



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
Universidad de León

Grado en Administración y Dirección de Empresas
Curso 2019 / 2020

IMPACTO DE LA INDUSTRIA 4.0 EN LA ACTIVIDAD INNOVADORA DE LAS
EMPRESAS ESPAÑOLAS
(IMPACT OF INDUSTRY 4.0 ON THE INNOVATIVE ACTIVITY OF SPANISH
COMPANIES)

Realizado por el alumno D. Jesús González Rebollo
Tutelado por la profesora Dña. Liliana Herrera

León, 13 de diciembre de 2019

ÍNDICE

RESUMEN	7
ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN.....	8
OBJETIVOS.....	9
METODOLOGÍA.....	10
1. LA INDUSTRIA 4.0.	11
1.1. CONCEPTO	11
1.2. EVOLUCIÓN.....	15
1.2.1. La Primera Revolución Industrial (1760-1840).....	16
1.2.2. La Segunda Revolución Industrial (1870-1914)	21
1.2.3. La Tercera Revolución Industrial (1970-Actualidad)	25
1.2.4. Hacia la Industria 4.0.....	27
1.3. TENDENCIAS	29
1.3.1. Robótica.....	31
1.3.2. Inteligencia Artificial.....	35
1.3.3. Big Data.....	38
1.3.4. Fabricación aditiva	40
1.3.5. Realidad aumentada.....	42
1.3.6. Ciberseguridad.....	43
1.3.7. Cloud Computing	45
1.3.8. Internet de las Cosas	46
2. ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA INDUSTRIA 4.0.....	48
2.1. IMPACTO SOBRE EL CRECIMIENTO DE LA ECONOMÍA.....	48
2.2. IMPACTO EN EL EMPLEO	51
2.3. IMPACTO EN LA CALIDAD DE VIDA	55

3. LA INDUSTRIA 4.0 EN ESPAÑA	57
3.1. EL FUTURO DE LA INDUSTRIA 4.0 EN ESPAÑA	58
3.2. ANÁLISIS DE LA INDUSTRIA 4.0 EN ESPAÑA	63
3.2.1. Descripción de las empresas.....	64
3.2.2. Estrategia de I+D.....	68
3.2.3. Resultados del proceso	69
4. CONCLUSIONES.....	71
5. BIBLIOGRAFÍA	73

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.1.- Evolución de las exportaciones en Gran Bretaña durante el siglo XVII. .	19
Gráfico 1.2.- Evolución poder adquisitivo de la población británica.....	20
Gráfico 1.3.- Evolución del volumen de ventas de robótica entre 2017 y 2021 (en billones de dólares).....	32
Gráfico 1.4.- Volumen de mercado de la robótica industrial por países (en millones de dólares).	33
Gráfico 1.5.- Distribución de ventas de robótica industrial por sectores. Años 2017 y 2021 (en %).	34
Gráfico 1.6.- Volumen de mercado de los robots colaborativos por países.	34
Gráfico 1.7.- Distribución de ventas de robótica colaborativa por sectores. Años 2017 y 2021 (en %).	35
Gráfico 1.8.- Evolución del gasto/financiación en Inteligencia Artificial entre los años 2013 y 2017 (en billones de dólares).....	36
Gráfico 1.9.- Ingresos estimados del mercado de la Inteligencia Artificial entre 2018 y 2025 (en billones de dólares).....	37
Gráfico 1.10.- Volumen de datos/información creado desde 2010 hasta 2025 (en zetabytes).....	38

Gráfico 1.11.- Evolución del tamaño de mercado desde 2011 hasta 2025 (en billones de dólares).	39
Gráfico 1.12.- Valor de mercado de la fabricación aditiva entre 2012 y 2017 (en billones de dólares).	40
Gráfico 1.13.- Previsión del tamaño de mercado de la realidad aumentada para 2023 (en billones de dólares).	42
Gráfico 1.14.- Número de ataques cibernéticos anuales desde 2014 hasta el 2018 (en billones).	43
Gráfico 1.15.- Planificación del gasto en seguridad para 2020 (en billones de dólares).44	
Gráfico 1.16.- Dispositivos conectados mediante el Internet de las Cosas entre 2015 y 2025 (en billones).	46
Gráfico 2.1.- Evolución del PIB mundial en billones de dólares (1880-2020)..	50
Gráfico 2.2.- Potencial de automatización de las profesiones (en %).	52
Gráfico 2.3.- Porcentaje de compañías que esperan una reducción en su número de empleados por países.	53
Gráfico 2.4.- Potencial de automatización por sectores (en %).	54
Gráfico 3.1.- Evolución del gasto en I+D en España entre 2016 y 2018 (en millones de €).	57
Gráfico 3.2.- Producto Interior Bruto a Precios de Mercado por sectores en 2017.	58
Gráfico 3.3.- Representación de la diferencia entre la madurez digital de las empresas y las oportunidades que proporciona el desarrollo de la digitalización.	60
Gráfico 3.4.- Impacto de la transformación digital en ingresos y costes.	62
Gráfico 3.5.- Principales barreras de entrada a la Industria 4.0.	62
Gráfico 3.6.- Porcentaje de empresas que invirtieron en maquinaria, equipos y software avanzado.	64
Gráfico 3.7.- Porcentaje de empresas que invirtieron en la Industria 4.0 según tamaño.65	
Gráfico 3.8.- Porcentaje de empresas que invirtieron en Industria 4.0 según su antigüedad.	66

Gráfico 3.9.- Porcentaje de empresas que invirtieron en industria 4.0 según la estructura de la propiedad. 66

Gráfico 3.10.- Porcentaje de empresas que invirtieron en Industria 4.0 según su actividad. 67

Gráfico 3.11.- Porcentaje de empresas que invirtieron en Industria 4.0 según su localización..... 67

Gráfico 3.12.- Gasto interno y externo en I+D de las empresas que invirtieron en Industria 4.0 (en %). 68

Gráfico 3.13.- Porcentaje de empresas que innovaron en procesos. 69

Gráfico 3.14.- Porcentaje de empresas que innovan en productos 69

Gráfico 3.15.- Porcentaje de empresas que patentan sus innovaciones..... 70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.- Resultados de la encuesta sobre las tendencias de la Industria 4.0..... 13

Figura 1.2.- Representación gráfica de las fábricas en la Industria 4.0..... 29

Figura 1.3.- Esquema del ecosistema de la Industria 4.0. 30

Figura 2.1.- Porcentaje ponderado total de las actividades que se pueden automatizar en cada país. 55

Figura 3.1.- Formación de las empresas españolas a sus empleados. 61

Figura 3.2.- Áreas prioritarias de inversión en nuevas tecnologías por sectores..... 61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1.- Crecimiento de los diferentes sectores de la industria británica (tasa de crecimiento anual acumulativo).....	16
Tabla 1.2.- Crecimiento económico de Gran Bretaña durante la Primera Revolución Industrial (en %).	17
Tabla 1.3.- Cambio estructural en la industria británica durante la Primera Revolución Industrial (en %).	18
Tabla 1.4.- Composición del comercio exterior de Gran Bretaña.	20
Tabla 1.5.- Desarrollo ferroviario en Europa, 1850-1910.	21
Tabla 1.6.- Participación de Gran Bretaña en la economía mundial (en %)	23
Tabla 1.7.- Composición de la producción y la población por sectores (1910).	23
Tabla 1.8.- Crecimiento de la población (1870-1913).	24

RESUMEN

La Cuarta Revolución Industrial, también conocida como Industria 4.0 es una realidad y ya está transformando la forma en que se comporta la industria y el mundo. Por lo anterior, en una primera parte de este Trabajo de Fin de Grado se analiza en qué consiste la Industria 4.0, cómo se ha llegado hasta ella, qué impacto va a tener a nivel mundial y qué futuro presenta en España. En este último caso el trabajo también analiza con datos del Panel de Innovación Tecnológica (PITEC) qué tipo de empresa está trabajando ya en su desarrollo y qué impacto tiene en sus innovaciones. El estudio empleó una muestra de 958 empresas que realizaron inversiones intensivas en maquinaria, equipos y software avanzados destinados a la producción de productos o procesos nuevos o mejorados de manera significativa.

Palabras clave: Industria 4.0, gasto I+D, tipos de innovaciones, resultados del proceso innovador.

ABSTRACT

The Fourth Industrial Revolution, also known as Industry 4.0 is a reality and is already transforming the way industry and the world behave. For this reason, the first part of this Final Degree Project analyzes what Industry 4.0 consists of, how it has been reached, what impact it is going to have worldwide and what future it presents in Spain. In the latter case, the work also analyses with data from the Technological Innovation Panel (PITEC) what type of company is already working on its development and what impact it has on its innovations. The study used a sample of 958 companies that made intensive investments in the acquisition of advanced machinery, equipment and software for the production of new or significantly improved products or processes.

Keywords: Industry 4.0, expenditure on R&D, types of innovations, results of the innovative process.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia se han producido tres revoluciones industriales protagonizadas por una serie de tecnologías. La Primera Revolución Industrial fue un periodo caracterizado por la transformación de la economía agraria y rural en una economía industrial y urbana en la que destacó el desarrollo de la máquina de vapor. La Segunda Revolución Industrial fue un periodo en el que crecieron las industrias preexistentes y progresaron otras nuevas como la petrolífera y la energética, destacando avances tecnológicos como el teléfono, la bombilla y el motor de combustión interna y la Tercera Revolución Industrial es un periodo marcado por la aparición dispositivos electrónicos y mecánicos, cuyo avance ha alcanzado tal nivel de desarrollo que hace pensar que hemos llegado a la Cuarta Revolución Industrial.

La Cuarta Revolución Industrial está caracterizada por la Industria 4.0, un término que hace referencia a la digitalización de la industria mediante tecnologías como la robótica, la Inteligencia Artificial, el Internet de las Cosas y la fabricación aditiva, entre otros. Es la revolución industrial más importante en la historia de la humanidad y por ello un gran número de empresas actualmente están invirtiendo en ella para aumentar exponencialmente la eficiencia de los procesos industriales y crear nuevos productos y servicios, por lo que es importante analizarla.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es analizar en qué consiste la Industria 4.0, cómo hemos llegado a ella, cuál es el impacto que va a tener en la economía, el empleo y en la sociedad y, por último, entender el papel de España en dicho fenómeno mediante un análisis de la situación de esta práctica en las empresas españolas que liderarán la Industria 4.0 en nuestro país.

En este trabajo se han consultado distintas fuentes bibliográficas y se han analizado datos del Panel de Innovación Tecnológica (PITEC). Un panel de datos derivado de la Encuesta sobre Innovación en las Empresas del Instituto nacional de Estadística (INE), la cual recoge información periódica de la actividad innovadora de las empresas españolas.

OBJETIVOS

Este Trabajo de Fin de Grado busca estudiar el papel que va a desempeñar la Industria 4.0 en la innovación de las empresas españolas.

Para la consecución del objetivo principal fue necesario definir diferentes objetivos específicos:

- Analizar en qué consiste la Industria 4.0, qué pretende conseguir y en qué tecnologías se apoya para ello.
- Analizar cómo se ha llegado a la Industria 4.0.
- Analizar el impacto de la Industria 4.0 a nivel global, atendiendo principalmente al impacto en el crecimiento de la economía, el empleo y la calidad de vida.
- Analizar la situación actual de España respecto a la Industria 4.0.
- Analizar el perfil de las empresas que liderarán la Industria 4.0 atendiendo a su gasto en I+D, el tipo de innovaciones que llevan a cabo y los resultados que consiguen.

METODOLOGÍA

Para la realización de este Trabajo de Fin de Grado se han empleado distintas fuentes de información. Debido a la estructura de dicho trabajo, que se compone de tres grandes bloques diferenciados, las fuentes de información principales también se diferencian entre sí.

En primer lugar, para la elaboración del primer bloque, donde se recogen aspectos mayormente teóricos, se ha acudido a diversos manuales, destacando entre ellos los libros de la Industria 4.0 de Joyanes (2017) y Schwab (2016). Además, se ha obtenido información a partir de revistas especializadas como Harvard Deusto, Deloitte Review y Automática e Instrumentación, además de varios recursos online y manuales universitarios como el de Bilbao y Lanza (2009).

Para el segundo bloque, además de recopilar información de revistas, manuales y similares, se ha recogido información a partir de la base de datos Statista.

Por último, en el tercer bloque, además de información relativa a la Industria 4.0 en España adquirida a partir de informes como el que realiza cada año la fundación COTEC, se incluye un análisis descriptivo de la implementación de la Industria 4.0 en España empleando datos del Panel de Innovación Tecnológica (PITEC). Concretamente se emplearon datos de cerca de 12.000 empresas en el año 2013. Para realizar dicho análisis, se ha empleado el software estadístico STATA. Estas empresas se analizaron de acuerdo a varios criterios como el tamaño de la empresa, su antigüedad, el sector en el que operan, la estrategia de innovación y el tipo de innovaciones que llevan a cabo entre otros.

1. LA INDUSTRIA 4.0

Uno de los retos más interesantes a los que se enfrenta la humanidad a día de hoy, es entender y dar forma a la nueva revolución industrial conocida como Industria 4.0 que se acerca y que supone, nada más y nada menos, una transformación del funcionamiento de la sociedad a nivel global que afectará e influirá a todas las economías, sectores y países (Schwab, 2016).

Esta revolución es de tal magnitud y avanza a tal velocidad que la sociedad no es consciente del cambio que está aconteciendo en la actualidad. Este cambio incluye millones de personas conectadas mediante dispositivos móviles, cantidades inimaginables de conocimiento disponible en cualquier momento y lugar, y un sin número de nuevas tecnologías en campos como la robótica, la biotecnología, los materiales, entre otros. Muchas de estas innovaciones están en una fase temprana de desarrollo, pero será dentro de no mucho tiempo cuando alcancen la madurez y lo veamos como algo de lo más común en nuestro día a día.

1.1. CONCEPTO

El término Industria 4.0 surgió por primera vez en la Feria Tecnológica de Hannover-Messe¹ (Alemania) en el año 2011 (Tapia, 2014). El concepto fue presentado por la Academia Nacional de Ciencia e Ingeniería de Alemania² y contó con el apoyo de buena parte de la industria alemana (Asociación de Profesionales para la Competitividad del Mecanizado, 2019).

Este concepto hace referencia a la Cuarta Revolución Industrial, y se ha definido a lo largo del tiempo de diferentes maneras. Según Val Román (2016), el término Industria 4.0 se refiere a un modelo de gestión y control de la cadena de valor que se apoya en las tecnologías de la información. De acuerdo con Crnjac, Veža y Banduka (2017) su objetivo es crear productos y procesos inteligentes.

¹ **Feria tecnológica de Hannover Messe:** feria industrial más importante del mundo. Se celebró por primera vez en 1947. En ella se pueden ver todas las innovaciones que están por llegar en cuanto a tecnología, materiales, ideas...

² **Academia Nacional de Ciencia e Ingeniería de Alemania:** también conocida como Acatech, es una institución que asesora a políticos sobre cuestiones de futuro relacionadas con la ciencia y tecnología en Alemania.

Ynzunza, Izar, y Bocarando, Aguilar y Larios (2017) añaden que el concepto de Industria 4.0 se fundamenta en la automatización, la digitalización de los procesos y el uso de las tecnologías de la información en los procesos industriales. Sin embargo, la definición aportada por Luis Joyanes Aguilar es una de las más completas dentro del inmenso número de definiciones que existen.

Joyanes (2017) explica que la Industria 4.0 es la digitalización de los sistemas y los procesos industriales, y su interconexión con el Internet de las cosas para alcanzar una mayor flexibilidad e individualización de los procesos productivos. Según el autor, representa las fábricas del futuro a las que apoda, al igual que muchos otros, fábricas inteligentes y expone que consiste en una transformación digital de la industria gracias a tecnologías como el Big Data, el Cloud Computing o la Inteligencia Artificial, entre otras.

Como resultado podemos concluir que la puesta en marcha de esta denominada Cuarta Revolución Industrial busca la automatización total de los procesos de fabricación mediante la combinación de sistemas de fabricación ciber-físicos, que combinan máquinas inteligentes conectadas entre sí con procesos digitales.

Según la Asociación de Profesionales para la Competitividad del Mecanizado, la revolución 4.0 plantea un modelo productivo que ofrece lo siguiente (Asociación de Profesionales para la Competitividad del Mecanizado, 2019):

- Capacidad de producir de forma flexible y personalizada.
- Capacidad de adaptarse de forma rápida y económica a los cambios en los productos.
- Fases y medios del proceso productivo conectados mediante la digitalización.
- Respuesta autónoma a situaciones imprevistas a partir del aprendizaje de las propias máquinas y de experiencias pasadas para responder de forma inteligente.

Todo esto será posible gracias a los ya mencionados sistemas ciber-físicos, como el Big Data, el Cloud Computing, la realidad aumentada o la fabricación aditiva que serán presentados más adelante.

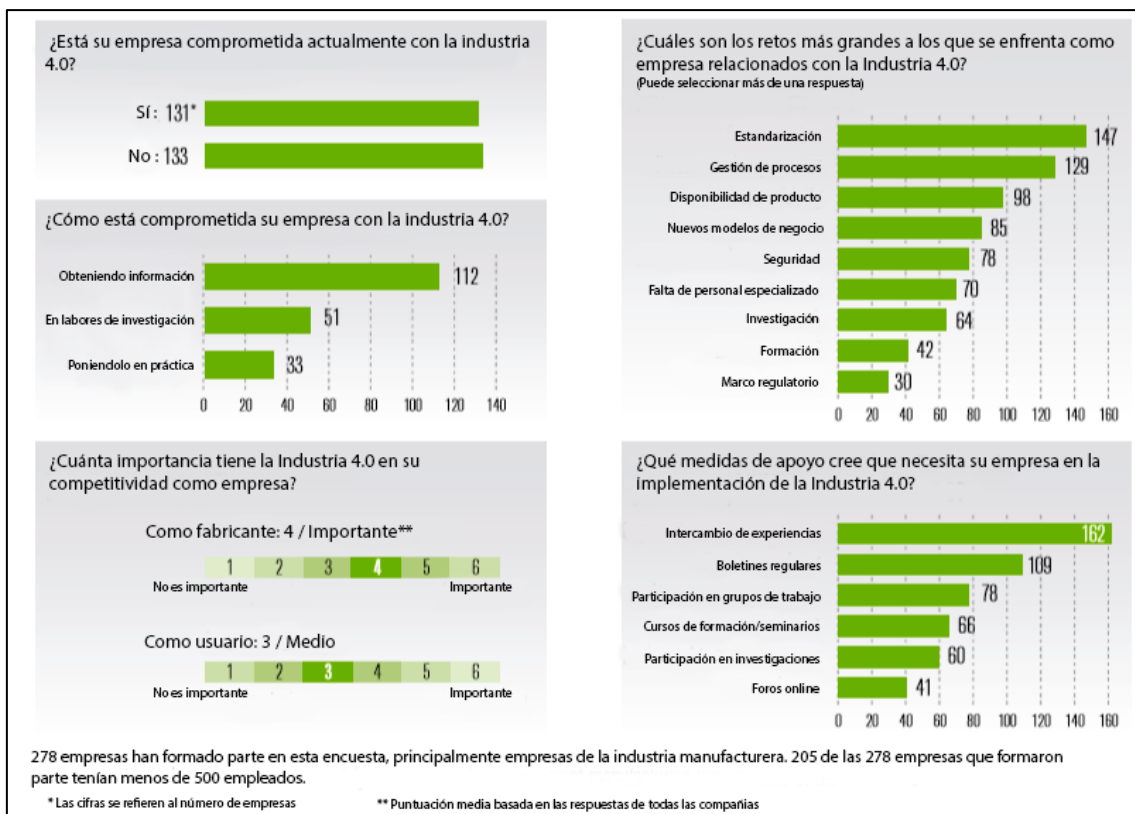
En cuanto al cómo y cuándo se va a producir esta revolución industrial, hay diversidad de opiniones. En 2014 el experto Íñigo Cepas, Jefe de Ingeniería de Producción

en ITP (empresa dedicada al sector aeronáutico con más de 25 años de antigüedad) en sus declaraciones para la revista APD, exponía que nos encontrábamos en fase de transición, dejando atrás la fábrica tradicional (Cepas, 2014).

Sin embargo, en el año 2017 otros expertos como Aitor Alzaga junto a su compañero Jon Larreina, en una entrevista para la revista Automática e Instrumentación, señalaban que ésta ya había comenzado al constatar que hay empresas de todas las industrias que han incorporado varias de estas tecnologías (Alzaga y Larreina, 2017).

La Figura 1.1 muestra los resultados de uno de los primeros estudios realizados para conocer la importancia de esta revolución para las empresas en el año 2013. Dicho estudio realizado a empresas de origen alemán, señalaba que a pesar de que casi la mitad de las empresas participantes estaban comprometidas con la Industria 4.0 su objetivo era obtener información de este nuevo modelo productivo y que sus principales retos son la estandarización y la gestión de los procesos productivos (Kagermann, Wolfgang y Helbig, 2013).

Figura 1.1.- Resultados de la encuesta sobre las tendencias de la Industria 4.0.



Fuente: Adaptado de Kagermann (2013).

Actualmente podríamos decir que seguimos estando en los inicios de la nueva revolución industrial ya que, si bien su implementación tiene un alto grado de novedad y complejidad, aún nos queda mucho camino por recorrer. Según un informe del Industrie 4.0 Working Group, se prevé que para 2020, unos 50.000 millones de elementos estén interconectados, todo ello gracias al avance que las empresas han venido haciendo en estos últimos años (Kagermann, 2013).

Algunos ejemplos de estos avances los encontramos en algunas empresas como Siemens. Esta empresa posee una de las fábricas más automatizadas del mundo, gracias a la combinación del análisis de datos con la Inteligencia Artificial. Otro ejemplo es el de Dow Chemical³, que utiliza modelos predictivos para estimar la demanda y optimizar sus operaciones gracias al Big Data o Rolls-Royce que utiliza sensores y analítica predictiva para regular la forma en que funcionan sus motores (Arrieta, 2017).

A pesar de la apuesta de estas empresas por la Industria 4.0 todavía permanece el debate de si estamos frente a una innovación disruptiva o una innovación incremental. Si bien es cierto que se suele hablar de “revolución” un concepto más cercano a las innovaciones disruptivas hay expertos que defienden lo contrario, como expone Carlos Roig (2017) en la revista Harvard Deusto Business Review. Este autor analiza tecnologías como el Big Data, el Internet de las Cosas o las tecnologías aditivas y concluye que ninguna de ellas es algo nuevo, pero que, en conjunto, sí que conforman un concepto que se puede tratar como una revolución.

Otros expertos como por ejemplo Punit Renjen, presidente y CEO de Deloitte Consulting también coinciden con él y exponen que todas las revoluciones son disruptivas⁴ y que la cuarta no va a ser menos. Es una revolución que supone riesgos, pero que puede aportar muchas oportunidades, como por ejemplo: nuevos tipos de trabajos, nuevos modelos de negocio, nuevos productos y servicios, nuevas formas de atender y servir a los clientes, etc. Según Renjen (2018), al igual que las revoluciones industriales anteriores, la Industria 4.0 va a afectar a todas las industrias, cambiando no solo la forma en la que trabajamos, sino también la forma en la que vivimos y nos relacionamos con los demás.

³ **Dow Chemical:** empresa multinacional estadounidense dedicada al sector químico. Situada en unos 170 países, cuenta con 45.000 empleados y se estima que sus ingresos son de unos 50.000 millones de dólares al año.

⁴ **Disruptiva:** innovación que afecta a una determinada industria haciendo que ésta cambie radicalmente.

1.2. EVOLUCIÓN

En este apartado se explicarán las distintas revoluciones industriales y cómo se ha llegado hasta la Industria 4.0.

El concepto de revolución es sinónimo de un cambio radical. Las revoluciones se han producido siempre cuando han surgido nuevas tecnologías y/o nuevas formas de entender el mundo, lo que suele desembocar en cambios económicos, políticos y sociales (Schwab, 2016).

La Industria 4.0 marca la dirección hacia una era en la que van a convivir el mundo digital y el mundo fijo (Tapia, 2014). Sin embargo, para entender cómo se ha llegado a esto es necesario echar la vista atrás, y descubrir cómo los cambios tecnológicos han sido protagonistas de cada revolución, produciendo a su vez cambios sociales y económicos como los ocurridos en la segunda mitad del siglo XVIII con la Primera Revolución Industrial. En aquella ocasión se pasó de una economía basada, principalmente, en la agricultura a una economía basada en la industria, gracias a innovaciones como la máquina de vapor, el motor de combustión interna o la energía eléctrica.

Un siglo después, se dio paso a la Segunda Revolución Industrial, con el surgimiento de nuevas técnicas de producción e industrias como la química, la automovilística o la eléctrica (Tapia, 2014), que favorecieron la estandarización de la producción y la fabricación en masa (Renjen, 2018).

Por último, en los años 70, se produjo la Tercera Revolución Industrial, caracterizada por la automatización de la fabricación y la informatización de las empresas industriales (Buisán y Valdés, 2017).

Así, llegamos hasta esta Cuarta Revolución Industrial, basada en sistemas robóticos inteligentes, vinculados al Internet de las Cosas (Patiño, 2019) que, como se ha dicho previamente, su base no es nueva, pero rompe totalmente con lo que representaba la Tercera Revolución Industrial (Schwab, 2016).

A continuación, se profundizará en cada una de ellas, destacando las principales innovaciones que tuvieron lugar en cada etapa.

1.2.1. La Primera Revolución Industrial (1760-1840)

La Primera Revolución Industrial es un fenómeno originado en la segunda mitad del siglo XVIII en Reino Unido, que supuso probablemente el mayor cambio socioeconómico, tecnológico y cultural hasta ese momento. Este cambio lo protagonizó el paso de una economía basada en el trabajo manual a una economía protagonizada por la el surgimiento y crecimiento de distintas industrias (Joyanes, 2017).

La Tabla 1.1 muestra el crecimiento anual acumulado en cada uno de los sectores industriales dominantes de la época. Como se puede ver, todos ellos presentan un crecimiento sostenido a lo largo del tiempo.

Tabla 1.1.- Crecimiento de los diferentes sectores de la industria británica (tasa de crecimiento anual acumulativo).

	1700-1760	1760-1770	1770-1780	1780-1790	1790-1800	1800-1810	1810-1820	1820-1830
Algodón	1,37	4,59	6,20	12,76	6,73	4,49	5,59	6,82
Lana	0,97	1,30	-	0,54	-	1,64	-	2,03
Lino	1,25	2,68	3,42	-0,34	-	1,07	3,40	3,03
Seda	0,67	3,40	-0,03	1,13	-0,67	1,65	6,04	6,08
Cuero	0,25	-0,10	0,82	0,95	0,63	2,13	-0,94	1,15
Jabón	0,28	0,62	1,32	1,34	2,19	2,63	2,42	2,41
Carbón	0,64	2,19	2,48	2,36	3,21	2,53	2,76	3,68
Hierro	0,60	1,65	4,47	3,79	6,48	7,45	-0,28	6,47
Cobre	2,62	5,61	2,40	4,14	-0,85	-0,88	3,22	3,43
Construcción	0,74	0,34	4,24	3,22	2,01	2,05	3,61	3,14
Cerveza	0,21	-0,10	1,10	0,82	1,54	0,79	-0,47	0,66
Velas	0,49	0,71	1,15	0,43	2,19	1,34	1,80	2,27
Papel	1,51	2,09	-	5,62	1,02	3,34	1,73	2,21

Fuente: Elaboración propia a partir de Crafts (1986).

Entre los años 1760 y 1840, ocurrieron una serie de sucesos en países de occidente que marcaron la transición entre los modelos económicos manual e industrial y que propiciaron esta Primera Revolución Industrial.

- El paso de un sistema de producción manual a un sistema de producción industrial, que hizo que Inglaterra se convirtiera en la mayor potencia industrial del mundo (Escudero, 1997).
- Las mejoras que se produjeron en materia de transporte gracias al surgimiento del ferrocarril, ya que para el transporte por tierra se utilizaban animales. Debido a esto, se empezaron a transportar mercancías y personas en masa, lo que fortaleció el comercio interior. Además, en muchas zonas de Europa se construyeron y

mejoraron diversas redes de caminos y carreteras y en ciertos países como Gran Bretaña y Francia se crearon redes de canales para comunicar las zonas industriales del país con los puertos marítimos. Esto último gracias al desarrollo del barco de vapor (Escudero, 1997).

- La invención de la máquina de vapor fue el principal avance tecnológico de esta revolución. Gracias a su uso, la capacidad de producción de las distintas industrias se disparó y se disminuyó el tiempo de fabricación de los productos, dando lugar al sistema de producción en serie. Este sistema consiguió simplificar tareas complejas en tareas simples y redujo la necesidad de mano de obra cualificada consiguiendo con ello bajar el coste de la producción mientras que se aumentaba el número de unidades producidas (Escudero, 1997).
- El paso del uso de energías renovables al carbón, con la posterior utilización de hidrocarburos como el petróleo y el gas (Granell, 2016).

Todo lo anterior provocó una serie de cambios a nivel económico, tecnológico, demográfico, institucional y social, siendo algunos de los más importantes (Bilbao y Lanza, 2009):

En el ámbito económico, se produjo un notable crecimiento económico y estructural, representado en:

- Un crecimiento de la renta per cápita de forma sostenida en el tiempo (ver Tabla 1.2). La producción creció constantemente en una proporción superior al crecimiento de la población gracias a las mejoras en la productividad derivadas de los cambios mencionados anteriormente.

Tabla 1.2.- Crecimiento económico de Gran Bretaña durante la Primera Revolución Industrial (en %).

	Sector			PIB	Población	PIB p/c
	Primario	Secundario	Terciario			
1700-1760	0,60	0,70	0,70	0,70	0,40	0,30
1760-1780	0,13	1,29	0,64	0,64	0,68	-0,04
1780-1800	0,75	1,96	1,38	1,38	1,03	0,35
1800-1830	1,18	2,78	2,13	1,90	1,43	0,46
1830-1850	-	3,27	-	2,50	1,30	1,20
1850-1870	-	3,37	-	2,40	1,20	1,20

Fuente: Elaboración propia a partir de Bilbao y Lanza (2009).

- El sector industrial pasa a ser predominante, derrocando al sector de la agricultura. Esto provocó una reestructuración de la fuerza de trabajo (ver Tabla 1.3). Los servicios también sufrieron una transformación mejorando sus tasas de productividad.

Tabla 1.3.- Cambio estructural en la industria británica durante la Primera Revolución Industrial (en %).

	Producción			Empleo		
	Primario	Secundario	Terciario	Primario	Secundario	Terciario
1700	-	-	-	61	19	20
1760	45	24	31	53	24	23
1800	33	67		41	29	30
1840	22	35	43	22	44	33

Fuente: Elaboración propia a partir de Bilbao y Lanza (2009).

En el ámbito tecnológico, surgieron una serie de innovaciones que aumentaron la eficiencia y la productividad:

- Se mecanizaron las diversas actividades del proceso productivo, disminuyendo así el esfuerzo y el trabajo en las tareas manuales. Esto hizo que se produjera más a un menor coste.
- Se comenzaron a emplear nuevos materiales y nuevas fuentes de energía en la producción. Fuentes de energía como el viento o el agua se vieron reemplazadas, en su mayor parte, por el carbón mineral y el petróleo. En cuanto a los materiales, que hasta ese entonces predominaban materias primas como el lino, la madera, a estos se fueron añadiendo otros derivados de la química.
- Se pasó de trabajar en el campo a trabajar en las fábricas, con la ayuda de las fuentes de energía y las máquinas mencionadas.

En cuanto a los cambios demográficos, se produjo un crecimiento poblacional proporcional al crecimiento económico, aunque no hay consenso en si se trató de una casualidad o de una relación de causalidad.

En cuanto a las instituciones, se estableció un nuevo orden liberal, basado en las máximas de libertad, propiedad e igualdad. El Estado pasó a tener una participación mínima en la sociedad debido a los principios de este liberalismo, por lo que el gasto público pasó a ser mínimo. Sin embargo, esto no significó que no se pudiese intervenir

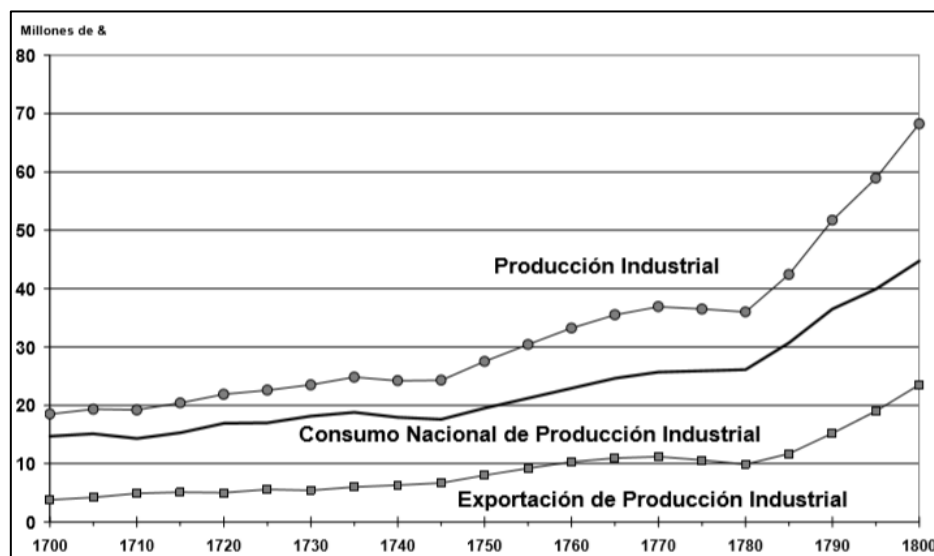
en la economía, ya que el Estado tenía poder en el ámbito comercial, en el ámbito monetario y en el ámbito fiscal.

Por último, se produjeron una serie de cambios a nivel social. Se sentaron las bases de la sociedad de clases, que permitió a individuos ascender en la escala/jerarquía social. A contrario de otras épocas en las que se dividía en estamentos, y en las que no se podía ascender de posición social debido a ciertas barreras legales.

Todos estos cambios dieron sus frutos, mayormente positivos, como por ejemplo el crecimiento de la economía, caídas en los precios y mejoras en los salarios. Además, aumentó el flujo de transacciones entre naciones en lo relativo a los bienes, los servicios, el capital o la mano de obra (repercutiendo de forma recíproca en el desarrollo de los medios de transporte).

En el Gráfico 1.1 se puede observar cómo evoluciona la exportación de producción industrial en Gran Bretaña a lo largo del siglo XVIII, aumentando progresivamente conforme avanza la revolución industrial.

Gráfico 1.1.- Evolución de las exportaciones en Gran Bretaña durante el siglo XVII.



Fuente: Bilbao y Lanza (2009).

En la Tabla 1.4 se muestra composición del comercio exterior de Gran Bretaña. Como se puede observar, las exportaciones eran mayormente de productos manufactureros, mientras que las importaciones eran principalmente de alimentos y materias primas.

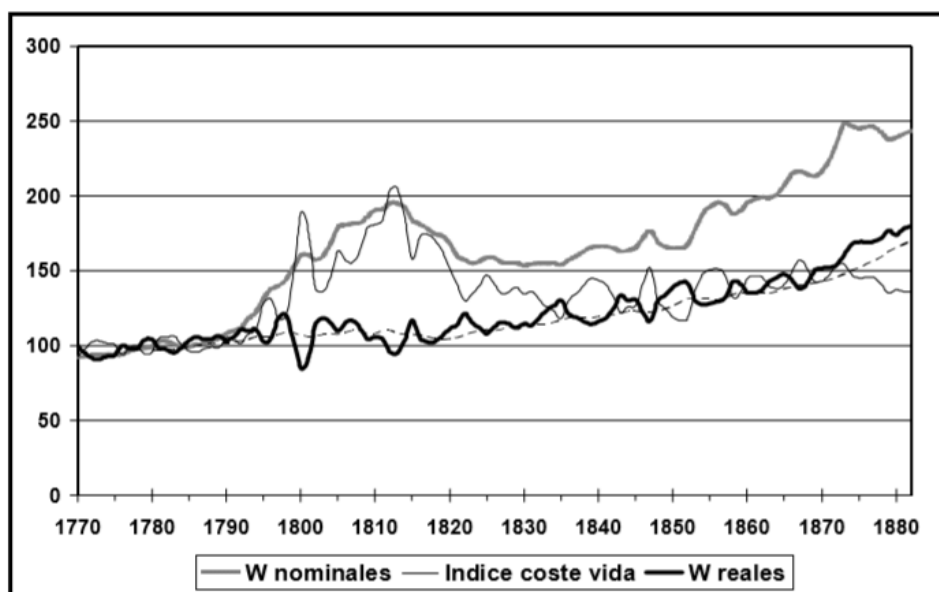
Tabla 1.4.- Composición del comercio exterior de Gran Bretaña.

	Exportaciones			Importaciones		
	Alimentos	Materias primas	Manufacturas	Alimentos	Materias primas	Manufacturas
1700	11	8	81	27	45	28
1750	8	17	75	31	55	14
1800	7	5	88	39	56	5
1830	3	6	91	27	70	2
1850	6	13	81	37	58	5

Fuente: Elaboración propia a partir de Bilbao y Lanza (2009).

La población, por lo general, disponía de un mayor poder adquisitivo, pero al reducirse las competencias y el poder del Estado, una parte de la población llegó a encontrarse en la miseria debido a la desprotección social proveniente del libre mercado. Estas desigualdades también surgieron entre distintas naciones, ya que mientras las que fueron consideradas pioneras en esta revolución se desarrollaban, el resto del mundo seguía sumergido en la economía tradicional con apenas crecimiento. Lo que excluyó a regiones menos favorecidas.

En el Gráfico 1.2 se muestra la evolución del poder adquisitivo de la población británica. En él, podemos observar que los salarios prácticamente se duplica a lo largo de la Primera Revolución Industrial. Sin embargo, el coste de la vida también aumenta en la misma proporción, por lo que se puede concluir que los precios se terminan ajustando al salario de los trabajadores británicos. Sin embargo, a partir de 1820 el poder adquisitivo real de la población aumenta de forma progresiva durante más de 50 años.

Gráfico 1.2.- Evolución poder adquisitivo de la población británica.

Fuente: Bilbao y Lanza (2009).

1.2.2. La Segunda Revolución Industrial (1870-1914)

Después de finalizar la primera etapa de la industrialización que comenzó en Inglaterra y se extendió por toda Europa, Estados Unidos y Japón, se inició una nueva era, tras superar la crisis económica de 1873⁵ (Joyanes, 2017).

Entre los factores que desencadenaron esta Segunda Revolución Industrial se encontraron:

- La aparición del motor de combustión, que propicia el desarrollo del aeroplano y del automóvil. Tecnologías que provocaron facilidades y ventajas en el transporte que eran impensables hasta ese entonces, como la reducción del coste del transporte, un mayor crecimiento del comercio internacional y un aumento de las migraciones (Llopis, Hernández y Comín, 2005).
- El uso extendido del ferrocarril, ya que durante la Primera Revolución Industrial no eran muchos los países que podían disfrutar de él debido a que las líneas ferroviarias no se habían extendido tanto (Llopis et al., 2005). En la Tabla 1.5 se muestra el desarrollo ferroviario que se produjo en Gran Bretaña, Francia, Alemania, Italia y España. Como se puede apreciar, durante este periodo aumentó drásticamente la inversión en vías ferroviarias.

Tabla 1.5.- Desarrollo ferroviario en Europa, 1850-1910.

	Kilómetros de vía férrea por cada 1.000km ²				Habitantes por kilómetro de vía férrea		
	1850	1870	1890	1910	1870	1890	1910
Gran Bretaña	34	81	114	132	1.305	1.204	1.246
Francia	6	29	61	74	2.280	1.145	968
Alemania	11	-	88	-	-	-	-
Italia	-	19	45	60	4.500	2.216	1.912
España	-	11	20	29	3.409	1.741	1.635

Fuente: Elaboración propia a partir de Cameron (1972).

- La invención del teléfono y la radio, que marcarían un antes y un después en lo que se refiere a las comunicaciones, ya que, en este periodo, estaban en una fase temprana de desarrollo (Llopis et al., 2005).
- La aparición de nuevos materiales como el acero (que, si bien ya se había utilizado anteriormente, no es hasta esta época cuando se estandarizó su uso debido a su

⁵ **Crisis económica de 1873:** nombre por el que se conoce a la crisis económica de Estados Unidos originada por la quiebra de la entidad bancaria Jay Cooke and Company.

bajo coste), el zinc, el níquel, el aluminio o el cobre, materiales muy importantes dentro de la industria eléctrica (Bilbao et al., 2009).

- El desarrollo de la industria energética, (a través del perfeccionamiento de fuentes alternativas de energía como el gas, la electricidad y el petróleo) y el desarrollo de la industria química, que presentó una expansión importante. Esta última propició el desarrollo de fertilizantes y explosivos que se utilizaron en la minería y en el ámbito militar, entre otros (Bilbao et al., 2009).
- El nacimiento de nuevas potencias económicas como Alemania, Estados Unidos y Japón, que estaban a la cola de Inglaterra.

Estos acontecimientos provocaron una serie de cambios, los cuales se resumen a continuación:

En cuanto al ámbito económico:

- El crecimiento de la economía fue más notorio que en la Primera Revolución Industrial. Se pasó de un crecimiento del 0,54% a nivel mundial, a uno del 1,12% (en términos anuales). Este crecimiento no sólo se produjo en Europa sino también en América, Oceanía, Rusia y Japón. Dentro de Europa, se disparó el crecimiento de la economía en países como España o Italia, mientras que Inglaterra se mantuvo en su línea.

En la Tabla 1.6 se puede ver la participación de Gran Bretaña en la economía mundial a lo largo de la Primera Revolución Industrial. Podemos distinguir ya no representaba la mayor parte de la producción en siderurgia, carbón y algodón. Tampoco lo hacían sus exportaciones ni sus inversiones en el extranjero. Sin embargo, seguía siendo un país muy relevante.

Tabla 1.6.- Participación de Gran Bretaña en la economía mundial (en %).

	1860	1880	1900	1913
Población	2,20	2,40	2,50	2,50
Producción industrial				
Producción total	19,90	22,90	18,50	18,40
Producción siderurgia	52,30	42,60	21,60	13,20
Consumo algodón	46,80	32,30	25,20	18,50
Producción carbón	57,00	49,00	30,00	22,00
Ferrocarriles				
Líneas (longitud)	13,80	6,80	3,90	2,90
Comercio				
Exportaciones	20,00	16,50	14,60	13,80
Flota mercante	28,00	32,00	45,00	38,00
Inversiones exteriores de capital	50,00	49,00	48,00	42,00

Fuente: Elaboración propia a partir de Bilbao y Lanza (2009).

- En relación a los distintos sectores, aumentó la actividad del sector secundario y el sector servicios. Además, el sector público alcanzó mayor importancia. El sector primario siguió cayendo (principalmente la agricultura), exceptuando el sector minero.

En la Tabla 1.7 se puede visualizar la composición de la producción y población por sectores del año 1910. Como se puede observar, el PIB de Gran Bretaña provenía de actividades del sector secundario y el terciario, al igual que en Estados Unidos. Sin embargo, en Francia, Alemania, Italia, España y Japón el PIB estaba repartido entre todos los sectores de igual manera. En el caso de la población, en Gran Bretaña se dedicaban al sector industrial y de servicios. Sin embargo, en Francia, Alemania, Italia, España, Estados Unidos y Japón, una gran parte siguió trabajando en el sector primario.

Tabla 1.7.- Composición de la producción y población por sectores (1910).

	PIB			Población		
	I	II	III	I	II	III
Gran Bretaña	6	34	60	9	52	40
Francia	32	39	29	42	32	26
Alemania	25	43	32	37	41	22
Italia	46	21	33	59	24	17
España	29	31	40	66	16	18
EE.UU	19	28	54	31	30	38
Japón	37	23	40	65	15	20

Fuente: Elaboración propia a partir de Bilbao y Lanza (2009).

- En 1882 se giró hacia el proteccionismo y se trató de crear oligopolios para controlar los mercados nacionales.

- Empezaron a nacer grandes empresas (principalmente gracias a los avances en los transportes y las comunicaciones, que permitieron aumentar el flujo de información y de mercancías). Esto provocó un cambio en el mercado y finalmente se empezaron a conseguir ventajas competitivas debido a las barreras de entrada, las patentes y el poder de negociación sobre clientes y proveedores.

En cuanto a los cambios demográficos:

- Se produjo una caída de la natalidad, pero también de la mortalidad, y se aceleró la urbanización de los países. A pesar de ello, la población mundial y la renta per cápita aumentaron en un porcentaje superior a la Primera Revolución Industrial. En la Tabla 1.8 se puede observar cómo aumentó la población en todas las partes del mundo, destacando sobre todo América y Oceanía. En Europa, Francia fue el único país que no tuvo un crecimiento de la población muy elevado.

Tabla 1.8.- Crecimiento de la población (1870-1913).

	1870	1913	Δ (%)
Mundo	1.218.358	1.711.561	40
América	84.421	186.393	121
África	90.466	124.697	38
Asia	765.229	977.361	28
Oceanía	2.066	5.943	188
Europa	241.061	340.505	41
Rusia	88.672	156.192	76
EE.UU	40.241	97.606	143

	1870	1913	Δ (%)
Europa Occidental	187.504	260.975	39
Reino Unido	31.400	45.649	45
Francia	38.440	41.463	8
Bélgica	5.096	7.666	50
Suiza	2.655	3.864	46
Alemania	39.231	65.058	66
Italia	27.888	37.248	34
España	16.201	20.263	25

Fuente: Elaboración propia a partir de Bilbao y Lanza (2009).

En cuanto a los cambios tecnológicos:

- El uso de nuevos materiales en la industria permitió conseguir mejores resultados. Gracias a las nuevas fuentes de energía se consiguen avances en las comunicaciones y el transporte.
- Las innovaciones permitieron aumentar la productividad, dando lugar a mayores beneficios por parte de las empresas, a salarios más altos, precios de productos inferiores y a la creación de nuevos productos.

Por último, el Estado adquirió nuevas funciones respecto al periodo anterior, ya que su intervención (sobre todo en Europa) fue cada vez mayor. Cada Estado intentó

proteger su propio mercado mediante aranceles y regulaciones, se reguló la competencia y empezaron a formar los primeros sistemas de seguridad social como el alemán.

Hay que tener en cuenta que todo lo que se ha comentado acerca de este periodo se ha hecho con carácter general, ya que no se caracterizó por ser un periodo estable económicamente hablando, debido a que se vivió una primera etapa de desaceleración económica (1873-1895) y una de crecimiento económico (1895-1913).

1.2.3. La Tercera Revolución Industrial (1970-Actualidad)

A medida que la Segunda Revolución Industrial llegó a su fin, se empezaron a ver los atisbos de una Tercera Revolución Industrial que se caracterizó por la automatización de los procesos industriales y por la informática (Renjen, 2018).

Las principales innovaciones tecnológicas que evidenciaron el cambio a esta Tercera Revolución Industrial fueron:

- Un mayor uso de las distintas formas de energía renovable como: la eólica, la geotérmica, la mareomotriz, la solar, la hidrológica y la biomasa. Aunque estas fuentes de energía representan sólo una pequeña parte del total, se han empezado a expandir rápidamente debido a las presiones por parte de los gobiernos y la reducción de costes.
- La aparición de tecnologías de la información y electrónica avanzada para automatizar toda la producción. En este ámbito destaca la implementación de la robótica industrial en la industria.

La gestión más eficiente de la energía y el desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación fueron los dos ejes centrales del cambio a esta revolución. Estos factores han tenido efectos en la economía, debido a que se han utilizado en todos los sectores productivos y en todas las fases de sus respectivos procesos productivos (Bilbao et al. 2009). Por ejemplo, los avances en el campo de la robotización (en parte gracias a las TICS), han permitido elevar enormemente la capacidad de producción y la disponibilidad de la información en tiempo real, ha provocado que se den respuesta a los problemas con más rapidez y fiabilidad.

Hay algunos científicos que afirman que esta etapa comenzó cuando se empezó a instaurar la robótica automatizada en la industria y cuando se desarrollaron los primeros ordenadores personales alrededor de los años 70 (Longás, 2014). Sin embargo, la Tercera Revolución Industrial es un concepto que fue planteado por Jeremy Rifkin⁶ y que ha encontrado respaldo en el Parlamento Europeo en 2006. Este último elaboró una declaración escrita en la que establecía como objetivo una economía verde y se menciona la Tercera Revolución Industrial en Europa. Los objetivos de Europa eran los siguientes (Guarmai, Wijkman, Prodi, Guidoni y Turmes, 2007):

- Aumentar la eficiencia energética en un 20% para el año 2020.
- Reducir las emisiones de gas en un 30% para el año 2020 (en comparación a los niveles de 1990).
- Producir un 33% de electricidad y un 25% de toda la energía mediante fuentes de energía renovable para el año 2020.
- Instaurar diversas tecnologías de almacenamiento de tecnología para 2025.
- Conseguir que las redes eléctricas sean inteligentes e independientes para 2025.

Como podemos apreciar, no hemos llegado a la meta, ni en el horizonte temporal ni en cuanto objetivos, por lo que podemos decir que estos avances van a ir en consonancia con el surgimiento de una Industria 4.0 que puede marcar el cambio a una nueva revolución.

⁶ **Jeremy Rifkin:** sociólogo, economista y activista estadounidense que investiga el impacto de los cambios en la ciencia y la tecnología sobre la economía, la sociedad y el medioambiente.

1.2.4. Hacia la Industria 4.0

La Industria 4.0 ya no es un proyecto. De hecho, se está implementando en muchos países considerados como potencias industriales, lo que genera un interés cada vez mayor por su implementación en el resto de países (Tapia, 2014). El objetivo principal de esta nueva tendencia es la consecución de un mundo completamente automatizado e interconectado. Sin embargo, para personalidades como el profesor Henning Kagermann⁷, los objetivos de la Industria 4.0 son los siguientes (Kagermann, 2013):

- Personalizar el proceso productivo de acuerdo a las necesidades del cliente. Gracias a la Industria 4.0, se podría adaptar dicho proceso productivo en cualquiera de sus fases y en cualquier momento, ya que será más flexible ante los distintos cambios que se puedan dar.
- Optimizar la toma de decisiones. En un mundo globalizado, tomar las decisiones correctas es cada vez es más crucial. En el futuro se aumentará la posibilidad de elegir la mejor decisión posible gracias a tecnologías como el Big Data y la Inteligencia Artificial que permiten conseguir todo tipo de información relevante en tiempo real, filtrando automáticamente aquella información que se considere relevante y descartando la irrelevante.
- Aumentar la eficiencia y la productividad. Se pretende conseguir el mayor output posible utilizando los recursos estrictamente necesarios. Además, debido a las fábricas inteligentes, de las que se hablará posteriormente, los sistemas podrán ser continuamente actualizados y optimizados, en vez de parar la producción para realizar cualquier cambio.
- Facilitar la creación nuevos modelos de negocio.
- Aumentar la calidad de vida de las personas. Esto se conseguirá no solo gracias a las distintas facilidades que aporta la Industria 4.0, que permitirán flexibilizar el trabajo, sino también en el ámbito personal, aumentando la seguridad en la red y disminuyendo los accidentes y la contaminación.
- Conseguir alcanzar un desarrollo sostenible para la humanidad. Facilitando con ello la disminución la desigualdad, generalizando el acceso a agua potable y a una

⁷ **Henning Kagermann:** físico y empresario alemán. Expresidente de la Junta Ejecutiva y Director Ejecutivo de SAP AG, empresa multinacional alemana dedicada al diseño de software de gestión empresarial.

energía sostenible, acabando con la situación crítica de ciertos países y recuperando y protegiendo los distintos ecosistemas.

Este sería un resumen desglosado de los objetivos que se quieren alcanzar con esta revolución industrial. Al cumplir estos objetivos, según Joyanes (2017) se conseguirá:

- Aumentar la eficiencia de las organizaciones exponencialmente.
- Gestionar los activos de forma sostenible.
- Integrar y armonizar diferentes disciplinas profesionales.
- Conectar millones de personas a partir de las redes.
- Crear nuevos productos y servicios.
- Crear innovaciones a partir de la interdependencia de tecnologías y distintas ramas del conocimiento.

Sin embargo, todo esto conlleva una serie de riesgos e impedimentos:

- Las empresas deben transformarse en su totalidad.
- Se pueden acentuar las desigualdades entre países, aunque no se persiga de forma voluntaria, ya que se trasladaría el poder a aquellos que tienen más recursos para llevar a cabo innovaciones.
- Los gobiernos podrían perder su papel de intermediarios para enfocarse en buscar beneficios.

1.3. TENDENCIAS

Una vez vistos los objetivos que se quieren alcanzar, vamos a ver qué se necesitará para conseguirlos. Según un estudio de Boston Consulting Group, se pueden identificar 9 pilares básicos en los que se basa la Industria 4.0 (Gerbert, Lorenz, Rüßmann, Waldner, Justus, Engel y Harnisch, 2015):

- Robótica.
- Simulación.
- Sistemas de integración horizontal y vertical.
- Internet de las cosas.
- Ciberseguridad.
- Cloud Computing.
- Fabricación aditiva.
- Realidad aumentada.
- Análítica de datos.

Con todas estas tecnologías se transformará el modelo de producción actual donde los distintos factores o centros de trabajo están aislados y optimizados de forma individual, a un modelo donde toda la cadena de valor estará conectada, como se puede apreciar en la Figura 1.2 que resume el concepto de fábrica inteligente.

Figura 1.2.- Representación gráfica de las fábricas en la Industria 4.0.

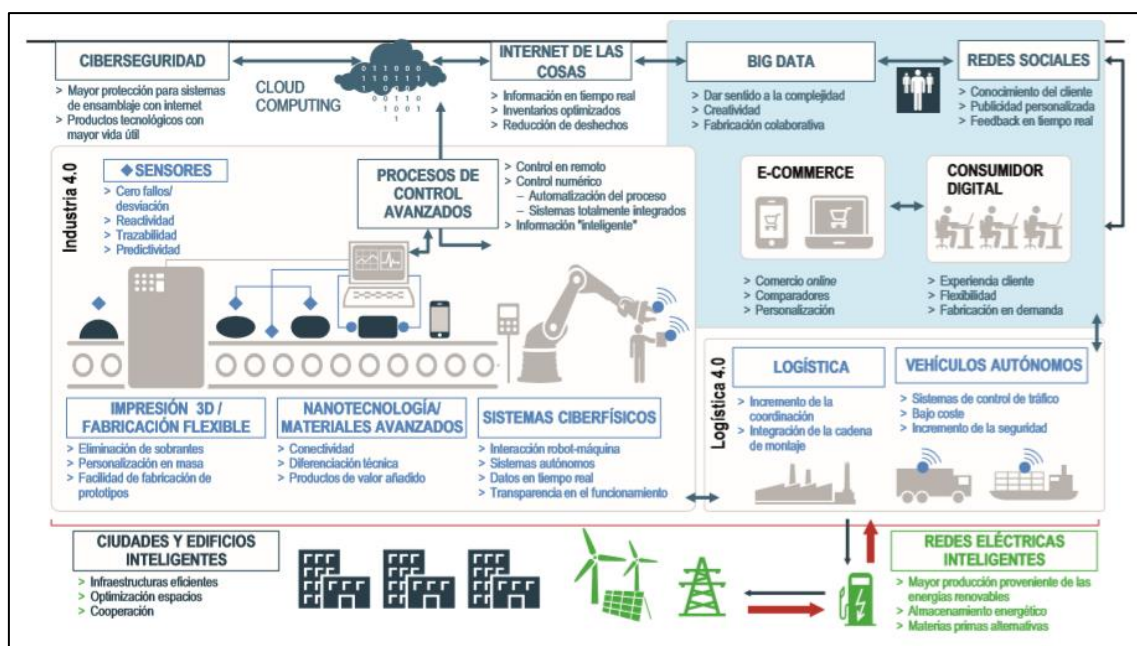


Fuente: Adaptado de Gerbert, Lorenz, Rüßmann, Waldner, Justus, Engel y Harnisch (2015).

Esto se conseguirá mediante la llamada transformación digital que consiste en la transformación de las organizaciones a través de la aplicación de la tecnología digital (Stolterman y Croon, 2004).

A continuación se explicará en qué consisten las tendencias más importantes relacionadas con estos 9 pilares, qué aplicaciones tienen actualmente y qué se espera de ellas en un futuro. La Figura 1.3 muestra cómo sería el ecosistema de la Industria 4.0 donde las fábricas, ciudades e individuos estarán interconectados a través de los 9 pilares mencionados.

Figura 1.3.- Esquema del ecosistema de la Industria 4.0.



Fuente: Roland Berger (2016).

1.3.1. Robótica

Los robots actuales son muy diferentes de las primeras generaciones y se acercan cada vez más a la ficción. La robótica tiene una gran presencia en todos los sectores e industrias. Sin embargo, hasta hace no mucho tiempo, la robótica se aplicaba exclusivamente en ciertos sectores como el de la automoción. Debido a los rápidos avances que se han producido en este campo, los robots se están volviendo más flexibles en relación a las funciones que pueden desempeñar (Schwab, 2016).

De acuerdo con la Federación Internacional de Robótica⁸, actualmente hay más de 1 millón de robots industriales activos. Por ejemplo el 80% de todo el trabajo que hay detrás de la fabricación de un automóvil es llevado a cabo por máquinas. Sin embargo, en otras industrias, el volumen de producción es tan bajo que no merece la pena automatizar el proceso, ya que la inversión es muy alta para las empresas, debido al ecosistema que se necesita crear dentro de la organización para que funcionen adecuadamente (Knight, 2012).

Entre los beneficios que aportará el uso intensivo de la robótica en la industria nos encontramos con:

- Eliminación de ineficiencias en la cadena de suministro y en logística (Schwab, 2016).
- Aumento de la productividad, ya que los trabajadores humanos no son tan efectivos como los robots debido a sus capacidades, lo que afecta al rendimiento de la empresa y al coste de la producción (Bayram e İnce, 2018).
- Reducciones en la jornada laboral de los trabajadores (Schwab, 2016).
- Eliminación de trabajos peligrosos para humanos. Los robots pueden manejar cargas pesadas y sustancias tóxicas, lo que prevendrá muchos accidentes además de ahorrar tiempo y dinero (RobotWorx, 2019).

Sin embargo, en la cara opuesta tenemos:

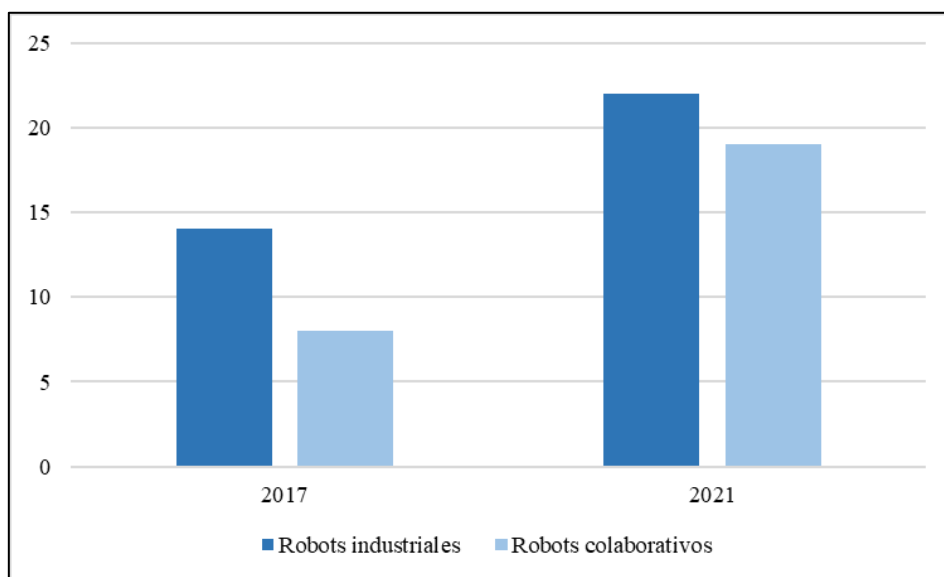
⁸ **Federación Internacional de Robótica:** organización sin ánimo de lucro creada con el objetivo de fomentar, reforzar y defender la industria robótica en todo el mundo.

- Pérdida de puestos de trabajo. Se calcula que en cada sector hay un cierto porcentaje de actividades que podrán ser automatizadas, sobre todo en trabajos físicos y trabajos que contengan tareas repetitivas (Cordero, 2017).
- Problemas de ciberseguridad.

Dentro de la robótica, hay que destacar a los cobots o robots colaborativos, que se diferencian de los robots industriales tradicionales en que pueden trabajar codo con codo con los humanos. De hecho, cada vez están más presentes en los procesos de producción y en sectores muy diferentes, como por ejemplo, en el sector alimenticio y agrícola, liberando a los trabajadores de las tareas más repetitivas (como el empaquetado de alimentos) o las más peligrosas. Otros ejemplos los encontramos en el sector del mecanizado, con los brazos robóticos que permiten aumentar la precisión en las tareas más complejas además de reducir el riesgo de accidente. En el sector sanitario también hay casos donde los robots colaborativos se utilizan para la manipulación estéril de utensilios, para el montaje de piezas de prótesis o incluso para la asistencia en cirugías (Universal Robots, 2019).

A continuación, se resumen los aspectos más relevantes del mercado de la robótica. En el Gráfico 1.3 podemos ver que el volumen de ventas aumentará en 8 billones de dólares en el caso de los robots industriales y en 11 billones de dólares en el caso de los robots colaborativos para el año 2021.

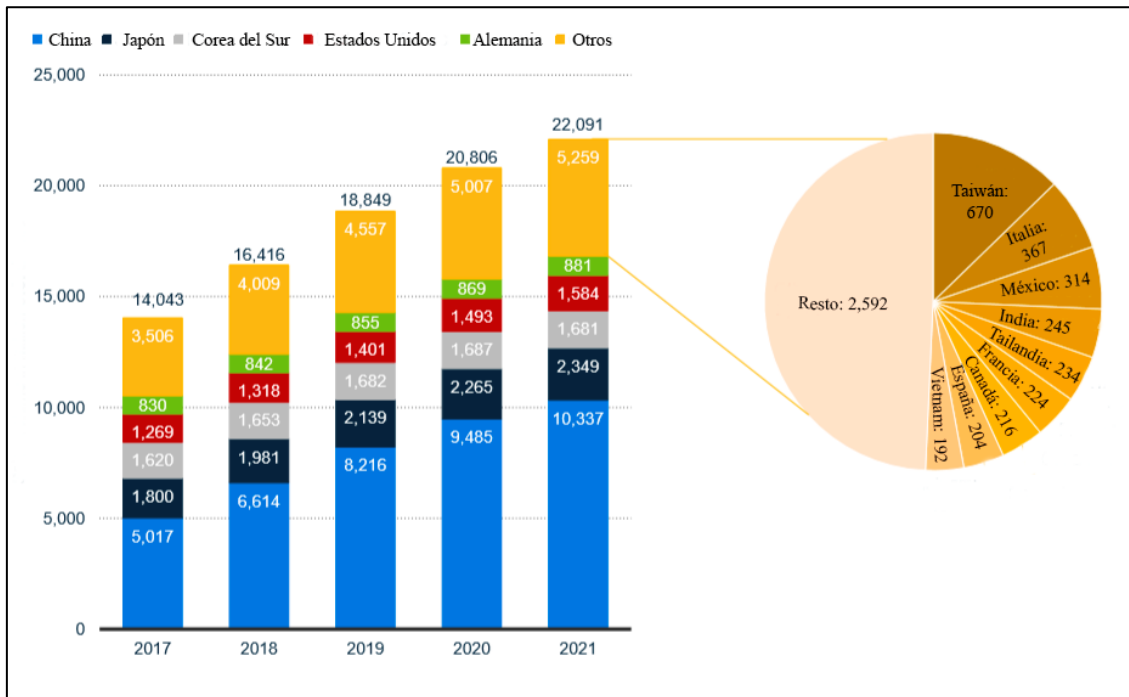
Gráfico 1.3.- Evolución del volumen de ventas de robótica entre 2017 y 2021 (en billones de dólares).



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Statista (2019).

En el Gráfico 1.4 se profundiza en el mercado de los robots industriales. Como se puede observar, los ingresos aumentan cada año alrededor de un 10%. Cabe destacar que el mercado chino es el que presenta un crecimiento más rápido y se estima que puede superar a mercados como el alemán o el surcoreano en un futuro cercano.

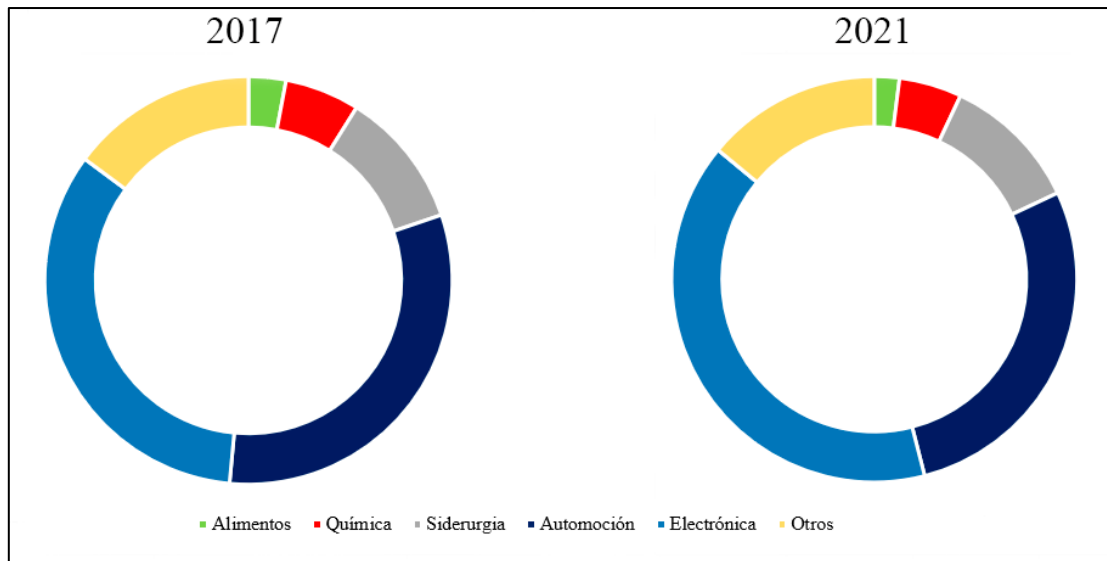
Gráfico 1.4.- Volumen de mercado de la robótica industrial por países (en millones de dólares).



Fuente: Adaptado de Statista (2019).

Además, también podemos analizar la distribución de las ventas de robótica industrial dependiendo de su área de aplicación (Ver gráfico 1.5). En 2017, la mayoría de estas ventas se concentran en el sector de la automoción (32%) y en el electrónico (34%), seguidos por el químico (5%), el siderúrgico (11%) y el alimenticio (3%). En 2021, se estima que los sectores químico, alimenticio y siderúrgico permanecerán igual, mientras que en el sector de la automoción bajarán un 4% y en electrónico subirán un 6%.

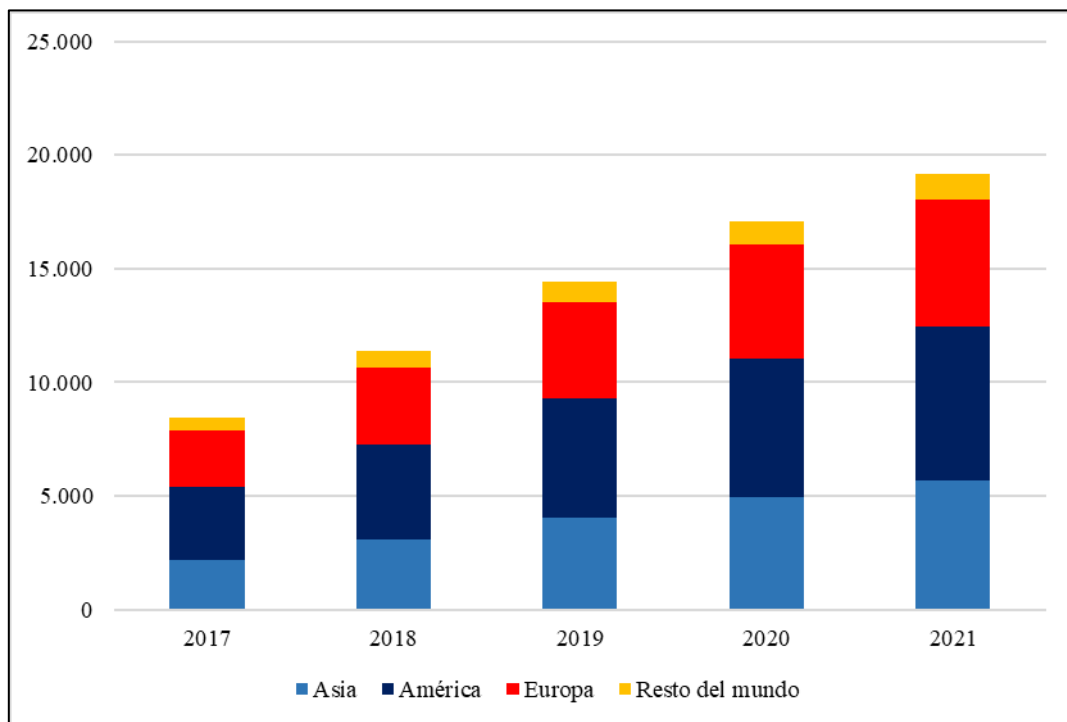
Gráfico 1.5.- Distribución de ventas de robótica industrial por sectores. Años 2017 y 2021 (en %).



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Statista (2019).

En el caso de los robots colaborativos (ver Gráfico 1.6), el mercado lo lideraba América, con un 38% del mercado en 2017. Sin embargo, este porcentaje está muy igualado al del continente asiático y el europeo, que cuentan con 26% y un 29% del mercado total, respectivamente. En 2021 se estima que América perderá un 3% de cuota de mercado, mientras que Europa se mantendrá constante y Asia crecerá un 3%.

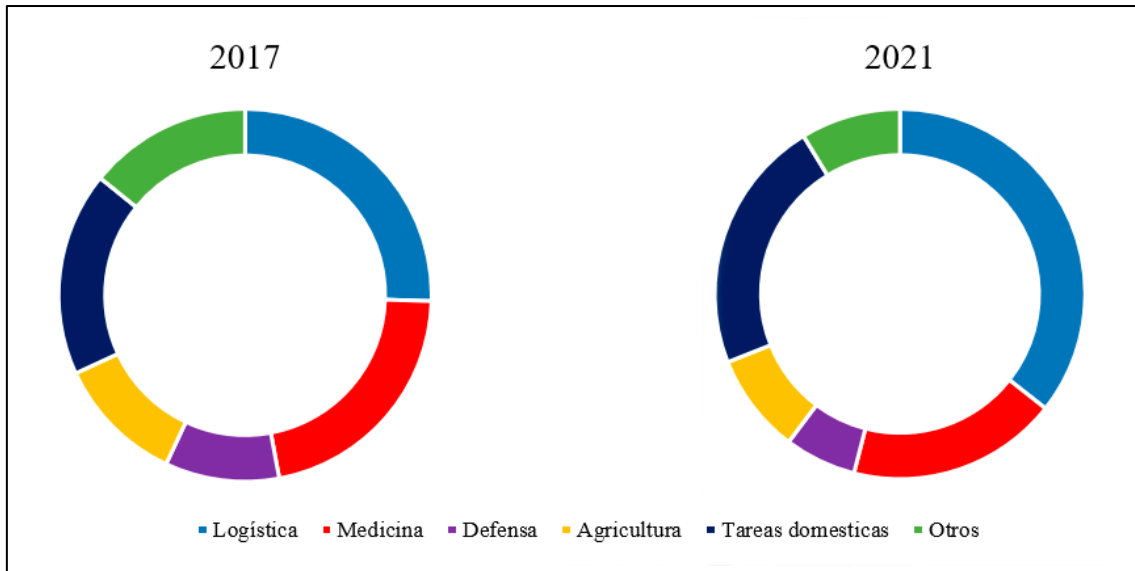
Gráfico 1.6.- Volumen de mercado de los robots colaborativos por países.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Statista (2019).

Por último, en el Gráfico 1.7 tenemos la distribución de las ventas de robots colaborativos entre los años 2017 y 2021. Como se puede observar, la mayor parte se destina a logística, medicina, y tareas domésticas.

Gráfico 1.7.- Distribución de ventas de robótica colaborativa por sectores. Años 2017 y 2021 (en %).



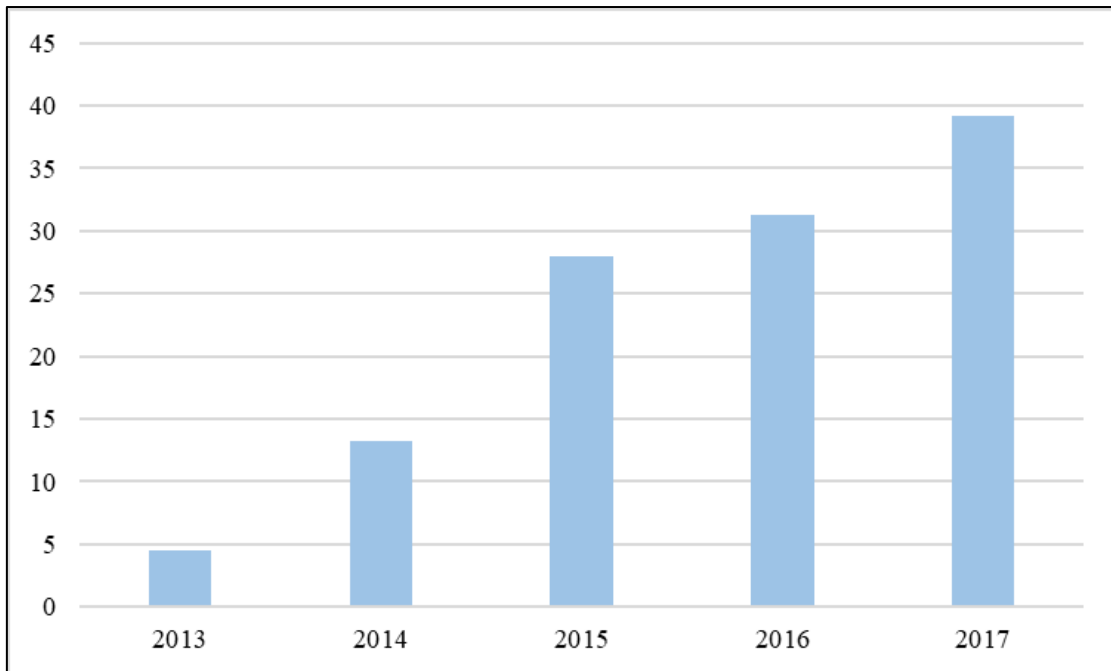
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Statista (2019).

1.3.2. Inteligencia Artificial

Aunque el estudio realizado por Gerbert et al. (2015) para el Boston Consulting Group no incluye a la Inteligencia Artificial como un pilar básico de la Industria 4.0, en los últimos años la Inteligencia Artificial ha adquirido una gran importancia dentro de las organizaciones. Esto se debe en gran parte a la utilidad y al desarrollo que ha presentado, como por ejemplo, en el caso de los coches autónomos que representan ya entre un 10 y un 15% del total de vehículos de los Estados Unidos (Schwab, 2018), sin dejar de ser pocas las empresas que se están sumando a esta industria.

Gran parte de este desarrollo se debe a la enorme inversión que se ha realizado a nivel mundial durante los últimos años, como se puede observar en el Gráfico 1.8.

Gráfico 1.8.- Evolución del gasto/financiación en Inteligencia Artificial entre los años 2013 y 2017 (en billones de dólares).



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Statista (2019).

Además, la Inteligencia Artificial se utiliza también en el campo de la simulación, ya que puede aprender de situaciones previas para dar respuesta a ciertos problemas y puede ayudar en la toma de decisiones de las empresas creando escenarios para ver qué opción es la correcta.

Entre los principales beneficios del uso de la Inteligencia Artificial nos encontramos:

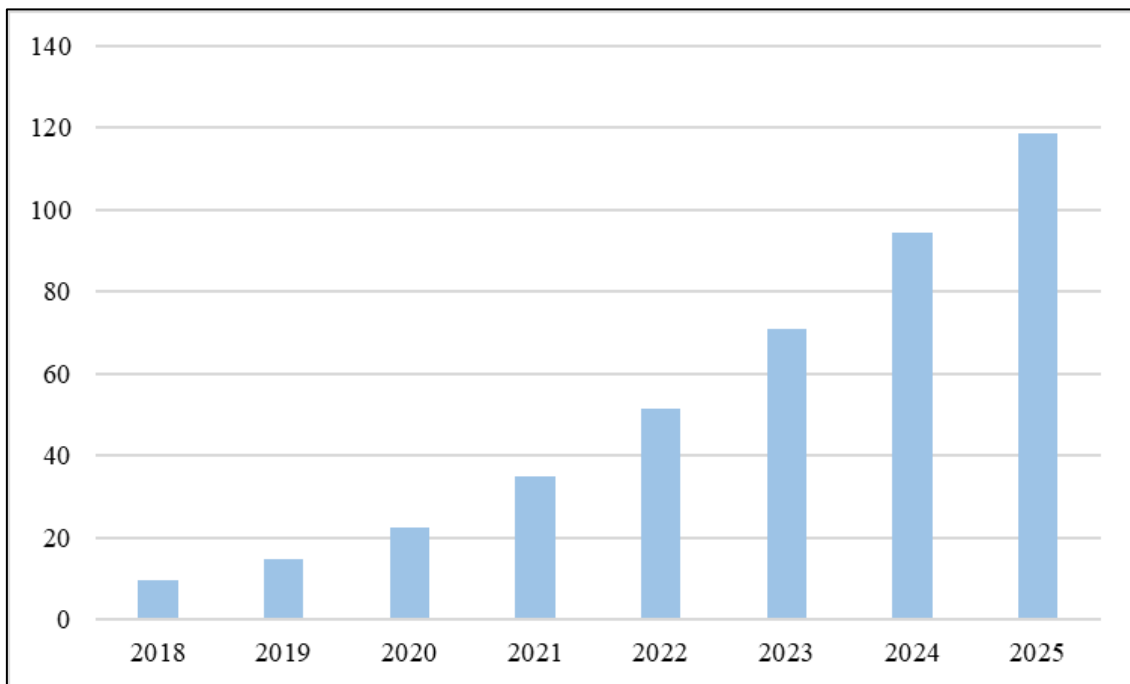
- Aumento de la eficiencia, al aumentar la velocidad con la que se realizan los procesos y al disminuir el margen de error.
- Creación de más empleos de los que se eliminan.
- Mejora la toma de decisiones en torno a los datos. Decisiones que debido a la cantidad de información a tener en cuenta, requieren tiempo para llegar a una solución y que no pueden ser tomadas por humanos (Paredes, 2019).
- Mejora de la calidad de vida (mejoras en la movilidad gracias a los coches autónomos, avances en medicina, etc.)

Por el contrario, hay riesgos derivados de:

- Vacío legal.
- Problemas ciberseguridad.

Se trata de un campo al que aún le queda mucho futuro ya que apenas está comenzando. Como se puede observar en el Gráfico 1.9, en 2025 se esperan obtener unos ingresos diez veces mayores a los de 2018.

Gráfico 1.9.- Ingresos estimados del mercado de la Inteligencia Artificial entre 2018 y 2025 (en billones de dólares).



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Statista (2019).

Sin embargo, ya se observan aplicaciones reales de la IA⁹ como es el caso de los asistentes virtuales dentro de las empresas empleados en los departamentos de atención al cliente y comunicaciones. En sectores como la banca o seguros, la IA permite analizar los riesgos asociados a clientes y predecir cambios en los mercados. En los transportes, los vehículos autónomos ya son una realidad. En medicina hay software que permiten a los médicos conseguir un diagnóstico más rápido y preciso. En el comercio online se pueden anunciar productos a clientes potenciales y aumentar así la eficiencia en el gasto en publicidad (Viewnext, 2019).

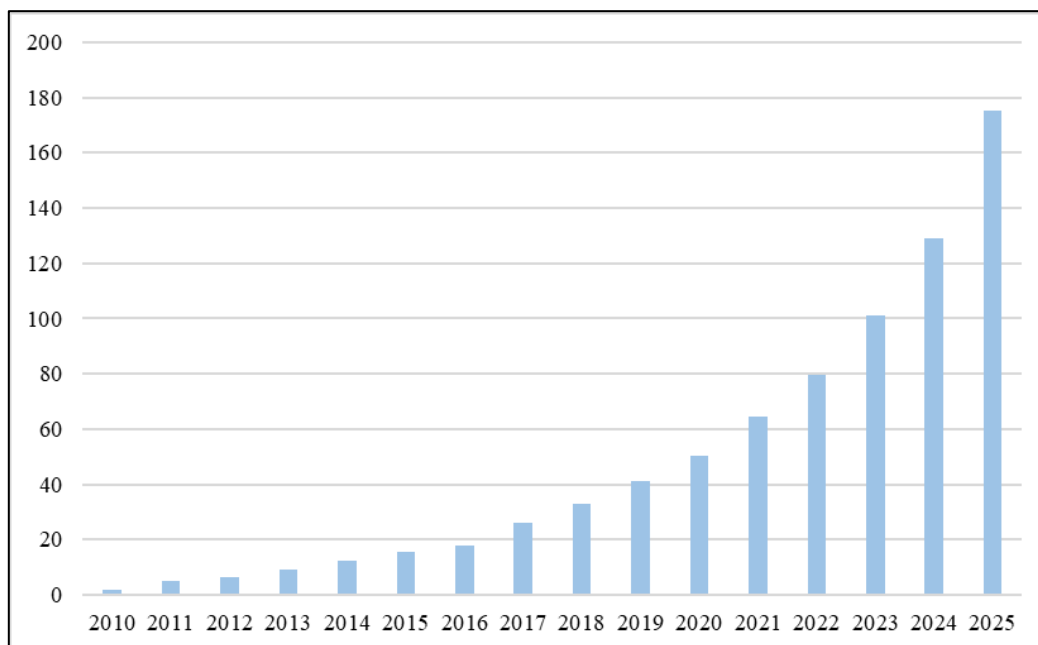
⁹ **IA:** La abreviatura IA se corresponde con la expresión Inteligencia Artificial.

1.3.3. Big Data

Al hablar del Big Data nos estamos refiriendo a conjuntos de datos cuyo tamaño sobrepasa la capacidad de las aplicaciones de software convencionales que tienen para almacenarlos, gestionarlos y analizarlos (Manyika, Chui, Brow, Bughin, Dobbs, Roxburgh y Byers, 2011). Por lo tanto, podemos deducir que es una herramienta muy útil para muchas empresas ya se pueden dar respuestas a muchos problemas rápidamente gracias a la recopilación y búsqueda de tendencias dentro de los datos que se utilicen (PowerData, 2019).

La cantidad de datos que se crean y almacenan a nivel mundial es inimaginable, y no solo eso, continúan en aumento. El Big Data es una tecnología con un elevadísimo potencial y será de gran importancia en el futuro debido a que con los datos que se generen servirán para tomar decisiones que permitan reducir costes, reducir tiempo y desarrollar nuevos productos (SAS Institute, 2019). Gracias al Gráfico 1.10 podemos hacernos una idea de la evolución del Big Data, gracias al volumen de datos/información creada y a su drástico aumento en el futuro.

Gráfico 1.10.- Volumen de datos/información creado desde 2010 hasta 2025 (en zetabytes).



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Statista (2019).

Entre los principales beneficios del Big Data encontramos (OneRP, 2019):

- La mejora en la toma de decisiones.
- Retroalimentación en tiempo real.
- Transparencia, accesibilidad y fluidez de la información.
- Mejora de la productividad y los costes.

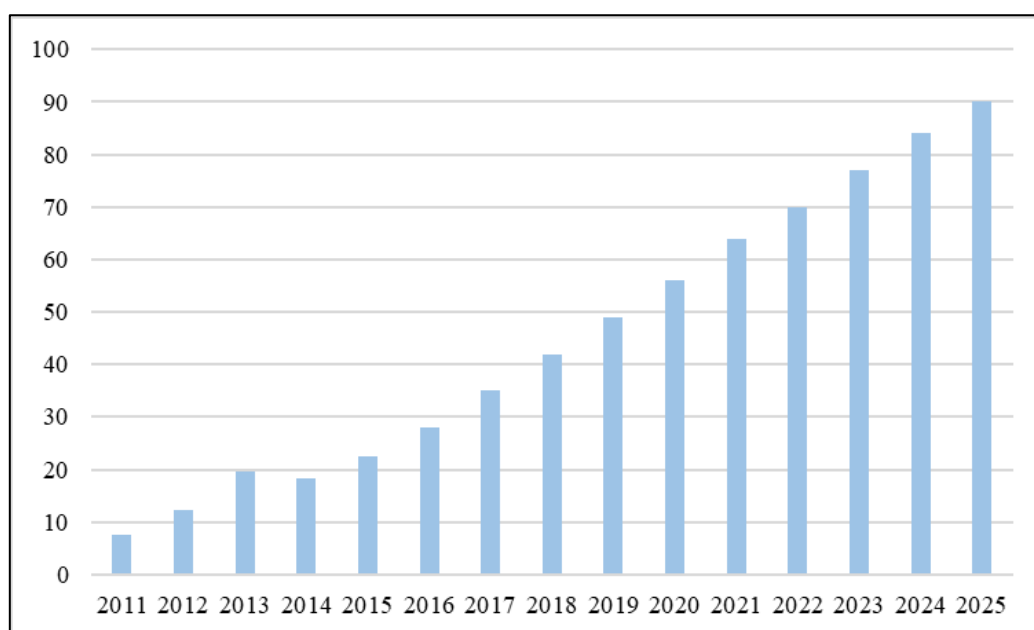
Sin embargo, presenta los siguientes riesgos (Instituto Europeo de Posgrado, 2019):

- Riesgo de ataques informáticos.
- Riesgo de pérdida de privacidad.

Actualmente el Big Data ya se está utilizando en muchos sectores como, por ejemplo, en el sector financiero donde los bancos pueden recopilar y analizar información de sus clientes para minimizar riesgos en las operaciones financieras. Los gobiernos, por ejemplo, pueden también obtener información en tiempo real para gestionar de forma rápida servicios públicos, manejar el tráfico y prevenir posibles actividades criminales. En el sector educativo se utiliza el Big Data para evaluar el progreso de los alumnos y ayudar a profesores en las evaluaciones (SAS Institute, 2019).

En cuanto al tamaño del mercado, en el Gráfico 1.11 podemos observar cómo aumentarán los ingresos de forma progresiva.

Gráfico 1.11.- Evolución del tamaño de mercado desde 2011 hasta 2025 (en billones de dólares).

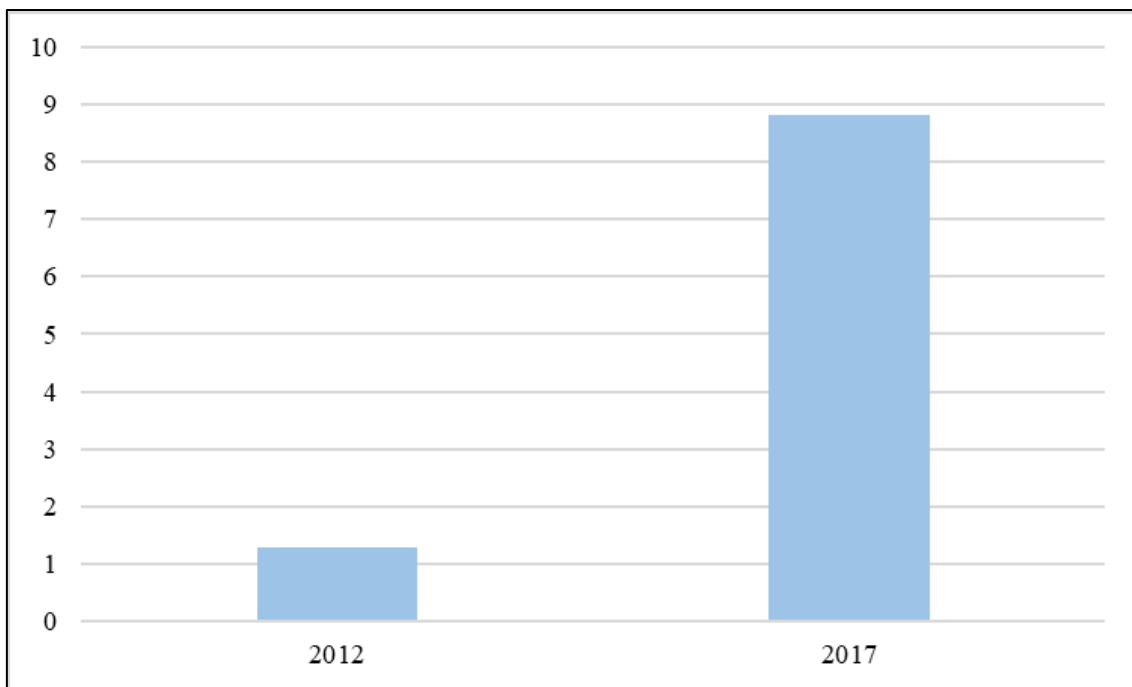


Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Statista (2019).

1.3.4. Fabricación aditiva

Las empresas apenas están empezando a adoptar la fabricación aditiva (como la impresión 3D), que normalmente utilizan para producir prototipos y componentes. Esto se puede comprobar en el Gráfico 1.12 que muestra la diferencia del valor de mercado de la fabricación aditiva entre los años 2012 y 2017, con un aumento de 7,5 billones de dólares.

Gráfico 1.12.- Valor de mercado de la fabricación aditiva entre 2012 y 2017 (en billones de dólares).



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Statista (2019).

La fabricación aditiva está compuesta por todas aquellas tecnologías capaces de construir objetos en 3D, a partir de una capa a otra de material (Universidad Internacional de Valencia, 2019). Está compuesta por varias tecnologías como la fabricación en capas, fabricación digital directa y la impresión en 3D¹⁰. Como resultado, el modelo de fabricación convencional está atravesando por una nueva fase. Un producto cualquiera puede ser diseñado en un ordenador y fabricarse en una impresora 3D mediante la acumulación de sucesivas capas de material (Joyanes, 2017).

¹⁰ **3D:** La abreviatura 3D se corresponde con la expresión 3 dimensiones

A continuación, se resumen las principales ventajas e inconvenientes de la fabricación aditiva (Beyca, Hancerliogullari y Yazici, 2018).

Entre los principales beneficios nos encontramos:

- Reducción de costes. Normalmente para fabricar cualquier cosa se suele partir de uno o varios materiales para posteriormente someterlos a una transformación. Sin embargo, con la fabricación aditiva sólo se necesita el material bruto para fabricar un producto. Además, el material restante puede ser reutilizado.
- Flexibilidad en la producción. Generalmente la mayoría de los productos sufren modificaciones en el proceso productivo debido a las diferentes etapas por las que pasan, lo que puede afectar a la calidad final del producto. Sin embargo, con la fabricación aditiva esto se elimina.
- Escasas restricciones a la fabricación. Todo lo que pueda ser diseñado en un software de diseño digital (CAD) puede ser producido.
- Reducción del trabajo. La producción aditiva apenas requiere la ayuda de un operario.
- Aumento de la variedad. Los productos hechos a medida pueden ser fácilmente producidos sin aumentar demasiado el coste.

Sin embargo, entre las desventajas de la fabricación aditiva se encuentran:

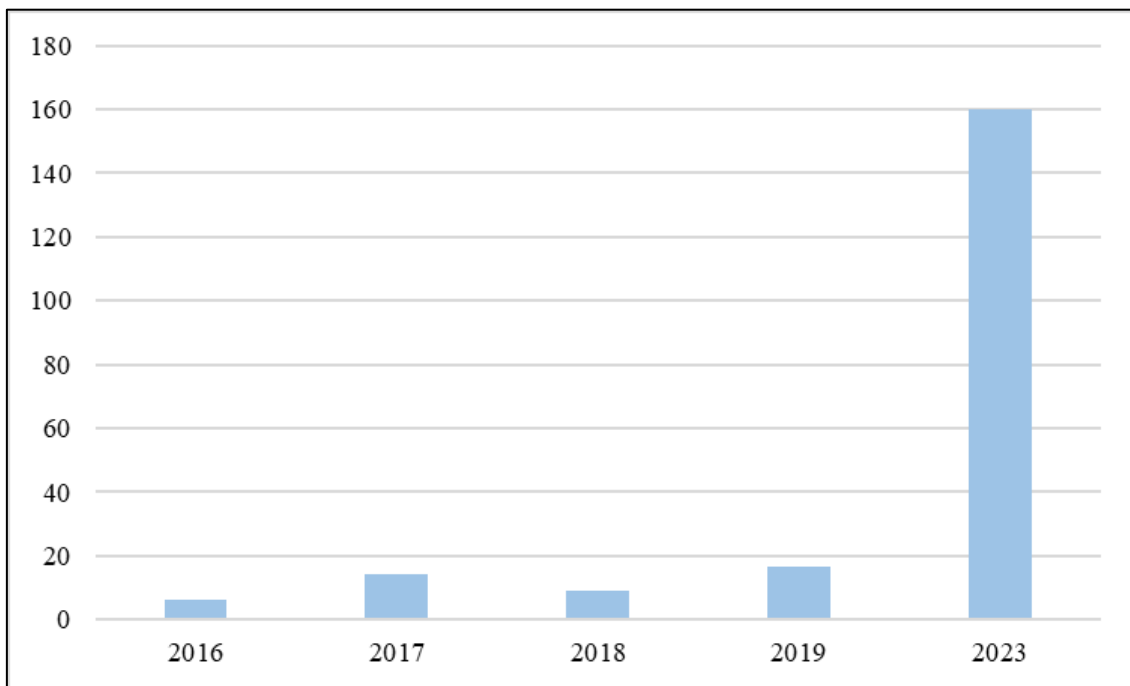
- Limitación en cuanto a las dimensiones de los productos que se pueden producir.
- Acabados mediocres (normalmente los productos pasan por una fase de postproducción).
- No funciona si se quiere producir en masa debido a la baja velocidad de fabricación.

Entre los usos que puede tener la fabricación aditiva en distintos sectores nos encontramos diversas aplicaciones en medicina con la fabricación de prótesis, implantes, instrumentos y herramientas médicas, audífonos e implantes dentales. En el sector aeronáutico ciertas piezas son más baratas si se utiliza la impresión 3D porque reduce el peso y el tiempo de realización (AECOC, 2019).

1.3.5. Realidad aumentada

La realidad aumentada es una tecnología que permite al ser humano superponer elementos de carácter virtual como imágenes o audio sobre lo que percibimos (Iberdrola, 2019). Actualmente, se encuentra en una fase temprana pero en un futuro la realidad aumentada servirá para proporcionar a los trabajadores información en tiempo real, lo que les permitirá mejorar la toma de decisiones y su proceso de trabajo (Val Román, 2019). Es una tecnología que cada vez se demanda más y se estima que en 2020 sea un negocio que alcance los 120.000 millones de dólares (Iberdrola, 2019) y para 2023 uno 160.000 millones de dólares, como se puede apreciar en el Gráfico 1.13.

Gráfico 1.13.- Previsión del tamaño de mercado de la realidad aumentada para 2023 (en billones de dólares).



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Statista (2019).

La realidad aumentada presenta las siguientes ventajas e inconvenientes (Schwab, 2016).

Ventajas:

- Permite proporcionar información inmediata.
- Permite aumentar el rendimiento en ciertos procesos gracias a la ayuda visual.
- Permite combatir ciertas discapacidades auditivas o visuales.

Inconvenientes:

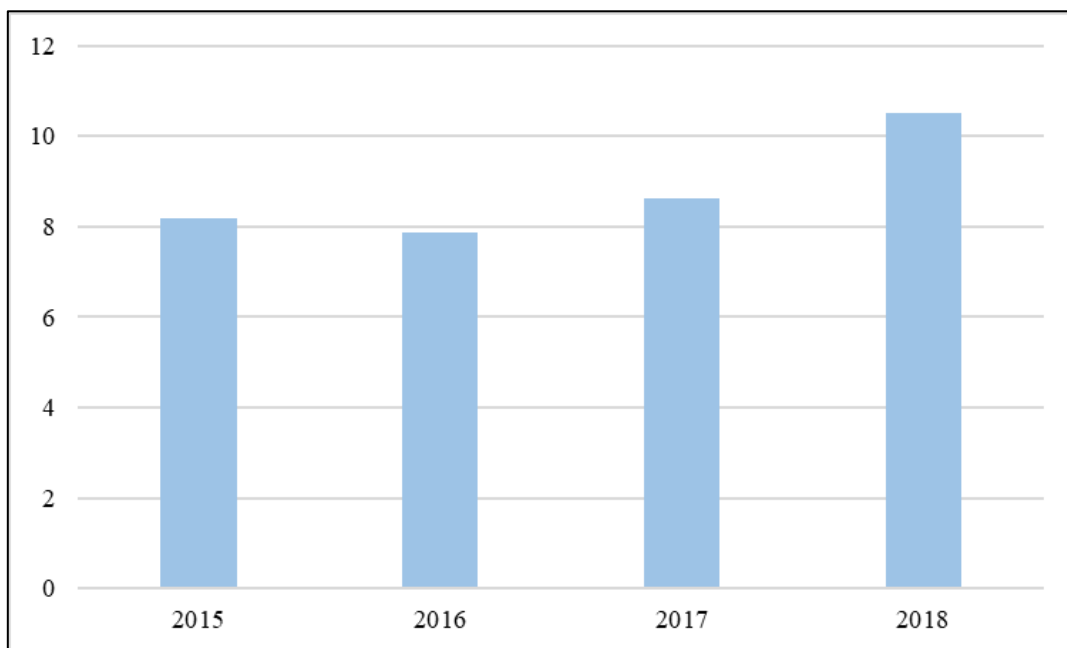
- Puede causar distracciones, lo que puede dar lugar a accidentes.

Entre sus aplicaciones nos podemos encontrar las gafas holográficas en medicina mediante las cuales se pueden visualizar órganos en 3D o ver el estado de un paciente ya sea antes o después de una operación. En el sector automovilístico ya hay empresas que ofrecen a sus compradores visualizar su futuro coche para que lo puedan adaptar a sus necesidades. En educación, se pueden disponer de libros que reaccionan a dispositivos móviles ofreciendo imágenes o audios. En cuanto al sector turístico actualmente se puede traducir automáticamente los mensajes que ponga una señal o un letrero (Iberdrola, 2019).

1.3.6. Ciberseguridad

Muchas empresas todavía dependen de sistemas de producción y gestión que no están conectados pero que, debido a los protocolos de comunicaciones que trae consigo la Industria 4.0, necesitan ser protegidas frente a los ataques cibernéticos que aumentan exponencialmente, tal y como muestra el Gráfico 1.14, por lo que se trata de un tema urgente.

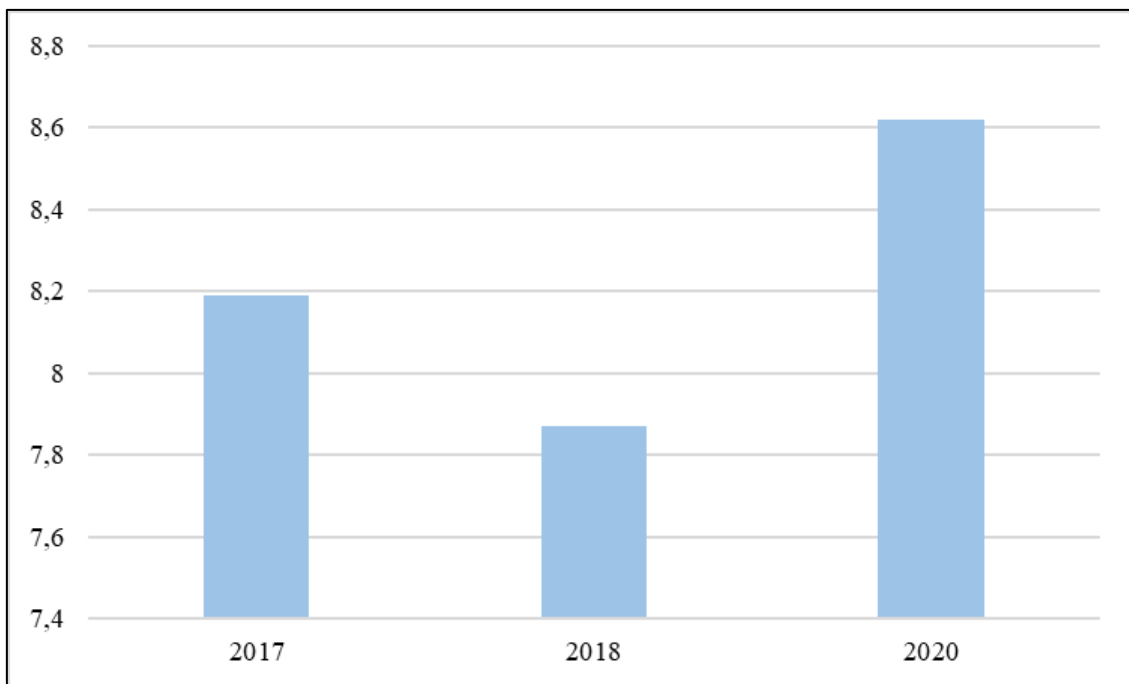
Gráfico 1.14.- Número de ataques cibernéticos anuales desde 2014 hasta el 2018 (en billones).



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Statista (2019).

Para repeler dichos ataques, existe la ciberseguridad que, según la Unión Internacional de Telecomunicaciones (2008), es un conjunto de conceptos, herramientas, métodos y tecnologías que pueden utilizarse para proteger los activos de las organizaciones y los usuarios dentro del mundo digital. Debido a que el número de ciberataques es tan alto, se va a aumentar el gasto en ciberseguridad para 2020 en todo el mundo, pasando de 36,6 billones de dólares en 2018 hasta los 42 billones de dólares como se puede apreciar en el Gráfico 1.15.

Gráfico 1.15.- Planificación del gasto en seguridad para 2020 (en billones de dólares).



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Statista (2019).

Entre las principales ventajas que aporta la ciberseguridad tenemos (BSI, 2019):

- Aumento de los estándares de calidad.
- Mayor protección para los consumidores.
- Aumento de la privacidad.
- Aumento de la confianza de los accionistas.
- Aumento de la protección de redes y datos ante accesos no autorizados.

En el polo opuesto, tenemos los siguientes inconvenientes:

- Elevado coste para el usuario promedio.

La ciberseguridad tiene aplicaciones absolutamente para todos los sectores, principalmente como: protección de la privacidad, protección de datos, protección ante amenazas y protección de la integridad de los componentes.

1.3.7. Cloud Computing

El Cloud Computing es el modelo de computación que permite el acceso a recursos informáticos bajo demanda y en cualquier parte a través de la red (IBM, 2019). Las empresas ya están utilizando tecnologías basadas en la nube, principalmente para analítica de datos. Sin embargo, con la llegada de la Industria 4.0 los productos y sistemas inteligentes crearán volúmenes de datos enormes que deberán ser accesibles desde cualquier lugar a través de la red (Val Román, 2016). Como resultado, su función principal en la Industria 4.0 será centralizar toda la información necesaria para las empresas (Cevik, Ustundag, Kadaifci y Oztaysi, 2018).

A continuación se enumeran las principales ventajas e inconvenientes del Cloud Computing (ENAE, 2019):

Entre las principales ventajas del uso del Cloud Computing nos encontramos:

- Accesibilidad de la información.
- Aumento de la seguridad.
- Reducción significativa de los costes.
- Rápida implementación.

Por el contrario, entre los inconvenientes, tenemos:

- Dependencia del proveedor.
- Necesidad de conexión permanente a internet.

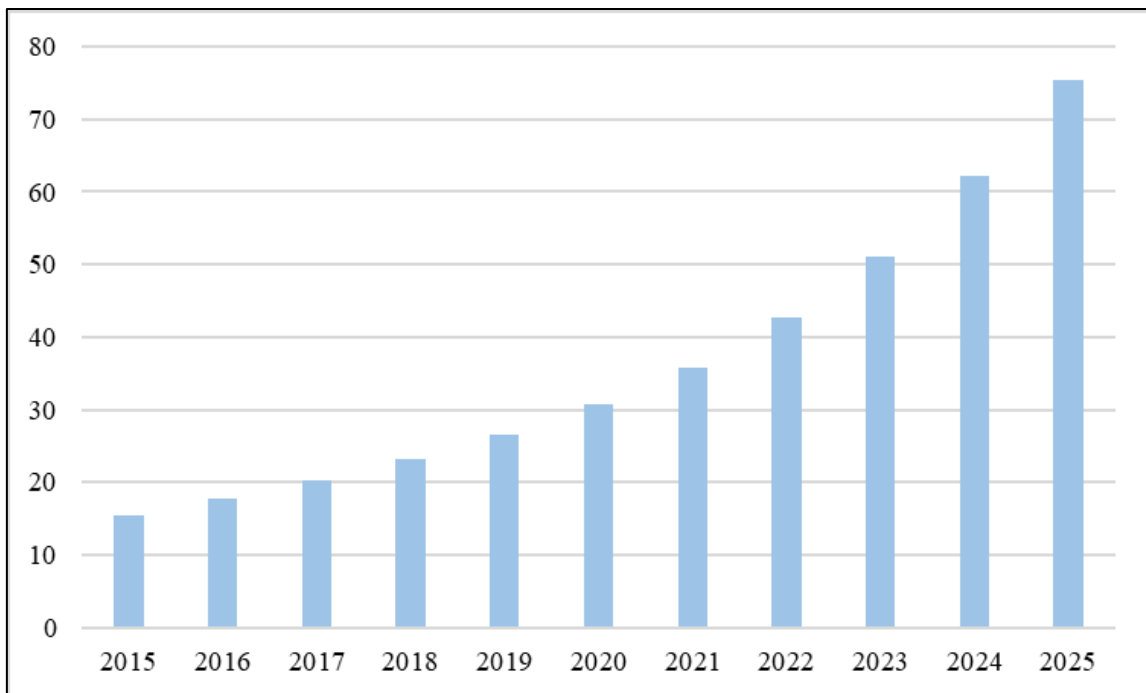
Entre los sectores que más dan uso al Cloud Computing nos encontramos con el sector del entretenimiento, con plataformas de servicio de streaming bajo demanda. En cuanto al sector educativo existen aplicaciones que proveen a los estudiantes de la información que necesitan en cualquier lugar. En el sector sanitario la información de los

pacientes se guarda en la nube y en el sector financiero actualmente se utiliza para guardar información de los clientes.

1.3.8. Internet de las Cosas

Por último, nos encontramos con el Internet de las Cosas. Es probable que si es la primera vez que se escucha hablar de él no se sepa en qué consiste. Lo cierto es que es algo bastante sencillo. Básicamente es un ecosistema tecnológico por el cual tanto personas como dispositivos u objetos pueden conectarse a Internet en cualquier momento e interactuar entre ellos, haciendo énfasis principalmente en los objetos. Actualmente hay unos 26 billones de dispositivos conectados mediante el Internet de las Cosas como se puede ver en el Gráfico 1.16 y se espera que en 2025 la cifra llegue a superar los 75 billones.

Gráfico 1.16.- Dispositivos conectados mediante el Internet de las Cosas entre 2015 y 2025 (en billones).



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Statista (2019).

En un futuro todas las cosas serán inteligentes y estarán conectadas a internet lo que dará lugar a hogares inteligentes, fábricas inteligentes e incluso ciudades inteligentes.

Entre los impactos positivos que nos encontramos en el Internet de las Cosas tenemos (Schwab, 2016):

- Aumento de la productividad.
- Aumento de la calidad de vida.
- Impacto positivo en el medioambiente.
- Aumento de la transparencia.
- Aumento de la eficiencia en logística.
- Creación de nuevos modelos de negocio.
- Interconexión del resto de tecnologías de la Industria 4.0.

Por el contrario, entre los impactos negativos nos encontramos (Schwab, 2016):

- Alta complejidad en la puesta en marcha.
- Pérdida de puestos de trabajo.
- Pérdida de privacidad.

Como se ha mencionado, el Internet de las Cosas va a estar presente en todo tipo de industrias y sectores. Por ejemplo, en domótica con las denominadas casas inteligentes que tendrán todos los dispositivos conectados. En robótica ocurrirá lo mismo ya que se podrá monitorizar el inventario en tiempo real y la cadena de suministro. Por parte del sector público, se utilizará para controlar el tráfico, accidentes o avisar de pésimas condiciones meteorológicas en las carreteras y en el sector logístico para hacer seguimiento de los envíos en tiempo real (Libelium, 2019).

2. ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA INDUSTRIA 4.0

La Cuarta Revolución Industrial se encuentra en ciernes por lo que todavía no se pueden visualizar los cambios que supondrá con total exactitud. Sin embargo, en este apartado se va a describir y analizar el impacto potencial que la Industria 4.0 podría tener en el mundo.

Son muchas las cuestiones que se podrían atender en este apartado. Específicamente se analizará:

- El impacto en el crecimiento de la economía.
- El impacto en el mercado laboral y el empleo.
- El impacto en la calidad de vida de los individuos y la sociedad.

Por lo tanto, a continuación se exponen los aspectos más relevantes relativos a cada uno de estos asuntos.

2.1. IMPACTO SOBRE EL CRECIMIENTO DE LA ECONOMÍA

En primer lugar, vamos a analizar el factor económico que normalmente se considera como el más importante. Como es de esperar, la Cuarta Revolución Industrial supondrá un enorme impacto en la economía mundial. De hecho, se estima que produzca cambios en todas las variables macroeconómicas. Sin embargo, sus efectos están tan relacionados entre sí que es complicado aislar unas variables de las otras (Schwab, 2016).

En el año 2050, según las previsiones de Naciones Unidas, se espera que la población mundial sobrepasase las 9.000 millones de personas. Para abastecer el crecimiento de la demanda que esto supone, es necesario abandonar la economía tradicional (García, 2019).

Por ejemplo, según el Foro Económico Mundial¹¹, actualmente 3.000 millones de personas tienen acceso a dispositivos móviles. Esta cifra crece a un ritmo del 10% anual

¹¹ **Foro Económico Mundial:** organización sin ánimo de lucro donde se reúnen los principales líderes empresariales y políticos, además de intelectuales, para analizar los problemas más importantes de la actualidad.

y como resultado, el comercio electrónico ha crecido un 18% en el último año y cada vez presenta un mayor porcentaje de los ingresos totales de las empresas (Tassel, 2019).

Esto se debe principalmente a las características en las que se basa la Industria 4.0 donde el modelo de negocio predominante es aquel que integra innovación en producto, fabricación, marketing, distribución y ventas en un todo haciendo que el proceso de compra sea más rápido y sencillo provocando que los productos y servicios se adapten constantemente a las necesidades del cliente. Esto no se debe únicamente al Internet de las Cosas. Por ejemplo, el análisis de datos permite a las empresas conseguir información de los consumidores elaborando perfiles de todo tipo y permitiendo maximizar la eficiencia en distribución, fabricación y marketing, ya que cada vez los tiempos de entrega son más cortos y los productos más personalizables gracias a los avances en robótica. Sin embargo, también hay que tener en cuenta que esto supone un aumento de las expectativas de los consumidores.

La Industria 4.0 también está teniendo un impacto en la cadena de valor, la cual exige que proveedores, clientes y las propias compañías formen un ecosistema interconectado mejorando así la eficiencia.

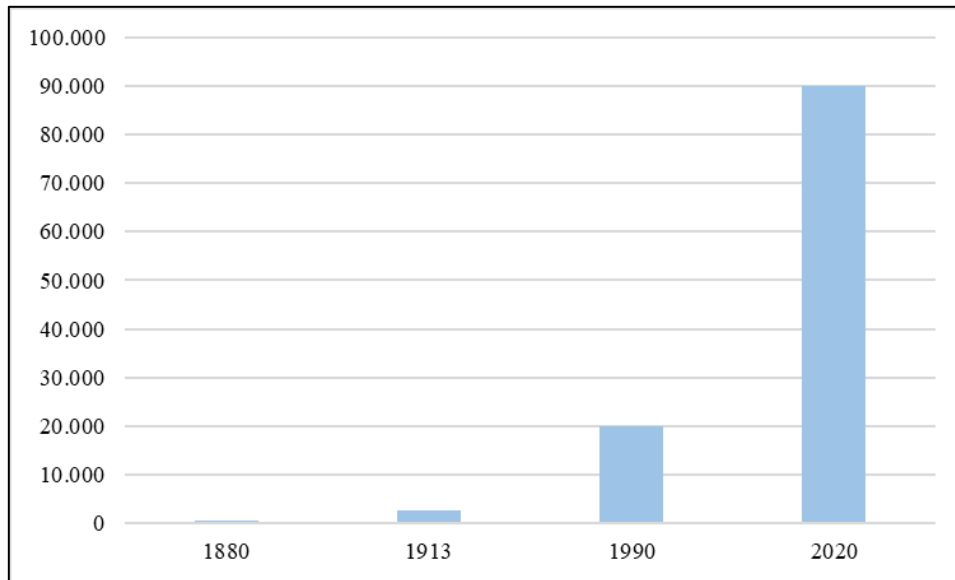
Por otro lado, otro impacto económico se revela en el comercio, tanto interno como externo. Debido a que surgen productos que previamente no se podían comercializar, bien porque no se había avanzado lo suficiente en su desarrollo o porque ni siquiera existían o porque se transforman mercados ya existentes, como en el caso de la música y el cine. Esto implica automáticamente que surjan nuevos modelos de negocio, cuya tendencia es a facilitar la comercialización internacional de los productos, como en el caso de los modelos de cola larga¹² (Alvar, 2017).

En el Gráfico 2.1 se puede observar la evolución del PIB mundial entre los años 1880 y 2020. En 1880, el PIB mundial era de 694 billones de dólares estadounidenses. En 1913, ya al final de la Segunda Revolución Industrial, esta cifra aumentó hasta los 2763 billones de dólares. En 1980, cuando empezó a desarrollarse la robótica industrial

¹² **Modelos de cola larga:** expresión popularizada por Chris Anderson (editor jefe para la revista Wired), que se refiere a modelos de negocio centrados en ofrecer una amplia variedad de productos, aunque vendan pocas unidades de cada uno.

se multiplicó por diez alcanzando los 20.042 billones de dólares. Por último, para el año 2020 se estima que esta cifra alcance los 90.000 billones de dólares.

Gráfico 2.1.- Evolución del PIB mundial en billones de dólares (1880-2020).



Fuente: Elaboración propia a partir de Tornabell (2015).

Sin embargo, al igual que se crearán nuevos mercados y productos, desaparecerán otros que si bien se puede ver como algo perjudicial para la economía, son un signo de progreso y evolución. Ante estos cambios los mercados tradicionales no tienen por qué desaparecer sino que muchos pueden aprovechar las innovaciones que trae consigo la Industria 4.0. Tanto en los procesos como en los bienes y servicios, las empresas podrán aumentar su oferta, mejorar la calidad de sus productos o reducir los precios mejorando así la satisfacción de sus respectivos consumidores. Además, hay que tener en cuenta que muchas de estas innovaciones reducirán o incluso eliminarán ciertas barreras de entrada, como puede ser la calidad de la información de la que disponen los diferentes agentes económicos, eliminando ventajas informativas. Debido a esto, aumentará la competitividad entre las empresas de un mismo sector (Ontiveros y Vizcaíno, 2017).

En definitiva, la Industria 4.0 tiene el potencial para incrementar el crecimiento económico como nunca antes, además de resolver muchos de los problemas y retos a los que se enfrenta la industria a día de hoy. Sin embargo, hay que reconocer también los posibles impactos negativos que podrá tener como puede ser el aumento de la desigualdad entre países, la desaparición de ciertos mercados o problemas relativos al empleo, como se verá en el siguiente apartado.

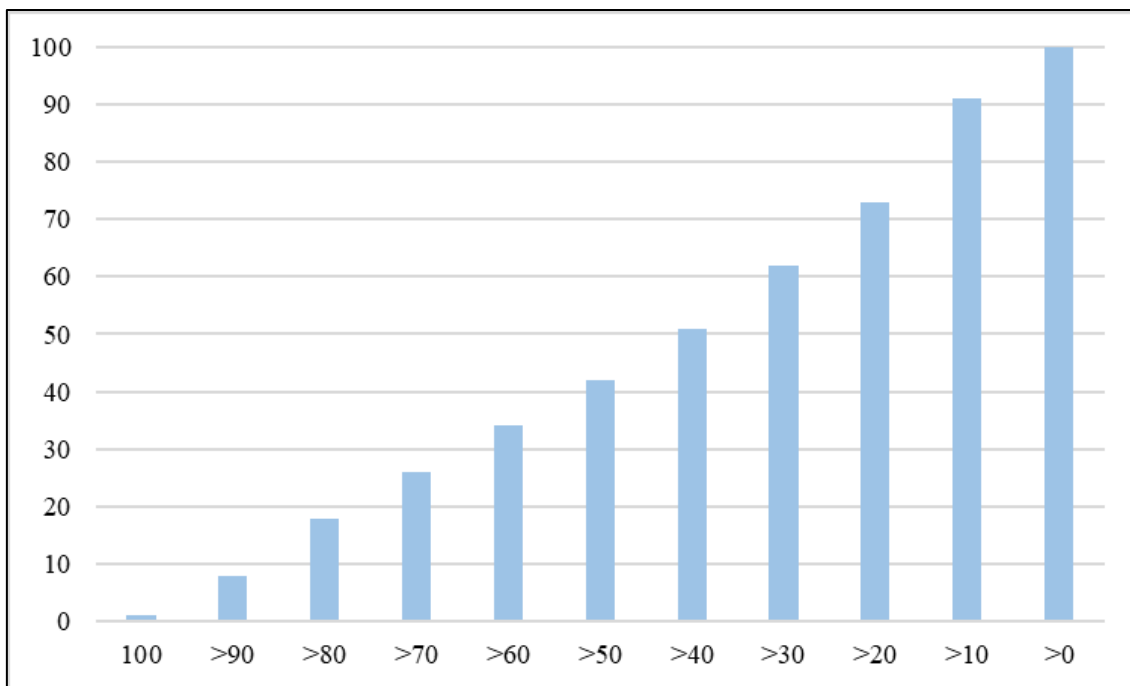
2.2. IMPACTO EN EL EMPLEO

Otro de los puntos a destacar es el impacto que va a suponer la Industria 4.0 sobre el empleo. A pesar del impacto positivo en el crecimiento de la economía, también hay que tener en cuenta el posible impacto negativo al menos en el corto plazo en el mercado laboral. El miedo a que la tecnología sustituya a los trabajadores no es nuevo, sino que es un debate que ha estado siempre presente. Generalmente el avance de la tecnología suele afectar de dos maneras al empleo. Por un lado, destruye empleo debido a la automatización de ciertas tareas que previamente eran desempeñadas por seres humanos y por otra, genera empleo debido a la creciente demanda de nuevos bienes y servicios que provoca la creación de nuevos puestos de trabajo, negocios e industrias (Schwab, 2016).

Sin embargo, el problema reside en el grado y en el momento en el que ese aumento de la demanda termina con la destrucción de empleo y cómo de rápido será dicho paso. De hecho, el Foro Económico Mundial estima que en los próximos 20 años casi la mitad de la actividad laboral actual estará automatizada y que aproximadamente un 65% de los niños que actualmente están iniciando su etapa escolar realizarán trabajos que hoy en día no existen (Rubio, 2016).

La automatización afectará principalmente a la mano de obra menos cualificada, mientras que su efecto será insignificante en aquellos trabajos que requieran mano de obra altamente cualificada (Michaels y Graetz, 2015). Por ejemplo, en Alemania se estima que la fuerza de trabajo aumentará un 5% destruyendo 620.000 puestos de trabajo que podrían ser compensados por la creación de 960.000 nuevos puestos de trabajo principalmente para análisis de datos y tecnologías de la información, según Robert Tornabell (2015).

El Gráfico 2.2 muestra el potencial de automatización que presentan las diferentes profesiones. El eje vertical representa el porcentaje de profesiones que se pueden automatizar, mientras que el horizontal representa qué porcentaje de actividades se puede automatizar dentro de cada profesión. Si bien pocas profesiones se podrán automatizar totalmente podemos ver que más del 60% de ellas tienen por lo menos un 30% de actividades que se podrán automatizar.

Gráfico 2.2.- Potencial de automatización de las profesiones (en %).

Fuente: Elaboración propia a partir de Manyika, Chui, Miremadi, Bughin, George, Willmott y Dewhurst (2017).

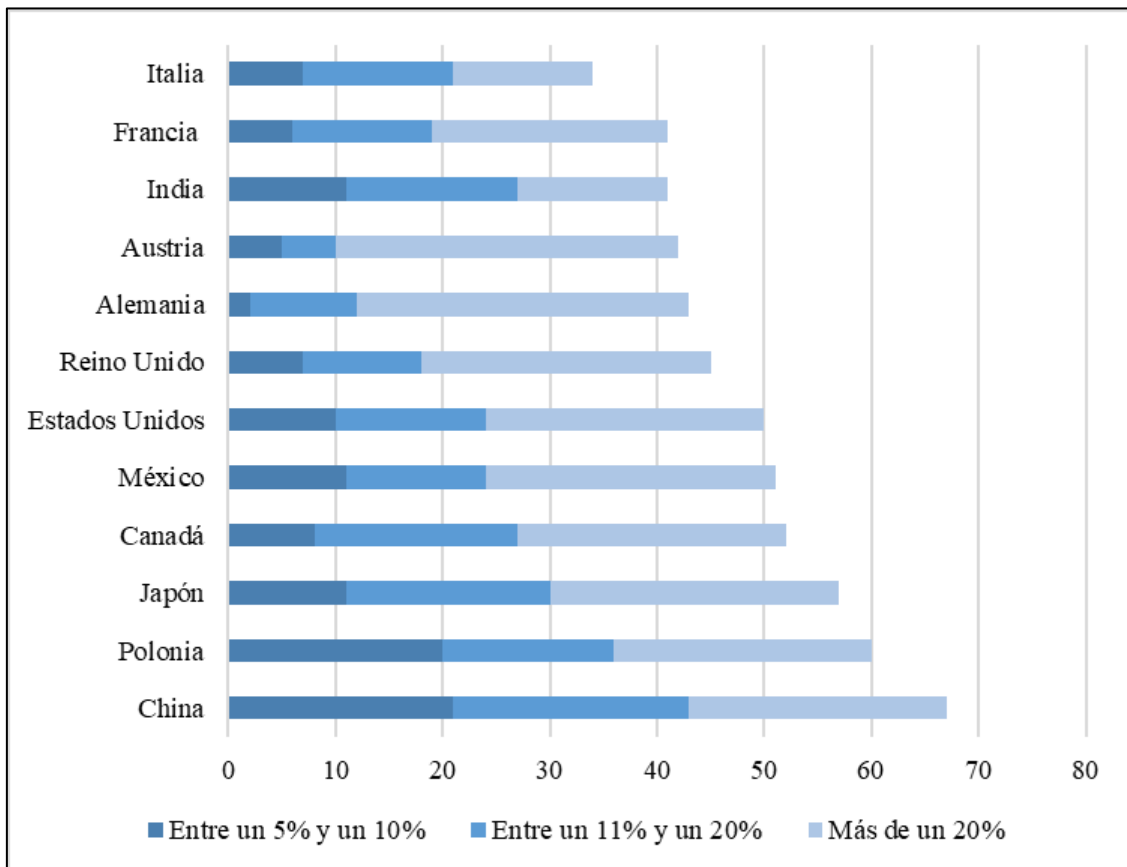
Otro caso de estudio es el realizado por los investigadores Carl Benedikt Frey y Michael A. Osborne (2013) donde pronosticaban que casi la mitad de los trabajadores de Estados Unidos podrían perder su trabajo debido a la automatización.

Son muchos los estudios que analizan el futuro del empleo. Por ejemplo, el realizado por el Banco Mundial que espera que más de un 60% de los puestos de trabajo en los países en vías de desarrollo se automaticen (Ramaphosa y Löfven, 2019). Otro de estos estudios es el realizado por el McKinsey Global Institute que expone que unos 1.100 millones de trabajadores de todo el mundo, más de la mitad en Japón, China, India y Estados Unidos pueden ser sustituidos por máquinas y/o software inteligentes (Manyika, Chui, Miremadi, Bughin, George, Willmott y Dewhurst (2017). Por último, el publicado por el Foro Económico Mundial que expone que las máquinas harán más tareas que los humanos en el año 2025. Sin embargo, la evolución de las máquinas y software podrán crear más de 130 millones de nuevos empleos en los próximos años.

En el Gráfico 2.3 se pueden observar los resultados obtenidos de una encuesta realizada a directores ejecutivos de más de 1300 compañías en todo el mundo. En dicha investigación se concluyó que el 67% de las compañías chinas esperan una reducción en

el número de trabajadores de más del 20% debido a la automatización, al igual que lo esperan el 60% de las compañías polacas y el 57% de las compañías japonesas. Todos ellos países cuyas empresas presentan un mayor riesgo de automatización. Por el contrario, tenemos el caso de Italia con un 34% de compañías que esperan una reducción de plantilla de más del 20%.

Gráfico 2.3.- Porcentaje de compañías que esperan una reducción en su número de empleados por países.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Küpper, Lorenz, Knizek, Kuhlmann, Maue, Lässig y Buchner (2019).

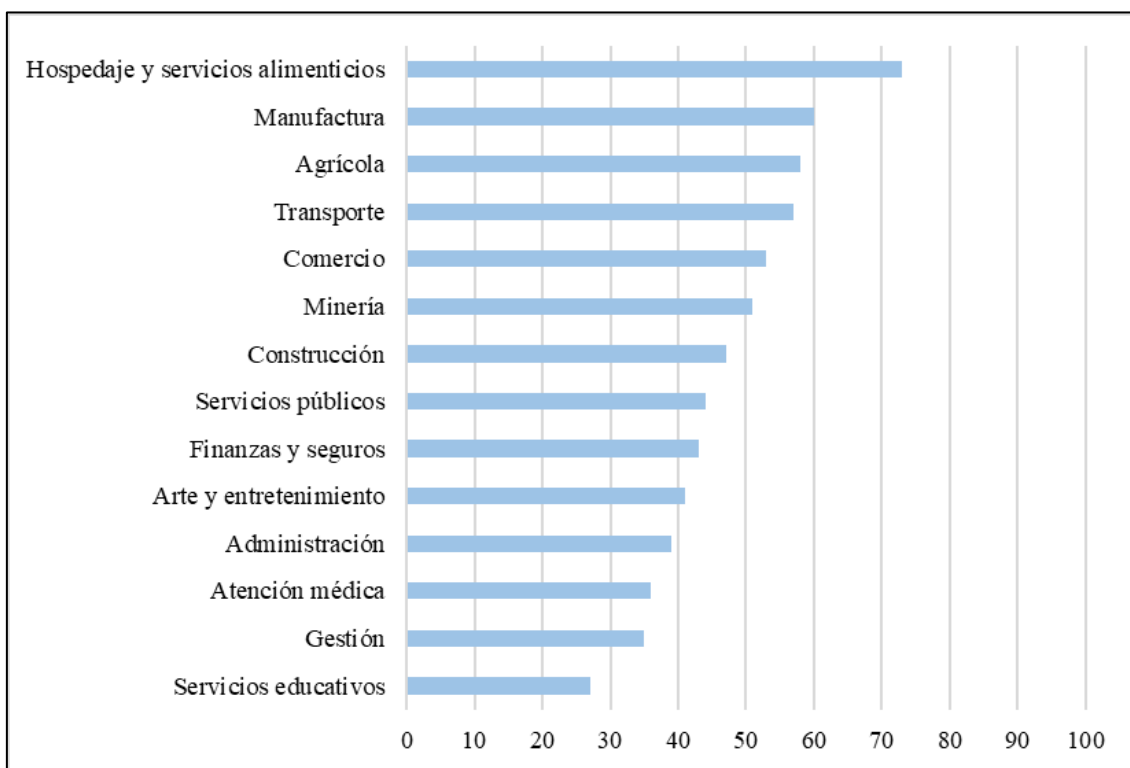
Para solucionar este problema es necesario proporcionar oportunidades de recualificación, fomentar el teletrabajo¹³ y aumentar la protección de los trabajadores. Además, según este informe, el 54% de los empleados de grandes empresas necesitará reciclar y mejorar considerablemente sus capacidades para integrarse y aprovechar las oportunidades de la Industria 4.0. Otro dato interesante del informe señala que el 50% de

¹³ **Teletrabajo:** se refiere al trabajo que realiza una persona para una entidad desde un lugar alejado del centro de trabajo. Normalmente se lleva a cabo desde su propio domicilio.

las empresas prevén que su plantilla se reduzca debido a la automatización, mientras que la otra mitad espera aumentar su número de trabajadores (Cann, 2018).

No hay que olvidar que el futuro del mercado de trabajo variará dependiendo del sector. Por ejemplo, sectores como el minero y la metalurgia tienen bastantes posibilidades de reducir su fuerza laboral mientras que aquellos relacionados con las tecnologías de la información son los que más crecimiento laboral podrían alcanzar. En el Gráfico 2.4, se puede observar la capacidad de automatización que tiene cada uno de los sectores.

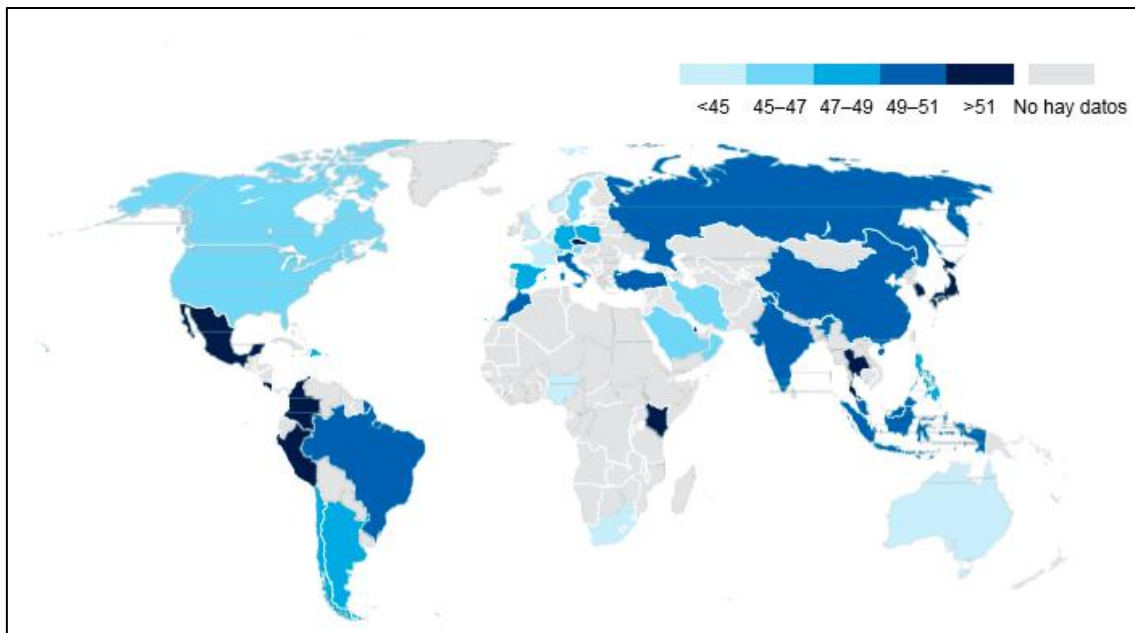
Gráfico 2.4.- Potencial de automatización por sectores (en %).



Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de Manyika et al. (2017).

En la Figura 2.1 se puede observar qué porcentaje de actividades realizadas por humanos se pueden automatizar en cada país. Los países que presentan un mayor porcentaje son: México, Colombia, Honduras y Perú en América, Kenia en el continente africano, Eslovaquia en el caso de Europa y Japón, Corea del Sur y Tailandia en el caso de Asia.

Figura 2.1.- Porcentaje ponderado total de las actividades que se pueden automatizar en cada país.



Fuente: Fortuño (2017).

2.3. IMPACTO EN LA CALIDAD DE VIDA

Por último, hay que destacar cómo afectará la Cuarta Revolución Industrial al día a día de los individuos. Ya se ha comentado que con la llegada de la Industria 4.0 mucho empleo se destruirá, pero gran parte de él serán trabajos consistentes en tareas físicas y repetitivas perjudiciales para la salud de las personas. Además, según Jack Ma ¹⁴ la jornada laboral del futuro será de doce horas debido a los cambios que traerá la robótica y la Inteligencia Artificial (Sánchez, 2019).

Por otro lado, gracias a la robótica, a la Inteligencia Artificial y al Internet de las Cosas los hogares inteligentes serán una realidad. En el futuro, prácticamente todas las tareas cotidianas domésticas estarán automatizadas en nuestro hogar. Esto significa que podremos controlar casi todo de forma remota y sin esfuerzo, suponiendo un aumento del tiempo libre de los individuos que será aún mayor al reducirse la jornada laboral como ya se ha explicado. Además, gracias a los avances en ciberseguridad dispondremos de una mayor seguridad en el hogar y es probable que el gasto energético se reduzca al producirse

¹⁴ **Jack Ma:** empresario chino fundador y presidente de Alibaba Group

mejoras en las fuentes de energía. En definitiva se mejorarán las comodidades dentro del hogar, lo que aumentará nuestra calidad de vida.

Lo mismo podrá ocurrir en las llamadas ciudades inteligentes. Sistemas complejos e interconectados que utilizan la tecnología para gestionar el correcto funcionamiento de servicios como el transporte público, los recursos energéticos, el tejido comercial y la comunicación. Según María Rueda (2017), las ciudades inteligentes serán capaces de detectar las necesidades de los ciudadanos gracias al Internet de las Cosas para posteriormente, aunque se busca llegar a hacerlo en tiempo real, basar sus acciones y gestiones en relación a ello. Actualmente, ciudades como Nueva York, Londres o París trabajan en ello y van por buen camino, exceptuando los niveles de contaminación que no son para nada bajos.

El concepto de ciudad inteligente es muy importante ya que están muy cerca de convertirse en realidad. De hecho, se prevé que para 2030 habrá 10 megaciudades más que a día de hoy y para 2050 el 70% de la población mundial vivirá en ciudades (Vallés, 2019).

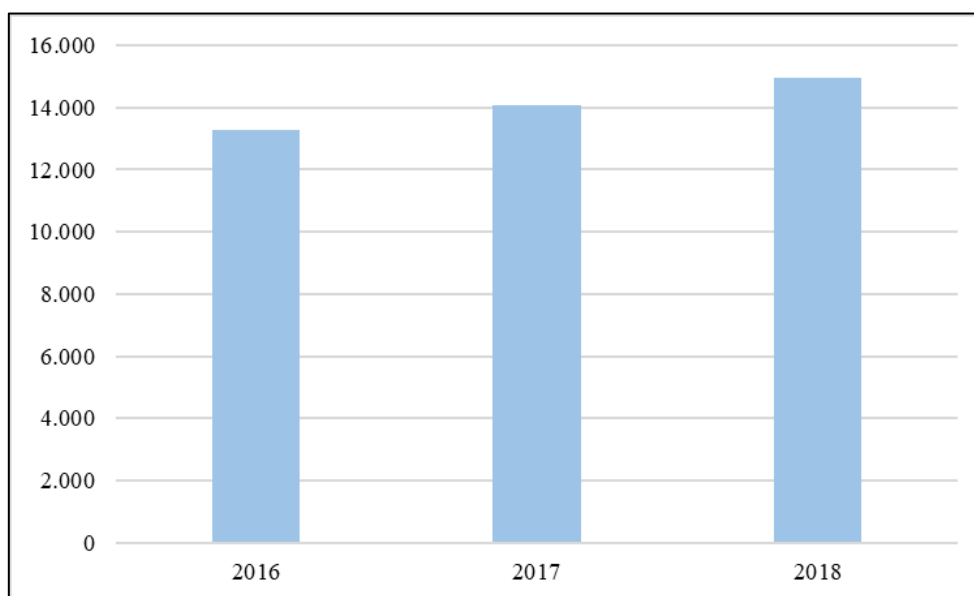
En cuanto a medicina y salud, se espera que se produzcan mejoras drásticas. Para empezar se estima que la esperanza de vida puede aumentar hasta más de los 100 años. Esto será posible, principalmente, gracias al avance de la medicina, la industria farmacéutica y la mejora de los hábitos de vida de las personas (Miller, 2016). Entre los avances en medicina, debemos destacar la medicina regenerativa que, si bien hasta la actualidad ha sido algo inalcanzable, en el futuro se espera que se desarrollen curas y tratamientos contra enfermedades como el cáncer, el alzhéimer o el párkinson que hasta ahora no tienen solución (Rodríguez, 2017). Además, gracias a los avances en ingeniería, robótica y fabricación aditiva se espera poder fabricar réplicas de órganos humanos mediante impresoras 3D y gracias a la realidad aumentada la probabilidad de éxito en intervenciones quirúrgicas de riesgo se elevará (Ojeda, 2018).

3. LA INDUSTRIA 4.0 EN ESPAÑA

La transformación digital es uno de los mayores retos económicos y sociales en nuestro país. Actualmente España es la economía número 14 del mundo, pero en el desarrollo de la digitalización se encuentra en el puesto número 45. Los países que se encuentran a la cabeza del desarrollo de la Cuarta Revolución Industrial son Estados Unidos, Japón, Corea del Sur, Alemania, Reino Unido y Francia debido a que han sabido visualizar el potencial de la digitalización (García, 2019). Una de las razones por las que España no es uno de los países que lidera el proceso de transformación digital es el reducido gasto en I+D que presenta en comparación a otros países vecinos, lo que no quiere decir que esta situación no pueda cambiar (Rosell, 2019).

En el Gráfico 3.1 se puede observar la evolución del gasto en I+D en España entre 2016 y 2018. Durante dicho periodo ha pasado de 13.260 millones de euros a 14.946 millones de euros. Sin embargo, esta cifra apenas representa un 1,2% del PIB mientras que la media europea es de un 2% y la de los países líderes en Europa como Alemania, Francia y Reino Unido es superior al 2,5%.

Gráfico 3.1.- Evolución del gasto en I+D en España entre 2016 y 2018 (en millones de €).



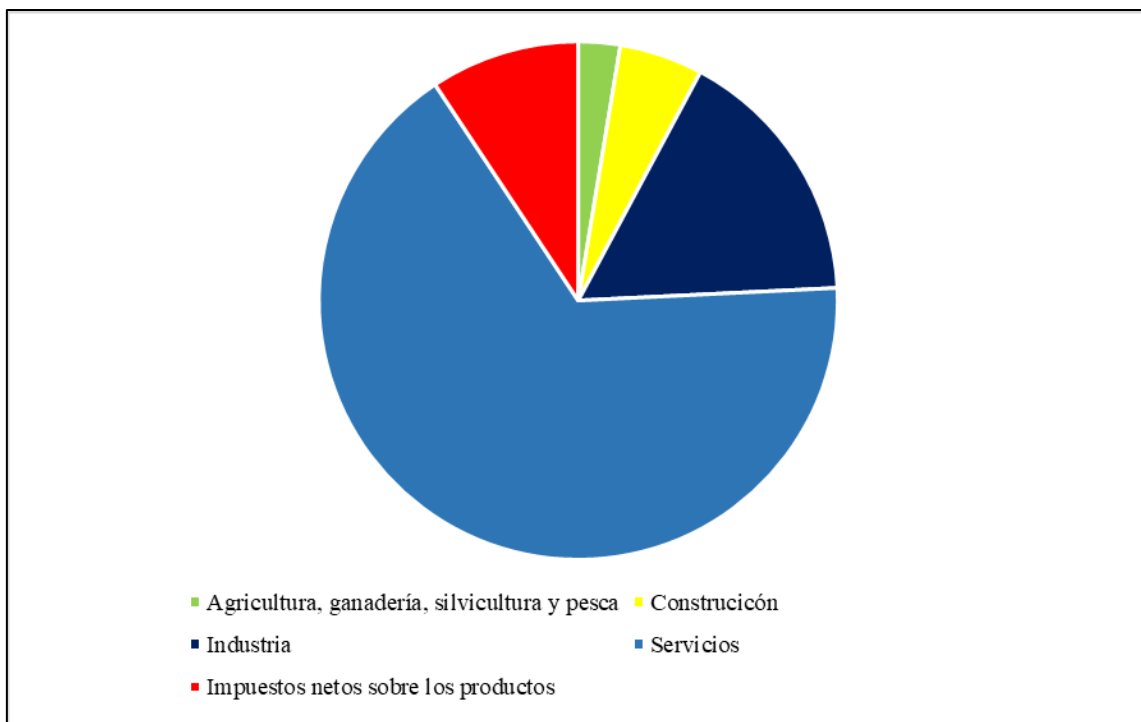
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Estadística (2019).

España no piensa quedarse atrás por lo que es necesario analizar su situación actual respecto a la Cuarta Revolución Industrial y los desafíos que se le presentan de cara al futuro.

3.1. EL FUTURO DE LA INDUSTRIA 4.0 EN ESPAÑA

La industria tiene un gran efecto en la economía debido al impulso que provoca en la innovación y a la cantidad de puestos de trabajo que genera. Sin embargo, España es un país cuya economía se sostiene principalmente por el sector servicios. En el Gráfico 3.2 se puede comprobar que el sector servicios representa un 66,4% del PIB español mientras que la industria apenas alcanza un 16,4%.

Gráfico 3.2.- Producto Interior Bruto a Precios de Mercado por sectores en 2017.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Estadística (2018).

Este porcentaje ha ido disminuyendo a lo largo del tiempo desde que España entró en crisis en el año 2008 y aún está muy lejos de alcanzar el 20% que ha marcado la Unión Europea para 2020 (Magallón, 2019). A pesar de que es el quinto país de la Unión Europea que más ingresos presenta en el sector industrial por detrás de Alemania, Francia, Italia y Reino Unido (Muñoz, 2019), debido en gran parte a que la industria representa el 60% de las exportaciones del país (Garrido, 2017).

Para alcanzar ese 20% es necesario que España participe en la Cuarta Revolución Industrial, la cual proporcionaría los siguientes beneficios para el sector industrial:

- Un aumento del PIB de aproximadamente 35.000 millones de euros para el año 2020, lo que equivaldría a un aumento de un 3,2% del PIB actual (Buisán et al. 2017).
- Creación de 250.000 nuevos empleos para 2020 y 1.250.000 nuevos empleos hasta el año 2022 principalmente en materias relacionadas con la ciencia, la tecnología, las matemáticas y la ingeniería (Randstad Research, 2016).
- Un aumento de 120.000 millones de euros en el valor añadido bruto de los principales sectores industriales de España para el año 2025 (Rosell, 2016).
- Un aumento medio anual de los ingresos de un 2,9% y una reducción media anual en los costes de un 3,6% (PWC, 2016).
- Un aumento de entre un 10% y un 20% en todos los sectores industriales (Buisán et al. 2017).

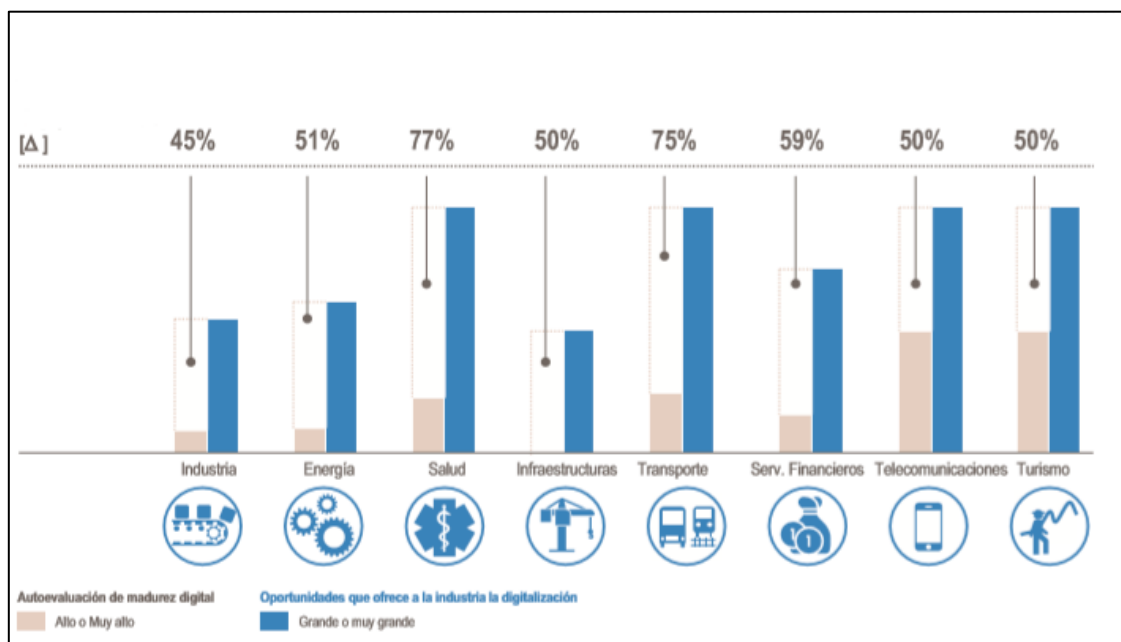
Para ello, el Ministerio de Industria, Energía y Turismo ha creado la iniciativa Industria Conectada 4.0 con el objetivo de garantizar la competitividad de la industria de España en el largo plazo (Cristeto, 2016) a partir de las siguientes medidas (Ballester y Pérez, 2017):

- La incorporación intensiva de tecnología a la industria.
- Las ayudas a la creación de nuevas empresas tecnológicas y el apoyo a las existentes.
- La adecuación y la potenciación del sistema de investigación y desarrollo a partir de colaboraciones entre el sector público, el sector privado, los centros de investigación y los centros tecnológicos.
- La creación de un ecosistema de emprendimiento, la atracción de inversión extranjera y el apoyo y financiación a las pequeñas y medianas empresas en su transformación digital.
- La mejora de las competencias digitales en todos los niveles educativos.

Si todos estos puntos se cumplen, la Industria 4.0 española conseguirá nuevas oportunidades para el sector industrial, pero necesitará un gran esfuerzo por parte de las empresas, de las instituciones y de los trabajadores. Para empezar, hay que analizar cómo de comprometidas están las empresas españolas con la Cuarta Revolución Industrial y en

qué etapa se encuentran. Según el informe realizado por Roland Berger ¹⁵(2016), en la actualidad, prácticamente todas las empresas de España cuentan con acceso a internet y más del 75% poseen su propia página web, pero su desarrollo tecnológico no es muy elevado. Como se puede ver en el Gráfico 3.3 las empresas españolas tienen mucho por delante en relación al desarrollo digital sobre todo las pertenecientes al sector de la salud y al sector de los transportes.

Gráfico 3.3.- Representación de la diferencia entre la madurez digital de las empresas y las oportunidades que proporciona el desarrollo de la digitalización.

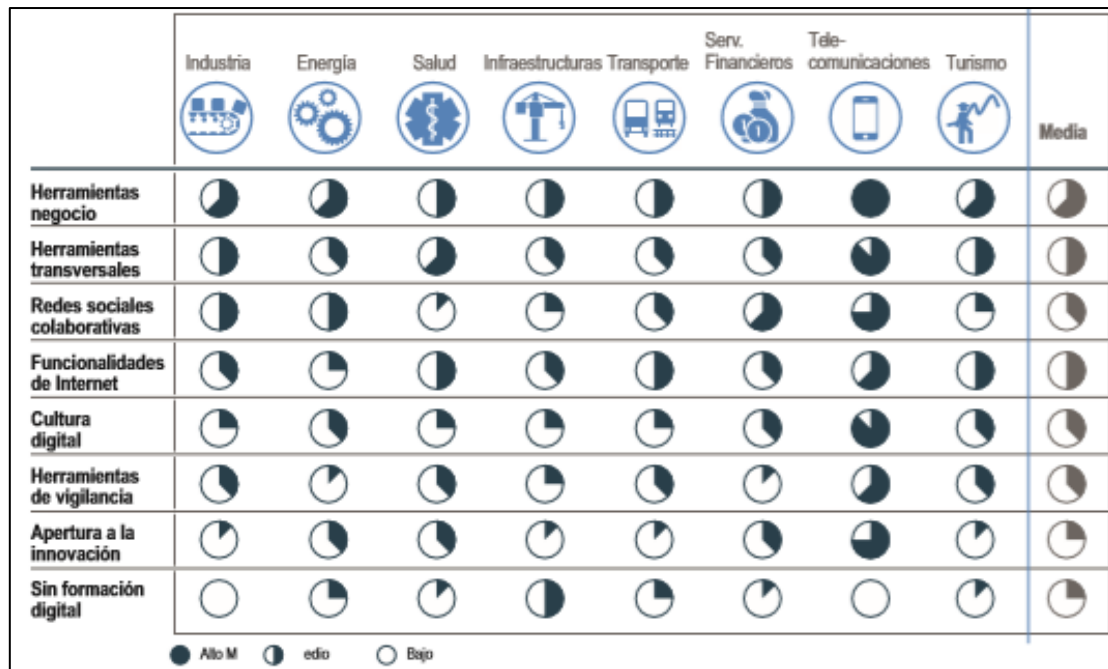


Fuente: Roland Berger (2016).

Para alcanzar el punto máximo de desarrollo, es necesario que las empresas formen a sus empleados ya que un 20% de empresas no han realizado ninguna formación a ningún empleado. Por otro lado, en un 62% de las empresas únicamente se ha formado a un 40% de la plantilla y en el 18% restante la formación es específica de las herramientas que se necesitan para cada puesto de trabajo. Como se puede apreciar en la Figura 3.1 las empresas españolas suelen dedicar sus recursos de formación a actividades relacionadas con las herramientas del negocio y los sectores donde no se proporciona apenas formación son el sector del transporte, el sector de la construcción y el sector energético.

¹⁵ **Roland Berger:** firma de consultoría estratégica que opera a nivel global. Asesora a muchas de las principales corporaciones de todo el mundo, ONGs e instituciones públicas en temas relativos a gestión, estrategia y mejora de resultados.

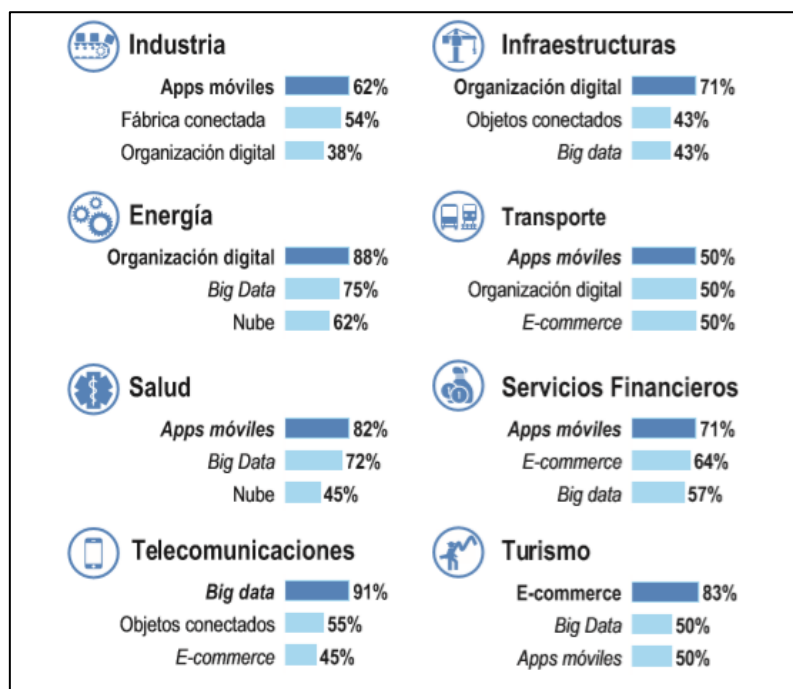
Figura 3.1.- Formación de las empresas españolas a sus empleados.



Fuente: Roland Berger (2016).

En lo que se refiere a la inversión en tecnologías, destacan las aplicaciones móviles, el Big Data y la organización con procesos digitalizados seguidos por las inversiones en la nube y el comercio electrónico. Mientras tanto, la que presenta un menor porcentaje de inversión es la fabricación aditiva como se puede ver en la Figura 3.2.

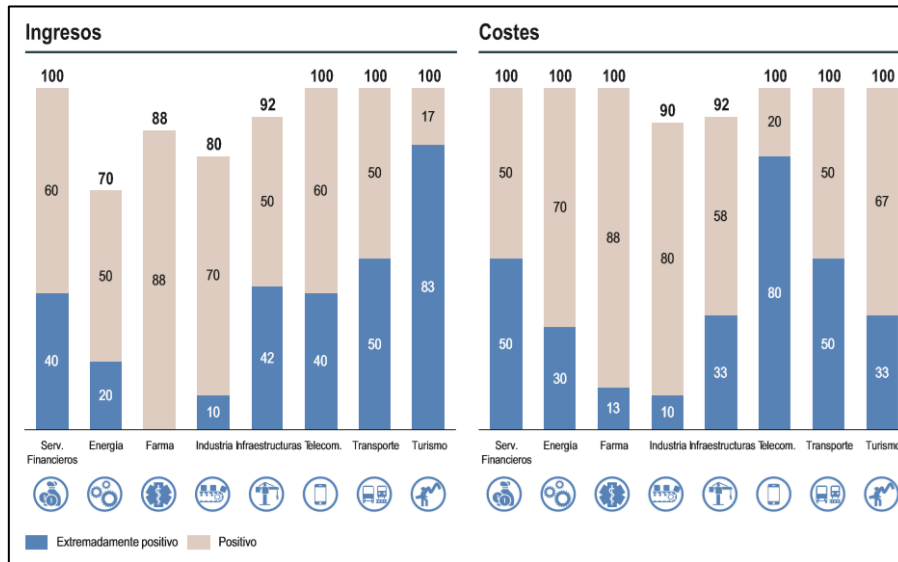
Figura 3.2.- Áreas prioritarias de inversión en nuevas tecnologías por sectores.



Fuente: Roland Berger (2016).

En estos momentos ya se empiezan a visualizar los primeros resultados derivados de dichas inversiones. En el Gráfico 3.4 se puede apreciar que la inversión en la transformación digital ya ha dado resultados, ya que en el estudio las empresas participantes consideraron que dicha inversión supuso un impacto positivo tanto en los ingresos obtenidos como en los costes.

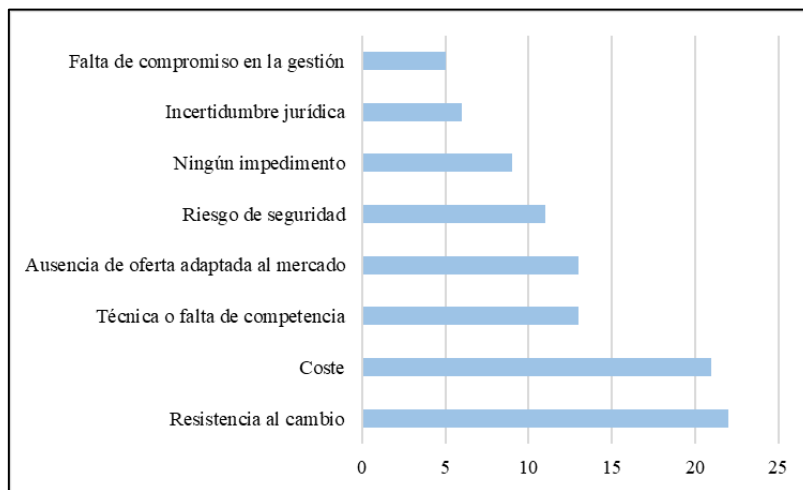
Gráfico 3.4.- Impacto de la transformación digital en ingresos y costes.



Fuente: Roland Berger (2016).

Por último, hay que destacar los principales impedimentos que ven las empresas a la Industria 4.0. Entre los principales obstáculos se encuentran la resistencia al cambio (22%) y el elevado coste que les supone adoptar estas tecnologías (21%), mientras que solo un 9% señaló no tener ningún impedimento (ver Gráfico 3.5).

Gráfico 3.5.- Principales barreras de entrada a la Industria 4.0.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Roland Berger (2016).

3.2. ANÁLISIS DE LA INDUSTRIA 4.0 EN ESPAÑA

Este apartado tiene como objetivo analizar el grado de compromiso de las empresas españolas con la Industria 4.0, estableciendo qué clase de empresas están llevando a cabo una mayor inversión en maquinaria, equipos y hardware o software avanzados destinados a la producción de productos o procesos nuevos o mejorados de manera significativa y qué resultados han conseguido. Para ello se realizará un análisis exhaustivo a partir del Panel de Innovación Tecnológica (PITEC) del año 2013, que es una base de datos que sigue las actividades de innovación tecnológica de las empresas españolas con la colaboración del Instituto Nacional de Estadística (INE) y la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, además de contar con el apoyo de diferentes expertos.

Esta base de datos cuenta con información relativa a un total aproximado de 13.000 organizaciones de todo tipo que han participado en la Encuesta sobre Innovación en las Empresas y en la Encuesta sobre actividades de investigación y desarrollo, agrupando información relevante en materia de innovación. La base de datos almacena información correspondiente al horizonte temporal que transcurre desde el 2003 hasta el 2015. Sin embargo, para este análisis se utilizarán únicamente los datos correspondientes al año 2013 por ser los únicos disponibles sin permiso.

A partir del software estadístico STATA 14 se han analizado las variables más importantes relativas al objeto del estudio, determinando así el tipo de empresa que liderará la Industria 4.0 en España. Dichas variables son las siguientes:

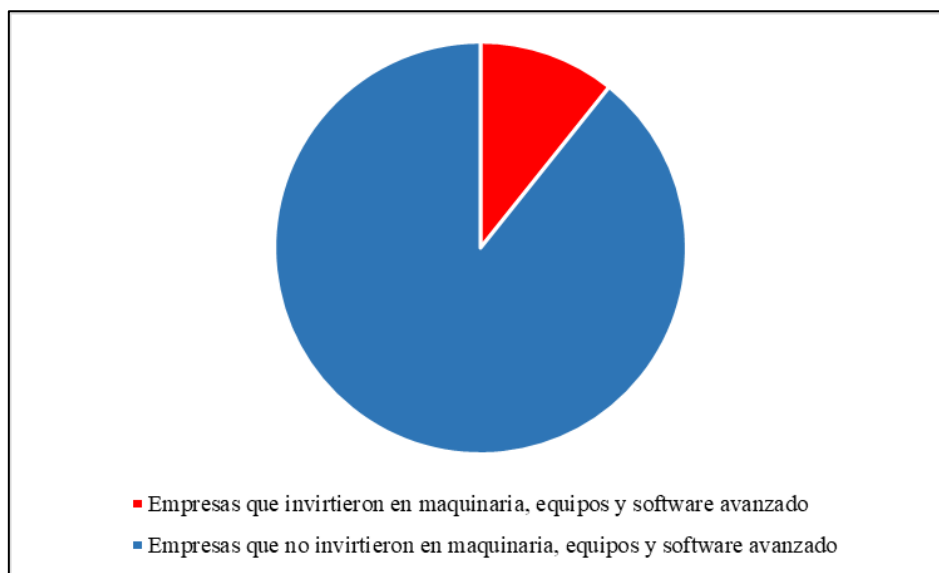
- Tamaño de las empresas (según el número de empleados).
- Edad de las empresas.
- Sector de actividad.
- Localización.
- Clase de empresa.
- Estrategia de investigación y desarrollo (si se produce a nivel interno o a nivel externo),
- Tipos de innovaciones conseguidas (innovaciones en producto o en proceso e innovaciones incrementales o radicales).
- Patentes solicitadas.

3.2.1. Descripción de las empresas

A continuación, en este trabajo se analizan las empresas que contestaron afirmativamente a la pregunta (realizada en la Encuesta sobre Innovación en las Empresas) de si realizaron inversiones en maquinaria, equipos y software avanzado y, que para los efectos de este trabajo se consideran empresas que apuestan por la Industria 4.0

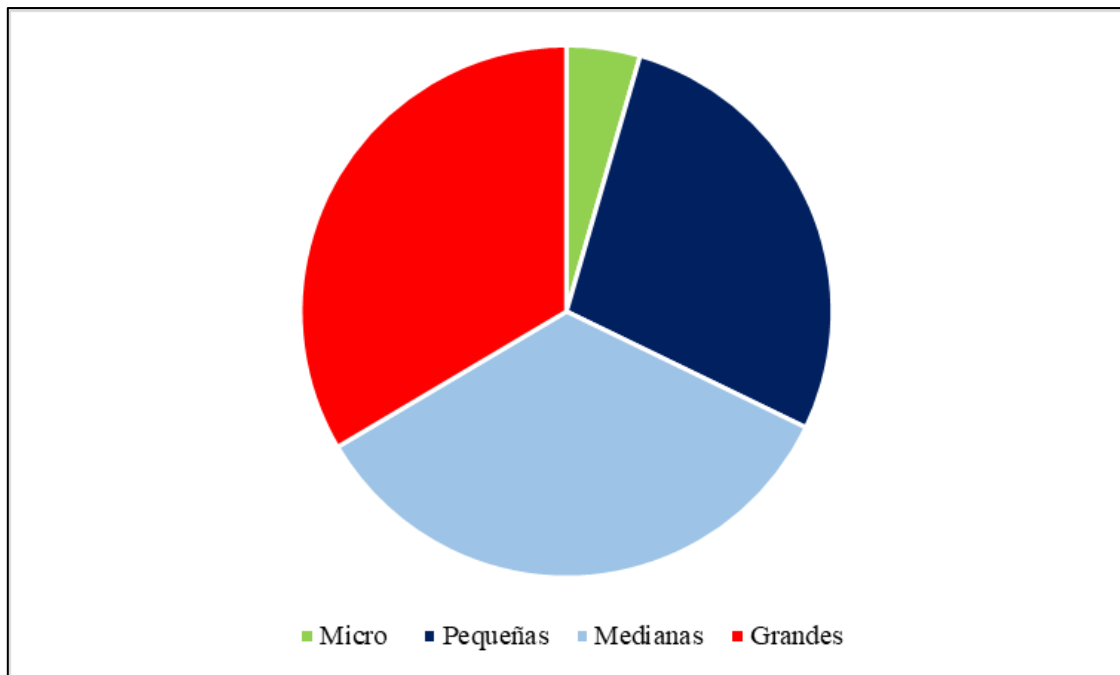
Como se puede ver en el Gráfico 3.6, de las 9.172 empresas participantes en dicha encuesta en el año 2013 únicamente 985 invirtieron en maquinaria, equipos y software avanzado representando apenas un 10,74% del total, por lo que se puede concluir que la tendencia en España no es muy alta.

Gráfico 3.6.- Porcentaje de empresas que invirtieron en maquinaria, equipos y software avanzado.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PITEC (2013).

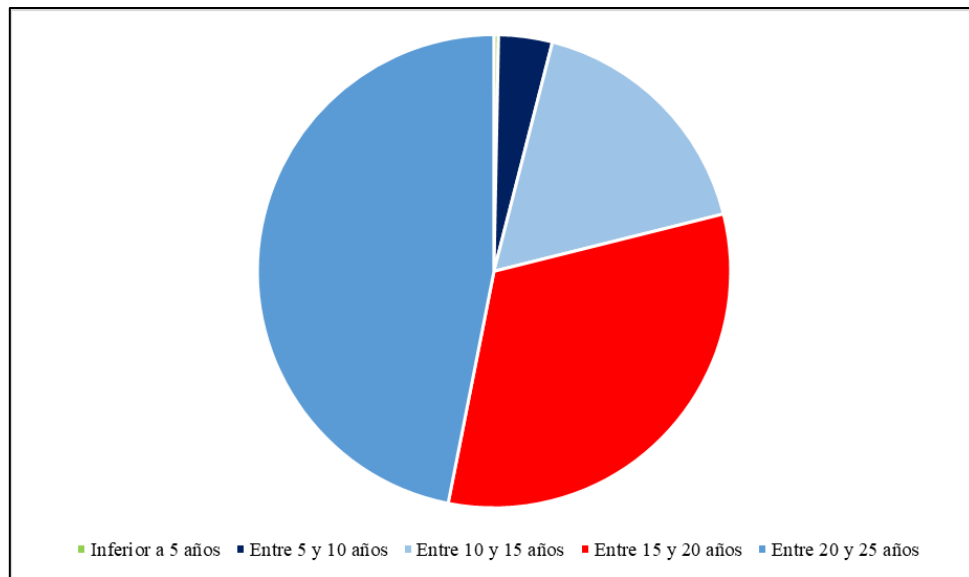
Dentro de las empresas que invierten en la Industria 4.0, un 4,50% son microempresas, un 27,71% son empresas pequeñas, un 34,31% son empresas medianas y un 33,50% son empresas grandes, tal y como se puede apreciar en el Gráfico 3.7. Por lo tanto, podemos concluir que exceptuando a las microempresas, que probablemente debido a su reducido capital no puedan invertir tanto como las empresas de mayor tamaño, no hay una diferencia notable según el tamaño de la empresa. Sin embargo, se observó que conforme aumenta el tamaño mayor es la propensión a invertir en esta materia.

Gráfico 3.7.- Porcentaje de empresas que invirtieron en la Industria 4.0 según tamaño.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PITEC (2013).

Otro de los aspectos importantes que se deben analizar es la edad de la empresa para conocer si las empresas más jóvenes invierten más o menos que las empresas ya consolidadas. En el Gráfico 3.8 se puede apreciar que la propensión a invertir en Industria 4.0 es mayor entre las empresas más antiguas ya que las empresas con una antigüedad entre los 20 y los 25 años suponen un 46,7% de las que invirtieron, las empresas con una antigüedad entre los 15 y 20 años un 31,87%, las empresas con una antigüedad entre los 10 y 15 años un 17,05% y las que tienen 10 años de antigüedad o menos apenas alcanzaron el 5% del total, probablemente debido a la capacidad de inversión y financiación comentada en el párrafo anterior.

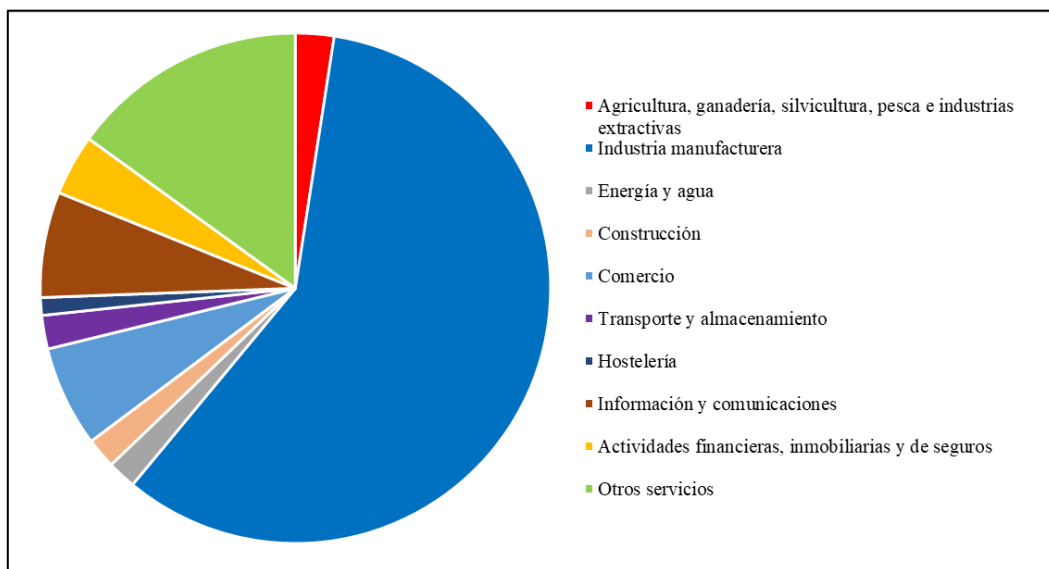
Gráfico 3.8.- Porcentaje de empresas que invirtieron en Industria 4.0 según su antigüedad.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PITEC (2013).

En este estudio también se analizó en qué sectores de la economía se está invirtiendo. Como se puede apreciar en el Gráfico 3.9, predominan empresas de la industria manufacturera con un 58,58% de participación y de otros servicios (educación, entretenimiento y sanidad principalmente) con un 15,03%. A estos dos sectores, le siguen el sector de la información y las comunicaciones con un 6,70% y el comercio con un 6,40%. El resto de sectores tuvo una participación ínfima.

Gráfico 3.9.- Porcentaje de empresas que invirtieron en industria 4.0 según la estructura de la propiedad.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PITEC (2013).

En cuanto al tipo de organización que suele realizar inversiones en Industria 4.0 se puede concluir que la mayoría de las organizaciones fueron de carácter privado representando un 95% del total (ver Gráfico 3.10). Mientras que las organizaciones públicas también llevaron a cabo inversiones de este tipo, pero en un porcentaje mucho menor. Dentro del ámbito privado podemos observar que las empresas con mayor inversión fueron exclusivamente nacionales con un 71,58 % del total de la muestra, seguidas de aquellas cuya participación extranjera es superior al 50% con un 17,87% de participación.

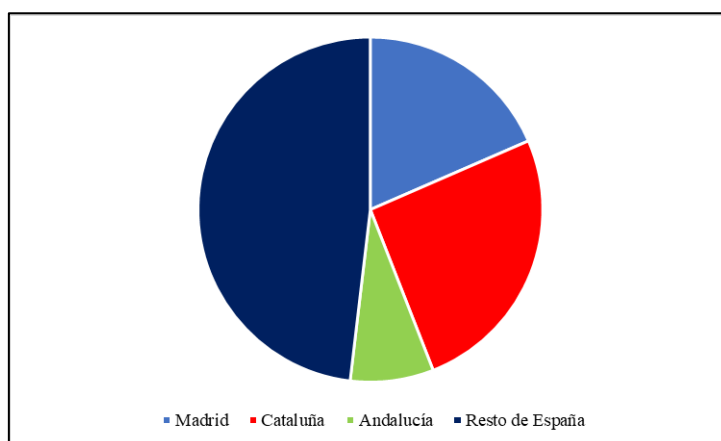
Gráfico 3.10.- Porcentaje de empresas que invirtieron en Industria 4.0 según su actividad.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PITEC (2013).

Por último, hay que añadir dónde se ubican principalmente estas organizaciones. Como era de esperar, un gran porcentaje se sitúa en Cataluña con un 25,58% y Madrid con un 18,48%, seguidas por Andalucía con un 7,82%, tal y como se puede observar en el Gráfico 3.11.

Gráfico 3.11.- Porcentaje de empresas que invirtieron en Industria 4.0 según su localización.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PITEC (2013).

3.2.2. Estrategia de I+D

A continuación, se va a analizar la estrategia de I+D que siguen las empresas que invirtieron en Industria 4.0. Concretamente se analiza el desarrollo interno (o I+D interna), lo que supondría una ventaja competitiva para cualquier empresa o la adquisición externa (o I+D externa) donde no se conseguiría esa ventaja competitiva al estar disponible para el resto de competidores.

Para empezar, se observó que las empresas que invirtieron en Industria 4.0 destinaron una media de un 4,5% de su gasto total a innovación y en actividades de I+D. Como se puede observar en el Gráfico 3.12, aproximadamente un 64% lo hacen de forma interna mientras que un 36% realizan esta inversión de forma externa, por lo que podemos concluir que la mayoría de empresas piensa que la Industria 4.0 puede suponer una ventaja competitiva para ellas en un futuro.

Gráfico 3.12.- Gasto interno y externo en I+D de las empresas que invirtieron en Industria 4.0 (en %).



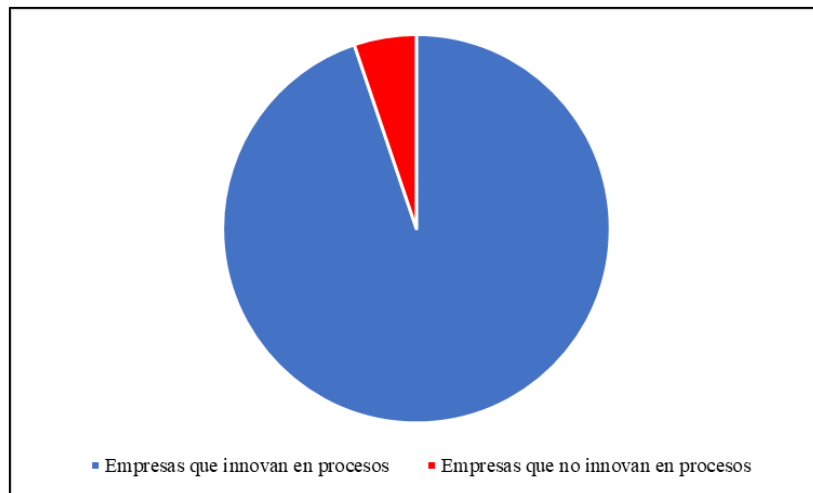
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PITEC (2013).

3.2.3. Resultados del proceso

Para finalizar el estudio, se van a analizar los resultados de innovación que han obtenido las empresas que apostaron por la Industria 4.0. Para ello, primero es necesario ver qué tipo de innovaciones se consiguieron, si se trató de innovaciones en los productos o en los procesos o si fueron innovaciones incrementales o radicales.

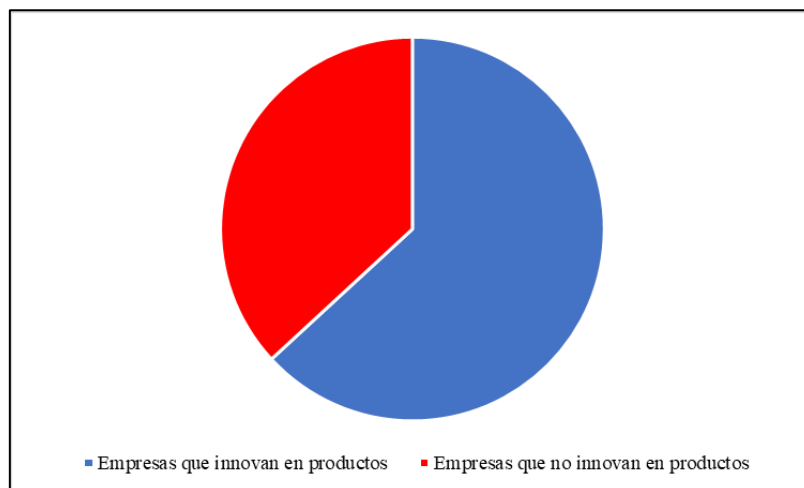
Como se puede observar en el Gráfico 3.13, de las empresas que invirtieron en Industria 4.0, un 94,80% decidió invertir en procesos y, como se puede apreciar en el Gráfico 3.14, un 63,14% decidió invertir en productos por lo que se puede decir que el objetivo principal es invertir en los procesos de las propias empresas para aumentar la eficiencia de estas.

Gráfico 3.13.- Porcentaje de empresas que innovaron en procesos.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PITEC (2013).

Gráfico 3.14.- Porcentaje de empresas que innovan en productos

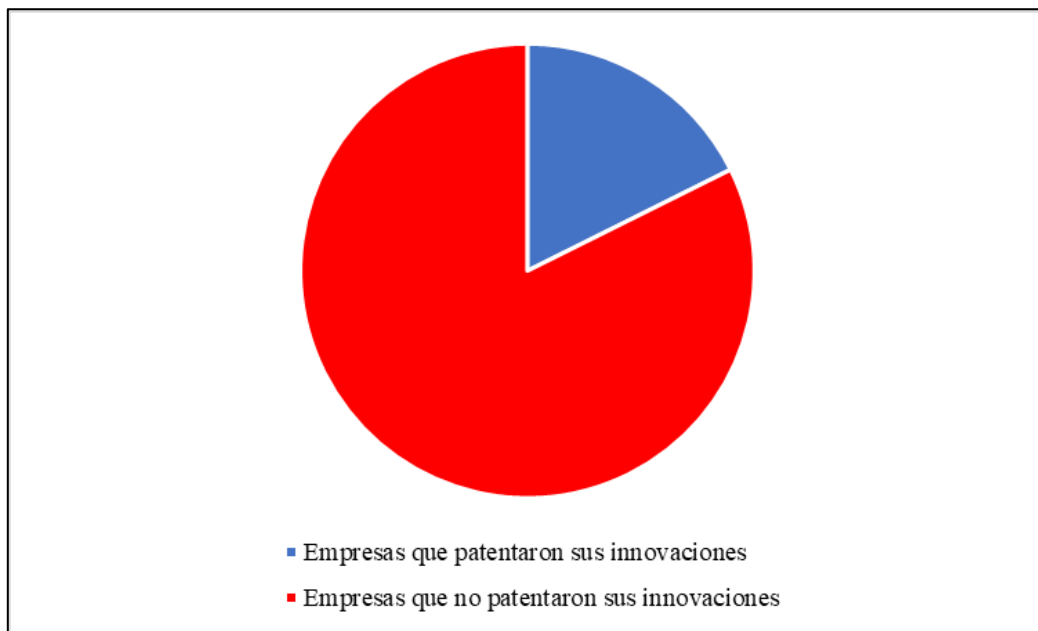


Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PITEC (2013)

Como resultado, del total de las ventas de las empresas que invirtieron en Industria 4.0, un 14% fueron de productos nuevos sólo para la empresa, mientras que un 9% fueron de productos nuevos para el mercado, por lo que se puede concluir que las innovaciones que se están produciendo son de carácter incremental principalmente.

Para terminar, cabe destacar que únicamente un 17,65% de las empresas que consiguieron innovaciones las terminaron patentando como se puede ver en el Gráfico 3.15.

Gráfico 3.15.- Porcentaje de empresas que patentan sus innovaciones



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PITEC (2013)

4. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones que se han obtenido al realizar este Trabajo de Fin de Grado sobre la Industria 4.0 son las siguientes:

En primer lugar se ha concluido que se trata de un proceso que actualmente se encuentra en sus inicios y que su objetivo principal consiste en digitalizar los procesos industriales. Para ello se apoyará en diversas tecnologías como la robótica, el Big Data y la Inteligencia Artificial, entre otras.

En cuanto al impacto que va a tener en el mundo, se espera que afecte de forma positiva tanto al crecimiento económico mundial como a la calidad de vida de las personas. En relación al mercado laboral, se espera que sufra un cambio drástico ya que debido a la automatización de los procesos muchos puestos de trabajo se destruirán. Sin embargo, se crearán otros nuevos enfocados al manejo de tecnologías relativas a la Industria 4.0.

Se trata de un fenómeno muy importante ya que las tecnologías que componen la Industria 4.0 están cada vez más presentes en las empresas y sus respectivos mercados están creciendo a un ritmo muy avanzado, destacando principalmente el del Big Data, la inteligencia artificial y la fabricación aditiva, que se espera que superasen los 100 billones de dólares en los próximos años.

Por último, se ha realizado un estudio sobre la Industria 4.0 en España del que se ha concluido que el perfil de las empresas españolas que invierten en Industria 4.0 es el de una empresa de gran tamaño y con una antigüedad superior a los 20 años, al ser las que más disponen de recursos para hacerlo. También se ha concluido que suelen pertenecer al sector manufacturero, son empresas privadas sin participación extranjera y suelen estar situadas en las Comunidades Autónomas de Madrid y Cataluña.

Por otro lado, se ha concluido que el gasto en I+D se suele realizar de forma interna, lo que permite a las empresas conseguir ventajas competitivas al no estar disponibles las innovaciones en el mercado previamente. Debido a esto, deciden soportar un gasto mucho mayor que si lo decidieran realizar de forma externa.

En cuanto a los resultados del proceso innovador, las empresas que apuestan por la Industria 4.0 generalmente hacen innovaciones en procesos, las cuales suelen ser de carácter incremental en su mayoría.

Para terminar, apenas un 17% de las empresas decidieron patentar sus innovaciones.

5. BIBLIOGRAFÍA

- AECOC. (2019). La maduración de la fabricación aditiva: aplicaciones de la vida real. Recuperado de: <https://www.aecoc.es/innovation-hub-noticias/la-maduracion-de-la-fabricacion-aditiva-aplicaciones-de-la-vida-real/>
- Alvar, J. (2017). Digitalización y mercados de exportación. *ICE, Revista De Economía*, 1(898), pp.35-46.
- Alzaga, A. y Larreina, J. (2017). ¿Qué es la industria 4.0? *Industria química*, 1(44), pp.44-46.
- Arrieta, E. (8 de octubre de 2017). Diez empresas que lideran la Industria 4.0. *Expansión*. Recuperado de: <https://www.expansion.com/economia-digital/innovacion/2017/11/08/59f8a85922601d1b458b4618.html>
- Asociación de Profesionales para la Competitividad del Mecanizado. (2019). La Industria 4.0 y sus orígenes. Recuperado de: <https://aspromec.org/la-industria-4-0-y-sus-origenes/>
- Ballester, F. y Pérez, M. (2017). El papel del Estado ante la digitalización de la economía. Estrategia digital y políticas públicas. *ICE, Revista De Economía*, 1(898), pp.113-129.
- Bayram, B e Ince, G. (2018). Advances in Robotics in the Era of Industry 4.0. En T, Pham (eds.), *Industry 4.0: Managing The Digital Transformation* (pp.187-200). Estambul: Springer
- Beyca, O., Hacenrliogullari, G. y Yazici, I. (2018). Additive Manufacturing Technologies and Applications. En T, Pham (eds.), *Industry 4.0: Managing The Digital Transformation* (pp.217-234). Estambul. Springer.
- Bilbao, M y Lanza, R. (2009). *Historia económica*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- BSI. (2019). Cybersecurity. Recuperado de: <https://www.bsigroup.com/en-GB/Cyber-Security/>
- Buisán, M y Valdés, F. (2017). La industria conectada 4.0. *ICE, Revista De Economía*, 1(898), pp.89-100.

- Cameron, R. (1972). *Francia y el desarrollo económico de Europa, 1800-1914*. Madrid: Tecnos.
- Cann, O. (2018). *Las máquinas harán más tareas que los humanos para 2025, pero aun así la revolución robótica creará 58 millones de nuevos empleos en los próximos cinco años* (Informe final de Industrie 4.0 World Economic Forum). Recuperado de: <https://www.weforum.org/press/2018/09/machines-will-do-more-tasks-than-humans-by-2025-but-robot-revolution-will-still-create-58-million-net-new-jobs-in-next-five-years/>
- Cepas, I. (2014). ¿Están las empresas españolas preparadas para la Fábrica del Futuro? *Revista APD: Asociación para el Progreso de la Dirección*, 1(301), pp.24-33.
- Cevik, S., Ustundag, A., Kadaifci., Ç y Oztaysi., B. (2018). The Changin Role of Engineering Education in Industry 4.0 Era. En T, Pham. (eds.), *Industry 4.0: Managing The Digital Transformation* (pp.137-154). Estambul. Springer.
- Cordero, C. (7 de enero de 2017). Conectados: ¿Podría un robot hacer su trabajo? *El financiero*. Recuperado de: <https://www.elfinancierocr.com/tecnologia/conectados-podria-un-robot-hacer-su-trabajo/SGJ6QKIVW5DQLOCBMNZCJQLY3I/story/>
- Crafts, N. (1986). *British Economic Growth during the Industrial Revolution*. New York: Oxford University Press.
- Cristeto, B. (2016). La Industria 4.0 en España. *AENOR. Revista de la normalización y la certificación*, 1(311), pp.1-15.
- Crnjac, M, Veža,, I y Banduka, N. (2017). From concept to the introduction of industry 4.0. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 1(8), pp.21-30.
- ENAE. (2010). Ventajas y desventajas del Cloud Computing. Recuperado de: <https://www.enaes.es/blog/ventajas-y-desventajas-del-cloud-computing?action#graf>
- Escudero, A. (1997). *La revolución industrial: una nueva era*. España: Anaya
- Fortuño, M. (2017). *La automatización de la economía ¿un peligro o una oportunidad?* (Informe final de Industrie 4.0 World Economic Forum). Recuperado de:

<https://es.weforum.org/agenda/2017/06/la-automatizacion-de-la-economia-un-peligro-o-una-oportunidad/>

Frey, C. y Osborne, M. (2013). The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation? *Oxford Martin Programme on Technology and Employment*, 1(114), pp-254-280.

García, G. (2018). ¿Cómo dirigir la revolución tecnológica hacia una sociedad más sostenible y próspera? Máquinas, robots y economía circular. *Telos*, 1 (108), pp.100-105.

García, R. (2016). *España 4.0: El reto de la transformación digital de la economía*. (Informe final de Roland Berger). Recuperado de:
https://www.divisadero.es/wp-content/uploads/transformacion_digital_economia_SIEMENS_DIVISADERO.pdf

Garrido, H. (15 de mayo de 2017). España revive por los servicios, el único sector que recupera el empleo y PIB perdido en la crisis. *20 minutos*. Recuperado de:
<https://www.20minutos.es/noticia/3033212/0/espana-sector-servicios-base-recuperacion/>

Gerbert, P., Lorenz, M., Rüßmann, M., Waldner, M., Justus, J., Engel, P. y Harnisch, M. (2015). *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. (Informe final de Boston Consulting Group). Recuperado de:
https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx

Granell, F. (2016). Los retos de la Cuarta Revolución Industrial. En R. Poch (eds.) *Perspectivas económicas frente al cambio social, financiero y empresarial* (pp.57-74). Barcelona: Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras.

Gurmai Z, Wijkman A, Prodi V, Guidoni U y Turmes C. (2007). *Written declaration on establishing a green hydrogen economy and a third industrial revolution in Europe through a partnership with committed regions and cities, SMEs and civil society organisations*. (Informe final del Parlamento Europeo). Recuperado de:
http://www.europarl.europa.eu/meps/en/28370/VITTORIO_PRODI/all-activities/written-declarations/6

- Iberdrola. (2019). Realidad Aumentada: el mundo real con otros ojos. Recuperado de:
<https://www.iberdrola.com/innovacion/que-es-realidad-aumentada>
- IBM. (2019). Cloud Computing: guía completa. Recuperado de:
<https://www.ibm.com/es-es/cloud/learn/cloud-computing>
- INE. (2019). *España en cifras 2018*. Madrid: INE
- INE. (2019). Gasto en I+D. Recuperado de:
https://www.ine.es/prensa/imasd_prensa.htm
- Instituto Europeo de Posgrado. (2019). ¿Qué es el Big Data? Ventajas y desventajas. Recuperado de: <https://www.iep.edu.es/big-data-ventajas-desventajas/>
- José Bielza (2017). Industria 4.0: evolución y estándares. *Automática e instrumentación*, 1(491), pp.46-53.
- Joyanes, L. (2017). *La Industria 4.0: La Cuarta Revolución Industrial*. México: Alfaomegare
- Kagermann, H., Wolfgang, W. y Helbig, J. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0 – Securing the Future of German Manufacturing Industry* (Informe final de Industrie 4.0 Working Group). Acatech -- National academy of Science and Engineering. Recuperado de: <https://www.din.de/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf>
- Knight, W. (18 septiembre, 2012). This robot could transform manufacturing. *MIT Technology Review*. Recuperado de:
<https://www.technologyreview.com/s/429248/this-robot-could-transform-manufacturing/>
- Küpper, D., Lorenz, M., Knizek, C., Kuhlmann, K., Maue, A., Lässig, R y Buchner, T. (2019). *Advanced Robotics in the Factory of the Future*. (Informe Final de Boston Consulting Group.) Recuperado de: <https://www.bcg.com/de-de/publications/2019/advanced-robotics-factory-future.aspx>
- Libelium. (2019). Top 50 Sensor Applications for a Smarter World. Recuperado de:
http://www.libelium.com/resources/top_50_iot_sensor_applications_ranking/

- Llopis, E., Hernández, M. y Comín., F. (2005). *Historia económica mundial: siglos X-XX*. Madrid: Crítica
- Longás, H. (17 de octubre de 2014). Las tres revoluciones industriales. *El país*. Recuperado de:
https://elpais.com/elpais/2014/10/17/media/1413577081_550723.html
- Magallón, E. (9 de octubre de 2019). La industria pierde peso en la economía española y se aleja de Europa. *La Vanguardia*. Recuperado de:
<https://www.lavanguardia.com/economia/20191009/47877615911/industria-espana-objetivos-ue-inversion.html>
- Manyika, J., Chui, M., Brown, B., Bughin, J., Dobbs, R., Roxburgh, C. y Byers, A. (2011). *Big data: The next frontier for innovation, competition and productivity*. (Informe final de McKinsey Global Institute). Recuperado de:
https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Digital/Our%20Insights/Big%20data%20The%20next%20frontier%20for%20innovation/MGI_big_data_full_report.ashx
- Manyika, J., Chui, M., Miremadi, M., Bughin, J., George, K., Willmot, P. y Dewhurst, M. (2017). *Un futuro que funciona: automatización, empleo y productividad*. (Informe final de McKinsey Global Institute). Recuperado de:
<https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/digital%20disruption/harnessing%20automation%20for%20a%20future%20that%20works/a-future-that-works-executive-summary-spanish-mgi-march-24-2017.ashx>
- Michaels, G. y Graetz, G. (2015). Robots at work: the impact on productivity and Jobs. *CentrePiece-The Magazine for Economic Performance*, 1(447), pp.13-15.
- Miller, N. (31 de octubre de 2016). Will your child's life expectancy reach 150 in the future? *The Telegraph*. Recuperado de:
<https://www.telegraph.co.uk/wellbeing/future-health/life-expectancy-future/>
- Muñoz, R. (8 de octubre de 2019). El sector industrial sigue perdiendo peso y ya solo representa el 16% del PIB. *El País*. Recuperado de:
https://elpais.com/economia/2019/10/08/actualidad/1570530389_063818.html

- Ojeda, D. (27 de noviembre de 2018). Las tecnologías detrás de la medicina del futuro. *El Espectador*. Recuperado de: <https://www.elespectador.com/tecnologia/las-tecnologias-detras-de-la-medicina-del-futuro-articulo-826051>
- OneRP. (2019). 7 Beneficios del Big Data para nuestra empresa. Recuperado de: <https://onerp.es/beneficios-big-data-empresa/>
- Ontiveros, E. y Vizcaíno, D. (2017). La digitalización de la economía española. *ICE, Revista De Economía*, 1(898), pp.9-22
- Panel de Innovación Tecnológica. (2013). *Informe PITEC 2013*. Madrid: ICONO.
- Paradigma Digital. (2018). From Lambda to Kappa: evolution of Big Data architectures. Recuperado de: <https://en.paradigmadigital.com/dev/from-lambda-to-kappa-evolution-of-big-data-architectures/>
- Paredes, J. (2019). Las 5 principales tendencias en automatización industrial en 2019. Recuperado de: https://www.rockwellautomation.com/es_ES/news/blog/detail.page?pagetitle=5-tendencias-en-automatizaci%25C3%25B3n-industrial-para-2019-%257C-Blog&content_type=blog&docid=553bc654541bb8a178e3fa8182bd7415
- Patiño, J. (2019). La Cuarta Revolución Industrial. *Ingenierías USBmed*, 1(10), pp.1. Recuperado de: <https://revistas.usb.edu.co/index.php/ingUSBmed>
- PowerData. (2019). Big Data: ¿En qué consiste? Su importancia, desafíos y gobernabilidad. Recuperado de: <https://www.powerdata.es/big-data>
- PWC. (2016). Industry 4.0: Building the digital enterprise. Recuperado de: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>
- Ramaphosa, C. y Löfven, S. (2019). *Trabajar para un futuro más prometedor*. Ginebra: OIT.
- Randstad Research. (2016). La digitalización: ¿crea o destruye empleo? Recuperado de: <https://research.randstad.es/la-digitalizacion-crea-o-destruye-empleos/>
- Renjen, P. (2018). Industry 4.0: Are you ready? *.Deloitte Review*. 1(22), pp.10-11. Recuperado de: https://www2.deloitte.com › issue-22 › DI_Deloitte-Review-22

- Robot Worx. (2019). Benefits of using robotics. Recuperado de:
<https://www.robots.com/articles/benefits-of-using-robotics>
- Rodríguez, N. (2017). La medicina regenerativa: la cura del futuro. Recuperado de:
<https://www.elsevier.com/es-es/connect/ciencia/la-medicina-regenerativa-la-cura-del-futuro-alzheimer-parkinson-cancer>
- Roig, C. (2017). Industria 4.0: La cuarta (re) evolución industrial. *Harvard Deusto business review*, 1(266), pp.64-70.
- Roland Berger. (2016). España 4.0: El reto de la transformación digital de la economía. Recuperado de: https://www.divisadero.es/wp-content/uploads/transformacion_digital_economia_SIEMENS_DIVISADERO.pdf
- Rosell, J. (2016). España 4.0: El reto de la transformación digital de la economía. (Informe final de Roland Berger). Recuperado de:
https://www.divisadero.es/wp-content/uploads/transformacion_digital_economia_SIEMENS_DIVISADERO.pdf
- Rubio, M. (2016). El despegue de la robótica industrial. *Técnica industrial*, 1(313), pp.4-5.
- Rueda, M. (2017). ¿Qué son las Smart Cities? Recuperado de:
<https://www.bbva.com/es/las-smart-cities/>
- Sánchez, F. (3 de septiembre de 2019). La jornada laboral que tendremos en el futuro, según Jack Ma, y será muy corta. *El Confidencial*. Recuperado de:
https://www.elconfidencial.com/alma-corazon-vida/2019-09-03/jack-ma-futuro-trabajo-elon-musk_2205763/
- SAS Institute. (2019). Big Data: Qué es y por qué es importante. Recuperado de:
https://www.sas.com/es_es/insights/big-data/what-is-big-data.html
- Schwab, K. (2016). *The fourth industrial revolution*. Ginebra, Suiza: World Economic Forum.
- Statista. (2019). Additive manufacturing. Recuperado de:
<https://www.statista.com/study/21960/additive-manufacturing-statista-dossier/>

- Statista. (2019). Artificial Intelligence (AI). Recuperado de:
<https://www.statista.com/study/38609/artificial-intelligence-ai-statista-dossier/>
- Statista. (2019). Augmented reality (AR). Recuperado de:
<https://www.statista.com/study/38227/augmented-reality-ar-statista-dossier/>
- Statista. (2019). Big Data. Recuperado de: <https://es.statista.com/estudio/38749/big-data/>
- Statista. (2019). Internet of Things (IoT) connected devices installed base worldwide from 2015 to 2025 (in billions). Recuperado de:
<https://www.statista.com/statistics/471264/iot-number-of-connected-devices-worldwide/>
- Statista. (2019). IT Security. Recuperado de:
<https://www.statista.com/study/15503/information-security-statista-dossier/>
- Statista. (2019). Robotics: a Statista dossierplus on the global robotics market and application áreas. Recuperado de: <https://www.statista.com/study/64326/robotics/>
- Stolterman, E y Croon, A. (2004). *Information systems research: relevant theory and informed practice*. Manchester: Kluwe Academic Publishers.
- Tapia, V. (2014). Industria 4.0 – Internet de las cosas. Recuperado de:
<http://investigacion.utc.edu.ec/revistasutc/index.php/utciencia/article/download/6/7>
- Tassel, L. (2019). *Why Strive for Industry 4.0*. (Informe final de World Economic Forum). Recuperado de: <https://www.weforum.org/agenda/2019/01/why-companies-should-strive-for-industry-4-0/>
- Tomás Iriondo. (2014). La fábrica del futuro. *Asociación para el Progreso de la Dirección*, 1(301), pp.30-31.
- Tornabell, R. (2015). Indústria 4.0: Quin impacte té en la producció i l'ocupació? *La revista del foment*, 1(2146), pp. 38-41.
- UIT. (2008). Seguridad en el ciberespacio. Recuperado de:
https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-X.1205-200804-I!!PDF-S&type=items

Universal Robots. (2019). Los Cobots UR aportan valor añadido en infinitas industrias.

Recuperado de: <https://www.universal-robots.com/es/industrias/>

Universidad Internacional de Valencia. (2019). Fabricación aditiva: qué es, proceso y usos. Recuperado de: <https://www.universidadviu.es/fabricacion-aditiva-que-es-proceso-y-usos/>

Val Román, J. (2016). Industria 4.0: la transformación digital de la industria.

Recuperado de: <http://coddii.org/wp-content/uploads/2016/10/Informe-CODDII-Industria-4.0.pdf>

Vallés, R. (17 de junio de 2019). ¿Cómo será vivir en las ciudades del futuro? *La Vanguardia*. Recuperado de:

<https://www.lavanguardia.com/natural/20190617/462678309648/vivir-ciudades-futuro-smart-city-barcelona-brl.html>

Viewnext. (2019). Aplicaciones de la Inteligencia Artificial en la actualidad.

Recuperado de: <https://www.viewnext.com/inteligencia-artificial-aplicaciones/page/2/>

Ynzunza, C., Izar, J., Bocarando, J., Aguilar, F y Larios, M. (2017). El entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras. *Conciencia tecnológica*, 1(54), pp.33-45.