



# UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

## **EL IMPACTO DE LA INDUSTRIA 4.0 EN LA HISTORIA Y QUE SE PUEDE ESPERAR A FUTURO CON LA INDUSTRIA 5.0**

DEYBY MANUEL ALTAMAR MARTINEZ

Ensayo como parte requisito del Opción de grado para optar al título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

Universidad Militar Nueva Granada

Facultad De Estudios a Distancia

Ingeniería Industrial a Distancia

Ing. Jose Arturo Lagos Sandoval

Bogotá, Colombia.

Febrero, 2023.

## **El impacto de la industria 4.0 en la historia y que se puede esperar a futuro con la industria 5.0**

## **The impact of industry 4.0 in history and what can be expected in the future with industry 5.0**

**Altamar Martínez, Deyby Manuel**

Universidad Militar Nueva Granada, Facultad De Estudios a Distancia  
Ingeniería Industrial a Distancia, Cartagena de Indias, Colombia.  
[est.deyby.altamar@unimilitar.edu.co](mailto:est.deyby.altamar@unimilitar.edu.co)

### **Resumen**

*A lo largo de la historia han existido procesos que generaron grandes transformaciones económicas, sociales y tecnológicas, conocidos como revoluciones industriales, a través de las cuales la humanidad experimenta cambios radicales en los métodos de producción de bienes, y se generan nuevas dinámicas económicas y sociales entre los individuos. Actualmente se conoce que han existido cuatro revoluciones industriales que se han desarrollado desde el siglo XVIII hasta la actualidad y se contempla que a día de hoy se encuentra en desarrollo una quinta revolución industrial que trae grandes cambios con respecto a las anteriores, pero también grandes retos. El presente documento explica, desde la perspectiva de la ingeniería industrial, la importancia y el impacto que han tenido estas revoluciones en la sociedad, enfocándose principalmente en la cuarta revolución, y busca determinar qué expectativas se pueden tener a futuro con respecto a la quinta revolución que se encuentra en proceso, afrontando estos cambios desde el punto de vista de la profesión y el papel que juega esta nueva revolución en el desarrollo integral de un profesional en Ingeniería Industrial.*

**Palabras clave:** Dinámicas sociales, Ingeniería Industrial, Revolución Industrial, Transformación económica.

### **Abstract**

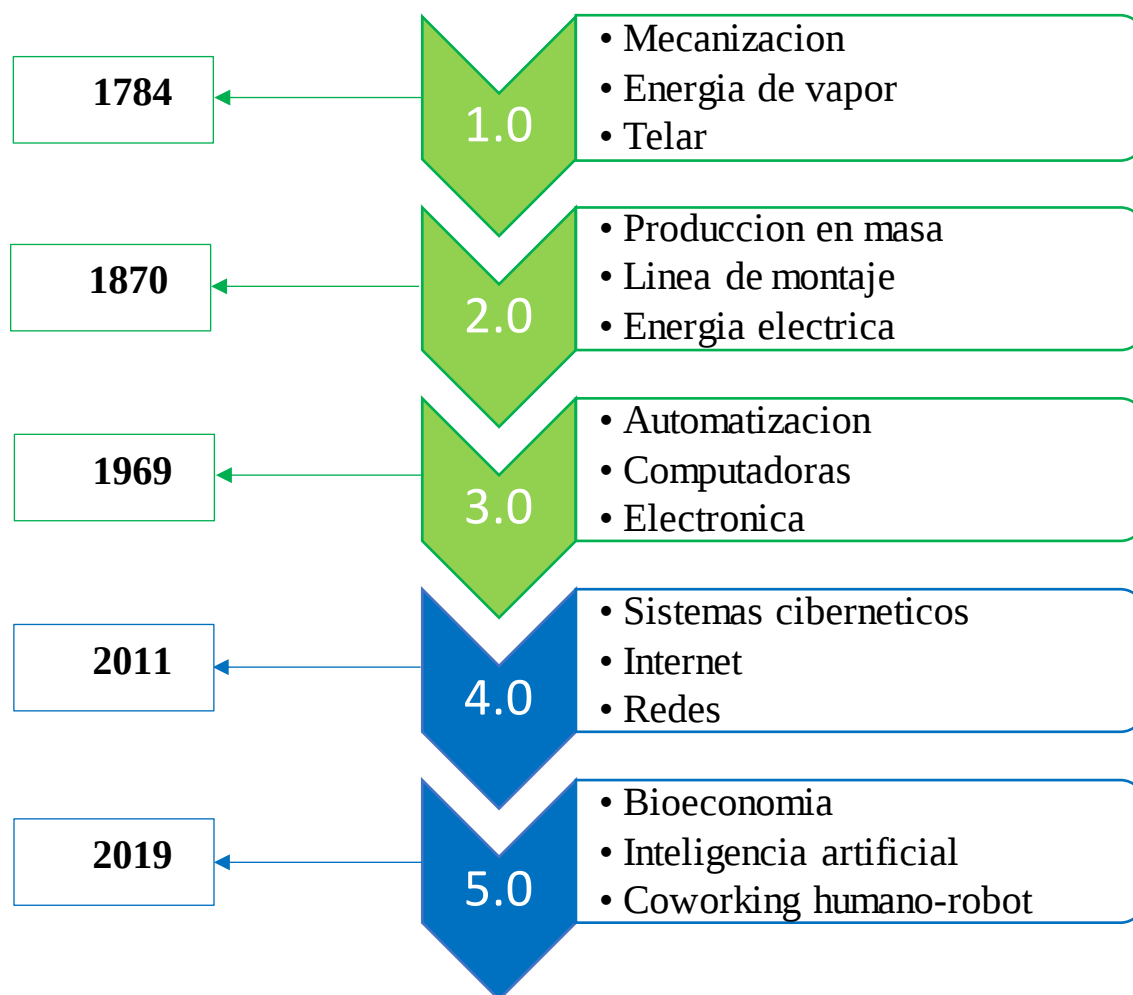
*Throughout history, there have been processes that generated great economic, social, and technological transformations, known as industrial revolutions, through which humanity undergoes radical changes in the methods of production of goods, and new economic and technological dynamics are generated. social between individuals. It is currently known that there have been four industrial revolutions that have developed from the eighteenth century to the present and it is contemplated that today a fifth industrial revolution is in development that brings great changes concerning the previous ones, but also great challenges. This document explains, from the perspective of industrial engineering, the importance and impact that these revolutions have had on society, focusing mainly on the fourth revolution, and seeks to determine what expectations can be had in the future concerning the fifth revolution that is in process, facing these changes from the point of view of the profession and the role that this new revolution plays in the integral development of a professional in Industrial Engineering.*

**Keywords:** Social dynamics, Industrial Engineering, Industrial Revolution, Economic transformation.

Todas las revoluciones que han existido a lo largo de la historia se han visto marcadas o detonadas por los contextos de las décadas en las que surgen. Las revoluciones industriales son los grandes cambios o avances tecnológicos que aparecen a través del tiempo para facilitar ciertas operaciones que en un principio se hacían de forma manual o artesanal, lo que quiere decir que estas nacen por la necesidad de facilitarle al individuo y a las organizaciones su trabajo y reducir costos en dichas operaciones.

La RAE (2022) define “Revolución” como un “cambio profundo, generalmente violento, en las estructuras políticas y socioeconómicas de una comunidad nacional”. En este sentido, Bembire (2014, como se citó en Gonzalez-Hernandez et al., 2021) explica que una revolución industrial “es el resultado de un extenso y duradero proceso de creación e innovación humana que muestra claramente la importancia de la intervención de la tecnología y la ciencia y las mejoras que se derivaron, derivan y derivarán de ellas”.

En el mundo han existido 4 revoluciones industriales que llegaron para cambiar la manera de vivir, trabajar, estudiar, entre otras acciones cotidianas. Las revoluciones industriales 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 y se encuentra en proceso la revolución 5.0. A partir de lo anterior, en este ensayo se busca determinar ¿Cuál es la importancia de la industria 4.0 y 5.0 en relación a la sociedad y cómo estas aportan significativamente el desarrollo integral de un ingeniero industrial?



**Fig. 1.** Línea de tiempo: Revoluciones Industriales a través de la historia y sus principales características. (Autor, 2022)

Como se puede observar en la **fig.1** el desarrollo de estas revoluciones comienza en el siglo XVII con la primera revolución industrial, esta tuvo lugar en Inglaterra y generó cambios en las herramientas artesanales dando paso a maquinaria más eficiente y a menores costos. El principal hallazgo fue la máquina a vapor que utilizaba como combustible el carbón, lo cual facilitó el cambio de la energía humana a la mecánica. A partir de aquí, se crearon grandes centros textiles de producción en masa. Galindo, et al (2005) sostienen que la segunda revolución industrial comenzó a mediados del siglo XIX y se caracterizó por avances tecnológicos como el desarrollo

de la electricidad y su aplicación en la industria, el transporte y la vida doméstica. Asimismo, el descubrimiento del motor de combustión interna generó una tecnología que propició la invención del automóvil, que a su vez condujo al desarrollo de la industria petrolera. La gestión del acero, materia prima básica para la construcción y fabricación de nuevas máquinas y herramientas, también ha recibido un importante impulso. En la cotidianeidad se introdujo el uso del teléfono, la luz eléctrica y diversos electrodomésticos. Estos elementos comenzaron a caracterizar la sociedad de consumo que se conoce hoy. A su vez estos autores afirman que esta revolución se logró posicionar a partir de 1920. La aeronáutica y la astronáutica recibieron un gran impulso en ese momento, y al mismo tiempo se comenzó a utilizar la energía atómica, la electrónica y la cibernética. Se desarrollaron los medios de comunicación (radio, televisión, cine, computadoras) y los medios de transporte.

Como lo explica Anavitarte (2020), la tercera revolución industrial es un “un periodo de tiempo, durante el cual la humanidad adopta de forma generalizada mejoras tecnológicas en sus procesos productivos”. El autor explica que durante este periodo se llevó a cabo la asimilación de nuevas tecnologías tanto informáticas como tecnologías de información y comunicación que se hicieron parte de los procesos productivos, permitiendo la aparición de lo que el autor entiende como “cadenas de montaje sin operadores humanos —automatización—” y un aprovechamiento energético mucho más eficiente enfocado en la utilización de energías renovables. En este sentido, la tercera revolución industrial funda sus bases luego de la era post carbónica que se empieza a experimentar luego de la aparición de las redes eléctricas, esta revolución se caracterizó por la búsqueda de la utilización de energías renovables. Un sello distintivo de esta era, a partir de la electrificación de las fábricas, es la llamada "automatización industrial" o "imperio de máquinas programadas", controladas por computadoras. La influencia de la

tecnología de la información se remonta a la década de 1950. Sus características más importantes son: recursos clave, conocimiento; economía dominante, industria de servicios; tecnología destacada, tecnología de la información, telemática y robótica. La cuarta revolución industrial, como lo sostiene European Commission (2020) se basa en la idea de fusionar los mundos físico y virtual a través de sistemas ciber físicos y conectar personas, máquinas y dispositivos entre sí a través del Internet de las Cosas. Esta interconexión horizontal y vertical a lo largo de toda la cadena de valor, desde los clientes hasta los proveedores, a lo largo del ciclo de vida del producto y en diferentes funciones, genera nuevas redes y ecosistemas de valor. La creación de valor agregado puede ser más eficiente, personalizada, de mayor calidad, orientada al servicio, rastreable, flexible y flexible. El mantenimiento estará conectado a la producción de una manera diferente que antes, lo que dará como resultado una cadena integrada que cubra todo el ciclo de vida. Generará beneficios económicos, ecológicos y sociales relacionados con el triple objetivo del desarrollo sostenible. Y por último la quinta revolución industrial, la European Commission sostiene que esta aporta una visión de la industria que va más allá de la eficiencia y la productividad como único objetivo, y refuerza el papel y la contribución de la industria a la sociedad. Pone el bienestar de los trabajadores en el centro del proceso de producción y utiliza nuevas tecnologías para generar prosperidad más allá del empleo y el crecimiento, respetando los límites productivos del planeta. Complementa el enfoque existente de "Industria 4.0" al servir específicamente a la investigación y la innovación en la transición hacia una industria europea sostenible, centrada en las personas y resiliente.

Las nuevas tecnologías más inteligentes se están integrando en personas, organizaciones y máquinas con la promesa de una nueva revolución llamada Industria 4.0. Una industria que se desarrolla como una respuesta a los desafíos de la 3.<sup>a</sup> Revolución Industrial, una transición rápida

hacia la producción automatizada, la información, comunicación y fabricación de precisión utilizando herramientas y materiales de alta tecnología. Esta nueva generación de tecnología complementa los desarrollos de la Tercera Revolución Industrial al centrarse en las interacciones y los sentidos humanos y como lograr una conexión y comunicación entre estos y diferentes artefactos y herramientas bajo el concepto de interoperabilidad. Esto significa que mejorará las capacidades humanas y las hará más inteligentes a través de conexiones digitales y procesamiento de datos.

Como lo explican Ortiz, et al (2020) este concepto de una nueva industria enfocada en las innovaciones tecnológicas más nuevas y en la producción rápida y personalizada, nace en Alemania en la Feria de Hannover en 2011 refiriéndose a los cambios directamente asociados al campo de la automatización integrada con tecnologías de la información. Posteriormente, en el año 2013, otro informe más detallado sobre el concepto de “Industria 4.0” fue presentado en esta misma feria por otro grupo de investigadores de la Academia Alemana de Ciencia e Ingeniería (acatech). Pero no fue hasta 2016 cuando Klaus Schwab, un economista, empresario alemán y fundador del Foro Económico Mundial, finalmente acuña el término de “Cuarta revolución industrial” en el contexto de la edición de 2016 del Foro Económico mundial. En este documento su autor explica que el concepto de “Industry 4.0”, planteado en Alemania en 2011, no tiene la amplitud suficiente para abarcar todo lo que realmente implica este proceso. En el documento se explica que la cuarta revolución industrial no solo se trata de máquinas y sistemas inteligentes y conectadas, sino que su campo de aplicación es mucha más amplio que eso, además de estos cambios en máquinas y sistemas también están ocurriendo nuevos avances en campos que van desde la secuenciación genética hasta la nanotecnología, desde la energía renovable hasta la computación cuántica. Es la fusión de estas tecnologías y su interacción en los ámbitos físico,

digital y biológico lo que hace que la Cuarta Revolución Industrial sea fundamentalmente diferente de las revoluciones anteriores. (Schwab, 2016)

En este sentido, Sukhodolov (2019) como citado en MinTIC (2019), distingue 4 enfoques conceptuales para definir el concepto de Industria 4.0, los cuales se encuentran resumidos en la siguiente tabla:

| <b>Enfoque</b>                             | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Enfoque basado en lo social</b>         | La implementación de la Industria 4.0 tiene un impacto significativo en la sociedad moderna, con aspectos tanto positivos como negativos (mejora en el nivel de vida vs desempleo masivo).                                 |
| <b>Enfoque basado en competencias</b>      | Requerirá de nuevas habilidades y competencias para los especialistas industriales modernos, ya que genera cambios estructurales y de forma en el trabajo.                                                                 |
| <b>Enfoque basado en la producción</b>     | Genera una evolución en la industria a través de la automatización de los procesos de producción, enfocándose en el aspecto funcional y organizacional de las empresas.                                                    |
| <b>Enfoque basado en el comportamiento</b> | El desarrollo de la Industria 4.0 se centra en el cambio de la interacción humano-objeto a la interacción objeto-objeto, sacando a los humanos del sistema de interconexión de objetos inanimados o dispositivos técnicos. |

**Tabla 1.** Resumen: Enfoques conceptuales de la industria 4.0

La llegada de la Industria 4.0 vio el surgimiento de nuevas tecnologías como robótica, IA, nanotecnología, tecnologías cognitivas, el internet de las cosas, también conocido por sus siglas en inglés como IoT, y el internet de las personas o IoP. En este sentido, Lasi, et al. (2014) explican que la industria 4.0 es una mezcla de tecnología digital, que transforma la producción industrial al siguiente nivel. La plataforma fundamental para el éxito de esta tecnología es la revolución en tecnologías que consiste de sistemas cyber-físicos o CPS por sus siglas en inglés,

IoT e IoS. Es flexible e inteligente para interconectar maquinas que permiten hacer productos personalizados

La visión de fábrica inteligente está basada en el concepto de Industria 4.0 donde los CPS conecta el mundo digital y físico para tomar decisiones descentralizadas (Bücker, et al., 2016). La conexión de humanos, partes y sistemas crea interconexiones de valor agregado autoguiadas, dinámicas y en tiempo real a lo largo de la cadena de valor (Gorecky, et al., 2014). La Industria 4.0 es un enfoque estratégico que utiliza las últimas innovaciones tecnológicas en el área de la fabricación de sistemas convergentes de información y comunicación (Schuh, et al., 2014).

La literatura revela que el modelo Industria 4.0 tiene éxito debido al sistema estrechamente integrado, que se basa principalmente en los CPS (Lee, et al., 2015). La colaboración de la plataforma de información y los dispositivos móviles con tecnología conectada a Internet es un factor clave para el éxito de CPS en la realización de un sistema de fabricación inteligente (Baheti & Gill, 2011). Esto lleva a la industria 4.0 a volverse más digital, auto-asistente y guiada por la información (Lee, et al., 2014).

Industria 4.0 es el nombre que recibe una de las revoluciones tecnológicas más reciente, la cual fue definida por primera vez en 2011, que afecta a la industria manufacturera. Es importante comprender que el alcance de esta revolución es mucho más amplio que solo en la industria manufacturera, autores como Rüßmann et al. (2015) explican que la Industria 4.0 alterará la producción, las operaciones y el mantenimiento completos de productos y servicios a través de componentes, máquinas y humanos interconectados. Con la influencia de la Industria 4.0, se espera que los sistemas de producción industrial funcionen un 30% más rápido que antes y un 25% más eficiente. Es decir, esta nueva industria puede afectar todos los aspectos de los negocios

y la sociedad en su conjunto. Al comprender el poder de esta revolución, las empresas pueden mejorar las operaciones y el crecimiento de los ingresos. Esto también puede ayudar a transformar los productos, la cadena de suministro y las expectativas de los clientes. Es probable que los cambios en la forma en que los clientes interactúan con las empresas y sus trabajos sean el resultado de tal revolución. También es muy probable que estos cambios afecten la forma en que operan las empresas y las experiencias que los clientes esperan al interactuar con una empresa.

Además, el impulso detrás del avance tecnológico de la Industria 4.0 involucra varias otras áreas de investigación. El uso de tecnología de sensores, dispositivos portátiles, robótica y otras tecnologías conducirá a nuevos productos y servicios. Al conectar productos previamente desconectados con dispositivos portátiles y robots, el proceso proporcionará nuevas formas de probar, crear prototipos y producir productos innovadores. Estos ajustes a los productos también cambiarán la forma en que se distribuyen en la cadena de suministro y, en última instancia, afectarán su relación costo-beneficio.

Comparada con la Industria 3.0, la industria 4.0 es significativamente más rápida. Se trata de ver y utilizar el Internet como conexión social y económica, y cómo esto afecta la privacidad, la seguridad, la identidad y el acceso a la información. Se espera que la Industria 4.0 tenga un impacto profundo y significativo a nivel social, la económico y político. Su flujo constante de información nos hace cada vez más exigentes. Las decisiones se toman de manera más rápida y eficiente con esta información.

Con respecto al impacto generado por esta revolución industrial, Schwab (2016) explica que es difícil comprender la revolución del avance tecnológico que se está produciendo actualmente.

Sus efectos en la sociedad, la cultura y la economía son lo suficientemente significativos como para parecer inimaginables. Además, explicaba estos impactos bajo diferentes áreas como lo son: la economía, los negocios, los gobiernos y países, la sociedad y los individuos.

Schwab enfatizaba que probablemente uno de los impactos más significativos resultaría de una sola fuerza, a la que llamaba “Empoderamiento”, concepto bajo el cual buscaba referirse a como la cuarta revolución industrial alterará drásticamente la forma en que las personas se relacionan entre sí a nivel gubernamental (gobiernos y ciudadanos), empresarial (empresas y empleados) y entre países (superpotencias y países más pequeños). Este cambio requerirá que los involucrados reconozcan que son parte de un sistema de poder compartido que requiere formas de interacción más colaborativas para tener éxito. (Schwab, 2016)

Haciendo referencia al impacto a nivel económico, se puede destacar que algunos economistas creen que la cuarta revolución industrial tendrá un impacto positivo en el crecimiento económico. Sin embargo, otros creen que el progreso tecnológico ya ha alcanzado su punto máximo y no aumentará la productividad en el futuro. Estos dos campos opuestos se denominan tecno optimistas y tecno pesimistas.

Para los negocios y las empresas, la cuarta revolución industrial implica muchas cosas positivas, la digitalización por ejemplo hace posible agilizar los procesos de fabricación a través de sistemas más inteligentes que utilizan IA y aprendizaje automático. Por ejemplo, las líneas de producción ahora usan robots con algoritmos incorporados que pueden aprender de los errores del pasado y producir bienes más rápido sin ralentizar ni causar accidentes. Esto ahorra tiempo y dinero al mismo tiempo que mejora la calidad, al tiempo que reduce la participación humana en ciertos pasos del proceso. Además, facilita la conexión de proveedores y clientes en tiempo real

para permitir la producción justo a tiempo, uno de los principios fundamentales de la planificación de la Industria 4.0. Esto ayuda a evitar la sobreproducción ya que los proveedores solo fabrican bienes cuando los clientes los compran; por el contrario, los clientes solo compran bienes cuando hay un suministro adecuado disponible para hacerlo. Este sistema incentiva a los productores a evitar fabricar productos en exceso y al mismo tiempo anima a los clientes a evitar comprar artículos innecesarios para que todos puedan seguir siendo rentables y al mismo tiempo satisfacer sus necesidades.

La Industria 4.0 tiene un gran potencial para mejorar la eficiencia de la fabricación en todo el mundo al tiempo que minimiza retrasos en las líneas de producción, su principal fortaleza está en la capacidad de comunicar datos sin problemas con las nuevas tecnologías, lo que crea valor en todo el ecosistema (Lee, Lapira, Bagheri & Kao, 2013). También reducirá el error humano en las fábricas debido a su enfoque en el análisis de datos en lugar de la participación del trabajo humano en los procesos de producción, al analizar los datos en tiempo real, las organizaciones pueden volverse más proactivas, receptivas y predictivas. Esto también les permite reducir la probabilidad de riesgos de productividad.

Esta tecnología emergente no solo es aplicable a la fabricación, sino que puede aplicarse a cualquier industria que produzca una variedad de productos, como las industrias de alimentos, bebidas y automotriz. Los campos que requieren alta calidad y precisión, como los semiconductores y los productos farmacéuticos, también se beneficiarán (Kochan & Miksche, 2017).

La factibilidad de fabricación o producción es el objetivo principal cuando el trabajo físico está involucrado en la producción, pero la flexibilidad en cada instancia del sistema de

producción es el factor clave para la Industria 4.0 (Brettel, et al., 2016). Ciudades inteligentes, fábricas inteligentes, la industria inteligente ahora se están convirtiendo en realidad con la Industria 4.0, donde el mundo físico y los sistemas digitales interactúan entre sí (Wollschlaeger, et al., 2017).

A nivel social y político, la Cuarta Revolución Industrial ha provocado desempleo y salarios bajos en algunos sectores a medida que las empresas implementan herramientas de robótica e inteligencia artificial en sus cadenas de producción. Algunos llaman a esto la 'economía del concierto', donde las personas trabajan a tiempo parcial en diferentes sectores. Esto es especialmente cierto para los adultos jóvenes que ingresan al mercado laboral por primera vez. No tienen experiencia en ninguna profesión y se ven obligados a tomar todo lo que pueden conseguir. Sin embargo, esto no siempre es algo malo; los salarios bajos pueden ser un motivador para que las empresas creen estructuras salariales justas.

El impacto de la Cuarta Revolución Industrial también se está viendo en otras áreas de la sociedad. Por ejemplo, hay muchas maneras en que esta Industria 4.0 está afectando a la sociedad y la política. Mucha gente lo ve como una oportunidad para que personas de todas las clases socioeconómicas participen en la democracia por primera vez. Mientras que sus padres pueden haber tenido poco interés en la política, aquellos con acceso a equipos de alta tecnología ahora pueden participar en elecciones a escala nacional por primera vez. Esto permite una mayor representación de todos los segmentos de la sociedad en las decisiones gubernamentales, lo que conduce a resultados sociales más equitativos.

El mundo cambiante de la tecnología tiene amplias implicaciones. A medida que los trabajos de fabricación manual, debido a los avances tecnológicos, se ven transformados en procesos

realizados por maquinaria automatizada, muchos trabajadores dejan de hacer parte del proceso productivo y de las industrias, personas que no podrán mantenerse a sí mismas ni a sus familias utilizando solo los trabajos disponibles, problema que se fundamenta en que la caída del costo de la nueva tecnología ha inspirado a los empleadores a reemplazar el trabajo humano con capital informático y ha empujado a muchas fábricas, centros de distribución, tiendas y restaurantes por el camino del uso de la robótica, la tecnología y la inteligencia artificial. Esto afecta no solo al trabajo físico (blue collar workers) sino también al trabajo cognitivo (white collar workers) (Rubbi, et al., 2020). Los gobiernos deben trabajar rápidamente para crear nuevas políticas y programas para los afectados por estos cambios. De lo contrario, verán cuán rápido se puede crear un futuro inestable solo con el cambio tecnológico.

Como individuos, la cuarta revolución industrial alterará drásticamente la forma en que los individuos trabajan y viven. Sus efectos se extenderán mucho más allá de los horarios de trabajo y vidas profesionales: afectará toda la identidad de las personas, Marcellesi (2018) explica que estas nuevas tecnologías han generado cambios desde cosas básicas como el alimento debido a los grandes avances en la producción agrícola, avances sanitarios y de salud, e incluso cambios en la forma en la que nos relacionamos y organizamos en sociedad creando nuevas relaciones de poder entre quienes tienen acceso a estas tecnologías y quienes no, e incluso creando nuevas brechas sociales y desigualdad. Estos cambios incluyen nuestro sentido de privacidad, nociones de propiedad, hábitos de consumo, tiempo dedicado al trabajo y al ocio, métodos de desarrollo profesional, habilidades y características relacionadas con la dependencia jerárquica. En última instancia, podría conducir a un aumento humano que cuestione la naturaleza misma de la humanidad. Se espera que todo esto suceda antes de lo que la gente espera. Moverse a una

velocidad sin precedentes tiene consecuencias emocionantes y aterradoras para la existencia humana.

Industria 5.0 es un concepto que describe la revolución tecnológica actual. Se caracteriza por sistemas ciber-físicos que están transformando la fabricación y producción a gran escala. Es una industria que pone las necesidades e intereses humanos fundamentales en el centro del proceso de producción, pasando del progreso impulsado por la tecnología a un enfoque completamente centrado en el ser humano y la sociedad. Como resultado, los trabajadores de la industria desarrollarán nuevos roles como un cambio de valor de considerar a los trabajadores como "costo" a "inversión". La tecnología está al servicio de las personas y las sociedades, lo que significa que la tecnología utilizada en la fabricación se adapta a las necesidades y la diversidad de los trabajadores de la industria (Xu, Lu, Vogel-Heuser, & Wang, 2021). Esencialmente, la Industria 5.0 es la quinta revolución industrial.

Demir, et al (2019) explican que, Actualmente, se están desarrollando dos visiones para la Industria 5.0. El primero es el “coworking humano-robot”. De acuerdo con esta visión, las personas y los robots trabajarían juntos cuando y donde fuera posible. Los humanos se concentrarían en tareas que requieren creatividad; los robots completarían el resto. Por otro lado, la segunda visión sobre esta nueva industria está basada en el concepto de “bioeconomía”. La Comisión Europea (2020) define la bioeconomía como el uso inteligente de los recursos biológicos. Esto ayudará a que la economía, la ecología y la industria alcancen el equilibrio. Implica procesar flujos de desechos y recursos biológicos renovables en productos valiosos como alimentos, piensos, bioproductos y bioenergía. La bioeconomía involucra industrias como la silvicultura, la pesca, la producción de pulpa y papel, la agricultura y la química, así como partes

de la producción de energía. La bioeconomía emplea conocimientos de una amplia gama de ciencias, incluidas la agronomía, la ecología, la ingeniería, la ciencia de los alimentos y las ciencias sociales. También utiliza tecnologías de ingeniería, habilitación e industriales como la ingeniería, las TIC y la nanotecnología. El paradigma de la industria 5.0 promueve la agilidad y la resiliencia de los sistemas con la utilización de tecnologías flexibles y adaptables. Además, intenta liderar la acción sobre la sostenibilidad y respeta los límites planetarios y promueve el talento, la diversidad y el empoderamiento (Huang, et al., 2022).

Müller (2020) identificó las siguientes tecnologías que soportan el concepto de Industria 5.0:

1. Soluciones centradas en humanos y tecnologías de interacción hombre-máquina que interconectan y combinan las fortalezas de humanos y máquinas.
2. Tecnologías bio-inspiradas y materiales inteligentes que permiten materiales con sensores incorporados y características mejoradas que al mismo tiempo son reciclables.
3. Gemelos digitales basados en tiempo real y simulación para modelar sistemas completos.
4. Tecnologías cibernéticamente seguras de transmisión, almacenamiento y análisis de datos que pueden manejar la interoperabilidad de datos y sistemas.
5. Inteligencia artificial, p. para detectar causalidades en sistemas complejos y dinámicos, induciendo a la inteligencia procesable.
6. Tecnologías para la eficiencia energética y la autonomía confiable, teniendo en cuenta que las tecnologías mencionadas anteriormente requerirán grandes cantidades de energía.

La Industria 5.0 puede beneficiar a las empresas y la economía de muchas maneras. Por un lado, ayudará a eliminar el trabajo repetitivo en industrias como la manufactura y la agricultura. Esto liberará a los trabajadores para que se concentren en tareas más importantes. Además, esta

industria permitirá que las fábricas produzcan bienes de manera más rápida y eficiente sin mano de obra humana. Esto reducirá los costos para los consumidores y aumentará las ganancias para las empresas que producen bienes a través de la Industria 5.0. Además de esto, la Industria 5.0 será más segura que la fabricación tradicional porque las máquinas harán la mayor parte del trabajo peligroso en lugar de los humanos.

Con respecto a lo anterior, algunos autores como Demir, et al (2019) consideran que la existencia de la Industria 5.0 se base o no en el “coworking humano-robot”, este sin duda tendrá un impacto significativo en la humanidad. Muchos ven esto como un desarrollo emocionante e innovador; sin embargo, algunos temen la posibilidad de perder trabajos a causa de los robots y la inteligencia artificial. Independientemente, es probable que la idea de que los humanos y los robots trabajen juntos en la 5.<sup>a</sup> Revolución Industrial continúe cambiando la forma en que funcionan las organizaciones. Debido al sesgo de los medios, muchas personas ven a los robots de manera negativa. Esto ha llevado a algunos a creer que los robots son una amenaza para la humanidad, lo que algunos ven como impactante y frustrante. Debido a este sesgo, las encuestas centradas en la sociedad y los robots estarían predispuestas de forma negativa. Antes de que los humanos realmente vivan y trabajen junto a los robots, es difícil determinar cómo se sentirán con respecto a ellos. En consecuencia, la primera escala para medir las actitudes hacia los robots será bastante pesimista. Al usar robots en su vida diaria, es probable que los humanos cambien sus actitudes hacia ellos a medida que experimentan con nuevas tecnologías. Los niños de hoy pueden tener opiniones diferentes a las de generaciones anteriores debido a la exposición a estos nuevos conceptos. Cuando crezcan con una tecnología similar, es probable que se acostumbren a

ella. A partir de ahora, nuestros hijos crecerán en un mundo donde la robótica es y será una realidad. Por lo tanto, se debería prestar atención a las diferencias entre generaciones a la hora de construir esta sociedad robótica. Deberíamos tratar de maximizar los beneficios que los humanos reciben de esta tecnología y minimizar las consecuencias negativas.

Con respecto a los desafíos a enfrentar con esta nueva Industria, autores como Müller (2020) y Breque, et al (2021) identificaron los siguientes retos:

- Heterogeneidad social en términos de valores y aceptación
- Se requieren medidas en la dimensión gubernamental y política. Esto incluye enfoques de acción ágil por parte del gobierno, comprensión de sistemas complejos e interrelacionados de ecosistemas industriales y mercados laborales.
- Medición de la generación de valor ambiental y social
- Integración de clientes a lo largo de cadenas de valor completas a pymes
- Interdisciplinariedad y transdisciplinariedad de las disciplinas de investigación y complejidad del sistema
- Política de innovación orientada al ecosistema con orientación ágil a resultados
- Se requiere productividad, mientras que se necesitan grandes inversiones
- Escalabilidad en el sentido de asegurar una implementación a gran escala de tecnologías en las cadenas de valor y los ecosistemas, incluidas las pymes.

Además, es importante aclarar que la Industria 5.0, además de estos desafíos, tiene ciertos aspectos negativos que deben ser tomados en consideración con el fin de establecer los límites de uso de estas nuevas tecnologías, permitiendo que este sea óptimo y controlable. Uno de estos aspectos es el impacto en el empleo, ya que la automatización de procesos y la inteligencia

artificial pueden sustituir a trabajadores humanos, lo que podría conducir a un desempleo masivo. Además, la dependencia de tecnologías avanzadas puede generar riesgos de seguridad cibernética y privacidad, ya que la información puede ser vulnerable a ataques cibernéticos. También puede generar desigualdades económicas y sociales, ya que no todos los países y empresas tienen acceso a las mismas tecnologías y recursos para implementar la Industria 5.0. Es importante considerar estos aspectos negativos al implementar estas nuevas tecnologías y buscar soluciones para mitigarlos.

Los aspectos negativos de la Industria 5.0, especialmente el impacto en el empleo, pueden afectar significativamente a la labor de un ingeniero industrial. Como ingenieros industriales, son responsables de diseñar, implementar y mejorar los procesos y sistemas de producción en una empresa. Con la implementación de tecnologías avanzadas en esta nueva industria, los ingenieros industriales deben estar preparados para adaptar sus habilidades y conocimientos para trabajar con tecnologías emergentes y automatizadas.

Además, los ingenieros industriales también deben considerar cómo las tecnologías avanzadas afectarán a los trabajadores y a la fuerza laboral en general. Esto podría requerir la capacitación y el desarrollo de habilidades para los trabajadores existentes, así como la planificación de cómo se reemplazarán las tareas automatizadas. También deben considerar cómo las tecnologías avanzadas pueden afectar la seguridad y la privacidad de la información, así como ser responsable de garantizar las mismas y proteger tanto a los trabajadores como a las empresas de los riesgos asociados a estas nuevas tecnologías.

Una vez comprendidos estos conceptos de Industria 4.0 y 5.0, se puede realizar una breve comparación entre ambos con el fin de identificar sus diferencias, como se muestra en la tabla a continuación:

| <b>Industria 4.0</b>                                                         | <b>Industria 5.0</b>                                                                                                  | <b>Diferencias</b>                                     |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Se enfoca en la automatización y optimización de procesos.                   | Se enfoca en la colaboración humano-máquina y el aprendizaje continuo.                                                | Enfoque centrado en las personas, no en la producción. |
| Se basa en la conectividad y la interconexión de los sistemas de producción. | Se basa en la incorporación de tecnologías aún más avanzadas, como la inteligencia distribuida y la realidad virtual. | Desarrollo y avances tecnológicos                      |
| Se caracteriza la mejora de la eficiencia y la eficacia en la producción.    | Se caracteriza por la flexibilidad y personalización en la producción y la mejora de la experiencia del cliente.      | Flexibilidad y personalización de bienes y servicios   |

**Tabla 2.** Cuadro comparativo entre Industria 4.0 e Industria 5.0

Para implementar la Industria 5.0, los gobiernos deben invertir en educación para que las personas puedan aprender a codificar para nuevas tecnologías. — especialmente IA, computación en la nube e impresión 3D. Así mismo, deben invertir en investigación para que los científicos puedan desarrollar nuevas tecnologías como automóviles autónomos y equipos de exploración espacial. Además, los gobiernos deben promover la investigación y el desarrollo para que las empresas puedan desarrollar nuevas tecnologías por su cuenta en lugar de adoptar las ideas de otros o comprar prototipos únicos de inventores o universidades. Por otro lado, los gobiernos

deben establecer leyes para que las empresas no experimenten con IA insegura o robótica peligrosa que podría provocar accidentes o daños intencionales fuera del entorno de la fábrica donde estas medidas de seguridad fueron codificadas por el fabricante/diseñador/desarrollador/etc.

Existen algunos desafíos posibles para implementar Industria 5.0, como la disponibilidad de acceso a Internet de alta velocidad para todas las máquinas en una fábrica. Para superar este obstáculo, el acceso a Internet de alta velocidad podría lograrse a través de satélites u otras alternativas, como usar las conexiones de Internet existentes en el hogar cuando sea necesario para ubicaciones remotas o configuraciones temporales donde las soluciones permanentes no son actualmente opciones viables debido a la falta de recursos disponibles en ese momento. Pero que pueden convertirse en opciones viables en una fecha posterior una vez que los recursos estén disponibles o una vez que se completen ciertas actividades que harían viable el acceso a Internet de alta velocidad permanente.

Ahora, pensando a futuro Sánchez (2018) entiende y explica que, aunque no podemos predecir las consecuencias de nuestras creaciones, innovaciones e ideas, podemos disfrutar imaginando cuáles podrían ser. También podemos arriesgarnos un poco imaginando los frutos de este nuevo desborde tecnológico. Esto vendría de las respuestas de las personas a lo que se ha descrito hoy.

Es importante entender que los avances tecnológicos nos brindan la capacidad de procesar grandes cantidades de conocimiento. Estos cambios alterarán drásticamente la forma en que funciona la sociedad, ya que cada individuo tendrá formas específicas de procesar la información. Esto nos permitirá predecir enfermedades específicas, salvar más vidas y hacer más con menos

esfuerzo. Podremos transportarnos y producir más productos con menos residuos. Extender la esperanza de vida humana proporcionará a las personas más recursos y les permitirá vivir vidas más seguras. Además, las personas tendrán que conducir menos, ya que los vehículos estarán automatizados. Con estos cambios, es posible predecir el futuro con una precisión sin precedentes. Existe más conocimiento sobre nosotros mismos fuera de nuestro entendimiento que dentro de él. Sin embargo, lo mismo es cierto para lo que tenemos y cómo cuidarlo. Este conocimiento nos ayudará a aprender más sobre cómo explotar lo que tenemos y aprovecharlo al máximo. Las empresas estarán entre las primeras en saberlo y podrán utilizar ese conocimiento para aumentar su riqueza. Una nueva forma de moneda compuesta por versiones físicas y digitales disminuirá drásticamente la necesidad de dinero regular. Las empresas también tendrán una forma más segura de intercambiar bienes y servicios gracias a los sistemas gubernamentales asistidos por IA o serán incluso reemplazados por ella. El comercio electrónico probablemente cambiará la forma de los trabajos que actualmente no existen. Las grandes corporaciones y los mercados comunes experimentarán este cambio en un futuro próximo. Los productos y bienes se entregarán a una velocidad notablemente rápida una vez que esto ocurra.

En el futuro, será común que los ganadores del Premio Nobel provengan de centros de investigación corporativos en lugar de universidades. Se realizarán muchos avances científicos significativos fuera de las universidades; algunos podrían ni siquiera existir hoy. Además, muchas ideas innovadoras pueden provenir de niños y adolescentes que hoy viven en países empobrecidos del tercer mundo, pero que un futuro gracias a todas las herramientas de información podrían llegar a ver la luz del mundo con mucha más facilidad.

Todos pueden beneficiarse de una educación personalizada sin importar la edad o el nivel. Las escuelas ofrecerán sistemas más personalizados; estos son cambios universales, inmediatos para la sociedad y generadores de mejoras significativas para la sociedad. Los cambios profundos requieren ideas revolucionarias. De lo contrario, no serían considerados lo suficientemente revolucionarios. Además, se entiende que este cambio trascendental va a suceder y que probablemente será la base o principio de otra revolución mucho más grande que las que se han visto hasta día de hoy.

En cuanto a cómo estas nuevas industrias aportan significativamente el desarrollo integral de un ingeniero industrial, estas tecnologías son esenciales para la formación y el desarrollo de un ingeniero industrial, ya que les brindan las habilidades y conocimientos necesarios para diseñar, desarrollar e implementar soluciones innovadoras y sostenibles en las industrias. El ingeniero industrial en la era de la industria 4.0 y 5.0 debe tener una formación multidisciplinaria y una visión estratégica para poder aprovechar al máximo las posibilidades de estas tecnologías y contribuir al desarrollo sostenible de las industrias.

Entre las competencias esenciales para un ingeniero industrial en la era de la Industria 4.0 y 5.0, se incluyen:

- Conocimientos en inteligencia artificial y aprendizaje automático: para diseñar y desarrollar soluciones inteligentes que mejoren la eficiencia y la eficacia en la producción y el procesamiento de datos.
- Conocimientos en internet de las cosas (IoT): para diseñar y desarrollar soluciones que conecten y comuniquen los dispositivos y maquinaria en tiempo real, para mejorar la toma de decisiones y la automatización de procesos.

- Conocimientos en robótica y automatización: para diseñar y desarrollar soluciones que mejoren la eficiencia y la seguridad en la producción y los procesos.
- Habilidades para el análisis y la interpretación de datos: para utilizar los datos recogidos a través de la IoT para mejorar la toma de decisiones y la eficiencia en la producción.
- Habilidades para la gestión y la planificación estratégica: para diseñar y desarrollar soluciones innovadoras y sostenibles que contribuyan al desarrollo sostenible de las industrias.

Como ingenieros industriales, en este nuevo mundo 4.0 y 5.0 en la industria, se deben liderar los procesos que permitan el cambio de las empresas, organizaciones e incluso países a la nueva era digital, la ingeniería industrial tiene un papel muy relevante en la toma de decisiones para las empresas y la nueva industria, y es que estas deben ser oportunas y contundentes para adaptarse a todos los cambios que traerán las nuevas tecnologías como la realidad virtual, el coworking humano-robot, la tecnología blockchain, big data, la inteligencia artificial, entre muchas otras nuevas tecnologías que seguirán surgiendo con el paso de los años.

## Bibliografía

- Anavitarte, E. J. (Enero de 2020). *La Tercera Revolución Industrial*. Obtenido de AcademiaLab:  
<https://academia-lab.com/2020/01/11/la-tercera-revolucion-industrial/#article>
- Baheti, R., & Gill, H. (2011). Cyber-physical systems. *The Impact of Control Technology*, 12, 161-166.
- Bembire, C. (01 de 12 de 2014). *Revolución Industrial: Importancia*. Obtenido de Importancia:  
<https://www.importancia.org/?s=Revoluci%C3%B3n%20Industrial>
- Breque, M., De Nul, L., & Petridis, A. (2021). *Industry 5.0: Towards a Sustainable, Human-Centric and Resilient European Industry*. Luxemburgo: European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, Publications Office.
- Brettel, M., Klein, M., & Friederichsen, N. (2016). The relevance of manufacturing flexibility in the context of industrie 4.0. *Procedia Cirp*, 41, 105-110.
- Bücker, I., Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016). Towards a Methodology for Industrie 4.0 Transformation. *Business Information Systems. BIS 2016. Lecture Notes in Business Information Processing*, 255, 209-221. doi:[https://doi.org/10.1007/978-3-319-39426-8\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-319-39426-8_17)
- Demir, K. A., Döven, G. , & Sezen, B. (2019). Industry 5.0 and Human-Robot Co-working. *Procedia Computer Science*, 158, 688-695.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.104>
- European Comission, Directorate-General for Research and Innovation. (30 de Septiembre de 2020). *Research and Innovation: European Comission*.  
doi:<https://data.europa.eu/doi/10.2777/082634>

European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, Müller, J. (2020).

*Enabling Technologies for Industry 5.0—Results of a Workshop with Europe's*

*Technology Leaders*. Publications Office. doi:<https://data.europa.eu/doi/10.2777/082634>

Forschungsunion, acatech. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative*

*INDUSTRIE 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group*. acatech – National

Academy of Science and Engineering. Obtenido de

[https://en.acatech.de/publication/recommendations-for-implementing-the-strategic-](https://en.acatech.de/publication/recommendations-for-implementing-the-strategic-initiative-industrie-4-0-final-report-of-the-industrie-4-0-working-group/)

[initiative-industrie-4-0-final-report-of-the-industrie-4-0-working-group/](https://en.acatech.de/publication/recommendations-for-implementing-the-strategic-initiative-industrie-4-0-final-report-of-the-industrie-4-0-working-group/)

Galindo, L. E., & Ortiz, J. G. (2005). *Economía y Política* 2. Bogotá D.C.: Santillana.

González-Hernández, I. J., Armas-Alvarez, B., Coronel-Lazcano, M., Maldonado-López, N.,

Vergara-Martínez, O., & Granillo-Macías, R. (2021). El desarrollo tecnológico en las

revoluciones industriales. *Ingenio y Conciencia Boletín Científico de la Escuela Superior*

*Ciudad Sahagún*, 8(16), 41-52. doi:<https://doi.org/10.29057/escs.v8i16.7118>

Gorecky, D., Schmitt, M., Loskyll, M., & Zühlke, D. (2014). Human-machine-interaction in the

industry 4.0 era. *IEEE international conference on industrial informatics (INDIN)*, 289-

294.

Huang, S., Wang, B., Li, X., Zheng, P., Mourtzis, D., & Wang, L. (2022). Industry 5.0 and

Society 5.0—Comparison, complementation and co-evolution. *Journal of Manufacturing*

*Systems*, 64, 424-428.

Kochan, D., & Miksche, R. (2017). Advanced Manufacturing and Industrie 4.0 for SME. En V.

Majstorovic, & Z. Jakovljevic (Ed.), *Proceedings of 5th International Conference on*

*Advanced Manufacturing Engineering and Technologies* (págs. 357-364). Roma:

Springer, Cham. doi:[https://doi.org/10.1007/978-3-319-56430-2\\_26](https://doi.org/10.1007/978-3-319-56430-2_26)

Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 4(6), 239-242.

Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing letters*, 3, 18-23.

Lee, J., Kao, H. A., & Yang, S. (2014). Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment. *Procedia Cirp*, 16, 3-8.

Lee, J., Lapira, E., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2013). Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment. *Manufacturing letters*, 1(1), 38-41.

Marcellesi, F. (2018). *La cuarta revolución industrial desde una mirada ecosocial*. Editorial Clave Intelectual.

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC). (19 de Diciembre de 2019). *Publicaciones: ColombiaTIC*. Obtenido de ColombiaTIC: Portal de estadísticas del sector TIC: <https://colombiatic.mintic.gov.co/679/w3-article-124767.html>

Ortiz, J. H., Marroquín, W. G., & Cifuentes, L. Z. (2020). *Industry 4.0: Current Status and Future Trends*. Intechopen. doi:10.5772/intechopen.90396

Rubbi, L., Barlaro Rovati, B., & Petraglia, A. (2020). El futuro del trabajo frente a la cuarta Revolución Industria. *Desde el Sur*, 12(1), 276-307.

- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. *Boston consulting group*, 9(1), 54-89.
- Sánchez, G. B. (10 de 09 de 2018). *Cienciorama*. Obtenido de Cienciorama:  
<http://www.cienciorama.unam.mx/#!titulo/585/?las-primeras-cinco-revoluciones-industriales>
- Schuh, G., Potente, T., Wesch-Potente, C., Weber, A. R., & Prote, J. P. (2014). Collaboration Mechanisms to increase Productivity in the Context of Industrie 4.0. *Procedia Cirp*, 19, 51-56.
- Schwab, K. (2016). *The fourth industrial revolution*. United Kingdom: Penguin Random House.
- Sukhodolov, Y. A. (2018). The Notion, Essence, and Peculiarities of Industry 4.0 as a Sphere of Industry. *Studies in Systems, Decision and Control*, 169, 3-10.  
 doi:[https://doi.org/10.1007/978-3-319-94310-7\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-94310-7_1)
- Wollschlaeger, M., Sauter, T., & Jasperneite, J. (2017). The future of industrial communication: Automation networks in the era of the internet of things and industry 4.0. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 11(1), 17-27.
- Xu, X., Lu, Y., Vogel-Heuser, B., & Wang, L. (2021). Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception. *Journal of Manufacturing Systems*, 61, 530-535.