugur Svasta, W. Berg, and H. Popp, “Education 4.0 for Tall Thin Engineer in a Data Driven Society,” in *2017 IEEE 23rd International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME)*, 2017, p. 6.
- [41] C. Dematrini and L. Benussi, “Do Web 4.0 and Industry 4.0 imply Education X.0,” *IEEE Comput. Soc.*, vol. 19, no. 3, pp. 4–7, 2017, doi: 10.1109/MITP.2017.47.
- [42] R. Ramirez-Mendoza, R. Morales-Menendez, H. Iqbal, and R. Parra-Saldivar, “Engineering Education 4.0-Proposal for a new Curricula,” 2018, doi: 10.1109/EDUCON.2018.8363376.
- [43] E. N. and L. M. R N Hafni, T Herman, “The importance of science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education to enhance students’ critical thinking skill in facing the industry 4.0,” 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1521/4/042040.
- [44] M. Malik, S.I., Al-Emran, “Social factors influence on career choices for female computer science students,” *Int. J. Emerg. Technol. Learn.*, vol. 13, no. 5, pp. 56–70, 2018.
- [45] K. . Salloum, S.A., Al-Emran, M., Shaalan, “he impact of knowledge sharing on information systems: a review,” 2018.
- [46] S. I. M. and M. N. A.-K. Mostafa Al-Emran, *A Survey of Internet of Things (IoT) in Education: Opportunities and Challenges*, vol. 846. 2020.



Line Yasmín Becerra Sánchez. Es Ingeniera Electrónica, Especialista en Telecomunicaciones. Magíster en Ingeniería. Doctora en Ingeniería, en el área Telecomunicaciones de la Universidad Pontificia Bolivariana. Es docente de la Universidad Católica de Pereira y pertenece al Grupo de Investigación Entre Ciencia e Ingeniería. Sus áreas de interés son: Telecomunicaciones, Ingeniería de tráfico, Enrutamiento, Redes Móviles, Simulación de Redes, Internet, MIPv6, HMIPv6.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0514-3919>.