

# Cuarta Revolución Industrial

(Fuente principal: La Cuarta Revolución Industrial – Klaus Schwab )



***“La cuarta revolución industrial no cambiará lo que hacemos, sino lo que somos”***

*Klaus Schwab – Fundador del Foro Económico Mundial*

## **INTRODUCCIÓN.**

A mediados de enero de 2016 se llevó a cabo la 46ª asamblea anual del Foro Económico Mundial, también conocido como Foro de Davos. Como es habitual desde 1971, numerosos jefes de estado y políticos internacionales, empresarios, líderes de organizaciones mundiales y regionales, intelectuales, periodistas y otros representantes de la sociedad civil se reunieron en Suiza para analizar los riesgos globales a los que se enfrenta la economía mundial y buscar solución a distintos problemas de carácter mundial, como son el cambio climático, la inmigración y el impacto de las tecnologías.

En esta ocasión, el tema principal de la reunión fue “los desafíos de la cuarta revolución industrial”, entendiendo como tal los procesos de transformación económica, social y tecnológica que resultan de la convergencia de las tecnologías digitales, físicas y biológicas en la industria. Estas tecnologías están introduciendo cambios profundos y disruptivos en las condiciones en que se lleva a cabo la producción, distribución y consumo de bienes y servicios.

A diferencia de las tres revoluciones industriales anteriores, muy ligadas a la incorporación de novedades tecnológicas al sistema productivo, la cuarta revolución industrial, no se define por un conjunto de tecnologías emergentes en sí mismas, sino por la transición hacia nuevos sistemas económicos y sociales, construidos sobre la infraestructura de la previa revolución digital.

Así, la primera revolución industrial se inicia a finales del siglo XVIII en Inglaterra con la máquina de vapor que marcó el paso de la producción manual a la mecanizada. La segunda revolución industrial se producirá un siglo más tarde con el descubrimiento de la electricidad y el desarrollo de la producción en cadena. A mediados del siglo XX se inicia la tercera revolución industrial con la electrónica y las tecnologías de información y comunicaciones. Esta vez no se trata de la aplicación a la industria de nuevas tecnologías, sino de la confluencia de esas tecnologías. En ese sentido, representa un cambio de paradigma, en lugar de un paso más en la carrera tecnológica.

El resultado será la automatización total de la producción de manufacturas, posible por la incorporación de robots integrados en sistemas ciberfísicos que combinarán maquinaria física con procesos digitales. Estos robots serán capaces de tomar decisiones descentralizadas, de cooperar entre ellos, y con trabajadores humanos mediante el “internet de las cosas” y la “computación en la nube”. Se desarrollarán las “fabricas inteligentes” capaces de controlarse a sí mismas mediante la construcción de redes inteligentes a lo largo de toda la cadena de valor. Las nanotecnologías, neurotecnologías, biotecnologías, los sistemas de almacenamiento de energía renovable, los drones, las impresoras 3D serán responsables de una rápida y profunda transformación de la sociedad industrial.

Pero la cuarta revolución industrial no se limita a la producción de manufacturas. La convergencia de tecnologías se extiende a los servicios afectando a la educación, la sanidad, el comercio o el transporte, por poner algunos ejemplos. Se vaticinan que estas transformaciones serán de tal alcance, escala y complejidad, que modificarán sustancialmente la forma en que vivimos, trabajamos y nos relacionamos.

Se estima que la cuarta revolución industrial va a suponer grandes progresos en la variedad, las cantidades, la calidad, y el coste de los productos, permitiendo ganancias de productividad y eficiencia, con importantes beneficios económicos para las empresas, facilitando el crecimiento y desarrollo económico global. No obstante, también plantea nuevas amenazas y desafíos relacionados con el capital humano, el mercado de trabajo, la desigualdad, la seguridad geopolítica, así como en los sistemas de valores sociales y marcos éticos.

## **CONCEPTO DE CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL.**

Una primera aproximación al concepto de cuarta revolución industrial es la realizada por Valeria Perasso (2016) que defiende que ésta es el nombre que recibe “la convergencia de tecnologías digitales, físicas y biológicas” que “cambiará el mundo tal como lo conocemos”.

En el mismo sentido se pronuncia el que es el primer centro de investigación aplicada y desarrollo tecnológico dependiente del Estado en España, y uno de los más importantes en Europa: “Tecnalia”. En unas jornadas organizadas en 2014 en Bilbao en torno a la “4ª Revolución Industrial”, o lo que los alemanes llaman “Industria 4.0”, Tecnalia hace referencia al término “fábrica inteligente” y a los desafíos y retos que se plantean en esta nueva revolución, que no es otro que, “el desarrollo de software, sistemas de análisis masivo de datos y su almacenamiento, la incorporación de sensores y electrónica a los elementos que interactúan en los procesos productivos y en los productos derivados de ellos, la convivencia hombre – máquina y la disponibilidad de información enriquecida para una mejor y más acertada toma de decisiones.”

Actualmente, existe un amplio debate en torno al hecho de si esta realidad, y los cambios que induce, pertenecen a una nueva revolución industrial, o por el contrario forman parte de la ya iniciada tercera revolución industrial, como defienden algunos autores, profesionales y académicos. Para el fundador del Foro Económico Mundial, el economista Klaus Schwab (2016), los nuevos avances y progresos en tecnologías emergentes como por ejemplo la impresión 3D o la nanotecnología “están redefiniendo industrias enteras y creando de cero

otras nuevas”. En su opinión existen varias razones que hacen pensar en el inicio de la cuarta revolución industrial:

1. Velocidad: Al contrario de lo ocurrido con las anteriores revoluciones industriales, en la actualidad asistimos a cambios que evolucionan a un ritmo exponencial, más que lineal. Esto es resultado un mundo polifacético profundamente interconectado y del hecho de que la nueva tecnología engendra, a su vez, tecnología más nueva y más poderosa.

2. Amplitud y profundidad: La cuarta revolución industrial se basa en la revolución digital y combina múltiples tecnologías que están llevando a cambios de paradigma sin precedentes en la economía, los negocios, la sociedad y las personas. La escala, alcance y complejidad de las transformaciones que se están produciendo no solo está cambiando el “qué” y el “cómo” hacer las cosas, sino el “quiénes somos”.

3. Impacto de los sistemas: Los cambios producidos van a tener un enorme impacto en los sistemas económicos y modelos de sociedades, cada vez más complejos e interconectados. Los cambios afectarán a los países, las empresas, las industrias y la sociedad en su conjunto.

## **CONTEXTO HISTÓRICO.**

Según la Real Academia de la Lengua en España, en su tercera acepción, revolución es un “cambio profundo y rápido en cualquier cosa”. Aplicada a la economía, una revolución implica un cambio drástico en la organización de los medios de producción.

En este sentido, el primer gran cambio que se produce en la historia de la humanidad ocurrió, según Klaus Schwab (2016) hace más de diez mil años cuando el hombre aprendió a domesticar animales y pudo evolucionar desde la recolección de frutos al cultivo de alimentos. La “revolución agraria” fue posible gracias a la combinación de los esfuerzos de los animales y de los seres humanos, lo que permitió avances en la producción, el transporte y la comunicación.

A partir de la segunda mitad del siglo XVIII se suceden las llamadas “revoluciones industriales”, entendida como diferentes procesos de profunda transformación económica, social, tecnológica que se suceden en el tiempo.

*La primera revolución industrial* se inicia en el siglo XVIII en Reino Unido, extendiéndose entre 1760 y 1840 a gran parte de Europa occidental y Norteamérica. Supuso el paso de una economía rural basada en la agricultura y el comercio, a una economía industrial, con un carácter más urbano y mecanizado. La fuerza mecánica, apoyada en el motor de vapor, sustituye al trabajo manual y aumenta la productividad de la mano de obra. El desarrollo de los transportes, gracias a la aparición del ferrocarril y los barcos de vapor, permitió la expansión del comercio. En palabras del nobel de Economía, R Lucas (2002), “por primera vez en la historia, el nivel de vida de las masas y la gente común experimentó un crecimiento sostenido (...) No hay nada remotamente parecido a este comportamiento de la economía en ningún momento del pasado”.

*La segunda revolución industrial* se inicia entre 1870 y 1914. Esta revolución conduce al sistema de producción y consumo en masa, impulsada por el desarrollo del motor de

combustión interna y los avances en la utilización de la energía eléctrica, aplicada al proceso productivo a través de las cadenas de montaje de Henry Ford (Schwab, 2016). Desde ese momento, se van a acelerar las transformaciones socio-económicas en el marco de la internacionalización y expansión del comercio, la especialización productiva y división del trabajo. Las innovaciones tecnológicas siguen desempeñando un papel fundamental en los cambios producidos, no sólo por la modernización de los transportes (avión, automóviles), sino también por la utilización de nuevas fuentes de energías (petróleo y gas natural) y nuevos medios de comunicación (teléfono, radio, televisión). Se producirán importantes avances en el modo de organización de la actividad empresarial en el tamaño y funcionamiento de los mercados, y en el papel del Estado en la economía.

*La tercera revolución industrial* se inicia a mediados del siglo XX, y es en la etapa de industrialización en la que actualmente se encuentran muchos países, entre ellos España. Se la conoce como la “revolución científico-técnica”, “revolución del conocimiento” o “revolución digital” porque fue inducida por el desarrollo de nuevas tecnologías relacionadas con la microelectrónica, el uso de sistemas computarizados, y especialmente las tecnologías de información y comunicación (Schwab, 2016). Supone un cambio desde las tecnologías analógicas y electrónica a la tecnología digital, y marca el inicio de la era o Sociedad de la información.

Estas tecnologías, que avanzan de forma exponencial, incrementando los beneficios al tiempo que reduce los costes (ley de Moore), van a facilitar la distribución de información y conocimientos, permitiendo la acumulación de capital intelectual que desplaza en importancia al capital físico. Gracias a ello se van a introducir importantes cambios en la organización de la actividad económica y social que acompañarán la aceleración de la globalización en las últimas décadas del siglo XX.

La tercera revolución industrial se acompaña de un mayor interés por el desarrollo sostenible y las energías limpias, el empleo de nuevos materiales técnicos reciclables y con unas propiedades que sorprenden, el eco-diseño (diseño ecológico) o co-diseño (diseño colaborativo).

Por último, la cuarta revolución industrial comenzó a principios de este siglo impulsada por la convergencia de las tecnologías digitales, físicas y biológicas. La cuarta revolución industrial, no se define por un conjunto de tecnologías emergentes en sí mismas, sino por la transición hacia nuevos sistemas que están construidos sobre la infraestructura de la revolución digital que impulsó la tercera revolución industrial. No se trata de avanzar en el desarrollo de nuevas tecnologías, sino de la conjunción de las innovaciones y de un cambio profundo en la forma en que vivimos, trabajamos y nos relacionamos.

Se habla por primera vez de ella en el Centro para la Tecnología de la Información y de la Oficina (CeBIT) de Hannover en 2011, cuando varias consultoras alemanas la bautizan con el nombre de “Industria 4.0”. Se trata de una las ferias de exposición de computadoras, tecnologías de la información, telecomunicaciones, software, y servicios, más importante del mundo. Se celebra anualmente y está considerada como un barómetro de las tecnologías de la información.

En 2011 el CeBIT reconoció que las TIC y la gestión del conocimiento formaba parte de los sistemas de producción, los cuales estaban cada vez más conectados entre sí a través de las

redes, y por lo tanto también lo estarán todos los procesos, todos los materiales que intervengan en la producción, los proveedores, las redes de clientes y los canales de distribución.

De esta forma, la Industria 4.0 está sustentada en las llamadas “Fabricas Inteligentes”, caracterizadas por la interconexión de máquinas y sistemas de producción, por un fluido intercambio de información con los mercados, competidores y otras fábricas inteligentes. Se produce la integración de extremo a extremo de la cadena de valor que va desde los cambios de demandas del gran público al logro de su satisfacción por parte de las fábricas inteligentes. Así, las diferentes partes del proceso productivo no solo están desarrollando funciones inteligentes que hasta ahora eran privativas de los obreros especializados, sino que se coordinan y cooperan a través de internet para ser más eficientes.

Esto permite introducir gran flexibilidad en el proceso productivo, y gran adaptabilidad a situaciones fortuitas, todo lo que puede contribuir al aumento y mejora de la producción. Además, los clientes finales no son considerados solo consumidores, sino que sus opiniones son tenidas en cuenta para diseñar y personalizar el producto o servicio, adaptándolo a sus preferencias. El eslogan “Hágalo usted mismo”, es un reflejo de este cambio, e internet, la forma de hacer un marketing más directo. De esta forma, los productores y consumidores interactúan directamente a través de las redes de internet.

Las bases tecnológicas e innovaciones en que se apoya esta revolución son, entre otras, el internet de las cosas, los sistemas ciberfísicos, la nanotecnología, Big Data, drones, inteligencia artificial, robótica, comunicaciones inalámbricas y productos inteligentes. No todo son tecnologías inteligentes e integradas, también hay importantes descubrimientos científicos como la secuenciación genética. Sin embargo, es necesario saber en qué punto estamos y si las revoluciones industriales anteriores y sus avances han llegado al grueso de la población mundial.

Lo cierto es que según Klaus Schwab (2016) un “17% de la población mundial no disfruta de los avances de la segunda revolución industrial, y más de la mitad de la población mundial tampoco disfrutan de los avances de la tercera revolución industrial y de uno de sus hitos, “internet”. En la medida en que la sociedad abraza la innovación tecnológica, ésta es un factor crucial del progreso de la sociedad (Schwab, 2016).

## **CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL**

Las características de la cuarta revolución industrial, las agrupamos en 2 grandes grupos: el primero, que explica la **velocidad, amplitud y profundidad de los cambios** y el segundo que habla del **impacto en los sistemas**, es decir, el mercado de trabajo, la desigualdad y las nuevas tecnologías y su integración.

### 1- Velocidad, amplitud y profundidad.

*Velocidad de innovación y empresas disruptivas.* Una de las características principales de la cuarta revolución industrial es que, “la velocidad de innovación en términos tanto de su desarrollo como de su difusión es más alta que nunca” (Schwab, 2016). En esta revolución, las

tecnologías emergentes y la innovación de base extendida se están difundiendo mucho más rápido y más ampliamente que en las anteriores revoluciones.

Estas tecnologías de última generación están transformando por completo los sectores económicos a una velocidad impresionante (Peña, E., 2016: 1); Un ejemplo lo tenemos en las empresas que son “disruptivas” como Uber, Airbnb, Alibaba, Google, Apple, Tesla, Whatsapp o Instagram, que eran desconocidas hace unos pocos años, o el caso de Apple, que presentó Iphone en 2007 y años después los smart phones son una realidad cotidiana en nuestras vidas. Estas empresas se están consolidando rápidamente en los mercados, desplazando a las empresas más tradicionales, incapaces de competir en el nuevo contexto económico.

*Amplitud y profundidad de los cambios:* rendimientos de escala crecientes. La cuarta revolución industrial se caracteriza por la amplitud y profundidad de los cambios producidos. La digitalización implica la automatización del proceso productivo, lo que va a reducir los costes de producción. Ésta reducción, junto con el auge de las plataformas que reúnen y concentran actividades de diferentes sectores, afectará a los rendimientos de escala de las empresas, que crecerán exponencialmente.

Los rendimientos de escalas expresan cómo varía la cantidad producida por una empresa a medida que varía el uso de todos los factores que intervienen en el proceso de producción en la misma proporción. Si el producto aumenta en más que el cambio proporcional de factores, existen rendimientos crecientes de escala. Con ello se hace posible una mayor división y especialización del trabajo. Cada trabajador puede especializarse en el desempeño de una sola tarea simple y de repetición, en lugar de realizar muchas tareas diferentes. El resultado es que la productividad de las empresas se va a multiplicar, los ciclos de innovación/ganancia, se acortarán favoreciendo a los emprendedores frente a los rentistas (Paul Mason 2016).

Al mismo tiempo, las nuevas tecnologías contribuyen a la producción de bienes y servicios con coste marginal cero (Jeremy Rifkin, 2014). Por ejemplo Netflix, este tipo de empresas no debe aumentar sus costes de producción cuando aumenta la demanda, es decir que, por ejemplo, puede pasar 10.000 usuarios a 100.000 con prácticamente el mismo coste. Cosa que no ocurre, por ejemplo, en la fabricación de autos, donde pasar a producir una mayor cantidad requiere una gran inversión. Estos rendimientos de escala dependen exclusivamente de la tecnología aplicada y no están influidos por las decisiones económicas o por las condiciones de mercado. Por otra parte, las empresas requieren menos capital y financiación para su creación y funcionamiento, ya que los rendimientos de escala crecientes impulsan nuevas economías de escala, afectando a todo el sistema empresarial. Por ejemplo, Whatsapp o Instagram ofrecen servicios y bienes de información con costes de almacenamiento, transporte y replicación que son cercanos a cero. (Schwab, 2016)

## ELEMENTOS TECNOLÓGICOS CARACTERÍSTICOS

A continuación, se describen algunas de las principales tecnologías que caracterizan este período de cambio:

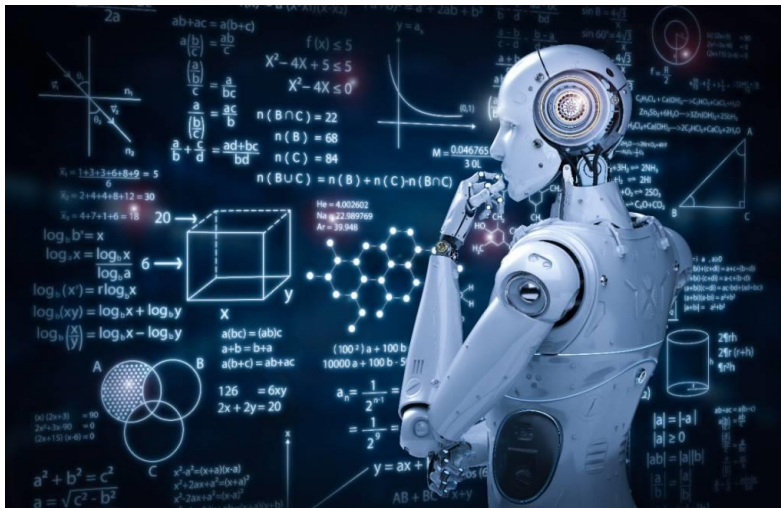
### 1. Internet de las Cosas (IoT)

El IoT se refiere a la red de dispositivos físicos conectados entre sí y a internet, capaces de recopilar y compartir datos. Estos dispositivos pueden ser desde sensores simples hasta máquinas complejas. El IoT permite la automatización, el monitoreo en tiempo real y la optimización de procesos en una variedad de industrias como manufactura, salud y transporte.



El IoT ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años. Se estima que para 2025 habrá más de 75 mil millones de dispositivos IoT conectados en todo el mundo. Esta tecnología está siendo ampliamente implementada en sectores como la manufactura, la agricultura inteligente, la salud y las ciudades inteligentes. Por ejemplo, en la manufactura, el IoT permite el monitoreo en tiempo real de activos y procesos, optimizando la eficiencia y reduciendo los costos de mantenimiento.

### 2. Inteligencia Artificial (IA) y Machine Learning



La IA se refiere a la capacidad de las máquinas para simular procesos de inteligencia humana, como el aprendizaje, el razonamiento y la autocorrección. El Machine Learning es una rama de la IA que se enfoca en desarrollar algoritmos que permiten a las máquinas aprender patrones a partir de datos y mejorar con la experiencia sin intervención humana directa. Estas

tecnologías son fundamentales para la automatización inteligente, la personalización de servicios y la toma de decisiones basadas en datos.

La IA y el Machine Learning están transformando industrias como la salud, el comercio minorista, las finanzas y el transporte. Se estima que el mercado de IA alcanzará los 190 mil millones de dólares para 2025. Las aplicaciones van desde chatbots y sistemas de recomendación hasta diagnósticos médicos asistidos por IA y vehículos autónomos.

## **Implementación y Aplicaciones**

La IA y el Machine Learning están siendo ampliamente implementados en diversas industrias:

*Salud:* En diagnósticos médicos asistidos por IA, análisis de imágenes médicas, descubrimiento de medicamentos y atención personalizada.

*Comercio Minorista:* Para recomendaciones de productos personalizadas, gestión de inventarios y análisis de precios dinámicos.

*Finanzas:* En detección de fraudes, análisis de riesgos crediticios, trading algorítmico y atención al cliente automatizada.

*Transporte:* En vehículos autónomos, optimización de rutas y logística inteligente.

*Servicios Públicos:* Para la gestión de redes eléctricas inteligentes, optimización del suministro de agua y servicios urbanos inteligentes.

### **Efectos de la IA sobre el Empleo**

La adopción de la IA está teniendo un impacto significativo en el mercado laboral. Según un informe de McKinsey Global Institute (2022), entre el 8% y el 15% de los empleos actuales podrían estar automatizados para el año 2030, lo que afectaría a 800 millones de trabajadores. Sin embargo, se podrían crear hasta 974 millones de nuevos empleos en nuevos sectores. Según el World Economic Forum (2022), el 50% de los trabajadores necesitarán capacitación o requerirán nuevas habilidades para el año 2025.

Las habilidades más demandadas serán la creatividad, la inteligencia social, el pensamiento crítico y la resolución de problemas.

Es importante destacar que a medida que la IA se integra más en nuestras vidas y trabajos, surgen ciertas preocupaciones éticas y sociales. Por ejemplo, la necesidad de algoritmos justos y éticos que eviten sesgos y protejan la privacidad de los o la brecha entre aquellos que tienen

En conclusión, la IA y el Machine Learning están remodelando rápidamente el panorama laboral global, creando nuevas oportunidades mientras plantean desafíos significativos para los individuos, las organizaciones y las políticas públicas. La preparación y la adaptación proactiva son clave para mitigar los posibles efectos adversos y aprovechar al máximo los beneficios de esta tecnología emergente.

## **3. Big Data y Analytics**

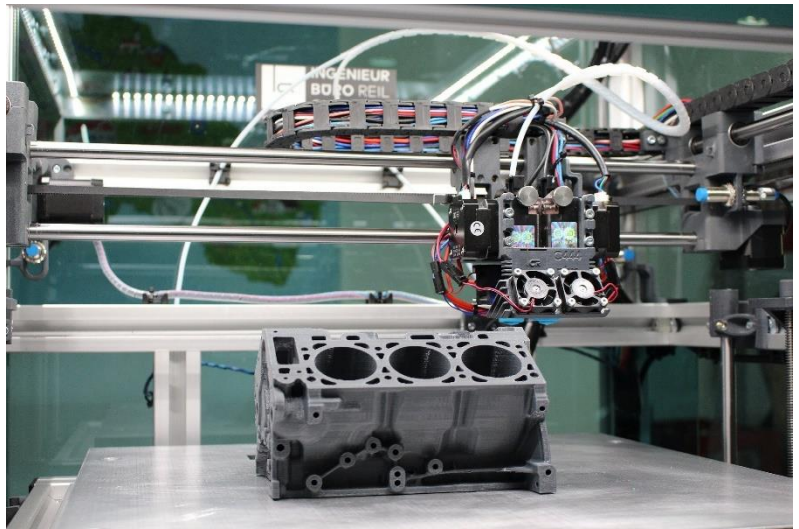
Big Data se refiere al manejo y análisis de grandes volúmenes de datos que no pueden ser procesados con métodos tradicionales. Utilizando técnicas avanzadas de análisis de datos, las organizaciones pueden extraer información valiosa, identificar tendencias y patrones ocultos que proporcionen una ventaja competitiva significativa.

## **4. Computación en la Nube**

La computación en la nube permite el acceso a recursos informáticos (como almacenamiento, procesamiento y software) a través de internet bajo demanda. Esto facilita la escalabilidad, la colaboración remota y la flexibilidad en el acceso a aplicaciones y datos desde cualquier lugar y en cualquier momento, impulsando la eficiencia operativa y la innovación ágil.

## 5. Impresión 3D (Fabricación Aditiva)

La impresión 3D permite la creación de objetos tridimensionales mediante la superposición de capas sucesivas de material, guiadas por un modelo digital. Esta tecnología está revolucionando la fabricación al permitir la personalización rápida, la reducción de desperdicios y costos, y la producción descentralizada de componentes y productos.



## 6. Realidad Aumentada (AR) y Realidad Virtual (VR)

La AR y la VR están transformando la interacción humana con el mundo digital y físico. La AR superpone información digital en el mundo real a través de dispositivos como smartphones o gafas inteligentes, mientras que la VR sumerge completamente al usuario en un entorno simulado. Estas tecnologías tienen aplicaciones en entrenamiento, diseño de productos, marketing experiencial y entretenimiento.

## 7. Blockchain

Blockchain es una tecnología de registro distribuido que permite la creación de registros seguros y verificables de transacciones y datos. Su aplicación más conocida es en las criptomonedas, pero también se está explorando su potencial en contratos inteligentes, gestión de la cadena de suministro, votación electrónica y más, gracias a su capacidad para proporcionar transparencia, seguridad y trazabilidad.

## 8. Robótica Avanzada

Los robots avanzados están evolucionando rápidamente, no solo en términos de capacidades físicas sino también en inteligencia y autonomía. Están siendo utilizados en la fabricación, la logística, la exploración espacial, la asistencia médica y otros campos para realizar tareas repetitivas, peligrosas o precisas con mayor eficiencia y fiabilidad.

Estas tecnologías no solo están cambiando los métodos de producción y distribución, sino también los modelos de negocio, las relaciones laborales y la experiencia del consumidor. La integración efectiva de estas innovaciones puede ser clave para el éxito en la era de la Cuarta Revolución Industrial.

## **Impactos de la Cuarta Revolución Industrial**

### **Impactos en la Desigualdad**

La cuarta revolución industrial generará, en igual medida, grandes beneficios y grandes retos. Una preocupación particular es la desigualdad exacerbada. Los desafíos planteados por la desigualdad creciente son difíciles de cuantificar dado que la gran mayoría de nosotros somos consumidores y productores, y la innovación y la disrupción afectan a nuestros niveles de vida y bienestar tanto de manera positiva como negativa.

El consumidor parece ser el gran ganador. La cuarta revolución industrial ha hecho posible nuevos productos y servicios que aumentan prácticamente sin costo alguno la eficiencia de nuestras vidas como consumidores. Pedir un taxi, encontrar un vuelo, comprar un producto, realizar un pago, escuchar música o ver una película; cualquiera de estas tareas ahora se puede realizar de manera remota. Los beneficios de la tecnología para todos los que consumimos son incontrovertibles. Internet, el teléfono inteligente y las miles de aplicaciones están volviendo nuestra vida más fácil y, en general, más productiva. Un dispositivo sencillo como una tableta, que usamos para la lectura, la navegación y la comunicación, posee el poder de procesamiento equivalente a cinco mil ordenadores de escritorio de hace treinta años, mientras que el costo de almacenamiento de la información se aproxima a cero (almacenar 1 GB cuesta, por término medio, menos de 0,03 dólares al año hoy en día, en comparación con los más de 10.000 dólares de hace veinte años).

Los desafíos creados por la cuarta revolución industrial parecen radicar, sobre todo en el lado del proveedor, en el mundo del trabajo y la producción. En los últimos años, una abrumadora mayoría de los países más desarrollados, y también algunas economías de rápido crecimiento como China, han experimentado un importante descenso en la proporción del trabajo como porcentaje del PIB. La mitad de esta disminución se debe a la caída del precio relativo de los bienes de inversión, impulsada a su vez por el progreso de la innovación (que obliga a las empresas a sustituir trabajo por capital).

*Como resultado de ello, los grandes beneficiarios de la cuarta revolución industrial son los proveedores de capital intelectual o físico (los innovadores, los inversionistas y los accionistas), lo cual explica la creciente brecha de riqueza entre las personas que dependen de su trabajo y las que poseen el capital. Esto también explica la desilusión entre tantos trabajadores, convencidos de que sus ingresos reales podrían no aumentar durante su vida y de que sus hijos podrían no tener una vida mejor que la suya.*

La concentración de los beneficios y del valor en tan solo un pequeño porcentaje de personas también se ve agravada por el llamado «efecto de plataforma», en el que organizaciones digitales crean redes que conectan a compradores y vendedores de una amplia variedad de productos y servicios para disfrutar así de rendimientos crecientes a escala.

La consecuencia del efecto de plataforma es una concentración de pocas, pero poderosas plataformas que dominan sus mercados. Los beneficios son evidentes, particularmente para los consumidores: más valor, mayor comodidad y costos menores. Sin embargo, también son obvios los riesgos sociales. Para evitar la concentración del valor y del poder en tan solo unas pocas manos, tenemos que encontrar maneras de equilibrar los beneficios y riesgos de las plataformas digitales (incluidas las industriales), mientras se garantizan la apertura y las oportunidades para la innovación colaborativa.

Todos estos son cambios fundamentales que están afectando a nuestros sistemas económicos, sociales y políticos, y que son difíciles de deshacer, incluso aunque el proceso de globalización en sí fuera a revertirse de alguna manera. La pregunta para todas las industrias y empresas, sin excepción, ya no es «¿voy a experimentar alguna disrupción?», sino «¿cuándo llegará la disrupción, qué forma adoptará y cómo nos afectará a mí y a mi organización?».

La realidad de la disrupción y la inevitabilidad de los efectos que tendrá sobre nosotros no significan que seamos impotentes ante ella. Es nuestra responsabilidad asegurarnos de establecer un conjunto de valores comunes para tomar las decisiones políticas correctas e impulsar aquellos cambios que conviertan la cuarta revolución industrial en una oportunidad para todos.

### **Impactos en el empleo**

A pesar del impacto positivo potencial de la tecnología en el crecimiento económico, es esencial atender su posible impacto negativo, al menos a corto plazo, en el mercado laboral. Los temores del impacto de la tecnología en el empleo no son nuevos. En 1931, el economista John Maynard Keynes advirtió acerca del extendido desempleo debido a la tecnología «a causa de nuestro descubrimiento de medios para economizar el uso del trabajo a mayor ritmo del que podemos encontrar nuevas aplicaciones para el trabajo».

Esto demostró ser incorrecto, pero ¿qué pasa si esta vez sí es verdad? En los últimos años, se ha reavivado el debate por la evidencia de que los ordenadores están sustituyendo cierto número de empleos, principalmente bibliotecarios, cajeros y operadores telefónicos, entre otros.

Las razones por las cuales la nueva revolución tecnológica provocará más revuelo que las anteriores revoluciones industriales son las ya mencionadas en la introducción: **la velocidad** (todo está sucediendo a un ritmo mucho más rápido que nunca), **la amplitud y profundidad** (muchos cambios radicales se producen simultáneamente), y la completa **transformación de sistemas enteros**.

A la luz de estos factores impulsores, hay una certeza: las nuevas tecnologías cambiarán profundamente la naturaleza del trabajo en todas las industrias y ocupaciones. La incertidumbre fundamental tiene que ver con la medida en que la automatización sustituya a la mano de obra. ¿Cuánto tiempo tardará y hasta dónde llegará?

Para comprender esto, tenemos que entender los dos efectos en competencia que la tecnología ejerce sobre el empleo. En primer lugar, existe un efecto de destrucción a medida que la disrupción y la automatización generadas por la tecnología sustituyen el capital por el trabajo, forzando a los trabajadores a quedarse en paro o a utilizar sus aptitudes en otros lugares. En segundo lugar, a este efecto de destrucción lo acompaña un efecto de capitalización, en el cual la demanda de nuevos bienes y servicios aumenta y conduce a la creación de nuevas ocupaciones, empresas e incluso industrias.

Como seres humanos, tenemos una capacidad sorprendente de adaptación e ingenio. Pero la clave aquí es el momento y la medida en que el efecto de capitalización reemplaza el de destrucción y cuán rápido se logrará la sustitución.

Hay básicamente dos grupos opuestos cuando se piensa en el impacto de las tecnologías emergentes en el mercado laboral: aquel en el que están quienes creen en un final feliz, en el que los trabajadores desplazados por la tecnología encuentran nuevos puestos de trabajo y

en que la tecnología desata una nueva era de prosperidad, y el campo de quienes creen que la tecnología los llevará a un progresivo «armagedón» social y político, que creará un desempleo tecnológico masivo. La historia muestra que es probable que el resultado se encuentre en algún punto intermedio. La pregunta es: *¿qué debemos hacer para promover resultados más positivos y ayudar a quienes están atrapados en la transición?*

Siempre ha ocurrido que la innovación tecnológica destruye algunos puestos de trabajo, que a su vez reemplaza por otros trabajos nuevos de diferente tipo de actividad y posiblemente en otro lugar. Tomemos la agricultura como ejemplo. En Estados Unidos, las personas que trabajaban en el campo eran el 90 por ciento de la fuerza laboral a principios del siglo XIX, pero hoy en día representan menos del 2 por ciento. Esta fuerte reducción tuvo lugar de una forma relativamente suave, con una disrupción social o un desempleo endémico mínimos.

La economía de las apps proporciona un ejemplo de un nuevo ecosistema para el trabajo. Apenas comenzó en 2008, cuando Steve Jobs, el fundador de Apple, les permitió a desarrolladores externos crear aplicaciones para el iPhone. A mediados de 2015, la economía global de las apps esperaba generar más de 100.000 millones de dólares en ingresos, superando a la industria del cine, que ha existido durante más de un siglo.

Los tecnooptimistas preguntan: si extrapolamos a partir del pasado, ¿por qué debería ser diferente esta vez? Reconocen que la tecnología puede ser disruptiva, pero afirman que siempre termina mejorando la productividad y aumentando la riqueza, generando a su vez una mayor demanda de bienes y servicios, y nuevos tipos de empleo para satisfacer dicha demanda. El núcleo del argumento es el siguiente: los deseos y las necesidades humanas son infinitos, por lo que el proceso de satisfacerlos también debería serlo. Salvo las recesiones normales y las depresiones ocasionales, siempre habría trabajo para todos.

¿Qué evidencia apoya esto y qué nos dice acerca de lo que depara en el futuro? Los primeros indicios apuntan a que, probablemente, en las próximas décadas una oleada de innovación sustituirá el trabajo en múltiples industrias y categorías laborales.

Muchas categorías laborales diferentes, en particular aquellas que involucran labores mecánicamente repetitivas y manualmente precisas, ya han sido automatizadas. Muchas otras las seguirán, a medida que la potencia de cómputo continúe creciendo de forma exponencial. Antes de lo que muchos prevén, el trabajo de profesiones tan diversas como abogados, analistas financieros, médicos, periodistas, contadores, aseguradores o bibliotecarios podría ser parcial o totalmente automatizado.

Hasta ahora, la evidencia es esta: la cuarta revolución industrial parece estar creando menos puestos de trabajo en nuevas industrias que en las revoluciones anteriores. Según una estimación del Programa Oxford Martin sobre Tecnología y Empleo, solo el 0,5 por ciento de la fuerza laboral de Estados Unidos trabaja en industrias que no existían en el cambio de siglo, un porcentaje mucho menor que el aproximadamente 8 por ciento de los nuevos empleos creados en nuevas industrias durante la década de 1980 y que el 4,5 por ciento de nuevos puestos de trabajo creados durante la década de 1990.

Esto lo corrobora un reciente censo económico estadounidense que arroja una interesante luz sobre la relación entre la tecnología y el desempleo: demuestra que las innovaciones en información y otras tecnologías disruptivas **tienden a aumentar la productividad mediante la sustitución de los trabajadores existentes, en lugar de crear nuevos productos que necesiten más mano de obra para ser producidos.**

Dos investigadores de la Oxford Martin, el economista Carl Benedikt Frey y el experto en aprendizaje de máquina Michael Osborne, han cuantificado el efecto potencial de la innovación tecnológica en el desempleo mediante un ranking de 702 profesiones distintas según su probabilidad de ser automatizadas, desde las menos susceptibles al riesgo de automatización («0» corresponde a ningún riesgo en absoluto) a aquellas más susceptibles al riesgo («1» corresponde a un cierto riesgo de que el trabajo sea sustituido por un ordenador de algún tipo). En la tabla siguiente destaco algunas profesiones que son más propensas a ser automatizadas y otras que lo son menos.

TABLA 2. Ejemplos de las profesiones más y menos propensas a la automatización

*Más propensas a la automatización*

| <i>Probabilidad</i> | <i>Ocupación</i>  |
|---------------------|---|
| 0,99                | Vendedores vía telefónica   |
| 0,99                | Preparadores de impuestos   |
| 0,98                | Evaluadores de seguros de daños en automóviles  |
| 0,98                | Árbitros y otros jueces deportivos  |
| 0,98                | Secretarios jurídicos   |
| 0,97                | Camareros de restaurantes, salones y cafés  |
| 0,97                | Compraventa de bienes inmuebles   |
| 0,97                | Contratistas de trabajo agrícola  |
| 0,96                | Secretarías y asistentes administrativos, excepto los jurídicos, médicos y ejecutivos |
| 0,94                | Entregas y mensajería   |

*Menos propensas a la automatización*

| <i>Probabilidad</i> | <i>Ocupación</i>  |
|---------------------|---|
| 0,0031              | Salud mental y trabajadores sociales de abuso de sustancias |
| 0,0040              | Coreógrafos   |
| 0,0042              | Médicos y cirujanos   |
| 0,0043              | Psicólogos  |
| 0,0055              | Gestores de recursos humanos                                |
| 0,0065              | Analistas de sistemas de cómputo                            |
| 0,0077              | Antropólogos y arqueólogos                                  |
| 0,0100              | Ingenieros marinos y arquitectos navales                    |
| 0,0130              | Gerentes de ventas  |
| 0,0150              | Altos ejecutivos  |

La investigación concluye que alrededor del 47 por ciento de los empleos de Estados Unidos están en riesgo, quizá en la próxima década o dos; dicho riesgo se caracterizase por un alcance mucho más amplio de la destrucción del empleo a un ritmo mucho más rápido que los cambios del mercado laboral experimentados en anteriores revoluciones industriales.

Además, la tendencia es hacia una mayor polarización en el mercado laboral. El empleo crecerá en puestos de trabajo cognitivos y creativos de altos ingresos y en ocupaciones manuales de bajos ingresos, pero disminuirá con fuerza para los empleos rutinarios y repetitivos de ingresos medios.

Es interesante señalar que no es solo la capacidad creciente para manejar algoritmos, robots y otras formas de activos no humanos lo que está impulsando esta sustitución. Michael Osborne observa que un factor crítico que permite la automatización es que las empresas hayan trabajado arduamente para definir mejor y simplificar el trabajo en los últimos años, como parte de sus esfuerzos por subcontratar interna y externamente, algo que les ha permitido crear «empleo digital» (por ejemplo, a través de Mechanical Turk o MTurk, de Amazon, un servicio en el mercado de «crowdsourcing» de internet). Esta simplificación laboral significa que los algoritmos están en mejores condiciones de reemplazar a los seres humanos. Tareas discretas y bien definidas conducen a una mejor supervisión y a datos de mayor calidad sobre la tarea, lo cual crea una mejor base a partir de la cual los algoritmos se pueden diseñar para hacer el trabajo.

En el video siguiente puede verse un documental sobre el impacto de la AI sobre los empleos



### **IA: ¿oportunidad o riesgo para el empleo?**

<https://youtu.be/474QxsCFDc8>

### **PALABRAS FINALES**

Como vimos, la cuarta revolución industrial está transformando radicalmente el panorama laboral. En este sentido es importante que las personas, y en especial los estudiantes universitarios, adopten una serie de estrategias para prepararse adecuadamente para estos cambios y asegurar su relevancia en el mercado laboral emergente. La educación continua y la adaptación constante a nuevas tecnologías son fundamentales. Los estudiantes deben mantenerse al tanto de los avances en inteligencia artificial, robótica, Internet de las cosas y otras tecnologías emergentes. Participar en cursos, talleres y seminarios que aborden estas áreas puede proporcionarles conocimientos actualizados y habilidades prácticas necesarias.

El desarrollo de habilidades blandas es igualmente crucial. La capacidad de trabajar en equipo, la comunicación efectiva, la resolución de problemas y la adaptabilidad son competencias valoradas en un entorno laboral dinámico. Los estudiantes deben buscar oportunidades para desarrollar estas habilidades a través de actividades extracurriculares, trabajos en grupo y proyectos interdisciplinarios. La colaboración con personas de diferentes disciplinas puede enriquecer su perspectiva y prepararlos para el trabajo en equipos diversos.

La formación en habilidades digitales es esencial. Dominio de herramientas de análisis de datos, programación y otras competencias técnicas puede diferenciar a los estudiantes en el competitivo mercado laboral.

La mentalidad emprendedora es otra área clave. La cuarta revolución industrial abre oportunidades para la innovación y el emprendimiento. Los estudiantes deben ser alentados a desarrollar una mentalidad proactiva y creativa, buscando identificar problemas y proponer soluciones innovadoras. Participar en incubadoras de empresas, competiciones de startups y otros programas de emprendimiento puede ayudar a fomentar estas habilidades.

***La capacidad de aprender a lo largo de la vida es indispensable.*** En un mundo donde las tecnologías y las prácticas laborales evolucionan rápidamente, los estudiantes deben estar preparados para el aprendizaje continuo. Adoptar una actitud de curiosidad y estar dispuesto a adquirir nuevos conocimientos y habilidades a lo largo de su carrera profesional es crucial para mantenerse relevante y competitivo.

El conocimiento de los cambios económicos y sociales también es importante. Comprender cómo las nuevas tecnologías afectan diferentes sectores y regiones puede ayudar a los estudiantes a anticipar tendencias y adaptar sus planes de carrera en consecuencia. Participar en debates, conferencias y leer informes de tendencias económicas y tecnológicas puede proporcionarles una comprensión más profunda del contexto en el que operarán.

En resumen, los estudiantes universitarios deben adoptar un enfoque integral que combine el desarrollo de habilidades técnicas y blandas, la búsqueda de experiencia práctica, la formación continua y la capacidad de adaptación. Prepararse para los impactos de la cuarta revolución industrial requiere una combinación de conocimientos actualizados, competencias versátiles y una actitud proactiva hacia el aprendizaje y la innovación.