

# Proyecto Fin de Grado

## Grado en Ingeniería de Organización Industrial

**IoT: Internet de las cosas en el modelo de Industria 4.0**

Autor: Pablo Kovács Matínez

Tutor: Juan Manuel González Ramírez

**Dpto. Organización Industrial y Gestión de Empresas II**

**Escuela Técnica Superior de Ingeniería**

**Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2018





Proyecto Fin de Grado  
Grado en Ingeniería de Organización Industrial

# **IoT: Internet de las cosas en el modelo de Industria 4.0**

Autor:

Pablo Kovács Martínez

Tutor:

Juan Manuel González Ramírez

Profesor asociado

Dpto. Organización Industrial y Gestión de Empresas II

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2018



Proyecto Fin de Carrera: IoT: Internet de las cosas en el modelo de Industria 4.0

Autor: Pablo Kovács Martínez

Tutor: Juan Manuel González Ramírez

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2018

El Secretario del Tribunal



# Agradecimientos

---

Llegado este punto de mi formación académica, me gustaría agradecer a todas las personas que han estado presentes en esta etapa de desarrollo intelectual y personal que ha supuesto este grado universitario.

A mi familia que siempre me ha apoyado en los aspectos económico y moral a lo largo de mi trayectoria académica y que han hecho que esto sea posible.

Quiero destacar la ayuda recibida por parte del departamento de Organización Industrial y Gestión de Empresas y a todos los profesores que han formado parte de mi formación a lo largo de estos cuatro años. En especial a Juan Manuel González por el trato recibido durante la ejecución de mi Trabajo Fin de Grado.

También, dar las gracias a todos mis compañeros y amigos que han hecho de mi paso por la universidad un camino inolvidable.

Muchas gracias a todos.

*Pablo Kovács Martínez*

*Sevilla, 2018*



# Resumen

---

Vivimos en un mundo marcado por la conexión personal en el que la tecnología pasa a ser, no solo una herramienta que facilita nuestras vidas, sino la base en la que se sustentan las relaciones humanas. La denominada era de la información incide de forma decisiva en todos los aspectos de nuestra vida. Tal es la cantidad de datos con los que se nos bombardea diariamente que muchas veces es difícil saber distinguir de cuáles podemos fiarnos. Todos nosotros diariamente generamos una enorme cantidad de datos con nuestros móviles, ordenadores, tablets... Tantos, que las empresas no dudan en hacer uso de los softwares más avanzados para sacar partido de las tendencias de la sociedad con el objetivo de obtener el producto más ajustado a las necesidades de los clientes, con su consiguiente éxito en ventas. La integración de datos extraídos de máquinas y tecnología para poder hacer uso de ellos en el proceso de planificación y gestión de los procesos desarrollados en las fases de producción es el motivo principal de la creación de la Industria 4.0.

El trabajo aquí desarrollado muestra la evolución que los procesos de producción han sufrido a lo largo de la historia marcando los puntos que supusieron cambios drásticos en la forma de fabricar. Se hace un breve paso por los pilares del modelo antiguo de industria para pasar a describir lo que el futuro de la fabricación realmente puede suponer mostrando tanto sus ventajas como sus desafíos. El sector humano de las organizaciones se verá enormemente afectado con la introducción de la robotización a gran escala, pero tantos son los inconvenientes como las ventajas que el cambio supone para el modelo de Industria 4.0.

De igual modo se presenta lo que la Industria 4.0 y el Internet of Things supone al mundo empresarial junto a sus componentes básicos y el estudio de los datos obtenidos de empresas pertenecientes a la industria de manufactura, de países que destacan por su innovación y desarrollo digital. Los distintos sistemas productivos, acompañados de los avances tecnológicos necesarios, han ido encaminando la manera que conocemos de gestionar las industrias hacia el modelo de industria del futuro que, ya hoy en día, somos capaces de ver en las grandes multinacionales de países como Alemania, Japón, Estados Unidos o Suiza. Para poder medir este desarrollo, el World Economic Forum nos muestra la clasificación mundial de los países mejor preparados en cuanto a estructura e impulsores del cambio.

Nueve son las tecnologías que nos hacen conseguir que la cuarta revolución industrial llegue a nuestras fábricas. Estudiando las fases de cambio respecto a cada una de ellas, se puede asegurar el éxito en la era de la digitalización. Robotización avanzada, fabricación activa, simulación y realidad aumentada, internet industrial, inteligencia artificial y cloud computing, junto a Big Data y ciberseguridad, y haciendo uso de sistemas de integración, la industria podrá desarrollar sus competencias para alcanzar el nivel de Industria 4.0.

Además del uso mundial del Internet of Things como tecnología de unión entre los distintos sectores tecnológicos y humanos de la fábrica, cabe destacar la importancia de otras tecnologías enmarcadas en el llamado Internet of Services, de las que las empresas pueden sacar un gran beneficio.

No son pocos los ejemplos que podemos encontrar en el mundo, de empresas que ya han tenido la posibilidad de implementar todos o parcialmente lo que Internet of Things y la Industria 4.0 nos trae. Solo es cuestión de tiempo que el mundo siga sus pasos.

Este trabajo finaliza con las ventajas que supone la implantación de la Industria 4.0 junto con los principales programas de ayuda y financiación, enmarcados en el proyecto Industria Conectada 4.0, que el Gobierno de España ha puesto en marcha para fomentar la digitalización industrial en nuestro país.



# Abstract

---

We live in a world marked by the personal connection in which technology becomes, not only a tool that facilitates our lives, but the basis on which human relations are based. The so-called information age has a decisive impact on all aspects of our lives. Such is the amount of data that we are bombarded with every day, that it is often difficult to distinguish which one we can really trust. Daily, we all generate a huge amount of data with our mobile phones, computers, tablets... So many, that companies do not hesitate to make use of the most advanced software to take advantage of the tendencies of society with the objective of obtaining the most adjusted product to the necessities of the clients, with its consequent success in sales. The integration of data extracted from machines and technology, in order to make use of them in the process of planning and management of processes developed in the production phases, is the main reason for the creation of the Industry 4.0.

The current work shows the evolution that production processes have undergone throughout history, focusing on aspects that ended up in drastic changes in our way of production. First, it takes a brief step through the pillars of the old industry model, to move on to describe what the future of manufacturing can really suppose showing both its advantages and its challenges. The human sector of organizations will be greatly affected by the introduction of large-scale robotization, but so many are the drawbacks and the advantages that the change implies for the Industry 4.0 model.

Likewise, it is shown what the industry 4.0 and the Internet of Things represents to the business world followed by its basic components and the study of data obtained from companies belonging to the manufacturing industry of countries that stand out for their innovation and digital development. The different production systems, accompanied by the necessary technological advances, have guided the way we know of managing industries towards the future industry model that we are able to see today in the big multinational companies from countries such as Germany, Japan, United States or Switzerland. To be able to measure this development, the World Economic Forum shows us the world ranking of the best-prepared countries in terms of structure and change drivers of production.

Nine are the technologies that make us get the forth Industrial Revolution to reach our factories. By studying the phases of change in each of them separately, it is possible to ensure success in the age of digitization. Advanced robotization, active manufacturing, simulation and augmented reality, industrial internet, artificial intelligence and cloud computing, together with Big Data and cybersecurity, by using integration systems, the industry will be able to develop its competences to reach the level of Industry 4.0.

In addition to the worldwide use of the Internet of Things as a technology of union between the different technological and human sectors of the factory, the importance of other technologies framed in the so-called Internet of Services, of which companies can take great benefit.

There are many examples that we can find in the world, companies that have already had the possibility to implement all or part of what the Internet of things and the Industry 4.0 brings us. It's only a matter of time before the world follows their path.

This work ends with the advantages of the implementation of the Industry 4.0 along with the main programs of support and financing that the Government of Spain has launched to promote the industrial digitization in our country, framed in the project Connected Industry 4.0.



# Índice

---

<b>Agradecimientos</b>	vii
<b>Resumen</b>	ix
<b>Abstract</b>	xi
<b>Índice</b>	xiii
<b>Índice de Tablas</b>	xv
<b>Índice de Figuras</b>	xvii
<b>Objetivos</b>	xv
<b>1 Introducción</b>	1
<b>2 Descripción de los sistemas de Producción</b>	5
2.1 <i>Sistema artesanal</i>	6
2.2 <i>Sistema Taylorista</i>	6
2.2.1 Administración científica	6
2.2.2 Cadena de montaje	7
2.3 <i>Producción ajustada</i>	7
2.4 <i>Los modelos postmodernos de producción industrial</i>	8
2.5 <i>Industria 4.0</i>	10
2.5.1 Principales componentes	11
2.5.2 Aplicación empresarial	12
2.5.3 Desafíos	13
2.5.4 Impacto en el trabajo humano	13
2.5.5 Otras consideraciones sobre la Industria 4.0	14
2.5.6 Clasificación mundial según WEF	17
<b>3 Tecnologías Disruptivas del modelo 4.0</b>	21
3.1 <i>Robótica avanzada</i>	23
3.2 <i>Fabricación activa</i>	24
3.3 <i>Simulación y realidad aumentada</i>	26
3.4 <i>Internet Industrial</i>	27
3.4.1 Internet of Things	27
3.4.1.1 Aplicaciones del Internet of Things	27
3.4.2 Internet of Services	29
3.5 <i>Inteligencia Artificial, Machine Learning y Cloud Computing</i>	31
3.6 <i>Big Data</i>	32
3.6.1 Softwares actuales	33
3.6.2 Modelos de gestión de datos	34
3.7 <i>Ciberseguridad</i>	34
3.7.1 Global Cybersecurity Index	34
3.8 <i>Otros</i>	36
3.8.1 Customer Relationship Management	36
3.8.2 Servitization	38

<b>4 Ejemplos de empresas que han empezado la senda de la Industria 4.0</b>	<b>41</b>
4.1 Schneider Electric	41
4.2 Rolls Royce	42
4.3 Airbus	43
4.4 Maserati	44
<b>5 Trabajos Futuros</b>	<b>47</b>
<b>6 Conclusiones</b>	<b>49</b>
6.1 Ventajas	49
6.2 Programas nacionales de financiación	49
<b>Glosario</b>	<b>53</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>55</b>

# ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 2–1 Estructura Productiva	18
Tabla 2–2 Impulsores de la Producción	18
Tabla 3–1 Tendencias en las empresas con robótica avanzada	24
Tabla 3–2 Unidades instaladas en IoT	28
Tabla 3–3 Clasificación mundial en ciberseguridad	35
Tabla 3–4 Empresas de software CRM	37



# ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1-1. Evolución de la industria	2
Figura 1-2. Progreso hacia la Industria 4.0	3
Figura 2-1. Industria 4.0	10
Figura 2-2. Oportunidad Industria 4.0 en USA	11
Figura 2-3. Gráfica de respuesta de Alemania, Japón y USA	15
Figura 2-4. Gráfica de respuesta de empresas suizas	16
Figura 2-5. Factores de medición WEF	17
Figura 3-1. Tecnologías disruptivas de la Industria 4.0	22
Figura 3-2. Implementación tecnologías disruptivas de la Industria 4.0 en USA	23
Figura 3-3. Impresión 3D automóvil	25
Figura 3-3. Inteligencia Artificial	31
Figura 3-4. Big Data	33
Figura 3-5. Mapa de calor de los compromisos nacionales en ciberseguridad	35
Figura 3-6. Recursos para la creación del perfil de usuario CRM	37
Figura 4-1. Schneider Electric	42
Figura 4-2. Rolls Royce AAWA	43
Figura 4-3. Airbus DAR	44
Figura 4-4. Maserati	45
Figura 6-1. Industria Conectada 4.0	50
Figura 6-2. HADA	50



# Objetivos

---

En este trabajo se pretende ilustrar sobre los cambios que ahora mismo la industria está experimentando gracias a la introducción de lo que llamamos Internet of Things en el modelo de industria 4.0. El nuevo modelo de fábrica es el que ha supuesto la cuarta revolución industrial en todo el mundo. No todos los países han desarrollado de igual modo todas y cada una de las tecnologías de las que está compuesta, pero es claro una tendencia al cambio marcada en las economías más importantes del planeta.

Se quiere crear conciencia de lo que la Industria 4.0 supone y los principales aspectos que deben implantarse y desarrollarse en las fábricas. Que sirva como estudio inicial hacia lo que la digitalización puede llegar a convertirse para las compañías que aún están sumergidas en métodos de producción poco eficaces.

El salto a la Industria 4.0 no puede ser drástico, sino que lleva consigo gran cantidad de estudios y planificación para adecuarlo de la manera más efectiva a cada planta de fabricación. El objetivo primordial es componer las bases del conjunto de ideas y tecnologías del cambio que se deben tomar en cuenta para conseguir una evolución ordenada y eficaz hacia la que la era de la digitalización y robotización nos está llevando.



# 1 INTRODUCCIÓN

---

**L**a tecnología siempre ha estado en desarrollo permitiendo al humano a superar los problemas a los que se enfrenta. La forma que tenemos de expandir nuestras capacidades humanas para conseguir multiplicar los beneficios recolectados de nuestros esfuerzos es por medio del avance tecnológico. El afán de superación y las ganas de conocer los límites que podemos alcanzar son la característica que impulsan al ser humano a desarrollar sus habilidades de formas inimaginables.

Actualmente, las nuevas tecnologías relacionadas con nuestro entorno están agilizando, optimizando y perfeccionando actividades que realizamos en nuestro día a día. La comunicación en la actualidad es algo que ha avanzado mucho, una comunicación que es mucho más rápida que antes y que nos permite estar en contacto desde cualquier parte del mundo.

A largo de los últimos 350 años el mundo empresarial ha experimentado una serie de cambios drásticos que marcan la constante evolución de los sistemas de producción en base a la introducción de nuevas tecnologías. Las revoluciones industriales han incluido progresos significativos en la ciencia, agricultura, ganadería, industria, finanzas, y generando eventos que cambiaron el estilo de vida y forma de trabajo de las comunidades. Son cambios que señalan la transformación social y la forma de vida de las personas de todo el mundo. Hasta ahora son cuatro las revoluciones industriales que ha vivido el mundo de la gestión y producción industrial.

La primera revolución industrial se ubica a partir de 1786 cuando el ingeniero británico James Watt aplica la máquina de vapor a la industria y al transporte en Inglaterra. En esta época la industria textil también disfrutó del uso del telar mecánico. La materia prima fundamental fue el hierro y la principal fuente de energía fuere el carbón, muy utilizado en los medios de transporte como ferrocarriles y barcos de vapor. Otros de los muchos inventos que se crearon en esta época fueron la calefacción de gas, y la máquina de coser.

La segunda revolución industrial se desarrolló gracias al uso de la electricidad y su aplicación a la industria, al transporte y a la vida doméstica. El inicio se sitúa alrededor del 1850 y 1870 cuando se empiezan a ver mejoras en las técnicas de producción y la creación de nuevas industrias como la química, eléctrica o la de automoción en Inglaterra, Europa Occidental, E.E.U.U. y Japón. También el descubrimiento del motor de combustión interna dio lugar a una tecnología que concluyó con el invento del automóvil que, por consiguiente, al desarrollo de la industria del petróleo. De igual forma se impulsó de manera importante el manejo del acero, que era una materia prima fundamental para la construcción y la fabricación de nuevas máquinas y herramientas. En la vida doméstica se incluyó el teléfono, el alumbrado eléctrico y una gran variedad de electrodomésticos. Estos elementos comenzaron a generar la silueta y características de la sociedad de consumo en la que estamos

sumergidos. La electricidad y la producción en cadena fueron los precursores de esta segunda revolución. El proceso de industrialización cambió su naturaleza y el crecimiento económico varió de modelo de fabricación se produjo durante la denominada Primera Globalización que supuso una creciente internacionalización de la economía de los países.

La tercera revolución Industrial es llamada la revolución científico-tecnológica o revolución de la inteligencia. Se asienta sobre nuevas tecnologías de la información y la comunicación-Information and Communication Technology (ICT)-, la automatización y electrónica, así como en las innovaciones que permiten el desarrollo de energías renovables. Podemos ubicar esta revolución a partir de 1920 tras la Primera Guerra Mundial, una época en la que la aviación y la aeronáutica recibieron un gran impulso. De igual manera se comenzó a trabajar en el empleo de la energía atómica, la electrónica y la cibernética. En el campo de la biología aparecieron los antibióticos. Se desarrollaron los medios de comunicación como la radio, la televisión, el cine y la informática, y los medios de transporte.

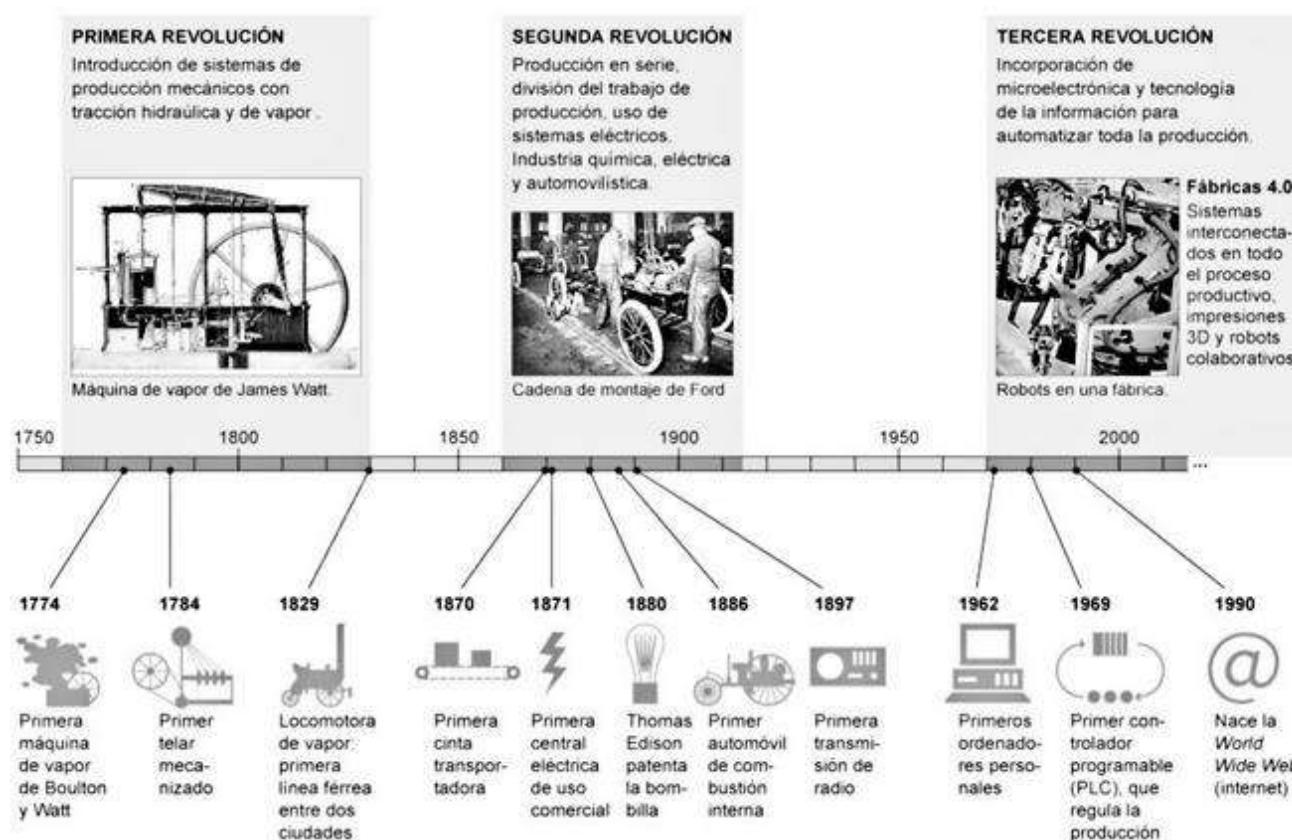
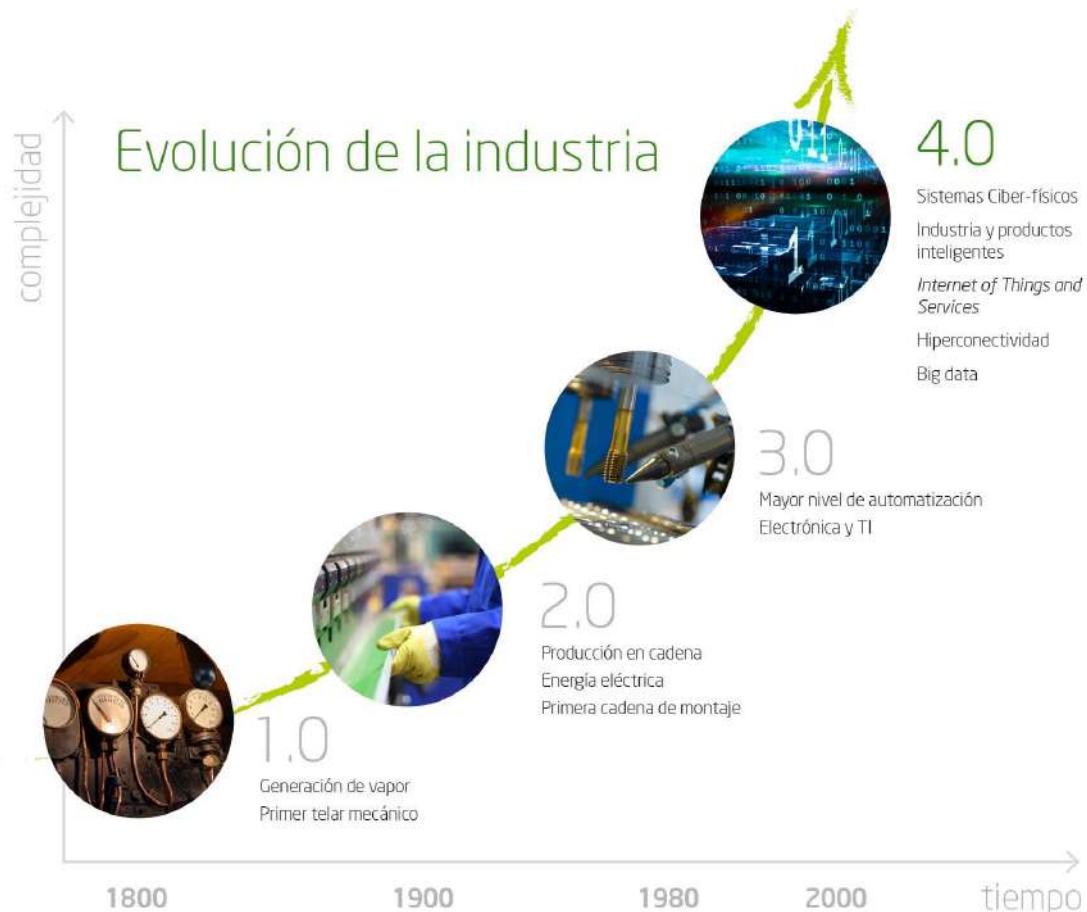


Figura 1-1. Evolución de la industria

Estas revoluciones en el mundo industrial son a las que han generado los modelos de industria denominados Industria 1.0, Industria 2.0 e Industria 3.0. Pero no nos hemos estancado en este último modelo de 3.0 sino que hemos evolucionado a lo que llamamos la Industria 4.0.

La cuarta revolución es definida como la aplicación del Internet a la industria en el manejo de los productos por medio de la digitalización, la Tecnología de la Información (TI), y dispositivos inteligentes, conectando redes, comunicando máquinas, adaptando servicios a los clientes en cualquier parte del mundo. Existen hoy en día 3.200 millones de usuarios Internet según los informes de Naciones Unidas. Estamos en la era de la innovación, utilizando tecnología de última generación para transformar la forma de producir, distribuir y consumir bienes y servicios. La logística y suministro de productos no se quedan atrás con el uso de la impresión 3D, robotización en producción y almacenamiento, y distribución con drones.

Este fue el motivo del Foro Económico Mundial -World Economic Forum (WEF) - de 2016 al que asistieron 2.500 personas, entre los que estaban jefes de estados, empresarios de multinacionales, académicos de todo el mundo y representantes de organismos internacionales y sociedad civil. El “XI Informe de Riesgos Globales 2016”, preparado para el Foro, consideró como retos significativos: la mitigación y adaptación del cambio climático, la crisis del agua, evasiones fiscales, alza de precios en energía, falta de gobernabilidad y corrupción, el control de armas de destrucción masiva, debacles bancarias, el desempleo, migraciones involuntarias a gran escala, burbujas de activos y ataques cibernéticos.



Fuente: Elaboración propia en base a Zukunftsprojekt Industrie 4.0

Figura 1-2. Progreso hacia la Industria 4.0



## 2 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

---

*Una máquina puede hacer el trabajo de cincuenta hombres ordinarios. Ninguna máquina puede hacer el trabajo de un hombre extraordinario.*

*Elbert Hubbard*

Un sistema de producción es un método, un procedimiento que desarrolla una organización para transformar recursos en bienes y servicios. A lo largo de la historia el ser humano ha precisado de generar productos y herramientas necesarios para su supervivencia y bienestar. Las organizaciones han tratado siempre de introducir un nuevo modelo de negocio con el fin de explorar los mercados ocultos y adquirir una ventaja competitiva. Los mecanismos y procesos utilizados continuamente experimentan avances y transformaciones gracias a los constantes estudios que mejoran la eficacia, eficiencia, productividad y calidad de los productos. En este capítulo mostraremos la evolución que han ido sufriendo los procesos productivos con el paso del tiempo.

Actualmente existen diferentes sistemas productivos y pueden ser clasificados según varios criterios:

- Según el grado de intervención del ser humano pueden ser (Tawfik y Chauvel, 1992):
  - Manuales: situaciones en las que las personas realizan las operaciones íntegramente.
  - Semiautomáticos: operaciones llevadas a cabo por personas y máquinas.
  - Automáticos: las personas se limitan a la supervisión de las operaciones ejecutadas por las máquinas.
- Según la naturaleza del proceso, pueden ser (Tawfik y Chauvel, 1992):
  - De integración: consiste en la unión de varios componentes para la generación del nuevo producto.
  - De desintegración: se divide una materia prima en varios productos.
  - De modificación: cuando diferentes operaciones van dando forma al nuevo producto, también cuando se cambian detalles o componentes del objeto sin alterar su naturaleza.
- Según la continuidad del proceso, se pueden clasificar en varios tipos o enfoques (Heizer y Render, 2001):
  - Enfoque de proceso: se caracteriza por tener una producción de una poca cantidad productos, pero con mucha variedad. Frecuentemente se realiza en talleres y posee una gran flexibilidad a lo largo del proceso productivo. También llamado proceso intermitente ya que está preparado para responder a cambios repentinos en los productos.

- Proceso repetitivo: se utiliza para la producción en masa o en serie y se caracteriza por la fabricación secuencial de un elevado volumen de productos estandarizados. Existe una marcada división del trabajo.
- Enfoque de producto: son procesos que se componen de gran cantidad de productos y poca variedad. Se llaman también procesos continuos y poseen poca flexibilidad en cuanto al proceso de producción.
- Personalización a gran escala: procesos capaces de producir gran variedad y cantidad de productos de manera que se satisface lo que el cliente desea y cuando lo desea, de una manera rentable. Dota de una alta flexibilidad al proceso productivo.

## 2.1 Sistema artesanal

En los sistemas de producción artesanal se elaboran objetos a través de la transformación de materias primas naturales básicas, mediante procesos de producción no industriales que involucran máquinas y herramientas simples, pero siempre con predominio de trabajo físico y haciendo uso de la creatividad e imaginación de cada individuo. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) - para la producción artesanal son de gran importancia, además de los productos en sí mismos, las competencias y los conocimientos que hacen que este tipo de producción siga existiendo; ya que muchos de ellos son oficios que van pasando de una generación en otra. Además, muchas de las técnicas continúan siendo las mismas que se usaban en la antigüedad.

Un producto artesanal utiliza materias primas pertenecientes a la explotación del mismo municipio, de una comarca o región. La individualidad del producto es de mayor importancia frente a la producción en serie porque no se busca la cantidad, sino la calidad: procesos manuales, producto personalizado, circuitos cortos de comercialización.

La producción artesanal utiliza herramientas manuales y trabajadores muy cualificados, quienes deben realizar todas las tareas necesarias para la transformación de las materias primas en productos. Normalmente, la producción artesanal se adapta a las exigencias de los clientes porque posee una gran flexibilidad para llevar a cabo las operaciones necesarias con el objetivo de alcanzar una conformidad total respecto al producto final.

## 2.2 Sistema Taylorista

El sistema taylorista toma su nombre del ingeniero norteamericano F.W. Taylor, considerado uno de los grandes iniciadores del estudio de las teorías y técnicas de dirección de las organizaciones a partir de los cuales se considera que inicia este modelo. La obra fundamental de Taylor que se publicó en 1911, “*Principles of Scientific Management*”, establece por primera vez los principios de eficacia, eficiencia y productividad.

### 2.2.1 Administración científica

La administración científica se fundamenta en que los verdaderos intereses de patrones y obreros son idénticos. La prosperidad del empresario no puede existir durante un largo periodo de tiempo, a menos que vaya acompañada de la prosperidad para el empleado, y viceversa. Con esto es posible dar al obrero los altos salarios que desea y al patrón la mano de obra barata que busca. De acuerdo con sus ideas, el éxito únicamente puede ir ligado a la productividad máxima y el esfuerzo de cada obrero para producir la mayor cantidad de trabajo diario posible.

Taylor fue ingeniero en una fábrica de acero en la que analizó los tiempos de trabajo de los jornaleros, estableció normas de trabajo y aplicó los principios de observación, medición y comparación científica para determinar la manera más eficaz de realizar una tarea.

En la época que Taylor realizaba sus estudios era costumbre que cada trabajador planificase su propio trabajo, de acuerdo con lo que había aprendido de otros mientras fue aprendiz. Para un empresario era difícil saber qué cantidad de trabajo podía o debía ejecutar un obrero en su jornada laboral de modo que la única manera que había de conocerlo era observándolo o realizándolo uno mismo para poder tener una noción aproximada de sus

rendimientos.

Llevó a cabo sus experiencias iniciales sobre administración científica al servicio de la empresa norteamericana Berthlehem Steel en 1898, para más adelante convertirse en consultor de negocios por cuenta propia.

Las conclusiones que alcanzó a consecuencia de su trabajo fueron:

- Un alto grado de especialización permite que el obrero aprenda su tarea en poco tiempo y la realice con excelencia.
- Un ciclo corto de trabajo permite una ejecución rápida y casi automática, con poco o nulo esfuerzo mental.
- Pueden emplearse personas menos capacitadas con salarios bajos para la ejecución de operaciones de ciclo corto muy repetidas.
- Se requiere menos supervisión, puesto que el operario aprende rápidamente su tarea

## 2.2.2 Cadena de montaje

Henry Ford fue el primero en introducir de manera sistemática el proceso de ensamblado en la línea de montaje en la compañía fundada por él (1903) Ford Motor Company para la producción de su primer coche modelo T en el 1908, Detroit, Michigan. Instaló un sistema de cintas de ensamblaje móvil para las pesadas piezas que se debían montar sobre el chasis del automóvil mediante desplazamiento mecánico continuo.

Con el empleo del sistema de transportadores Henry Ford "redujo el tiempo de montaje de un automóvil desde 12 horas y 28 minutos (septiembre de 1913) a 1 hora y 33 minutos (30 de abril de 1914).

Su revolucionaria metodología consistía en hacer que los tiempos de operación de las distintas estaciones de trabajo estuvieran equilibradas para regular la llegada de los objetos a las estaciones de trabajo ya que el sistema de transportadores se desplazaba a ritmo fijo.

A fin de que ningún operario pudiera adelantar a los demás acumulando piezas a lo largo de la línea de montaje, las tareas u operaciones eran diseñadas de manera que el operario pueda ejecutarlas a intervalos constantes, con un movimiento acentuado en cada ciclo de la estación de trabajo.

El sistema de fabricación en serie se caracteriza también por la producción de grandes volúmenes de mercancías idénticas y de piezas intercambiables, a lo que llamamos estandarización de productos y procesos. Por ello, comúnmente se utilizan como sinónimos de la línea de montaje las expresiones "producción en serie o producción en masa".

## 2.3 Producción ajustada

La producción ajustada o Lean Manufacturing, basada originalmente en el modelo Toyota, es una filosofía empresarial que permite la mejora de los resultados mediante la eliminación del desperdicio y de todas aquellas operaciones que no aportan valor añadido a lo largo de un proceso productivo.

Es un sistema de producción que nació en Japón en la empresa automovilística Toyota a manos de Taiichi Ohno, ingeniero industrial japonés que llegó a ser vicepresidente ejecutivo de la empresa en 1975 después de más de 30 años perteneciendo a ella. Desarrolló intensos análisis de rutinas de trabajo, tiempos de ciclo y experimentación con el flujo de procesos. Tras estos estudios introdujo el Kanban, basado en el funcionamiento de los supermercados en los que se suele mantener un stock limitado de productos en función de las necesidades del cliente y los productos se reponen en las estanterías a medida que se van gastando.

El pensamiento Lean se basa en hacer “más” con “menos”, es decir en aportar más valor utilizando menos recursos. Para ello se utilizarán una serie de herramientas que permitirán gestionar la organización de manera

más efectiva y centrando la actividad en aquello que el cliente percibe como “valor” del producto o servicio que demanda. Como son: Calidad Total (TQM), Justo a Tiempo (JIT), Mejora Continua (Kaizen), Teoría de las restricciones (TOC) y Reingeniería de Procesos

La empresa Lean funciona sistemáticamente en modo “pull”, es decir, sólo se realizan aquellas operaciones que demande el cliente final. Al mismo tiempo y para garantizar que no se produzcan interrupciones indeseadas del flujo, se mejora el proceso mediante la utilización de las técnicas de mantenimiento preventivo (TPM), la agilización de los cambios de herramienta (SMED), la simplificación de los controles haciéndolos más visuales (Factoría Visual), se evitan los errores y las pérdidas de tiempo mediante el orden y la estandarización (5S: clasificación, orden, limpieza, estandarización y mantener la disciplina) y se optimizan los procesos identificando los cuellos de botella y balanceando las operaciones. El análisis de los procesos para permitir su optimización y mejora se realiza utilizando las técnicas de análisis de problemas como Six Sigma o los equipos Kaizen Blitz. Todas estas herramientas podrán aplicarse no sólo en entornos de fabricación, sino también a los procesos de soporte e indirectos, y en empresas de servicios (Lean Enterprise).

De todas estas metodologías merecen especial atención la filosofía JIT y Six Sigma:

- La filosofía Justo a Tiempo - Just-in-Time (JIT)- tiene como objetivo la eliminación de cualquier tipo de desperdicio para producir los elementos necesarios en las cantidades requeridas en el momento que son necesarias. Las actividades innecesarias que deben ser eliminadas o reducidas al máximo en el proceso productivo son: defectos, sobreproducción de bienes, inventarios excesivos, operaciones y tareas innecesarias, movimientos de personas no necesarios, transportes de materiales y esperas.
- La metodología Six Sigma fue creada en Motorola por el ingeniero Bill Smith en la década de los 80. Esta metodología está centrada en la reducción de la variabilidad, con el objetivo de eliminar los defectos o fallos en la entrega de un producto o servicio al cliente, entendiendo como fallo todo aquello que no logre cumplir los requisitos del cliente.

Sigma ( $\sigma$ ) es una letra griega que representa una unidad estadística de medición, usada para definir la desviación estándar de una población. Esta mide la variabilidad o dispersión de un conjunto de datos y se calcula con la desviación estándar. El nivel sigma mide la variabilidad o dispersión de un conjunto de datos con la que podemos medir cómo de buenos son los procesos y qué relaciona los defectos por millón de oportunidades (DPO). La mayoría de las empresas tradicionales se encuentran en un nivel 3 sigma, esto quiere decir que tiene un 6.37% de defectos, tal y como se define esta metodología, la meta es pasar a un nivel 6 Sigma, con 3,4 defectos por millón de oportunidades.

Para poder desarrollar el modelo Six Sigma se hace uso de un manual de instrucciones llamada ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) que facilita la implantación y seguimiento de todos los pasos y etapas a tener en cuenta. Otras metodologías derivadas de ésta son: DMADV (Definir, Medir, Analizar, Diseñar, Optimizar y Verificar) o PDCA-SDVA (Planificar, Ejecutar, Verificar y Actuar)-(Estandarizar, Ejecutar, Verificar y Actuar)

## 2.4 Los modelos postmodernos de producción industrial

A partir de los años sesenta comienza una tendencia de fabricación que inunda las plantas de muchas empresas del sector, esta tendencia es conocida como Fabricación Ágil. Esta tendencia nace de la necesidad que crear formas de producción que sean más sencillas y permitiesen la fabricación de productos de manera más rápida y eficaz. Las principales directrices desarrolladas en este entorno consistían en el diseño de metodologías para el montaje y fabricación, llamados: Design for Assembly (DFA) y Design for Manufacturing (DFM). Estas consisten en prestar atención desde la fase de diseño del producto las limitaciones presentes en las posteriores fases de fabricación y montaje para facilitar su producción y reducir costes derivados de los tiempos de máquinas en funcionamiento. Anteriormente, el proceso de creación de un nuevo producto consistía en el diseño por parte de los distintos departamentos encargados del proceso, que se sucedían de manera secuencial, con muy pocos o ningún sistema de comunicación entre ellos. Esto desencadenaba en una cantidad de trabajo excesiva para ajustar, en cada etapa, el producto a los requisitos de maquinaria existentes en el momento. A veces, los diseños

de productos eran tan complicados y tenían unas formas tan extremadamente irregulares que las máquinas no eran capaces de generar las piezas necesarias. Esto derivaba en unos gastos muy elevados durante las fases de planificación y diseño, lo que obliga a ofertar el producto a precios más elevados.

Por todos estos motivos nace la filosofía de diseño acuñada Design for X (DFX). Esta X hace referencia al propósito con el que lleva a cabo cada uno de los estilos de diseño del producto. En los comienzos únicamente se veía presente los DFM y DFA, pero poco a poco las empresas empiezan a darse cuenta de que hay otros aspectos por los cuales también pueden realizarse mejoras del diseño del producto. Todo ello para poder seguir abaratando costes y reduciendo cantidades de material en uso. Los principales objetivos de estos diseños son reducir el número total de piezas, reducir la cantidad de material utilizada, reducir los desperdicios generados, estandarización de piezas comunes para obtener más versatilidad, reducción de tiempos de producción y entrega al mercado, reducción de costes en todos los aspectos del proceso de fabricación, facilitar el montado y desmontado del producto, permitir el reciclado de todos los componentes del producto...

Algunos de las metodologías más utilizadas son:

- Design for Manufacturing (DFM): Diseño para la fabricación genera componentes estándar de piezas multifuncionales. Desarrolla el diseño modular de los productos. Mediante la reconfiguración de estos módulos podemos conseguir una gama de productos diversa, lo que permite una pequeña flexibilidad en los productos finales. Esto es de gran utilidad a la hora de vender el producto.
- Design for Assembly (DFA): Diseño para el montaje fue por primera vez detallado en el manual *Product Design for Assembly*, escrito en 1986 por Boothroyd y Dewhurst. Las piezas a montar tienen un índice basado en su facilidad para el manejo e inserción, con ello se analiza y selecciona el grupo adecuado a utilizar. Esta forma de agrupamiento es conocida como producción modular. Se consigue minimizar el tiempo de operación e incluso evitar las operaciones innecesarias.
- Design for Environment (DFE): Diseño para el medio ambiente que busca un uso responsable de materiales fácilmente reciclables y reutilizables posteriormente. Otros modelos como Design of Recyclability y Reliability están íntimamente relacionados.
- Design for Quality (DFQ): Diseño para la calidad con el objetivo de cumplir las normativas necesarias para su correcto funcionamiento y distribución.
- Design for Life Cycle (DFLC): Diseño para el ciclo de vida estudia la viabilidad del producto a lo largo de todas las etapas de su ciclo de vida, desde su creación hasta su fase de desecho. Este diseño debe obliga a la unión de otros muchos de los ya nombrados.
- Design for Performance (DFP): Diseño para la ejecución está enfocado a que el producto cumpla el objetivo para el que fue concebido. Realice la función buscada de una manera óptima y permita al cliente disfrutar de todo su potencial.
- Design for Maintainability: Diseño para el mantenimiento se implanta para facilitar los procesos desempeñados durante el mantenimiento del producto final. Aspectos como la posibilidad de acceso a cada parte del producto para su correcta limpieza o puesta a punto son los comprendidos en este modelo.

Todos estos modelos de diseño están englobados en lo que se ha denominado Ingeniería Concurrente. La Ingeniería Concurrente es una forma de concebir la ingeniería en el diseño, desarrollo de productos y servicios compuesta por diferentes puntos de vista: del producto, de los recursos humanos y las metodologías, y de los recursos materiales. Se tiene en cuenta la gama de productos a fabricar, los costes y recursos asociados. La ingeniería concurrente se basa en el trabajo convergente de las diferentes etapas y exige que se invierta más tiempo en la definición detallada del producto y en la planificación. Así las, lo cual conlleva a Para generar una reducción considerable de costes las modificaciones que pueden ser necesarias a lo largo del proceso se hacen en la fase de diseño, mucho antes de que salga el prototipo el tiempo total de ciclo se reduce sustancialmente a pesar de que las primeras etapas experimentarán un incremento de tiempo.

## 2.5 Industria 4.0

La Industria 4.0 supone un desarrollo adicional en la organización y en la gerencia del proceso al completo de la cadena de valor llevado a cabo en la industria manufacturera mediante la automatización, la robótica y el intercambio de datos. Cuando Alemania lanzó un proyecto bajo el nombre de “Industria 4.0” para digitalizar la fabricación en 2011, los funcionarios gubernamentales, los líderes de la industria y los académicos que estaban trabajando en el proyecto probablemente no tenían idea de que la Industria 4.0 llegaría a convertirse en un concepto de tanta índole y utilizado tan ampliamente. La Industria 4.0 y el Internet Industrial se unen en una colaboración global para la transformación digital de la industria manufacturera y otras industrias.



Figura 2-1. Industria 4.0

La Industria 4.0 representa la 4<sup>a</sup> revolución industrial en la fabricación y la industria donde Internet de las Cosas - Internet of Things (IoT) - e Internet de los Servicios - Internet of Services (IoS) - son los dos grandes pilares de este nuevo cambio en el mundo de la fabricación. En realidad, es sólo la transición de internet y el modelo cliente-servidor a un modelo de movilidad que se expande en todas direcciones. Son numerosas las tecnologías que se desarrollan en el entorno de esta nueva industria y otras muchas que aún están por llegar. Las nueve tecnologías que ahora se consideran como las de mayor importancia o que aportan un mayor cambio a la industria son las nueve que se desarrollaran en el próximo capítulo 3. *Tecnologías disruptivas de la Industria 4.0*. A través de su implementación se consigue que una empresa no sólo sea flexible y eficiente, sino también “inteligente” de modo que la empresa mejora la productividad. Basándonos en la investigación de “The Boston Consulting Group” (BCG) *Sprinting to value in Industry 4.0, 2016*, el 89% de los ejecutivos y gestores de las empresas de E.E.U.U. centradas en la fabricación, ve el concepto de Industria 4.0 como una oportunidad para mejorar la productividad de sus fábricas. Las tecnologías de la Industria 4.0 poseen el potencial para crear oportunidades de crecimiento extraordinario, ventajas competitivas y mejorar la productividad de los negocios.



Figura 2-2. Oportunidad Industria 4.0 en USA

### 2.5.1 Principales componentes

- Visualización: La presentación y comunicación de los datos de interés al operador de manera sencilla e intuitiva es de gran importancia en el control de procesos que está realizando el controlador lógico programable – Programmable Logic Controller (PLC)-. Los PLC son dispositivos electrónicos que de forma automática gestionan los procesos electromecánicos de las máquinas industriales. Para una correcta supervisión y adquisición de datos los sistemas SCADA -Supervisory Control and Data Acquisition - o la Interfaz Hombre-Máquina -Human-Machine Interface (HMI)- permiten manejar toda la información necesaria y la presentan en cualquier dispositivo electrónico compatible con el software como tablets, ordenadores o teléfonos móviles.
- Infraestructura Cloud: La “Nube” es la mejor forma de almacenamiento de datos en servidores en línea de manera fácil y segura. La mayoría de los datos que almacenan las computadoras están únicamente en la nube, para poder tener acceso instantáneo desde cualquier lugar y dispositivo con acceso a internet.
- Red virtual: También llamado transformación de la colaboración. Donde el mundo cibernetico y físico de manera conjunta facilitan el trabajo de seres humanos permitiéndoles trabajar más rápido. Utilizando métodos de colaboración como identificación de radio frecuencia, comunicación de campo cercano - Near Field Communication (NFC) y códigos de respuesta rápida - Quick Response code (QR) - conseguimos conocer la información compartida en la zona de operación con rapidez, seguridad y sin esfuerzo.
- Análisis en tiempo real: Conocido como Big Data, consiste en la acumulación de grandes volúmenes de datos de la organización, para la generación y gestión de información relevante con el objetivo de crear valor añadido a la empresa.
- Sistemas físicos ciberneticos. Los sistemas ciber-físicos o sistemas "inteligentes" son redes de interacción de componentes físicos y computacionales. Estos sistemas proporcionarán el fundamento de nuestra infraestructura crítica, formarán la base de servicios inteligentes emergentes y futuros, y mejorarán nuestra calidad de vida en muchas áreas.
- Internet de las cosas (IoT) es la red de dispositivos físicos, vehículos, electrodomésticos y otros elementos integrados con la electrónica, software, sensores y conectividad que permite a estos objetos conectar e intercambiar datos. Cada cosa es única e identificable a través del sistema informático, pero puede interoperar dentro de la infraestructura de internet existente.
- Internet de los Servicios (IoS) proporciona una envoltura de servicio que sostiene todo lo que el IoT concierne, para así simplificar su complejidad y funcionalidad dentro del entorno.

## 2.5.2 Aplicación empresarial

La cuarta revolución industrial ha captado la atención de organizaciones en todas partes del mundo. Fue utilizada inicialmente sólo en las empresas dedicadas a fabricación, pero es capaz de ir más allá junto a otras iniciativas como son el Internet Industrial, Internet de las Cosas, Internet de los Servicios e Internet de los Datos – Internet of Data (IoD) -. Las industrias implicadas en el desarrollo e implementación de la Industria 4.0 se sitúan en ámbitos relacionados al transporte y a la logística inteligente, edificios inteligentes, aceite y gas, cuidado médico e incluso ciudades inteligentes.

La Industria 4.0 extiende las redes de negocio tradicionales a través de diferentes recursos digitales para crear valor para las organizaciones. De hecho, es una transición de una economía basada en la fabricación, a una basada en los servicios y en hacer que el servicio se convierta en un bien transferible. La organización se enfrenta al reto de crear valor a través de los servicios basándose en una perspectiva empresarial. Describir y realizar la visión de Internet of Services y de los principales desafíos a superar será el principal objetivo de las empresas para proporcionar una infraestructura técnica y de negocios integrada.

### 2.5.2.1 Estrategia e implementación

Una fábrica inteligente es un ambiente donde la maquinaria y el equipo pueden mejorar los procesos mediante la automatización y la auto optimización. Los beneficios se extienden más allá de la producción física de bienes, también a funciones como la logística de la cadena de suministro, el desarrollo de productos y la planificación de los procesos. Todas estas etapas a lo largo de la cadena de producción se pueden conectar mediante IoT u otros tipos de circuitos integrados – Integrated Circuit (IC) - avanzados, que permiten la detección, la medida, el control, y la comunicación de todo lo que sucede durante el proceso de fabricación.

Las empresas manufactureras que sean capaces de ponerse al día en términos de la Industria 4.0, se colocarán a la cabeza del sector en el que estén enmarcados. Implica la gestión integrada y automatizada de los datos y procesos. Las siguientes son las estrategias que se pueden implementar para realizar una fábrica inteligente o “Smart Factory”:

1. Creación de la estrategia de la Industria 4.0: Comprender las fortalezas y debilidades de una empresa, estableciendo objetivos para los próximos cinco años. Darse cuenta de en qué sistemas la empresa puede centrarse para alcanzar y llevar a cabo la transición a la tecnología digital, evaluando los beneficios y los costes de la transición.
2. Selección del equipo adecuado: La compañía necesitará nuevos empleados con las habilidades digitales correctas. El éxito de la compañía en la Industria 4.0 dependerá de su conocimiento. Los nuevos puestos en la empresa pueden incluir diseñadores de interfaces de usuario y gestores de innovación digital.
3. Concentración en mejora de procesos: Adquirir la perspectiva “end-to-end” de los procesos aumentará la colaboración y simplificará el funcionamiento de la empresa.
4. Implementación de nuevas tecnologías: Una de las metas más importantes debe ser desarrollar una función de tecnología de la información ágil - “Information Technology” (IT)-. Otra capacidad importante de la tecnología es la gestión del IoT - esto incluye la prestación de actualizaciones de software y la conectividad a los dispositivos de la empresa.
5. Mejora de la gestión de la información: Debe haber un sistema que ofrezca una amplia lista de soluciones listas para usar, dedicadas a realizar una gestión fácil, rastreable y automatizada.
6. Nombrar un equipo para liderar la transformación digital: Una empresa puede hacer la transición al entorno digital sólo a través de un liderazgo comprometido. Debe haber un ejecutivo designado para liderar la transformación digital o un consejo digital que gestione la integración de nuevos productos, plataformas y servicios digitales.
7. Comprensión de las necesidades del consumidor: El análisis de los consumidores facilitará el proceso de descubrir las necesidades del cliente.

### 2.5.3 Desafíos

Existen muchos obstáculos para estas tecnologías jóvenes, pero los mayores de ellos son los siguientes:

- Desempleados: Esta tecnología trata de la robótica y la informatización que puede causar la desaparición de un gran número de puestos de trabajo. Es un aspecto de extrema importancia que desafía el talento humano, futuro del trabajo y el empleo.
- Cambiar la cultura de la empresa: La definición de la estrategia en la introducción de la Industria 4.0 obliga a cambiar la cultura empresarial y a remodelar las formas de hacer negocio.
- Cambio global y diversidad: Se presenta una ola de innovación y globalización que permite relaciones con un mayor número de empresas y clientes que precisan de productos cada vez hechos más a su medida. Las posibilidades de mercado y el número de competidores aumentan significativamente, por lo que la calidad, la personalización y los tiempos de espera se convierten en los puntos clave del éxito.
- Desarrollo demográfico y escasez de destrezas: La creación de nuevo puestos de trabajo y la exigencia de mayores responsabilidades genera una dificultad en la selección del personal adecuado que se ajuste al nivel de exigencias que se presenta.
- Dinámica y complejidad: Los retos relativos a la enorme cantidad de datos y la velocidad con la que se almacenan nos llevan a que la integración de la información y la tecnología operacional sean un nuevo escalón que superar.
- Repositionamiento estratégico y mejora continua: Gestión de riesgos y reducción de costes son los pilares básicos de la toma de decisiones y el nuevo enfoque a tener en cuenta.

### 2.5.4 Impacto en el trabajo humano

La Industria 4.0 es todo acerca de la robótica y la informatización que reducirá el número de puestos de trabajo, especialmente en el montaje y la producción. Pero, por otro lado, creará nuevos puestos de trabajo en los otros campos, especialmente en el campo de la Tecnología de la Información -Information Technology (IT)- y en la Ciencia de Datos. Los operarios serán relevados de realizar tareas estandarizadas y monótonas, ellos actuarán con más responsabilidad y una mayor capacidad de toma de decisiones sobre los procedimientos. Como resultado de una investigación *Hombre y máquina en la Industria 4.0 realizado por BCG en Alemania, 2015*, se ha demostrado que la Industria 4.0 reducirá el número de trabajos en el montaje y la producción en aproximadamente 610.000 puestos de trabajo, mientras que creará aproximadamente 960.000 nuevos trabajos en IT y Ciencia de Datos.

Las tendencias previstas por los expertos nos presentan puestos de trabajo con más saturación, mayor intensidad del trabajo y mayor número de tareas y funciones a realizar, tal y como pudimos ver en la sección 3.1 *Robótica avanzada* del capítulo 3. *Tecnologías disruptivas de la modelo 4.0*. Los salarios se mantendrán en los niveles actuales y los accidentes laborales disminuirán en los próximos diez años. La individualización de las relaciones laborales será mayor y aumentará el nivel de formación de los trabajadores. La posibilidad de sustituir puestos de trabajo que implican graves riesgos para la salud de los seres humanos ha sido uno de los criterios que han gobernado el desarrollo y la inversión en los sistemas robotizados. El objetivo de reducir los accidentes laborales es hoy en día una prioridad de las empresas, y por ello es previsible un incremento aún mayor en la inversión en este tipo de sistemas. Dadas las características de las instalaciones robotizadas en la industria, los sistemas de seguridad son diseñados de forma muy cuidadosa. El aumento de la cualificación y de nivel cultural de los trabajadores influirá también en el descenso del número de accidentes. Ahora bien, en este punto conviene aclarar dos aspectos. En primer lugar, aunque disminuya el número de accidentes laborales, los accidentes que puedan suceder serán de mayor gravedad. En segundo lugar, pueden surgir riesgos laborales nuevos. La disminución del número de accidentes físicos se produce porque las tareas más repetitivas y precisas las realizarán los robots. Pero si no se reducen la tensión y la saturación en los puestos de trabajo, surgirán otros problemas de salud. Los daños físicos de los puestos de trabajo serán menores, pero pueden aparecer otro tipo de enfermedades o riesgos laborales de índole psicológica.

La consecuencia será un aumento del estrés en los trabajos de más responsabilidad, y una mayor presión psíquica

por el mayor número de tareas a realizar, y por el requerimiento del ritmo de trabajo de los robots. La menor presión física se verá contrarrestada por la mayor presión síquica. Esto significa que el número de trabajos físicamente exigentes o rutinarios disminuirá, mientras que el número de puestos de trabajo que requieren respuestas flexibles, resolución de problemas y personalización aumentará. Un ejemplo es el presente en la industria automovilística, los procesos de soldadura y de pintura automatizados han permitido sustituir a los seres humanos en tareas que conllevaban riesgos elevados para la salud.

También será un desafío la forma en la que mejorar las habilidades de los trabajadores, ya que los empleados estarán trabajando en una mayor variedad de tareas no relacionadas con su educación básica, cualificación y más allá de la graduación formal de sus habilidades para identificar a los trabajadores con los roles específicos a desarrollar en la empresa.

Según Constanze Kurz, asesora de Industria 4.0 en la empresa alemana IG Metall:

*“Estimamos que aproximadamente el 65% de los empleados en Alemania son capaces de mejorar sus habilidades respecto a los nuevos requerimientos de la Industria 4.0.”*

### 2.5.5 Otras consideraciones sobre la Industria 4.0

En esta sección se mostrarán las opiniones del sector de la industria sobre el modelo de Industria 4.0 y se expondrán los datos extraídos de tres estudios llevados a cabo por la empresa McKinsey & Company, Deloitte y BCG. Estos dan a conocer la situación y la mentalidad de la industria manufacturera en países como Suiza, Japón, Estados Unidos y Alemania:

*McKinsey & Company - Industry 4.0 after the initial Hype. Where manufacturers are finding value and how they can best capture it, abril de 2016.*

*Deloitte - Industry 4.0; Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies, entre marzo y agosto de 2014.*

*BCG - Man, and machine in industry 4.0. How will Technology Transform the Industrial Workforce Through 2025? septiembre 2015.*

#### 2.5.5.1 Alemania, Japón, Estados Unidos y Suiza

El estudio realizado por McKinsey & Company que realizaron en enero de 2016, al que llamaron “Global Expert Survey”, estaba centrado en la actitud respecto al concepto de la Industria 4.0. En él participaron 300 expertos y 50 empleados de empresas industriales de Alemania, Japón y Estados Unidos. Se les preguntó por aspectos de progreso e implementación de este modelo de industria, los caminos que llevan al progreso y las barreras para la implementación. Los expertos encuestados formaban parte de empresas dentro de las industrias: automoción, química, bienes de consumo, equipos industriales, semiconductores, automatización industrial, software, transporte y logística, salud, embalaje y empaquetado.

Se muestran los resultados a tal estudio en porcentaje de respuestas:



Figura 2-3. Gráfica de respuesta de Alemania, Japón y USA

Se puede observar que para los Estados Unidos los participantes no eran tan optimistas en comparación con los otros dos países, aunque cuentan con que un mayor número de competidores utilice la Industria 4.0 y lo consideran como una gran oportunidad. Japón es el país en el que los participantes se consideraban menos preparados para la implementación de esta tecnología, pero en cambio eran los más optimistas al respecto.

Las principales barreras para la implementación que nombraron fueron las dificultades en la coordinación de acciones entre las diferentes unidades organizativas, preocupaciones sobre ciberseguridad y posesión de datos al trabajar con proveedores, falta de mentalidad en llevar a cabo el cambio y la falta de talento necesario.

Sólo el 30% de los proveedores de tecnología y el 16% de los fabricantes tenían una estrategia global para la Industria 4.0, mientras que sólo el 24% había declarado intenciones y labores claras para implementarlo.

El estudio llevado a cabo por Deloitte de 2014 en Suiza muestra que en el proceso de transformación digital hacia la Industria 4.0 se habían conseguido progresos parciales, pero no se había logrado en su totalidad.

El resultado de una encuesta basada en las entrevistas a empresas de fabricación suizas muestra en el siguiente gráfico los aspectos sobre el aumento de la competitividad, el impacto empresarial de la transformación digital, la reubicación de productos y plantas productivas, la integración de datos de clientes en el proceso productivo, la eficiencia en el uso de recursos y datos extraídos del funcionamiento de las máquinas, y el aumento del riesgo en ciberseguridad. En el gráfico que encontramos debajo se muestran los datos en una escala 1-5, en la que uno significa el mínimo y cinco el máximo en nivel de acuerdo.

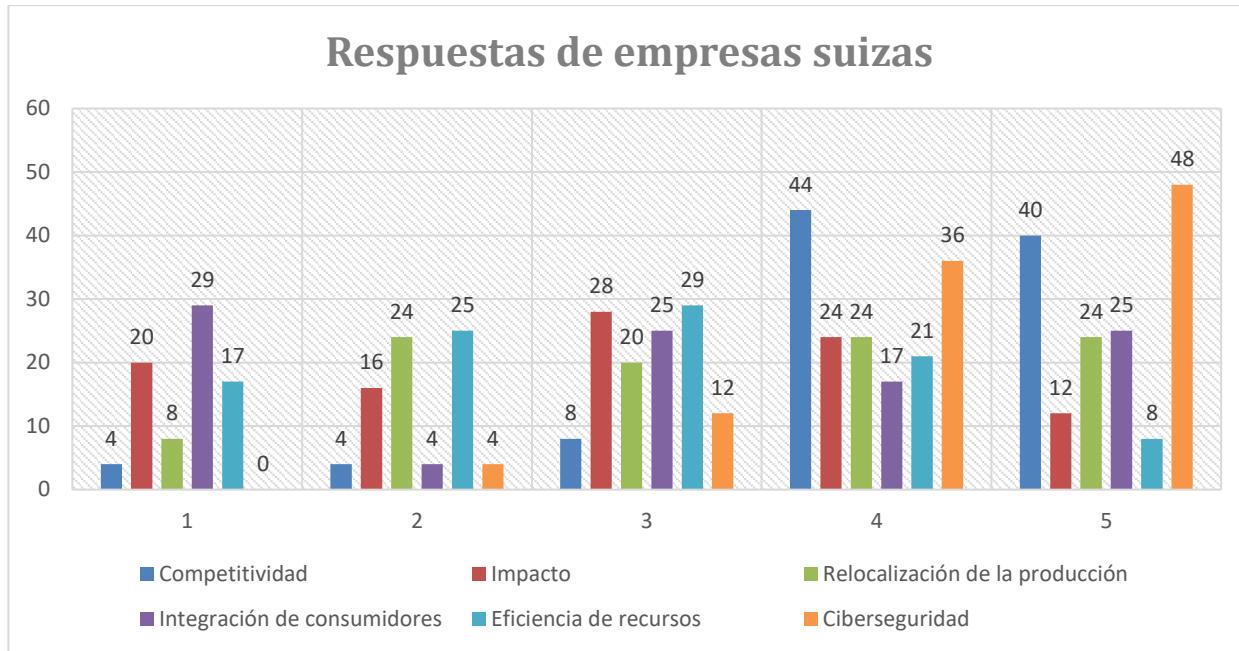


Figura 2-4. Gráfica de respuesta de empresas suizas

- **Competitividad:** el 40% de los encuestados estaban muy de acuerdo en que la transformación digital a la Industria 4.0 podría impulsar la competitividad mundial de la industria suiza.
- **Impacto:** La investigación muestra cómo la empresa se sentía sobre el impacto de la transformación digital a la Industria 4.0. Podemos ver que una quinta parte (20%) de las empresas manufactureras suizas no sienten ningún impacto en 2016. Mientras que el 28% dio la respuesta neutral. El 24% restante estaban sintiendo ya el impacto fuertemente y el 12% dijeron muy fuertemente.

Estas diferencias en las respuestas están basadas en el tamaño de la empresa y en los sectores en los que operan las empresas. Pudo ser debido a que las pymes tienen el potencial de construir nuevos procesos desde cero basándose en la Industria 4.0. En cambio, cuanto más grandes sean las empresas, mayor será el problema de integración de datos entre diferentes segmentos del negocio.

- **Reubicación de la producción:** Alrededor de la mitad (48%) creían que la transformación digital a la Industria 4.0 será capaz de ralentizar la tendencia hacia la reubicación de la producción a los países con salarios bajos. Sólo el 20% tomó una visión neutral mientras que más del 30% estaban en desacuerdo.

Las soluciones de la industria 4.0 pueden ayudar a reducir los costes y disminuir la presión para reubicarse por razones de coste. Además, las mismas soluciones permiten a las empresas organizar estructuras globales de manera más eficiente.

- **Integración de las necesidades de los clientes:** La estrategia de personalización es uno de los factores principales para un negocio de éxito. La personalización es una tendencia global, es por eso por lo que el 40% de las empresas manufactureras ya estaban integrando de manera significativa la necesidad de sus clientes en el desarrollo y proceso de producción. La personalización es probable que se extienda muy rápido a través de las industrias manufactureras en el futuro, como lo establece Dr. Kurt Katlenegger, jefe de tecnología en Asea Brown Boveri (ABB) capitales de riesgo, Suiza:

*"La demanda de personalización sigue creciendo. La Industria 4.0 permitirá aún más opciones de personalización en el futuro "*

- **Eficiencia de los recursos:** Mediante la implementación de la Industria 4.0 se concibe una empresa no

sólo para ser flexible y productiva, sino también eficiente. Alrededor de un tercio (29%) eligieron la respuesta neutra mientras que más del 40% ( $17 + 25 = 42$ ) dijeron que sus empresas no eran eficientes.

- Riesgo cibernético: Es uno de los temas principales que pueden tener un impacto destructivo en la Industria 4.0. Como era de esperar nadie dijo que no hubiera riesgo cibernético. Dr. Kurt Kaltenegger, jefe de tecnología en ABB-capitales de riesgo:

*"La nueva seguridad cibernética se introducirá al mismo ritmo que las aplicaciones de la Industria 4.0. El desarrollo tecnológico va de la mano con el desarrollo de sistemas de seguridad cibernética".*

## 2.5.6 Clasificación mundial según WEF

Aquí hablaremos sobre la situación global de estos países y la de España respecto a lo preparados que están para la producción del futuro. Se toma como base el informe publicado por Word Economic Forum en 2018:

*WEF – Readiness for Future of Production, Repot 2018*

El Foro Económico Mundial -World Economic Forum (WEF)- es una organización internacional para la cooperación público-privada, establecida en 1971 como fundación sin ánimo de lucro con sede en Ginebra, Suiza. Es un foro de gran importancia a nivel mundial que influye en la economía e involucra a los principales líderes políticos, empresariales y otros líderes de la sociedad para dar forma a las agendas globales, regionales y de la industria.

En su informe de 2018 *Readiness for Future of Production*, realizaron una valoración y clasificación de 100 países y regiones de todo el mundo respecto al nivel de preparación para la producción del futuro. Este nivel de preparación se entiende como la habilidad de capitalizar las oportunidades de la nueva producción, hacer frente a riesgos y retos que ello supone y la agilidad para responder estos cambios.

Para poder medir este nivel se utilizan dos factores la Estructura Productiva y los Impulsores de la Producción - Structure of Production and Drivers of Production-. Ambos se calculan teniendo en cuenta distintos factores.



Figura 2-5. Factores de medición WEF

- Estructura Productiva: Definido por la Complejidad Económica; evaluada por la singularidad y el mix de productos que un país puede producir como resultado de la cantidad de conocimiento integrado en la economía y las formas que se combina este conocimiento, y la Escala Productiva; que evalúa el volumen total de productos fabricados y el significado de la fabricación en la economía, también denominado Valor de Fabricación Añadido.
- Impulsores de la Producción: Compuesto por seis indicadores.
  1. Tecnología e Innovación: Mide lo avanzado, seguro y conectado que su infraestructura de Tecnologías de Información y Comunicación- Information and Communication Technology (ICT)- para apoyar el salto tecnológico. También tiene en cuenta la capacidad de un país de fomentar, innovar y comercializar nuevas tendencias con potencial en la producción.
  2. Capital Humano: Muestra la capacidad del país para responder a cambios en el mercado laboral

desencadenados por la Industria 4.0 analizando las capacidades fuerzas actuales del trabajo y la generación de talento futura.

3. Comercio Internacional e Inversiones: Evalúa la participación del país en el comercio mundial para facilitar el intercambio de productos, conocimiento y tecnología para, y crear lazos.
4. Marco Institucional: Mide la eficacia de las instituciones gubernamentales, regulaciones y normas hacia el desarrollo tecnológico, creación de nuevas empresas y fabricación avanzada.
5. Recursos Sostenibles: Muestra el impacto de producción en el medio ambiente, incluyendo el uso de recursos naturales y otras fuentes alternativas de energía.
6. Entorno de Demanda: Evalúa el acceso a la demanda local y extranjera de un país, y la sofisticación de la base de consumidores, ya que puede impulsar diversas actividades en la industria y nuevos productos.

En la siguiente tabla mostraremos los 10 mejores clasificados mundialmente junto a la posición de España en estos dos factores. Se ha seguido una escala 0-10 de puntuación.

Tabla 2-1 Estructura Productiva

País	Puntuación	Ranking Global
Japón	8'99	1
Rep. Corea	8'85	2
Alemania	8'68	3
Suiza	8'39	4
China	8'25	5
República Checa	7'94	6
Estados Unidos	7'78	7
Suecia	7'46	8
Austria	7'46	9
Irlanda	7'34	10

Tabla 2-2 Impulsores de la Producción

País	Puntuación	Ranking Global
Estados Unidos	8'16	1
Singapur	7'96	2
Suiza	7'92	3
Reino Unido	7'84	4
Holanda	7'75	5
Alemania	7'56	6
Canadá	7'54	7
Hong Kong	7'45	8
Suecia	7'40	9
Dinamarca	7'20	10

Respecto a la Estructura Productiva España consigue una puntuación de 6'05 que le coloca en la posición 29<sup>a</sup> del Ranking Global. Los países europeos que superan a España en esta categoría son: Alemania, Suiza, Rep. Checa, Suecia, Austria, Irlanda, Reino Unido, Finlandia, Italia, Francia, Polonia, Eslovenia, Bélgica Holanda, Dinamarca, Hungría y Rumanía, en ese orden. Dentro de los países europeos los que registran peor puntuación son Chipre (4'11 | 64) Albania (2'83 | 91). El único país latinoamericano que se sitúa por delante nuestra es Méjico (22). Los países en la escala mundial con peor puntuación son Camerún (1'84 | 98), Mongolia (1'81 | 99) y Nigeria (1'66 | 100).

Respecto a la Impulsores de la Producción España recibe una puntuación de 6'23 que le sitúa en la posición 24<sup>a</sup> de Ranking Global. Los países europeos que superan a España están en esta categoría son: Suiza, Reino Unido, Holanda, Alemania, Suecia, Dinamarca, Finlandia, Francia, Irlanda, Bélgica, Austria, Noruega, en este orden. Los países europeos que han quedado peor puntuados son, de nuevo, Albania (4'07 | 78) y Bosnia y Herzegovina (4'04 | 79). Ningún país latinoamericano se sitúa por delante nuestra en este aspecto. Los países peor puntuados mundialmente han sido Etiopía (3'29 | 98), Tanzania (3'28 | 99) y Camerún (3'24 | 100).

Para las situaciones de los países nombrados en el apartado anterior 5.2, Alemania, Japón Estados Unidos y Suiza se comparará el resultado obtenido en el Ranking Global de WEF con las respuestas que dieron a los estudios sobre la mentalidad y situación en 2016 de las fábricas respecto a la nueva forma de producción que supone la Industria 4.0.

Estos cuatro países pertenecen a los diez mejores países de Ranking en ambas categorías a excepción de Japón respecto a los Impulsores de Producción. Aun así, es notable destacar que realizan grandes esfuerzos en el apoyo, desarrollo e innovación de tecnologías punteras, además de en el marco económico y social.

- Alemania: Ha obtenido las posiciones 3<sup>a</sup> en Estructura Productiva y 6<sup>a</sup> en Impulsores de la Producción. Eran los que más oportunidades veían al implantar este cambio. Se consideraba bien preparados para soportar el salto. Eran bastantes optimistas al respecto y creían que no habría grandes competidores. Parece ser una evolución natural en el desarrollo de la producción de su país. Podemos ver que sí están dispuestos a mantenerse a la cabeza de las nuevas tecnologías de producción, aunque aún no se colocan como los primeros.
- Japón: 1º clasificado respecto a Estructura Productiva, pero 16º en Impulsores de la Producción. Como reflejaban sus respuestas, que hablaban de una preparación no tan al nivel como las de los demás países, destaca que ha obtenido una puntuación considerablemente más baja en el apartado de Impulsores de la Producción.
- Estados Unidos: 7<sup>a</sup> en Estructura Productiva, pero consiguiendo ser 1º en Impulsores de la Producción. Aunque en la sección anterior se mostraban con un optimismo menor hacia el potencial de la Industria 4.0, veían grandes oportunidades y consideraban que habría gran cantidad de competidores. Parece ser que han sido capaces de ver la posibilidad de obtención de valor y la necesidad de impulsar el cambio para no quedarse atrás, aunque no fueran plenamente optimistas al respecto.
- Suiza: En la posición de 4º en Estructura Productiva y 3º respecto a Impulsores de la Producción. Veía mucho potencial en el cambio hacia este nuevo modelo, aunque en 2016 no se habían plasmado estos cambios en las plantas de producción. Podemos ver que tienen una situación especialmente encaminada al desarrollo en la producción.

Se podría decir que el mejor situado es Suiza si miramos ambas clasificaciones en conjunto. Alemania y Estados Unidos aproximadamente igualados, aunque E.E.U.U. es primero en una de ellas. Y que Japón, aunque siendo el mejor en Estructura Productiva, debe hacer más esfuerzos en el marco de los Impulsores a la Producción.



# 3 TECNOLOGÍAS DISRUPTIVAS DEL MODELO 4.0

---

*La automatización completa no es realista. La tecnología aumenta principalmente la productividad a través de sistemas de asistencia física y digital, no la sustitución del trabajo humano.*

Ingo Ruhmann

**P**ara implementar la Industria 4.0 se necesita del uso de diferentes tecnologías que están ya a nuestro alcance. Un correcto plan de desarrollo y la unificación de fuerzas dentro de la empresa hacen que el cambio hacia el nuevo modelo de industria se consiga de una manera más sencilla y eficaz. En este capítulo se expondrán las tecnologías y áreas de conocimiento más destacadas de la Industria 4.0 tomadas de estudios de BCG. En este capítulo además de las nueve básicas se ha añadido el campo de Inteligencia Artificial y Machine Learning, considerado también de gran importancia en el sector.

Según BCG la Industria 4.0 se lleva consigo la convergencia de 9 tecnologías industriales digitales:



Figura 3-1. Tecnologías disruptivas de la Industria 4.0

Los sistemas nombrados en la casilla de Big Data y Análisis se describirán en el apartado correspondiente, *3.6 Big Data*.

En el año 2016 BCG realizó una encuesta a 380 ejecutivos y gestores de empresas de fabricación situadas en Estados Unidos sobre el estado de desarrollo de sus fábricas respecto a la Industria 4.0 y los desafíos a los que se han enfrentado. Estos asignaban un valor según el avance dentro de sus fábricas con el que consideraban que estaban desarrolladas cada una de las distintas áreas. Como podemos ver en la figura

inferior, de las seis tecnologías sobre las que se realizó la encuesta, aún no se había implementado ninguna tecnología al 100%. Aunque el porcentaje alcanzado en Robótica Avanzada era una de las más bajas, los gestores de estas empresas destacaban el interés en la futura inversión sobre este campo durante los próximos años.

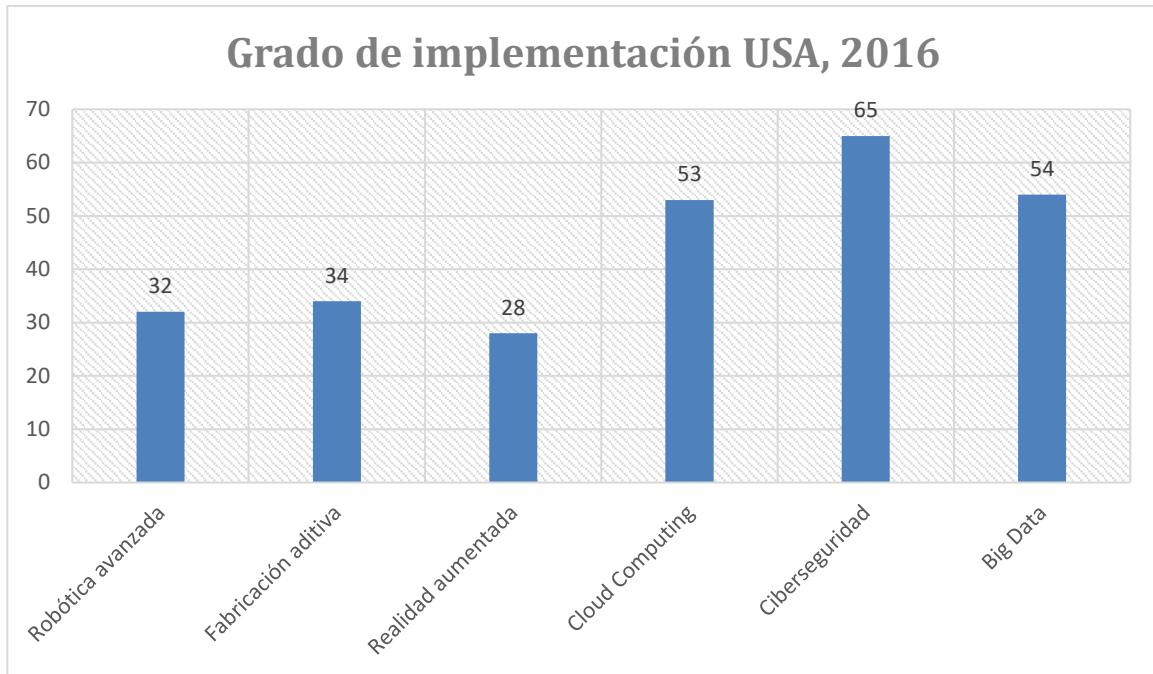


Figura 3-2. Implementación tecnologías disruptivas de la Industria 4.0 en USA

### 3.1 Robótica avanzada

La robótica es una tecnología madura en sectores industriales y tiene una tasa de crecimiento impresionante: las ventas han aumentado de las 65.000 unidades en 1995 a las 290.000 en 2015 según el informe de Federación Internacional de Robótica -International Federation of Robotics (IFR) - del 2016, con la perspectiva de llegar a los 135.000 millones de dólares el mercado de robots en el año 2019.

Desde el punto de vista geográfico, Asia representó dos tercios de todos los robots industriales instalados en 2015. Los países con el mayor número de robots industriales activos coinciden con los que se encuentran más industrializados: China, Japón, Estados Unidos, Alemania y Corea del Sur. Dado que la robótica es una Tecnología crítica en el desarrollo y la eficiencia industrial, la asimetría entre estos cinco países, que poseen más del 70% de los robots instalados en el mundo en 2015, y el resto de los países indica una distancia o división cada vez mayor en la situación tecnológica entre países que se puede ver reflejado en su economía.

Los impactos de la robótica y la automatización avanzada afectan a la evolución de todas las organizaciones empresariales actuales. La evolución en aspectos fundamentales de la vida de las empresas y de los trabajadores influirán decisivamente en el modelo de trabajo y de empresa del futuro. Principalmente en temas como las relaciones laborales en el seno de los grupos de trabajo, la conflictividad laboral, la organización y la estructura jerárquica de las empresas, y la seguridad laboral.

El avance en la robótica nos presenta un modelo de empresa industrial y de servicios caracterizado por los siguientes rasgos: mayor individualización de las relaciones laborales, menor conflictividad laboral, menor número de accidentes laborales, menor estructura de mando y con una disminución de los mandos intermedios.

Las tendencias previstas por los expertos para los próximos diez años para las empresas del futuro comienzan con la disminución de las funciones de control sobre la actividad de las personas y el aumento de la supervisión sobre los resultados de los procesos. En este sentido, se modificará la función supervisora de los mandos. El

nuevo significado y función del mando permitirá gestionar el trabajo a través del control de procesos y resultados. El cargo al mando trabajará más con la información procesada a través de ciclos de control de la elaboración del producto final, que directamente con las personas. Todo ello exige mayor cualificación, y procesos normativizados en la producción y los servicios. El papel de los cargos intermedios y las funciones de supervisión se reducirá a medida que los avances en la robótica permitan implantar robots con mayores capacidades de control, diagnóstico y resolución de problemas. A la vez, el trabajo en equipo y la remuneración por objetivos hace que el propio grupo se controle a sí mismo en un proceso en el que aumenta la presión y la intensidad del trabajo.

Podemos ver estas tendencias valoradas con la escala 1-4 en la siguiente tabla, tomada del estudio llevado a cabo por *Antonio López Peláez, Impactos de la robótica y la automatización avanzada en el trabajo, 2000*:

Tabla 3–1 Tendencias en las empresas con robótica avanzada

Aspecto	Tendencia	Seguridad en la previsión	Importancia	Consecuencias y efectos políticos
La individualización de las relaciones en los grupos de trabajo	Aumentará	Seguro (3)	Bastante importante (4)	Medianamente importantes (3)
El número de accidentes laborales en las empresas con altos niveles de automatización y robotización	Disminuirá	Bastante seguro (4)	Bastante importante (4)	Bastante importantes (4)
La conflictividad laboral en las empresas con altos niveles de automatización y robotización	Disminuirá	Seguro (3)	Bastante importante (4)	Bastante importantes (4)
Los puestos de mando intermedios en las empresas de servicios, como consecuencia de la automatización y robotización	Disminuirá	Seguro (3)	Importante (3)	Medianamente importantes (3)
Los puestos de mando intermedios en empresas del sector industrial, como consecuencia de la automatización y robotización	Disminuirá	Bastante seguro (4)	Importante (3)	Medianamente importantes (3)

Para dar respuesta a las necesidades de acortar el tiempo de entrega al mercado -time to market - asegurando la flexibilidad, re-configurabilidad y seguridad, la tecnología que lo hace posible de una forma más prometedora es la robótica colaborativa. En el caso del sector aeronáutico se estima que la demanda de aviones va a ser creciente, con una necesidad de 30.000 aviones nuevos hasta el 2030. Este fuerte crecimiento obligará a que el time to market se reduzca notablemente, lo que implica adoptar un concepto de automatización, siempre complicado en el ámbito aeronáutico ya que se llevan a cabo gran cantidad de revisiones y comprobaciones a lo largo del proceso de fabricación. La robótica colaborativa ofrece soluciones más flexibles y reconfigurables. Convertir un robot industrial convencional en un robot colaborativo o “cobot” supone el adaptarlo para que pueda trabajar en entornos de trabajo compartido de forma segura.

Los proyectos europeos Robo-Partner y CRO-INSPECT se centran en el estudio y desarrollo del uso de esta nueva generación de robots que trabajan de forma conjunta con las personas en entornos industriales permitiendo una mayor flexibilidad en la automatización de distintas tareas. Ambos han sido puestos en marcha gracias a fondos europeos destinados a programas de investigación, innovación y desarrollo como Horizon 2020, en el caso de CRO-INSPECT.

## 3.2 Fabricación activa

La fabricación aditiva puede definirse como un proceso a través del cual el material es depositado a capas de forma controlada en los puntos en que este es necesario, mayoritariamente suele ser metal o plástico. Esta técnica

comúnmente conocida como “Impresión 3D”, permite fabricar objetos con formas geométricas personalizadas según las necesidades de los clientes.

Si se compara con las técnicas de fabricación tradicionales, esta tecnología modifica el concepto de fabricación. Pasamos de cortar o moldear las formas, reduciendo o eliminando materiales, a combinar materias primas de forma más precisa y versátil. Con la Impresión 3D conseguimos utilizar únicamente el material necesario para la fabricación de la pieza, sin generar desechos, con coste menor de los componentes y una manera de fabricar más sostenible.



Figura 3-3. Impresión 3D automóvil

Cinco procesos básicos son los que engloba la fabricación aditiva tomados de: *Fabricación aditiva y transformación logística: la impresión 3D por José López Parada, mayo 2018*:

1. El primer paso es crear un modelo 3D del objeto que se desea imprimir. Este modelo se realiza mediante un software de diseño (CAD) o mediante técnicas de ingeniería inversa realizando un escaneado del objeto.
2. El fichero CAD se convierte a un formato que defina la geometría de objetos 3D generalmente usando un formato “Standard Triangle Language” (STL). El archivo se divide digitalmente en capas.
3. La tercera etapa requiere la transferencia del archivo STL y la configuración de la máquina. Para imprimir de manera económica, es decir, maximizar el ahorro de costes y reducir el desperdicio de material, debe verificarse el correcto posicionamiento y el adecuado tamaño del objeto en la plataforma de construcción. Normalmente, se imprimen varias partes de una vez.
4. En el cuarto paso, la máquina, que únicamente está controlada por el computador, construye el modelo capa a capa. El grosor de cada capa determina la calidad final y depende de la máquina y del proceso.
5. Después de tener construida la pieza y pasado el período de enfriamiento y seguridad, el modelo se puede quitar de la máquina. Pueden ser necesarios procesos adicionales, como la limpieza, el pulido, la pintura y el acabado de la superficie según el estándar deseado. Esto puede implicar el uso de otras máquinas y herramientas.

Las principales ventajas de utilizar esta tecnología son:

- Mayor capacidad de diseño: Permite realizar piezas más complejas compuestas por diseños que presentan formas geométricas y orgánicas con mayor grado de dificultad. Imprimir el conjunto de piezas o el completo del producto en el mismo proceso.
- Fabricación en cualquier lugar: Las piezas pueden enviarse digitalmente e imprimirse en hogares o lugares cercanos a los consumidores, lo que reduce los tiempos de espera y transporte enormemente.

- Uso eficiente del material: Gracias la producción exacta de piezas requeridas y la no sobreproducción. Únicamente se realizan las piezas que el cliente ordena.
- Personalización del producto: Permite un alto nivel de personalización ajustando a las necesidades del cliente. Es de gran importancia en el sector médico, donde las piezas pueden realizarse directamente para el paciente y acorde a necesidades individuales.
- Utilización de menos recursos: No es necesario tener disponible gran cantidad de material para hacer frente al número de pedidos y no se desecha tanto material.
- Reducida mano de obra cualificada: Todo el proceso lo lleva a cabo la máquina, precisa de menos vigilancia y control.

Cabe destacar el alto nivel de confianza que se observa en las empresas emergentes “startups” de impresión 3D, están obteniendo valoraciones muy positivas de la comunidad de empresas de capital riesgo. Lo más importante es que las empresas manufactureras están continuamente atentos a la evolución de esta tecnología que avanza a pasos agigantados para integrarla en sus planes estratégicos futuros.

Durante el próximo lustro se esperan enormes adelantos en sectores como el de automoción, material ferroviario, aeronáutica o incluso el de los muebles, calzado o joyería. En talleres y estudios de diseño podemos ver que las impresiones 3D son ya una realidad, donde acelera el proceso de modelaje. Se investigan aplicaciones alimenticias, buscando la forma de que sean capaces de imprimir comida. Incluso existen en China prototipos de grandes modelos que fabrican casas.

### 3.3 Simulación y realidad aumentada

La realidad virtual -Virtual Reality (VR)- es la tecnología que permite crear escenarios virtuales en los que el usuario puede interaccionar. Estos escenarios virtuales se desarrollan de tal forma que sean lo más realista posible con objeto de que el usuario no perciba diferencias con la realidad. Durante la experiencia de VR el usuario está aislado del mundo real empleando unas gafas envolventes y se sumerge en un mundo completamente artificial.

La realidad virtual permite un desarrollo mucho más rápido de los vehículos al permitir a los ingenieros visualizar modelos 3D a tamaño real de cada componente y del coche entero, con anterioridad a que las piezas estén disponibles físicamente.

La realidad aumentada - Augmented Reality (AR) - es la integración de realidad virtual y la vida real pero el usuario es capaz de distinguir la parte real de la virtual. Se trata de aplicaciones que incorporan información en forma de gráficos a la información el mundo real, también pueden sugerir documentos con contenido, sonidos, enlaces web... Precisa de sensores para integrar ambos tipos de información que son gestionados por algoritmos de visión artificial. Al hacer uso de AR los usuarios siguen estando en contacto con el mundo real e interactúan con los objetos virtuales que aparecen a su alrededor.

Los sistemas de AR, aunque todavía requieren de gran desarrollo, proporcionan en la actualidad una gran variedad de servicios a nivel industrial tales como ayuda selección de piezas en almacenes o en la reparación y mantenimiento de máquinas complejas.

Los operarios pueden recibir instrucciones in situ sobre cómo sustituir una pieza determinada mientras se sitúan frente a la correspondiente máquina a reparar. Esta información aparece directamente sobre el campo de visión de los operarios empleando por ejemplo tablets o gafas de AR.

Actualmente las simulaciones ya se emplean en la fase de ingeniería, en el diseño de nuevos productos y procesos de producción, pero en el futuro estas se extenderán a las operaciones en planta.

Es posible generar un modelo virtual de la totalidad o de una parte de esa cadena productiva gracias a la cantidad de datos adquiridos de los diferentes elementos que la componen, lo que también posibilita generar simulaciones de procedimientos con mayor exactitud. Estas simulaciones volcarán los datos adquiridos en tiempo real sobre un modelo virtual de la planta física que puede incluir máquinas, productos y humanos. Esto posibilitará a los operadores optimizar los ajustes de las máquinas haciendo pruebas rápidamente y de forma muy barata en el sistema virtual. Esto no solo permite reducir los tiempos de parada e incrementar la calidad sino también poder

solucionar comportamientos anómalos que puedan aparecer durante la fabricación.

## 3.4 Internet Industrial

El Internet industrial de las Cosas -Industrial Internet of Things (IIoT)- se refiere a un marco industrial con una gran cantidad de dispositivos y máquinas conectados y sincronizados utilizando herramientas de software y tecnologías de plataforma de terceros en un contexto máquina a máquina de Internet de las Cosas, más tarde Industria 4.0 o Internet Industrial. La comunicación máquina a máquina (M2M) es un elemento del Internet de las Cosas, pero también se refiere a actividades específicas en las etapas iniciales del Internet Industrial de las Cosas.

### 3.4.1 Internet of Things

Internet of Things (IoT) es un término amplio acuñado por Kevin Ashton en una presentación a Procter & Gamble en 1999 y que cubre una amplia gama de información. Ashton fue pionera en el uso de identificadores de radiofrecuencia (RFID) en la empresa Zensi, fabricando tecnología de detección y monitoreo de energía para mejorar la administración de la cadena de suministro.

El Internet of Things (IoT) es básicamente un sistema de objetos físicos, máquinas y personas que conecta automáticamente los sensores, el software, la electrónica y la conectividad para mejorar el rendimiento mediante el intercambio de información con otros dispositivos conectados, usuarios, operadores o fabricantes. Cada dispositivo participante tiene una identificación única y la capacidad de intercambiar datos automáticamente a través de una red. IoT amplía la conectividad de Internet más allá de los dispositivos tradicionales, como computadoras y portátiles, e incluye una amplia gama de dispositivos, dispositivos cotidianos y todo tipo de máquinas. Todos usan Internet para comunicarse e interactuar con otros dispositivos o personas. En un sistema de Internet of Things, a cada dispositivo se le asigna un identificador único universal -Universally Unique Identifier (UUID)-, que permite que se identifique inequívocamente para que se pueda reconocer fácilmente y se pueda enviar o recuperar cualquier información relevante en el sistema.

Cada uno de los dispositivos en el sistema debe estar conectado a la misma red. La red debería ser capaz de agregar información de diferentes tipos de sistemas de redes desplegando una red heterogénea que sea capaz de incorporar automáticamente todos los dispositivos necesarios. Esto significa que la red debe ser capaz de cambiar de forma dinámica y automática, y continuamente descubrir y mapear cosas en la red. La seguridad de la información es una consideración importante en todas las redes, especialmente a medida que la red aumenta de tamaño y alcance.

Otra parte importante del sistema es la tecnología, incluido el hardware y el software, que puede comunicar de manera confiable la información relevante hacia y desde los diferentes dispositivos que componen la red. Esta tecnología puede identificar dónde se dirige cada conjunto de información y dónde se encuentra el dispositivo receptor. La información se entrega de la manera más eficiente, que puede determinarse por seguridad, velocidad, calidad de conexión, etc. De esta forma se puede construir un sistema eficaz y rentable.

#### 3.4.1.1 Aplicaciones del Internet of Things

Existe una amplia variedad de objetos cotidianos que están disponibles para su uso en aplicaciones de IoT. Estos incluyen sistemas de seguridad interconectados, termostatos, automóviles, aparatos electrónicos, luces en el hogar y entornos comerciales, despertadores, sistemas de altavoces, máquinas expendedoras y más.

Algunos sistemas domésticos en los que se pueden usar los dispositivos con la capacidad de Internet of Things son:

- Smart Home: Las casas inteligentes son probablemente la aplicación de IoT más popular actualmente porque es la más asequible y está disponible para todos los consumidores. Actualmente hay muchos productos en el mercado que están a la venta y son fáciles de usar, por ejemplo, para que los usuarios controlen dispositivos domésticos y soliciten información de Internet mediante el uso de un asistente

de voz como Alexa en cualquier aspecto de la calidad de tu hogar como luces y temperatura. Amazon Echo y Nest Thermostat son otros ejemplos.

- Wearables: Se trata de objetos que las personas pueden colocarse en las muñecas y que pueden realizar muchas tareas diferentes y normalmente incluyen un reloj habitual junto con otras funciones. Estas funciones incluyen controlar nuestro smartphone para recibir mensajes de texto y llamadas telefónicas. Apple Watch es un ejemplo de esto tipo de wearable. Nuevas funciones están agregados continuamente a estos dispositivos. Otros fabricantes suministran dispositivos como Fitbit y Jawbone que rastrean la actividad diaria de los usuarios y brindan a las personas información detallada y gráficos sobre su salud, y pueden usarse para monitorear efectivamente el progreso y controlar un programa de acondicionamiento físico.
- Automóviles conectados: los automóviles conectados son vehículos que están equipados con acceso a Internet que se puede compartir mediante una red wifi con todos los pasajeros del vehículo. Esta comodidad nos la presenta la empresa estadounidense American Telephone and Telegraph (AT&T) con el servicio Connected Car -Coche Conectado -. La conectividad a Internet provee el conductor con servicios útiles, como el cálculo de la mejor ruta y el seguimiento de la trayectoria de los automóviles a lo largo de la ruta, e indica en tiempo real las posibles fuentes de demora. Los controles y sensores del automóvil y sus componentes individuales también se pueden monitorear de forma remota para mejorar la seguridad.
- Smart Cities: Estas son las conocidas como Ciudades Inteligentes. IoT también se puede utilizar para transformar ciudades enteras y resolver los problemas que enfrentan los ciudadanos todos los días. Al interconectar los sensores (cámaras, termómetros, etc.) para controlar los sistemas que activan los dispositivos (semáforos, barreras de fuego, etc.) Internet of Things puede resolver problemas de congestión de tráfico y reducir el ruido, la delincuencia y la contaminación. Los desarrollos actuales en vigilancia inteligente, transporte automatizado, sistemas de administración de energía más inteligentes, distribución de agua, seguridad urbana y monitoreo ambiental son ejemplos de aplicaciones de internet para las ciudades inteligentes. Barcelona es una de las ciudades que ha incorporado sistemas de IoT para controlar y mejorar el estacionamiento y los problemas medioambientales en la ciudad.

Hoy en día hay más de 12 mil millones de dispositivos que se pueden conectar a Internet, y los investigadores de IDC estiman que en 2020 habrá 26 veces más cosas conectadas que personas. Según un estudio realizado por Gartner en 2014, las aplicaciones para consumidores impulsarán la cantidad de cosas conectadas, mientras que el uso en las empresas representará la mayor parte de los ingresos. Gartner es una empresa consultora y de investigación de las tecnologías de la información con sede en Stamford, Connecticut, Estados Unidos. Se estima que los sectores de fabricación y servicios públicos tengan la mayor base de cosas instaladas para 2020.

Tabla 3-2 Unidades instaladas en IoT

Categoría	2013	2014	2015	2020
Automoción	96	189'6	372'3	3.511'1
Consumo	1.842'1	2.244'5	2.874'9	13.172'5
Empresarial genérico	395'2	479'4	623'9	3.164'4
Empresarial vertical	698'7	836'5	1.009'4	3.164'4
Total	3.032	3.750	4.880'6	25.006'6

### 3.4.1.2 Industrial Internet of Things

Es importante distinguir entre las aplicaciones de Internet de las cosas para el consumidor y las aplicaciones comerciales/industriales. El IIoT se define como "máquinas, computadoras y personas que permiten *operaciones industriales inteligentes utilizando análisis de datos avanzados para resultados empresariales transformadores*".

En el contexto puro de máquina a máquina e Industria 4.0, la ventaja principal de los marcos y sistemas de Internet Industrial de las Cosas es que pueden operar de forma semiindependiente o con una mínima intervención humana. Estos sistemas son cada vez más capaces de responder inteligentemente a la información de entrada y utilizar esta información para cambiar su curso de acción.

El IIoT es un movimiento hacia el uso de máquinas “inteligentes”. El objetivo de utilizar este tipo de máquinas es mejorar los niveles de precisión operativa de los sistemas a un nivel que no podría lograrse con intervenciones humanas. Uno de los mayores beneficios del Internet industrial de las cosas debería ser, por lo tanto, una reducción de los errores humanos y del trabajo manual, un aumento en la eficiencia general y la correspondiente reducción en los costos de tiempo y dinero.

Se pueden lograr reducciones en el costoso tiempo de inactividad, rotura o reemplazo de la máquina controlando constantemente la información suministrada por los dispositivos para realizar un mantenimiento preventivo oportuno. Con el mantenimiento adecuado, los riesgos de las máquinas defectuosas se reducen con la mejora correspondiente en los niveles de seguridad de las operaciones de la máquina.

Sin embargo, el objetivo de implementar Industrial Internet of Things no es reemplazar completamente el trabajo humano, sino mejorarlo y optimizarlo. Esto se puede hacer mediante la creación de nuevos puestos de trabajo y modelos comerciales que se centren en el análisis, la interpretación y la aplicación de los datos recibidos de los dispositivos conectados.

Los principales beneficios del uso de IIoT en cualquier industria son el aumento de la eficiencia, el ahorro de costes y tiempo y la mejora de la seguridad industrial.

### 3.4.1.3 Tipos de software de IIoT

Para implementar el software IIoT que puede seleccionar, interpretar y procesar la información provista por los muchos dispositivos y sensores en el entorno de la fábrica es necesario el uso de sistemas y metodologías que se ajusten a las características de la empresa en cuestión y los objetivos que esta siga. Dos de los paquetes de software más utilizados para esto se describen a continuación:

- Sistemas de ejecución de fabricación -Manufacturing Execution System (MES)-. Este software es un puente entre el software Enterprise Resource Planning (ERP) y la información suministrada por la maquinaria. MES comparte la información en la red corporativa donde cada departamento puede acceder a la información relacionada con sus necesidades utilizando herramientas como paneles, información resumida, informes, alertas por correo electrónico y otras tareas relacionadas con la red.  
MES es un software que se utiliza idealmente en industrias donde hay una gran cantidad de movimiento, cambios o rotación de procesos o trabajo por turnos. Esto se debe a que puede ser difícil controlar y encontrar manualmente los datos necesarios con tantos factores cambiantes. El uso de un sistema que está siempre encendido y registra continuamente la información de uso y funciones, puede ser de gran ayuda en la planificación y el control de los procesos. Esto puede ser para procesos que son simples, pero donde hay una gran cantidad de cambios.
- SCADA. Los sistemas de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA) son similares a MES, pero en lugar de utilizar los datos de la máquina con el software de planificación, SCADA utiliza la información recibida para controlar de forma remota los sistemas de fabricación. El control remoto de las válvulas en una planta nuclear se puede hacer mediante sistemas SCADA. SCADA opera en una arquitectura de circuito cerrado entre la máquina y los controles, y no necesariamente conecta la máquina a la red corporativa.

Los fabricantes y proveedores de máquinas también pueden beneficiarse de los datos recopilados de los sensores incorporados en las máquinas que suministran. Los datos sobre factores como la vibración y los niveles de temperatura pueden identificar áreas de mejora para la máquina. Los datos sobre el control de calidad de la pieza fabricada pueden proporcionar información sobre cómo se pueden mejorar los errores.

### 3.4.2 Internet of Services

La idea básica de Internet de los Servicios (IoS) es utilizar internet para concebir nuevas formas de creación de valor en el sector de los servicios. El concepto de servicio, en este contexto, se refiere a una comprensión de las funciones técnicas de software proporcionadas como servicios web. En un sentido más amplio, son más que capacidades técnicas que pueden ser invocadas por interfaces de programas informáticos.

Por ejemplo, Rolls Royce no vende motores a las aerolíneas, sino que vende "horas de vuelo" a las líneas aéreas, junto con un contrato de servicio para mantener los motores arrendados. Las compañías aéreas obtienen un motor gratis cuando se inscriben en el contrato de servicio, por lo que el valor está en el servicio que reciben las compañías aéreas.

Para crear el IoS, los servicios deben ser descritos de una manera que la dimensión del negocio y la dimensión de la tecnología se fundan. Las empresas deben describir el aspecto comercial de un servicio mientras que al mismo tiempo los servicios deben ser descritos de manera que los equipos puedan comprenderlos y vincularlos automáticamente. Esto requiere un lenguaje que pueda ser procesado de manera automática. Con los medios digitales, el flujo de información asociado al flujo de material se ha vuelto de mayor importancia.

Un desafío es encontrar una comprensión adecuada del término “servicios”. El significado técnico se refiere a “servicios web” o “servicios de red”. Un significado comercial adicional se refiere a “servicios profesionales” y la “industria de servicios”.

### 3.4.2.1 Desafíos de IoS

Internet de los Servicios es una tecnología nueva y emergente que necesita de un nuevo lenguaje para ser construida, evaluada y estandarizada.

1. Ajuste del precio: Para IoS es una decisión estratégica crítica porque existen diferentes tipos de grupos de clientes. Por lo tanto, es difícil hacer un modelo de precios único. Una empresa puede utilizar varios modelos de precios, para servicios de lote en paralelo con el objetivo de atender las necesidades de diferentes grupos de clientes. Las empresas deben hacer la investigación sobre las necesidades de los clientes para determinar qué modelos de precios son apropiados y, a continuación, crear los modelos de entre los que los clientes seleccionarán a primera vista. El precio puede ser dinámico, lo que quiere decir que cambiará continuamente con respecto a los alcances del servicio en diferentes etapas a lo largo de su ciclo de vida.
2. Captura de valor:
  - Identificar a las partes interesadas: Los segmentos más atractivos para los servicios de IoT no siempre son los inmediatamente obvios. Así identificar las partes interesadas que obtienen valor a partir de los datos.
  - Comprender cómo se crea valor en la red: Entender el motivo por el que se contratarán sus servicios antes de la cantidad que pretende cargar al cliente.
  - Escuchar lo que los clientes esperan del modelo de servicio.
  - Planificación de futuros servicios, ahora.
  - Considerar los modelos de precios más audaces: En algunos casos, el valor de los servicios IoT puede ser tan grande que una empresa puede considerar cambiar todo su modelo de negocio para centrarse en la prestación de servicios. Las opciones de precios pueden entonces incluir el suministro de hardware de forma gratuita o con grandes descuentos, o incluso pagar a los clientes para suministrar ciertos tipos de datos.
3. Miedo a perder el empleo: Por un lado, Internet es una herramienta que amplía rápidamente los mercados, pero por otro lado puede causar la reducción del número de puestos de trabajo. Por ejemplo, basándose en la investigación llevada a cabo por McKinsey & Company: *La transformación digital de China, El impacto de Internet en la productividad y el crecimiento debido a la introducción de Internet* (2014), el número de empleos en China se reducirá entre un 1.3 y hasta un 4.0 por ciento, o lo que es lo mismo, aproximadamente entre 10 y 31 millones empleos al alcanzar el año 2025.

### 3.5 Inteligencia Artificial, Machine Learning y Cloud Computing

La Inteligencia Artificial (IA) es la capacidad de una computadora digital o un robot de realizar tareas asociadas con la inteligencia humana como percibir, razonar, descubrir significados, resolver problemas, hacer uso de un lenguaje, generalizar y aprender de experiencias pasadas.

Uno de los escenarios contemplados es el de la humanidad robotizada, completamente manipulable y sometida por la tecnología. Se debe hacer un uso y progreso de la IA que no sobrepase el liderazgo humano y mantenga a los robots bajo control. Tal y como predijo Stephen Hawking en 2014:

*“Porque el desarrollo de una completa IA podría traducirse en el fin de la raza humana.”*

La IA y las técnicas Machine Learning -aprendizaje de máquinas- están evolucionando a una velocidad sorprendente con técnicas como la denominada Deep Learning -aprendizaje profundo-. Esta es la capacidad de los sistemas digitales de aprender y mejorar tomando estímulos de su entorno, de forma similar a cómo las neuronas se activan en el cerebro humano. Todos los sensores que incorporan proporcionan un mejor monitoreo, control, mantenibilidad e incluso auto-reparación de los sistemas. La posibilidad de obsolescencia está siempre presente en estos sistemas avanzados de fabricación con continuas innovaciones en IA, máquina de aprendizaje, robótica y control. Hay que añadir a esto el uso del llamado Cloud Computing -computación en la Nube- en el que todos los datos son almacenados en servidores deslocalizados en los que se pueden almacenar, recuperar y analizar datos desde cualquier lugar a tiempo real. La interconexión de todas estas tecnologías acelera la capacidad de crear valor en la empresa e implantar nuevas técnicas de gestión, fabricación e intercambio de información entre trabajadores y máquinas.



Figura 3-4. Inteligencia Artificial

Dentro de poco una gran cantidad de empleos serán suplantados por tecnología de IA como el servicio de alquiler de transporte. Los taxis, por ejemplo, serán sustituidos por vehículos autónomos que aún están en fase de prueba, aunque algunos que ya están en funcionamiento han sido retirados del mercado debido a accidentes letales causados por algunas unidades.

Algunos proveedores del sector de automoción han comenzado a utilizar sistemas de visión artificial unidos a algoritmos de machine learning para identificar si los componentes tienen problemas de calidad, teniendo en cuenta también defectos que no están incluidos en la base de datos. Ya que los sistemas de IA pueden analizar y aprender de los datos generados en el ambiente de trabajo así consiguen entrenar el algoritmo para las posibles nuevas situaciones de necesidad. Por ejemplo, nuestro sistema IA podría comparar los ajustes de nuestro taladro y las propiedades del material para predecir los riesgos y posibilidades de superar las tolerancias exigidas.

### 3.6 Big Data

Mediante el uso de todas las tecnologías que están involucradas en la transformación a la Industria 4.0 constantemente se genera un volumen de datos que no es posible gestionar de la manera tradicional. Es en este momento en el que la tecnología Big Data entra en juego. Las empresas precisan de la capacidad de gestión de estos datos para poder usarlos en la generación de nuevo valor empresarial. El análisis de los datos masivos extraídos de máquinas es crucial a la hora de planificar el funcionamiento y coordinación de la fábrica. La facilidad de cálculo y ahorro de tiempo en los procesos de manejo de datos es un avance de gran magnitud en la Industria 4.0. A todo esto es a lo que está dedicado el Big Data.

Operaciones como recolección, almacenamiento, análisis, gestión y clasificación de datos masivos haciendo uso de una metodología de análisis específicas con el objetivo de:

- Mejora de tiempos y productividad
- Actualización de situación de mercancías
- Distribución eficaz de tiempos de operación y espera
- Empleo eficiente de recursos
- Control de procesos
- Predicción de necesidades en tenencias y gustos sociales
- Trato personalizado al cliente
- Mayor eficacia en producción y venta
- Chips inteligentes en productos: alerta en situaciones en las que haya fallos o caducidad
- Programas de postventas
- Sistemas de comunicación entre trabajadores, y con las máquinas

Para el desarrollo eficiente de este nuevo sistema de gestión de datos masivos se requiere de personal cualificado que sepa acceder, analizar y aplicar al modelo de industria la información obtenida de estas bases de datos digitales generadas y actualizadas continuamente en las fábricas. Estos son conocimientos en los que actualmente se invierte cada vez más, y es posible una oferta mayor en cursos destinados al manejo y especialización en este campo.

Las características principales del Big Data son:

- Capacidad de almacenamiento y procesamiento: Big Data necesita una gran cantidad de almacenamiento y capacidad de computación (CPU) para poder hacer frente a las características de los conjuntos de datos gestionados.
- Escalabilidad: Un proyecto de Big Data se caracteriza por tener una serie de picos de demanda, seguidos de períodos de poca actividad en los servidores. Sería deseable, por tanto, poder incrementar o disminuir la infraestructura tecnológica según las necesidades de cada momento. El uso de servidores deslocalizados con tarifas de costes que dependiesen de la cantidad de traspasos de datos sería el modelo óptimo de gestión de recursos digitales relacionados con esta tecnología.
- Control de costes: Abordar cualquier proyecto de este tipo mediante la adquisición de un modelo en propiedad de toda la infraestructura necesaria implica una inversión inicial, lo que provocaría que muchas compañías desistieran de utilizar Big Data. Coste de hardware y software destacan en el manejo de la información, pero las inversiones en maquinaria configurada para este uso además del personal con el talento adecuado dificultan la posibilidad de implantación en el tema de costes.



Figura 3-5. Big Data

### 3.6.1 Softwares actuales

Debido a la cantidad diversa de usos que el Big Data puede tener, existen numerosos softwares para sacar el mayor partido a esta tecnología digital vanguardista. Sería imposible enumerar todas las herramientas Big Data que actualmente existen en el mercado, pero aquí nombramos algunos de los softwares más conocidos actualmente: Hadoop, Spark, Flink, Presto, HBase, Cassandra y Kudu.

Todas estas herramientas pertenecen al ecosistema Apache de código abierto que utiliza una red de ordenadores de gran capacidad conectados por red.

- **Hadoop:** Aplicación principal en la que se basan otras muchas soluciones enfocadas a Big Data. Funciona fragmentando los datos capturados en pequeños bloques y distribuyéndolos entre varios servidores, este sistema se denomina Hadoop Distributed File System (HDFS) lo que permite el procesamiento de grandes volúmenes de datos con un mejor rendimiento y con la posibilidad de análisis en tiempo real. También una implementación del sistema de procesamiento de datos llamado MapReduce que usa el sistema Yet Another Resource Negotiator (YARN) para la distribución de tareas. Esta es la herramienta principal que cualquiera que quiera iniciarse en el manejo y comprensión de Big Dara debe tener conocimiento.
- **Spark:** Herramienta de procesamiento de datos en batch y tiempo real. El procesamiento batch consiste en la ejecución de programas sin interacción ni control directo del usuario. Precisa del conocimiento del usuario de un lenguaje de programación llamado Scala para su puesta a punto.
- **Flink:** Es el principal rival de la herramienta Spark. Ofrece las mismas posibilidades, pero con métodos de implementación distintos. Hace uso de los lenguajes Scala, Java, Python o SQL.
- **Presto:** Herramienta basada en SQL que permite consultas a grandes conjuntos de datos a velocidades realmente altas. Facebook es una de las empresas de información personal más grandes que utiliza este software para el acceso y análisis de su base de datos de trescientos petabytes.
- **HBase:** Sistema de almacenamiento de datos que está presente en las distribuciones de Hadoop. Permite un acceso y actualización aleatorio a los datos almacenados en el sistema que está escrita en Java.
- **Cassandra:** Es una base de datos que no está basada en SQL y no hace uso del ecosistema Hadoop. Además, es una de las únicas plataformas que puede hacer frente a manejo de varias bases de datos entrelazadas.
- **Kudu:** Es un componente considerablemente nuevo en el ecosistema Apache que permite realizar análisis y consultas sobre los datos del sistema de almacenamiento de forma más ágil y sencilla.

### 3.6.2 Modelos de gestión de datos

Después de haber descrito las características de uso y los principales softwares que deben ser conocidos para el desarrollo del Big Data se muestran los modelos de gestión que reúnen las principales herramientas necesarias para la gestión empresarial, que se utilizan en la actualidad.

- Enterprise Resource Planning (ERP): recogen información en lo referente a la producción, distribución, inventario de compras y de productos fabricados, facturas y contabilidad con el objetivo de generar conocimiento detallado y actualizado de la empresa que pueda ser usado en las etapas de planificación de estrategias de la compañía.
- Customer Relationship Management (CRM): recolectan datos de clientes, desde la domiciliación hasta el historial de visitas, ventas, acciones de marketing, para poder analizarlos y enfocar el modelo de negocio hacia las exigencias del cliente de una manera mucho más efectiva.
- Manufacturing Execution System (MES): es un sistema avanzado que sirve para gestionar todos los procesos de producción en planta de una manera mucho más eficiente que funciona de manera automática extrayendo datos a tiempo real de los procesos de producción.
- Supply Chain Management (SCM): reúnen datos de cada una de las partes de la cadena de suministro, incluyendo proveedores y clientes, compras de materias primas para la producción, almacenamiento, gestión de existencias, producción y entrega de pedidos a clientes.

## 3.7 Ciberseguridad

El 12 de mayo de 2017 un ataque masivo de ransomware llamado WannaCry afectó a empresas y particulares de todo el mundo, incluyendo grandes corporaciones y organismos públicos. El ataque golpeó seriamente al Servicio de Salud Británico, a la multinacional francesa Renault, al sistema bancario ruso y al grupo de mensajería estadounidense FedEx, así como al servicio de ferrocarriles alemán y a universidades en Grecia e Italia.

A pesar de la sofisticación de este ransomware, operativos de seguridad consiguieron inutilizarlo gracias a defectos en su diseño. Así lograron detener el malware y detener su expansión por toda la Internet. Fuentes estadounidenses relacionaron este ataque con el gobierno norcoreano. En total, WannaCry recaudó casi 52 bitcoins con un valor de alrededor de 115.000 €, una cifra no muy elevada para este tipo de ataques.

IBM, una de las grandes empresas especializadas en la actualidad en ciberseguridad, considera que una organización recibe un promedio de 1.400 ciberataques semanales y a nivel mundial estima que el cibercrimen genera anualmente 380.000 millones de euros en ganancias.

### 3.7.1 Global Cybersecurity Index

El Índice Mundial de Ciberseguridad -Global Cybersecurity Index (GCI)- surge de la asociación de colaboración entre la empresa privada ABI Research y la Unión Internacional de Telecomunicaciones -International Telecommunications Union (ITU)-, y tiene como objetivo contribuir a una mejor comprensión del compromiso de los estados soberanos en el ámbito de la ciberseguridad, con el fin de impulsar la cuestión hasta el primer plano de las agendas nacionales. Tiene sus raíces en la Agenda sobre Ciberseguridad Global de la ITU y reúne el nivel de compromiso en cinco ámbitos o indicadores: medidas jurídicas, medidas técnicas, medidas organizativas, creación de capacidades y cooperación internacional.

Este índice tiene un bajo nivel de detalle, ya que su objetivo es representar la preparación de los países para la ciberseguridad o su compromiso con ésta, y no el detalle de sus capacidades ni sus posibles vulnerabilidades. Pero nos hace tomar conciencia sobre la importancia de la seguridad en el entorno cibernético y la importancia de alcanzar un nivel óptimo de seguridad en nuestro país y en nuestras organizaciones.

Se muestra la tabla de los 10 mejores clasificados mundialmente:

Tabla 3–3 Clasificación mundial en ciberseguridad

Estado miembro	Puntuación	Ranking Global
Singapur	0'925	1
Estados Unidos	0'919	2
Malasia	0'893	3
Omán	0'871	4
Estonia	0'846	5
Mauricio	0'830	6
Australia	0'824	7
Georgia	0'819	8
Francia	0'819	8
Canadá	0'819	9
Federación Rusia	0'788	10

En la clasificación mundial España ha obtenido una puntuación de 0'519 que le otorga el puesto 54 respecto a los valores y puntuaciones de este índice. Cabe destacar que dentro de los países que se han incluido en la región europea los que presentan mayor índice (por encima de España) son: Estonia, Francia, Noruega, Reino Unido, Países Bajos, Finlandia, Suecia, Suiza, Israel, Letonia, Alemania, Irlanda, Bélgica, Austria, Italia, Polonia, Dinamarca, República Checa, Luxemburgo, Croacia, Rumanía, Turquía, Bulgaria y Hungría; en ese orden. Nosotros estamos por delante de otros 18 países de nuestra región. Los peor puntuados mundialmente son Ciudad del Vaticano (161), Andorra (154) y Bosnia y Herzegovina (136). Resaltar que en el caso de Latinoamérica se sitúan por delante de España: Méjico (28), Uruguay (29), Brasil (38), y Colombia (46), por este orden.

De los 193 Estados miembros, hay un enorme rango en los compromisos de ciberseguridad, como lo ilustra el mapa de calor que aparece a continuación. Nivel de compromiso: de verde (más alto) a rojo (el más bajo)

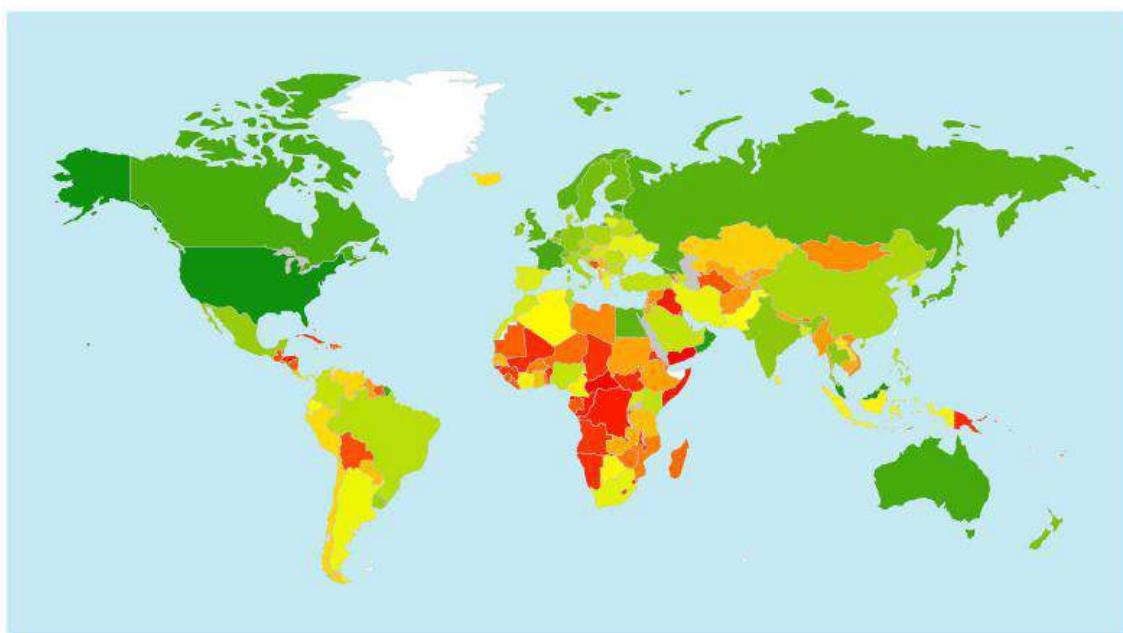


Figura 3-6. Mapa de calor de los compromisos nacionales en ciberseguridad

Los Estados miembros son clasificados anualmente dentro de tres categorías respecto a su puntuación GCI:

- Iniciando: se refiere a los 96 países con la puntuación inferior al 50% que han empezado a asumir compromisos en la ciberseguridad.
- En desarrollo: son los 77 países puntuados entre el 50% y el 89% que han desarrollado compromisos complejos y se dedican a programas e iniciativas de ciberseguridad.
- Líderes: consta de 21 países con puntuación superior al 90% que demuestran un alto compromiso en los cinco pilares del índice.

España pertenece a los países que han alcanzado una puntuación dentro del grupo de “en desarrollo”.

Cada día se generan nuevas amenazas a las que las empresas no tienen capacidad de enfrentarse con éxito, a menos que dispongan de una buena estrategia de ciberseguridad, así como las herramientas y programas adecuados.

## 3.8 Otros

Se introducen dos tendencias: la Gestión de Relaciones con los Clientes (CRM) y la Servitización, que deben tomarse en consideración a la hora de implementar todo lo que el conjunto de la Industria 4.0 supone. Estos dos apartados tratan de modelos y capacidades más centradas en los servicios que pueden prestarse y en la forma en la que gestionarlos para hacer del nuevo negocio un uso más eficaz y atractivo hacia los clientes.

### 3.8.1 Customer Relationship Management

CRM quiere decir Gestión de las Relaciones con los Clientes, y se refiere a la manera en que las empresas interactúan con los clientes actuales y futuros. Se trata de un término utilizado en el área de marketing y ventas para gestionar las relaciones llevadas a cabo con cada uno de los clientes de la empresa. Dos de los principales usos son la gestión del cliente actual y la captación de nuevos clientes. El seguimiento de las interacciones puede ser un desafío por la cantidad de pedidos que simultáneamente puedan estar en marcha. Un sistema CRM centraliza y almacena grandes volúmenes de datos de clientes, desde la información de contacto hasta el historial de interacción e incluso la actividad en las redes sociales, y lo pone a disposición en tiempo real. Se pueden analizar estos datos y aprovechar para mejorar drásticamente las ventas, marketing y actividades de servicio al cliente. Las empresas empiezan a fusionar estos datos en línea y offline para obtener una visión más completa de sus clientes. Esta visión puede ayudar a crear una base de datos de la demanda que se ejecuta desde el principio del ciclo de ventas (la visita inicial del sitio web) a la compra (datos de pedidos), la detección de patrones en la intención de compra y la facilitación eficaz de recomendaciones de productos.

Un estudio realizado por la empresa alemana SAP (Sistemas, Aplicaciones y Productos en Procesamiento de Datos) conocida mundialmente y que se dedica al diseño de productos informáticos de gestión empresarial, muestra los datos necesarios y de dónde recopilarlos para crear un perfil de usuario real que muestre de la manera más fiel su relación con la empresa. Con ello ser consciente de los canales por los que incide de manera más efectiva en las relaciones con nuestros clientes y hacer mayor énfasis en ellos.

### SOURCES OF DATA USED TO CREATE SINGLE VIEW OF THE CUSTOMER

Q1: How many data sources must you consolidate to create a single view of your customers' experience with your company?  
 Base: Total (906)



Figura 3-7. Recursos para la creación del perfil de usuario CRM

El CRM resuelve los siguientes problemas:

1. Falta de comunicación interna: debido a que cada conversación y tarea es guardada, organizada y programada no hay posibilidad de olvidar los plazos. Todo está guardado en el sistema CRM y puede ser comprobado en línea por cada uno de los miembros involucrados en la conversación.
2. Email-llamadas-reuniones: ayuda a reducir el tiempo invertido en pedir información entre los empleados.
3. Seguimiento de ventas: a veces los vendedores no hacen seguimiento de sus conversaciones. El sistema CRM ayuda a mantener un seguimiento de cada cliente potencial y su reacción con el producto o la marca.

Hoy en día, hay un número incontable de compañías de software que proporcionan varios tipos de servicios a cumplir las necesidades de todo tipo de negocios. Estas son las empresas más poderosas que no sólo dan soporte CRM sino muchos otros servicios para facilitar la información y gestión del cliente.

Tabla 3-4 Empresas de software CRM

Empresa	Año de fundación	Localización de la sede	Número de usuarios
Salesforce	1999	San Francisco, California, USA	150.000 empresas
Sugar CRM	2004	Cupertino, California, USA	2 millones usuarios individuales
Zoho	1996	Chennai, India	30 millones usuarios individuales
Insightly	2009	San Francisco, California, USA	25.000 empresas + 1'5 millones de usuarios
Capsule	2009	Manchester, Reino Unido	150 empresas

Actualmente Salesforce está, por primera vez, en la posición número 1 de la lista anual de *Fortune* de las 100 mejores empresas para las que trabajar. *Fortune* es una de las revistas mundiales de negocios más reconocidas en el globo que fue fundada en 1930 y que cada año realiza esta lista respecto a 6 criterios: valores, innovación, crecimiento financiero, efectividad de liderazgo, maximizando el potencial humano y confianza. Esto nos hace ver la importancia que este tipo de softwares están alcanzando en la organización y gestión de organizaciones de todo el mundo.

### 3.8.2 Servitization

El concepto Servitization o en español, Servitización es descrito por Cambridge Service Alliance tal que:

*“Servitización se define como la innovación estratégica de las capacidades y procesos de una organización para pasar de la venta de productos, a la venta de una oferta integrada de productos y servicios que ofrezca valor en uso, Sistema-Servicio-Producto PSS”*

Antes, las empresas manufactureras sólo fabricaban los productos mientras los servicios los prestaban empresas especializadas en ello. Ahora, surge una nueva tendencia rentable en la que las empresas manufactureras no sólo venden el producto, sino que también ofrecen los servicios. A través de este concepto las empresas también son capaces de reconocer fácilmente las necesidades no satisfechas de los clientes.

Mediante la Servitización, los fabricantes no sólo venden el producto, sino que también ofrece los paquetes de servicio y mantenimiento para mantener el producto en funcionamiento a niveles óptimos. Además, a través de la servitización los fabricantes pueden priorizar actividades para maximizar los rendimientos a lo largo de toda la vida útil del producto. Esto está ligado a la opinión de que las empresas manufactureras están cada vez menos ligadas a la venta del producto puro y más orientadas a la oferta de productos-servicios. De este modo, muchos fabricantes han buscado el crecimiento mediante el aumento de la venta de servicios.

Los fabricantes deben diseñar una cadena de servicio que trabaje en estos cinco criterios (G. Pezzotta & P. Gaiardelli, 2018):

- Nivel de contacto del cliente
- Intensidad de capital
- Grado de participación del cliente
- Satisfacción del cliente
- Entorno de mercado

Como podemos ver, sin la implicación de los clientes, los servicios no pueden ser proporcionados. Es por eso por lo que las empresas fabricantes deben saber definir fácil y cómodamente el sistema de servicio para que el cliente sea capaz de percibir el valor real de la oferta realizada. La Industria 4.0 está realmente extendiendo las redes de negocios tradicionales a través de diferentes recursos para crear valor en las organizaciones.

Un ejemplo de esta modelo sería una empresa de fabricación de neumáticos está ofrece sus neumáticos como un servicio para el cual el cliente paga en función del número de kilómetros recorridos. Para permitir la gestión remota la compañía hace uso de sensores y telemática. El coste total de propiedad y substitución de los neumáticos será más bajo, aunque el coste instantáneo de adquisición del sistema sea mayor respecto a la compra de un par de neumáticos. El desplazamiento del cliente de un modelo centrado en el producto a otro centrado en el servicio necesita un nuevo modelo de negocio.

#### 3.8.2.1 Aumento de ventas

Se estima que las empresas de fabricación han aumentado sus márgenes entre un 5% y un 10% mediante la implementación de estas iniciativas. Proporcionar datos a los vendedores aumenta su productividad sin necesidad de una gran inversión en su formación para saber cómo usarlos.

Al adoptar la Industria 4.0, se aumentan sus ventas a través de la transformación de los servicios actuales y la creación de nuevos servicios digitales. Al combinar datos del equipo con nuevas plataformas para comunicarse con los clientes, los proveedores de servicios pueden diferenciarse mejor de sus competidores. Los datos existentes de los clientes pueden ser reunidos por los proveedores para determinar la actualización más adecuada

en las producciones posteriores. Además, estos datos pueden ser utilizados para desarrollar un perfil de nuevos clientes y segmentos de productos basados en factores más específicos, más sofisticados, la vida de los equipos o la frecuencia de las compras de piezas, etc.

### 3.8.2.2 Fuerzas que conducen a la innovación en los servicios

Según BCG, estas cinco fuerzas están poniendo a prueba el entorno empresarial, haciendo de los servicios avanzados una tarea obligada para las empresas:

1. Aparición de nuevas influencias: Continuamente los clientes recurren a fuentes online para nuevas inspiraciones. Por ejemplo, Houzz es un sitio web de inspiración para la remodelación del hogar fundado en 2009 en Palo Alto, California, USA, que recaudó 165\$ millones de financiación por parte de diferentes inversores en 2014.
2. Crecimiento de la nueva interfaz: Todas las empresas ahora desean ser el medio de unión entre el producto y el cliente. Por ejemplo, una empresa de transporte Uber, recientemente valorado en 53.000\$ millones (24/05/2018) a pesar de no poseer vehículos, y Alibaba, que tenía la oferta pública inicial más grande del mundo 25.000\$ millones, pero no posee inventario.
3. Mercantilización de productos: Cada producto, independientemente de su complejidad, está destinado a algún nivel de mercantilismo. Por ejemplo, los ordenadores solía ser un misterio, eran muy complejos y los clientes no los entendían, se necesitaban formación especializada y conocimientos para venderlos. Pero ahora, los clientes compran los ordenadores por internet, con poca o ninguna ayuda de ventas. Así que los servicios son una manera poderosa de diferenciación entre las empresas.
4. Consolidación de canales al por menor: Amazon y otros minoristas en línea están llevando a cabo una consolidación en el canal de ventas al por menor. La investigación de BCG ha encontrado que mientras que la mayoría de los hipermercados podían tener sobre 150.000 unidades de acción-custodia -Stock-Keeping Units (SKU)-, esto es el código de identificación de productos en inventario en los almacenes de la empresa, Amazon ofrece sobre 50 millones.
5. Centralización del cliente: Las herramientas digitales actuales permiten a las empresas ofrecer los mejores servicios a los clientes. Una empresa centrada en el cliente es más que una empresa que ofrece buen servicio. Por ejemplo, ambos Amazon Y Zappos son ejemplos excelentes de marcas que se centran en el cliente y han pasado años creando una cultura alrededor de sus necesidades. Centralización en el cliente es la característica más importante con el fin de establecer un enfoque plenamente digital. Las empresas que no responden ofreciendo sus propios servicios especializados encontrarán cada vez más difícil mantener sus clientes.



# 4 EJEMPLOS DE EMPRESAS QUE HAN EMPEZADO LA SENDA DE LA INDUSTRIA 4.0

---

*Tanto si piensas que puedes como si piensas que no, tienes razón.*

*Henry Ford*

**Y**a se ha mostrado todo de lo que la Industria 4.0 es capaz de hacer dentro de la plantas de fabricación de cualquier tipo de empresa de manufactura. Describiendo cada una de las tecnologías necesarias para sacar el mayor partido del cambio que ya, algunas empresas han sido capaces de aprovechar. Actualmente son muchos los ejemplos de empresas que han comenzado a desarrollar el cambio. Este capítulo quiere ser de utilidad para ilustrar los datos y contenidos desarrollados a lo largo del trabajo y servir de inspiración para todo aquel que se está planteando hacer uso este tipo de tecnologías.

## 4.1 Schneider Electric

La empresa europea Schneider Electric fue fundada por los hermanos Schneider en 1836 y comienza su negocio trabajando con forjas y minas. A lo largo de sus casi doscientos años de existencia, en los que ha conseguido sobrevivir a dos guerras mundiales, ha pasado por los negocios del armamento, redes eléctricas o construcción naval. Actualmente, centra sus actividades a nivel mundial, en el ámbito de las aplicaciones de software, energía crítica y redes inteligentes. Desarrollan soluciones y tecnologías en áreas como la seguridad, fiabilidad, eficiencia y sostenibilidad, convirtiéndose en uno de los especialistas mundiales en la gestión de energía y automatización.

Han obtenido una gran cantidad de premios relacionados con los distintos sectores en los que operan. Los últimos que recibieron fueron en 2016: Primera posición en el informe de liderazgo en sistemas de gestión energética de edificios; nombramiento como líder mundial en acción corporativa contra el cambio climático según Carbon Disclosure Project (CDP) (organización que divulga y respalda la reducción del impacto ambiental); quinta posición entre las cadenas de suministro europeas, Gartner (empresa consultora y de investigación de las ICT).



Figura 4-1. Schneider Electric

EcoStruxure for Industry es la arquitectura de sistema abierto que, conectada a la cadena de suministro, reúne las herramientas de gestión y análisis, necesarias para una industria para los procesos de distribución y gestión de energías y recursos. Forma parte del programa Eco Struxure que también ofrece otros servicios que aúnan Tecnologías de la Información -Information Technology (IT)- y Tecnología Operativa -Operational Technology (OT)- como: Building, Plant & Machine, Grid o Power.

Empresas como Hilton Hotels, Telefónica, Dell, Deloitte o Enel son algunos de los ejemplos de empresas que disfrutan de los servicios de Schneider Electric y aseguran su éxito en el aspecto del Internet of Things.

## 4.2 Rolls Royce

Fredrick Henry Royce creó un negocio de mecánica y electricidad para el automóvil en el año 1884 con el que fabricó su primer vehículo llamado Royce. Junto a Charles Stewart Rolls y fundará la que hoy conocemos como Rolls Royce en 1904. En 1908 trasladó su sede a Derby, Reino Unido, lugar donde sigue estando.

Actualmente Rolls Royce es un grupo de compañías derivadas de la principal, compuesta por Rolls Royce Motors Cars y Rolls Royce Holdings.

- Rolls Royce Motors Cars: Basa su producción en la fabricación de automóviles de lujo, que ahora es propiedad de BMW. En 1950 un exclusivo modelo del Phantom IV fue regalado a la Reina de Inglaterra demostrando su posición como vehículo de excelencia. Los modelos de esta marca son: Ghost, Phantom, Wraith, Dawn y Cullinan. Coches cuyos precios rondan entre los trescientos y quinientos mil euros.
- Rolls Royce Holdings: Es la que crea, con diferencia, mayor beneficio que está especializada en turbinas, especialmente para motores de aeropropulsión civil y defensa. También dispone de sistemas de propulsión terrestre y marino. Además, proporciona sistemas inteligentes de gestión y análisis de energía nuclear. En su entorno llamado Laboratorios R2 de datos, llevan a cabo el diseño, estudio y desarrollo de las innovaciones y tecnologías de interés para la empresa para una fabricación más eficaz e inteligente.

En 2016 lanzaron el proyecto del primer barco inteligente denominado Advanced Autonomous Waterborne Application Initiative (AAWA) con el objetivo de hacer realidad la navegación remota y autónoma. Según los líderes del proyecto la tecnología necesaria para la navegación autónoma ya existe, solo hace falta combinar los sistemas de manera óptima para lograr, a lo que ellos llaman, el “capitán virtual”.



Figura 4-2. Rolls Royce AAWA

Con el desarrollo de las tecnologías de Internet of Things permitirán el seguimiento remoto de los buques de todo el mundo en tiempo real. Estará compuesto por una tripulación de alrededor de diez personas que desde tierra controlaran el rumbo y las actuaciones sobre el barco. Harán uso de pantallas inteligentes, sensores a bordo, y drones de vigilancia para reconocer el estado del buque en todo momento. Las empresas navieras podrán integrar la logística de distribución y mejorar el aprovechamiento de toda su flota generando una gran cantidad de ahorro en costes operativos. El principal problema es conseguir un sistema de seguridad con el que defenderse de cualquier tipo de ataque cibernético.

### 4.3 Airbus

Airbus Group se formó con el nombre de Compañía Europea Aeronáutica de Defensa y Espacial - European Aeronautic Defence and Space (EADS)- en el 2000 unificando varias compañías del sector de la producción aeroespacial compitiendo con Boeing por el liderazgo en este sector. EADS era también líder en la fabricación de armamento en Europa. EADS construyó el módulo Columbus contribuyendo así en la Estación Espacial Internacional, cuyo ensamblaje tuvo lugar en 2008. Actualmente tiene su sede legal en Leiden, Países Bajos, y desarrolla y comercializa aeronaves civiles, militares, además de cohetes espaciales, misiles y sistemas relacionados. Airbus está compuesto por las secciones de espacio y defensa, aviones comerciales y helicópteros.

Airbus S.A.S. es una división de Airbus Group con sede en Toulouse, Francia desde 2014, que fue fundada como Airbus Industrie en 1970 y construye aeronaves civiles en Francia, Alemania, España, China y Reino Unido.

Desarrollaron a lo largo de 2016 un sistema de realidad aumentada mediante tecnologías de la Industria 4.0 para tener un mejor mantenimiento, monitoreo y montaje del avión A400M. Este es el proyecto denominado DAR - Digital Augmented Reality- cuyo objetivo consiste en disminuir considerablemente el tiempo empleado en la visualización y gestión de la información relacionada con los defectos de un avión. Con este proyecto Airbus

fue galardonado en 2017 con el premio Industria 4.0 en los I Premios Digitales llevados a cabo por el diario online El Español.



Figura 4-3. Airbus DAR

Este sistema permite al encargado visualizar todos los defectos del aparato, junto a su estado y la información referente a cada uno en sus dispositivos digitales de una manera rápida y sencilla. El operario hará uso de dispositivos como tablets, móviles o gafas de realidad aumentada que le permitan ver estos datos en la planta de fabricación de tal forma que el sistema reconoce y muestra los defectos sobre la aeronave. Con ello se consigue reducir el tiempo de recogida de datos en el proceso de solución de defectos.

#### 4.4 Maserati

Maserati se fundó en Bolonia, Italia en el año 1914 por los hermanos Maserati como un taller de automóviles. Crearon vehículos de competición elegantes y con tecnología sofisticada. En 1937 cambia de dueño y cambió de sede a la actual en Módena, Italia. Actualmente forma parte del grupo Fiat S.P.S. En 1946 presentaron el primer vehículo de uso diario, el A6, en el Salón del Automóvil de Ginebra. Los modelos de venta al público que ha creado la marca a lo largo de su historia han sido: Quattroporte, Levante, Gran Turismo, Gran Cabrio y Ghibli.

Con el uso de los softwares industriales y de automatización de Siemens, proveedor habitual de la empresa, Maserati ha creado virtualmente, simulado y probado su último modelo Ghibli, una berlina executive antes de su producción, que comenzó en 2013. Usó e implantó los softwares CAD NX, los productos de Tecnomatix y Siemens TIA para que la línea de montaje estuviera completamente automatizada en su planta de Turín, alcanzando el 75% de robotización. Esto permitió diseñar desde cero y lanzarlo al mercado en dieciséis meses en lugar de los treinta que normalmente se tarda. Todo esto ha conseguido optimizar los procesos de análisis, reducir los tiempos de desarrollo, reducir el número de prototipos y mejorar la ejecución y producción de componentes.



Figura 4-4. Maserati

- El TIA es un Portal que reúne una variedad de software con sus últimas versiones para la planificación, programación y diagnóstico de todos los controladores, junto con pantallas de visualización y accionamientos integradas en la fábrica.
- Tecnomatix está compuesta por una cartera de herramientas de soluciones para la fabricación digital, cuyas herramientas son: Manufacturing Planning, Manufacturing Simulation, Manufacturing Production, Electronics Manufacturing y Intosite. Con el apoyo de la plataforma Teamcenter PLM de fabricación, Tecnomatix ofrece hoy en día el conjunto más versátil de soluciones de fabricación del mercado.
- CAD NX es una herramienta digital que hace uso del software NX 11 para el diseño, simulación y creación de soluciones para la fabricación que permite visualizar mediante modelos 3D los productos y procesos.

Todos estos sistemas de gestión digitales están englobados en el programa Product Lifecycle Management (PLM) Software de Siemens, que permite el monitoreo a lo largo de toda la cadena de producción del producto.

Como podemos ver ya existen múltiples ejemplos que hacen uso de estas técnicas de modificación del proceso productivo. Solo es cuestión de tiempo que el completo del sector industrial incluya las herramientas que componen el completo de la Industria 4.0.



# 5 TRABAJOS FUTUROS

---

**E**n este capítulo se quieren proponer posibles trabajos que continúen con la investigación realizada en este TFG.

Muchas son las tecnologías que conforman la actual Industria 4.0 que en el presente trabajo se han expuesto, pero el mundo de la personalización y la adaptación de cada una de ellas al sector en el que desarrolle hace que el estudio de cada una de ellas sea, por sí sola, objeto de estudio. Dentro de las nueve tecnologías pertenecientes a la Industria 4.0 existen innumerables softwares que relalizan diversidad de funciones respecto al control de las cadenas de producción, este podría ser un posible estudio futuro dentro de una tecnología concreta. Estos podrían ser los desarrollados por Siemens comentados en *4.4 Maserati*.

La importancia del Big Data en el análisis de la gran cantidad de datos hace de esto otro tema muy interesante a desarrollar. Selección de software, uso y aplicación a distintos procesos industriales.

Otro de los aspectos actualmente más relevantes es el de la ciberseguridad, este campo compondría un trabajo realmente útil actualmente y la manera de relacionarlo con los procesos de robotización industrial.

Este proyecto trataba de la importancia del Internet of Things pero se debe tener en cuenta también la importancia del Intenet of Services o Internet o Data en el desarrollo de la nueva industria. La combinación de otras metodologías a la hora de hacer negocio junto con los sistemas existentes para la gestión de datos de usuarios y el consiguiente estudio de formas de negocio.

Teniendo en cuenta la velocidad a la que hoy en día se evoluciona y desarrollan nuevas tecnologías, en correcto pensar sobre cuál será el próximo hito que nos haga pasar a lo que sería la siguiente revolución industrial, posiblemente acuñada Industria 5.0. Ya son alguno los que comienzan a formular hipótesis sobre el escalón a superar y que marca un nuevo cambio. Este podría ser un trabajo que continuaría con el proceso de evolución del que las industrias deben estar concienciados.



# 6 CONCLUSIONES

---

En este último capítulo de conclusiones se mostrarán y harán notar las principales ventajas que se han ido comentando a lo largo del trabajo, para la completa comprensión de la implementación de este nuevo modelo de industria y que pueden ser de guía para la consecución de la Industria 4.0. También para finalizar se presentan plataformas nacionales de financiación para proyectos destinados a la innovación y el desarrollo de la Industria 4.0.

## 6.1 Ventajas

Tras haber realizado este trabajo se podría decir que se llega a la conclusión de que son más las ventajas que los inconvenientes en la implementación de la Industria 4.0. Puede suponer un gran éxito empresarial a nivel individual como del conjunto de la economía e industria nacional e internacional. Por su puesto que numerosos puestos de trabajo vendrán eliminados, pero la cantidad de nuevos sistemas, modelos y tecnologías que van de la mano de este cambio en la producción asegura una ingente cantidad de nuevas posibilidades. El uso de las nuevas tecnologías, teniendo siempre muy en cuenta el factor de la ciberseguridad, y los nuevos métodos de gestión de las organizaciones hará que aquellas empresas que no sigan el ritmo fracsen de manera estrepitosa en su forma de hacer negocio y verán como su maquinaria se queda obsoleta vertiginosamente. Las principales ventajas que la Industria 4.0 nos trae son:

- Captura de valor: Las compañías adquieren valor mediante la reducción costes de fabricación, y la mejora de la calidad y agilidad de las operaciones.
- Mejora de la productividad: Aumento de la productividad por reducción del tiempo de producción mediante optimización y automatización, mejor uso de activos y gestión de inventarios.
- Flexibilidad: La automatización ayudará a la empresa a aumentar la flexibilidad. Máquinas y robots pueden ejecutar pasos de producción para un mayor número de productos.
- Calidad: A través de sensores que monitorizan la producción en tiempo real e intervienen rápidamente en caso de errores.
- Velocidad: Con los datos constantes y la capacidad computacional de gestionar los procesos se ayudará a aumentar la velocidad de la producción.
- Seguridad: Más seguridad operacional mediante una mayor automatización que elimina la actuación humana en las etapas productivas más peligrosas y cobots de colaboración al operador.
- Condiciones de trabajo: Mejores condiciones de trabajo a través de la ergonomía que mediante estaciones adaptadas minimiza el esfuerzo físico y maximiza la eficiencia.
- Colaboración y responsabilidad: Mayor colaboración en la red de producción mediante la disponibilidad consistente de datos.
- Protección del medio ambiente: Mejor protección del medio ambiente mediante el uso optimizado de los recursos.
- Capacidad innovadora: Mayor capacidad innovadora a través de nuevas posibilidades tecnológicas en la fabricación.
- Continuidad: posibilidades avanzadas de mantenimiento y monitoreo.

## 6.2 Programas nacionales de financiación

Actualmente España no tiene una posición relevante respecto a la implantación de la Industria 4.0 y aún está lejos de alcanzar resultados como los de los países que se comentan en las secciones 2.5.5 *Otras consideraciones sobre la Industria 4.0* y 2.5.6 *Clasificación mundial según WEF* de este mismo trabajo. Es por ello por lo que

se deben hacer mayores esfuerzos e inversiones en temas de investigación y desarrollo de tecnologías punteras. Para finalizar este trabajo se quieren mostrar programas gubernamentales existentes ya en España para la financiación y fomento del desarrollo e implementación de la Industria 4.0, llevados a cabo por Secretaría General de Industria y de la PYME (SGIPYME) y el Ministerio de Economía, Industria, Competitividad.



Figura 6-1. Industria Conectada 4.0

Industria Conectada 4.0 es una iniciativa cuyo objetivo es incrementar el valor añadido industrial y el empleo cualificado en el sector, favorecer el desarrollo de la industria del futuro creando un entorno local de soluciones digitales. También pretende aumentar las exportaciones nacionales y servir de apoyo para crear una industria española más competitiva. Cuentan con la colaboración y cofinanciación de las Comunidades Autónomas y de la Fundación EOI.

Para ponerlo en marcha y que sea un programa efectivo cuenta con dos actuaciones complementarias destinadas a empresas industriales:

- Herramienta de Autodiagnóstico Digital Avanzada (HADA): Consiste en una herramienta on-line que permite diagnosticar el nivel de madurez digital de las empresas.
- Activa Industria 4.0: Es un Programa de asesoramiento especializado y personalizado para la implantación de proyectos de Industria 4.0, realizado por entidades consultoras acreditadas y con experiencia. La Consejería de Empleo, Empresa y Comercio, junto con la SG de Industria y de la PYME colaboran en el desarrollo de la estrategia y la metodología con la que se desarrollada la iniciativa. Este programa permitirá a las empresas disponer de ayudas para dotar a las empresas de un diagnóstico de situación y de un plan de transformación que identifique las habilidades digitales necesarias en su proceso de transformación y establezca la hoja de ruta para su implantación.



Figura 6-2. HADA

Gracias a estos programas cada vez estamos más cerca de la evolución que supone la Industria 4.0 en nuestro país. Puede verse que el proceso de cambio está comenzando, pero aún nos queda mucho por avanzar para estar a la cabeza y alcanzar los niveles de otros países europeos. Sólo con la correcta alineación de política e industria se conseguirá el éxito en el desarrollo de todas y cada una de las tecnologías involucradas. Además, es necesario una mentalidad dispuesta a invertir y apostar por nuevos métodos de hacer negocio y nuevos talentos que sean capaces de plantar las bases de la nueva Industria 4.0.





# GLOSARIO

---

AAWA – Advanced Autonomous Waterborne Application Initiative  
AR – Augmented Reality  
CDP – Carbon Disclosure Project  
CRM – Customer Relationship Management  
DAR – Digital Augmented Reality  
DFA – Design for Assembly  
DFM – Design for Manufacturing  
EADS – European Aeronautic Defence and Space  
ERP – Enterprise Resource Planning  
GCI – Global Cybersecurity Index  
HDFS – Hadoop Distributed File System  
HMI – Human-Machine Interface  
IA – Inteligencia Artificial  
ICT – Information and Communication Technology  
IFR – International Federation of Robotics  
IIoT – Industrial Internet of Things  
IoS – Internet of Services  
IoT – Internet of Things  
IT – Information Technology  
ITU – International Telecommunications Union  
JIT – Just in Time  
MES – Manufacturing Execution System  
NFC – Near Field Communication  
OT – Operational Technology  
PLC – Programmable Logic Controller  
PLM – Product Lifecycle Management  
QR – Quick Response code  
RFID – Radio Frequency Identification  
SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition  
SCM – Supply Chain Management  
SOP – Standard Operation Procedure  
STL – Standard Triangle Language  
UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

UUID – Universally Unique Identifier

VR – Virtual Reality

WEF – World Economic Forum

YARN – Yet Another Resource Negotiator

# BIBLIOGRAFÍA

---

- [1] CCOO Industria, Secretaría de Estrategias Industriales, «La digitalización y la Industria 4.0. Impacto industrial y laboral», 2017
- [2] ITU Cybersecurity Team, «Global Security Index (GCI)», 2017
- [3] Lus Uriarte y Aitor Alzaga, «Fabricación avanzada: alguans tendencias globales», IK4-Tekniker, 2016
- [4] Jaime González Matínez, «La producción en serie y la prloducción flexible. Principios, técnicas organizacionales y fundamentos del cambio», 2003
- [5] McKinsey Digital, «Industry 4.0 after the initial hype. Where manufacturers are finding value and how they can best capture it», McKinsey & Company, 2016
- [6] Eusebio de la Fuente y Rogelio Mazaeda, «Industria 4.0», Universidad de Valladolid, 2016
- [7] Antonio López Peláez, «Prospectiva, robótica avanzada y salud laboral», Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2000
- [8] José López Parada, «Fabricación aditiva y transformación logística: la impresión 3D», Oikonomics, 2018
- [9] World Economic Forum, «Readiness for the Future of Production», 2018
- [10] Carlos Bustos Flores, «La producción artesanal. Visión Gerencial», Universidad de los Andes, 2009
- [11] Daniel Küpper, Markus Lorenz, Kristian Kuhlmann, Olivier Bouffault, Yew Heng Lim, Jonathan Van Wyck, Sebastian Köcher, and Jan Schlageter, «AI in the Factory of the Future. The Ghost in the Machine», The Boston Consulting Group, 2018
- [12] Justin Rose, Vlad Lukic, Tom Milon, and Alessandro Cappuzzo, «Sprinting to value in Industry 4.0», The Boston Consulting Group, 2016
- [13] Markus Lorenz, Michael Rüßmann, Rainer Strack, Knud Lasse Lueth, and Moritz Bolle, «Man and Machine in Industry 4.0. How will tecnology transform the industrial workforce through 2025?», The Boston Consulting Group, 2015
- [14] Dr. Ralf C. Schlaepfer and Markus Koch, «Industry 4.0. Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies», Deloitte, 2015
- [15] OTTO Motors, «What is the Smart Factory and its Impacr on Manufacturing?», [artículo en Manufacturing Tomorrow], 2017
- [16] Andy Neely, «The Servitization of Manufacturing: An Analysis of Global Trends», University of Cambridge, 2009
- [17] Vandermerwe, S. and Rada, J., «Servitization of business: Adding value by adding services», European Management Journal, 2002

- 
- [18] Jay Lee, Hung-An Kao, Shanhu Yang, «Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data enviorement», Science Direct, 2014
  - [19] Adolfo Martínez Ramírez, «La cuatro revoluciones indsutriale sy el progreso», [articulo digital] Confidencial, 27 de febrero 2016
  - [20] Jesús Fernández García, Víctor López García, Rubén Sánchez Lamas y Rosa María Antuña Nuño, «Diseño para fabricación y ensamblaje», Fundación Prodintec
  - [21] Li Da Xu, Wu He y Shancang Li. «Internet of Things in Industries: A Survey», IEEE Transaction on Industrial Informatics, noviembre 2014
  - [22] Lidia Montes, «Siemens y Maserati dinamitan los plazos para lanzar un coche», [articulo digital], noviembre 2016

Lean Solutions - Organización profesional de soluciones para la productividad empresarial	< <a href="https://www.leansolutions.co/">https://www.leansolutions.co/</a> >
Industria Conectada 4.0 - Programa de financiación del Gobierno de España en Industria 4.0	< <a href="http://www.industriaconectada40.gob.es/">http://www.industriaconectada40.gob.es/</a> >
I-Scoop – Software de gestión de contenido de tecnología digital	< <a href="https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/">https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/</a> > < <a href="https://www.i-scoop.eu/internet-of-things/">https://www.i-scoop.eu/internet-of-things/</a> >
SAP – Software de gestión empresarial de recursos	< <a href="https://www.sap.com/">https://www.sap.com/</a> >
Digitalist – Revista digital de SAP sobre economía digital	< <a href="https://www.digitalistmag.com">https://www.digitalistmag.com</a> >
Manufacturing Global – Revista digital sobre fabricación y tecnología	< <a href="https://www.manufacturingglobal.com">https://www.manufacturingglobal.com</a> >
Fortune – Revista digital de economía mundial	< <a href="https://www.fortune.com">https://www.fortune.com</a> >
SumaCRM – Software CRM para PYMES	< <a href="https://www.sumacrm.com">https://www.sumacrm.com</a> >
The Boston Consulting Group	< <a href="https://www.bcg.com">https://www.bcg.com</a> >
Presto – Big Data software	< <a href="https://prestodb.io">https://prestodb.io</a> >
Cassandra – Big Data software	< <a href="http://cassandra.apache.org">http://cassandra.apache.org</a> >
Hadoop – Big Data software	< <a href="http://hadoop.apache.org">http://hadoop.apache.org</a> >
Expansión – Diario digital de economía	< <a href="http://expansion.com">http://expansion.com</a> >
El Español – Diario digital	< <a href="https://www.elspanol.com">https://www.elspanol.com</a> >
Airbus – Empresa de aeronáutica	< <a href="https://www.airbus.com">https://www.airbus.com</a> >
Schneider Electric – Empresa de software y energía	< <a href="http://schneider-electric.es">http://schneider-electric.es</a> >
Rolls Royce – Empresa de automoción y motores multidisciplinar	< <a href="http://rolls-royce.com">http://rolls-royce.com</a> > < <a href="https://www.rolls-royce.com/products-and-services/marine/ship-intelligence">https://www.rolls-royce.com/products-and-services/marine/ship-intelligence</a> >
Innovae – empresa tecnológica de soluciones mediante RV y RA	< <a href="http://innovae.eu">http://innovae.eu</a> >
Maserati – Marca de coches de lujo	< <a href="https://www.maserati.com">https://www.maserati.com</a> >
El Mundo – Periódico	< <a href="https://www.elmundo.es">https://www.elmundo.es</a> >
Siemens – Empresa tecnológica	< <a href="https://www.plm.automation.siemens.com">https://www.plm.automation.siemens.com</a> >
Instituto Economía Digital - ICEMD	< <a href="https://www.icemd.com">https://www.icemd.com</a> >



