



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería en Organización Industrial**

**Estudio de las aplicaciones de Machine  
Learning y Deep Learning en el ámbito de  
la logística y la fabricación**

**Autor:**

**Herrero Moretón, Alberto**

**Tutor:**

**Sanz Angulo, Pedro  
Departamento de Organización de  
Empresas y Comercialización e  
Investigación de Mercados**

**Valladolid, julio 2019.**



## **Agradecimientos**

En primer lugar, me gustaría agradecer a mi tutor, Pedro Sanz Angulo, por todo el trabajo realizado y por todo el apoyo que me ha dado durante este periodo.

Después quiero dar las gracias a todos los compañeros del grado con los que he compartido tantos momentos durante estos años. A la Universidad de Valladolid y a todos los profesores que forman la Escuela de Ingenierías Industriales, por toda la formación recibida.

También me gustaría dar las gracias a mis mejores amigos, que, aunque no han sido compañeros de carrera, han sufrido conmigo en los malos momentos y me han apoyado como pocos y se han alegrado de cada pequeño logro como si fuera suyo.

Por último, quiero agradecer especialmente a las personas que más quiero, mi familia. Sin vosotros no hubiera sido posible alcanzar esta meta. Gracias por el apoyo, los consejos, la paciencia y el amor incondicional que me dais cada día.



## **Resumen**

El presente TFG explica la cuarta revolución industrial, en qué consiste y todas las tecnologías en las que se basa. Para entender mejor lo que implica una revolución industrial primero se explican las anteriores revoluciones industriales. Se cuenta cuál es la situación actual, tanto de Europa como de España, y cómo puede afectar a la cuarta revolución industrial. También se explica brevemente la filosofía de trabajo Lean Manufacturing.

Finalmente, el trabajo se centra en el estudio mediante ejemplos de las distintas aplicaciones que se están dando al *Machine Learning* y al *Deep Learning* en los ámbitos de la logística y la producción.

## **Palabras clave**

Machine Learning, Deep Learning, aplicaciones, logística, fabricación.

## **Abstract**

This TFG explains the fourth industrial revolution, what it is and all the technologies on which it is based. In order to better understand what an industrial revolution implies, the previous industrial revolutions are explained first. The current situation of both Europe and Spain is explained and how it can affect the fourth industrial revolution. A brief explanation of the Lean Manufacturing work philosophy is also given.

Finally, the work focuses on the study through examples of the different applications that are being given to Machine Learning and Deep Learning in the fields of logistics and in production.

## **Keywords**

Machine Learning, Deep Learning, applications, logistics, manufacturing.



# Índice

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
Antecedentes.....	1
Motivación.....	2
Objetivo y alcance.....	3
Organización de la memoria.....	3
<b>1. LA INDUSTRIA Y EL LEAN MANUFACTURING .....</b>	<b>5</b>
1.1 Introducción.....	5
1.2 Historia de las revoluciones industriales .....	5
1.2.1 <i>Primera Revolución Industrial (1760-1840)</i> .....	6
1.2.2 <i>Segunda Revolución Industrial (1850-1914)</i> .....	6
1.2.3 <i>Tercera Revolución industrial (1945-2013)</i> .....	7
1.2.4 <i>Cuarta Revolución Industrial (2013-Actualidad)</i> .....	8
1.3 Situación actual de la industria en Europa y España .....	8
1.4 Lean Manufacturing.....	12
1.4.1 <i>Just in time (JIT, Justo a tiempo)</i> .....	14
1.4.2 <i>Jidoka</i> .....	14
1.4.3 <i>VSM (Value Stream Mapping, Mapeo de Flujo de Valor)</i> .....	15
1.4.4 <i>Las 5S</i> .....	15
1.4.5 <i>QFD (Quality Function Deployment, Despliegue de la Función de Calidad)</i> .....	16
1.4.6 <i>TPM (Total Productive Maintenance, Mantenimiento Productivo Total)</i> .....	17
1.4.7 <i>Kanban</i> .....	17
1.4.8 <i>SMED (Single Minute Exchange of Die, Intercambio de un solo minuto de muerte)</i> .....	18
<b>2. INDUSTRIA 4.0.....</b>	<b>19</b>
2.1 Introducción.....	19
2.2 Definición.....	19
2.3 Origen, evolución y futuro .....	20
2.4 Modelo, tendencias, retos y oportunidades.....	21
2.5 Bases tecnológicas .....	22
2.5.1 <i>IoT</i> .....	22
2.5.2 <i>Big Data</i> .....	24
2.5.3 <i>La nube (o Cloud Computing)</i> .....	26
2.5.4 <i>Robótica colaborativa</i> .....	28
2.5.5 <i>Fabricación Aditiva</i> .....	29
2.5.6 <i>Ciberseguridad</i> .....	31
2.5.7 <i>Inteligencia Artificial (IA)</i> .....	32

<b>3. APLICACIONES. PARTE I .....</b>	<b>35</b>
3.1 Introducción.....	35
3.2 Drones en logística.....	35
3.3 Camiones autónomos .....	40
3.4 Optimización del transporte de mercancías por carretera.....	44
3.5 Robots en logística interna .....	45
3.6 Robots para picking.....	47
3.7 Robots colaborativos .....	49
<b>4. APLICACIONES. PARTE II .....</b>	<b>53</b>
4.1 Introducción.....	53
4.2 Previsión de demanda .....	53
4.3 Gestión del inventario de almacenes.....	54
4.4 Control de calidad .....	57
4.5 Mantenimiento predictivo .....	59
4.6 Máquinas herramienta .....	61
4.7 Gafas inteligentes .....	64
4.8 Chatbot en logística .....	65
4.9 Evaluación y selección de proveedores .....	65
<b>5. ESTUDIO ECONÓMICO.....</b>	<b>67</b>
5.1 Introducción.....	67
5.2 Profesionales partícipes del proyecto.....	67
5.3 Definición de las fases.....	68
5.4 Análisis económico .....	69
5.4.1 Horas efectivas y tasas horarias del personal .....	69
5.4.2 Amortizaciones del equipo informático.....	70
5.4.3 Coste del material consumible .....	70
5.4.4 Costes indirectos .....	71
5.4.5 Tiempos asociados a cada fase del proyecto .....	71
5.5 Costes asignados a cada fase del proyecto.....	71
5.5.1 Planificación inicial.....	72
5.5.2 Recogida de información.....	72
5.5.3 Elaboración de la documentación .....	73
5.6 Resultados finales .....	73

<b>CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS.....</b>	<b>77</b>
Conclusiones.....	77
Líneas futuras.....	80
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>81</b>



# Índice de Figuras

Figura 1.1. Evolución de la industria. Fuente: Adaptado de (Industria Conectada 4.0, s.f.) .....	5
Figura 1.2. Evolución interanual de la producción industrial. Fuente: (Jorrín, 2019) .....	9
Figura 1.3 Evolución de la producción industrial por países, dato interanual de diciembre de 2018. Fuente: (Jorrín, 2019) .....	9
Figura 1.4 . IPI de Alemania, España, Francia y Reino Unido. Fuede: (El país, 2019) .....	10
Figura 1.5 Herramientas del LEAN. Fuente: Adaptado de (Lazala Rosario, 2011) .....	13
Figura 2.1. Tecnologías clave de la Industria 4.0. Fuente: Creación propia .....	22
Figura 2.2 Fases de creación de un objeto conectado. Fuente: Adaptado de (Cruz Vega et al., 2015) .....	24
Figura 2.3 Las cuatro V de Big Data. Fuente: Adaptado de (Hashem et al., 2015) .....	25
Figura 2.4 Definición de la Nube según el NIST. Fuente: Adaptado de (UNIDAD II IMPACTO DEL CLOUD, 2015).....	27
Figura 3.1 Dron Prime Air. Fuente: (Wilke, 2019).....	37
Figura 3.2 Dron Wing en pleno vuelo. Fuente: (X Company, s.f.) .....	39
Figura 3.3 Camión T-pod de EINRIDE. Fuente: (Álvarez, 2019) .....	41
Figura 3.4 Camión T-log de EINRIDE. Fuente: (Álvarez, 2019) .....	42
Figura 3.5 Volvo Vera con un contenedor de DFDS. Fuente: (Gutiérrez, 2019) .....	43
Figura 3.6 Robot transportando una estantería en un almacén de Amazon. Fuente: (Amazon, s.f.) .....	45
Figura 3.7 Robots Pegasus en un centro logístico de Amazon. Fuente: (Peterson, 2019).....	47
Figura 3.8 RightPick. Fuente: (Kessler, 2017).....	48
Figura 3.9 Robots Sawyer trabajando con humanos. Fuente: (Industries for Collaborative Robots, s.f.) .....	49
Figura 3.10 Un operador humano trabajando junto a RoboRaise. Fuente: (El País Retina, 2019).....	51
Figura 4.1 Tiques generados y líneas de recorrido sobre un mapa del almacen. Fuente: (Fujitsu, s.f.) .....	55
Figura 4.2 Una tableta muestra la ruta óptima de recogida de piezas en un mapa del almacén. Fuente: (Fujitsu, s.f.).....	56
Figura 4.3 AI Servo Tuning. Fuente: (preferred, 2018) .....	62
Figura 4.4 ROBODRILL. Fuente: (preferred, 2018) .....	63
Figura 4.5 ROBOCUT. Fuente: (preferred, 2018) .....	63
Figura 4.6 Trabajador con las Glass Enterprise Edition. Fuente: (Glass Enterprise Edition, s.f.) .....	64
Figura 5.1 Relación de los roles necesarios en el desarrollo del TFG.....	67
Figura 5.2 Fases de la elaboración del proyecto .....	68
Figura 5.3 Representación de tiempos de cada fase sobre el total del TFG .....	74
Figura 5.4 Representación de costes de cada fase sobre el total del TFG .....	75
Figura 5.5 Representación de los diferentes tipos de coste sobre el total del TFG .....	75

## Índice de Tablas

Tabla 5.1 Cálculo de días y horas hábiles.....	69
Tabla 5.2 Cálculo de coste del personal por hora .....	69
Tabla 5.3 Cálculo de la amortización de los equipos informáticos .....	70
Tabla 5.4 Cálculo de costes de material consumible por trabajador y hora .....	70
Tabla 5.5 Cálculo de costes indirectos de servicios.....	71
Tabla 5.6 Cálculo de las horas de trabajo necesarias por cada empleado para la elaboración del TFG .....	71
Tabla 5.7 Cálculo de coste total asociado a la 1ª FASE.....	72
Tabla 5.8 Cálculo de coste total asociado a la 2ª FASE.....	73
Tabla 5.9 Cálculo de coste total asociado a la 3ª FASE.....	73
Tabla 5.10 Resumen de resultados finales de horas de dedicación y coste total.....	74
Tabla 5.11 Coste Final del TFG con beneficios e impuestos.....	76

## Introducción

### Antecedentes

Desde un punto de vista tecnológico la evolución de la inteligencia artificial, desde que apareció por primera vez el término allá por mitad del siglo XX y la posterior aparición del *machine learning*, ha ido avanzando muy lentamente.

No se dieron las circunstancias para su explosión, pero poco a poco fue evolucionando y haciéndose más popular gracias a ordenadores que ganaban al campeón del mundo de ajedrez y concursos de conocimiento.

Ha sido en la última década cuando se han dado las condiciones necesarias para la verdadera explosión y evolución de esta tecnología. La principal circunstancia ha sido la evolución en los procesadores, cada vez más pequeños y, sobretodo, potentes. Este aumento en la potencia de cálculo ha permitido que se resuelvan los cálculos rápidamente y surjan aplicaciones realmente útiles.

Además de la mayor potencia en el cálculo, el hecho de su pequeño tamaño ha influido en la aparición de aparatos portátiles, cada vez más potentes, que van ganando utilidad y que por tanto se han ido estableciendo en la sociedad. Algunos ejemplos de estos aparatos son ordenadores, teléfonos inteligentes, relojes inteligentes, tabletas, etcétera.

La aparición de estos dispositivos que la sociedad utiliza a diario ha terminado impulsando el desarrollo de otras herramientas como el *big data* o la nube, con lo que se almacenan y procesan los millones de datos que se generan sin parar y son cada vez más.

Todo esto se ha traducido en la interconexión de los objetos, pero no solo de los objetos cotidianos que utiliza toda la población, sino también de las máquinas industriales. Toda esta evolución ha ido de la mano en la industria con la cuarta revolución industrial, que se encuentra en pleno auge e implantación.

El crecimiento en los avances sobre el *machine learning* y el *deep learning* se deben a que están encontrando aplicaciones concretas en las que son de gran utilidad. Debido a estas aplicaciones están creando su propio mercado y están cambiando la visión que tienen las empresas sobre esta tecnología.

Por tanto, con todos los datos que se generan y la potencia de cálculo actual se está consiguiendo abastecer a los algoritmos en los que se sustentan todas las aplicaciones. Lo que está derivando en que cada vez surgen más aplicaciones para poder automatizar más tareas.

## Introducción

La sociedad está teniendo mucho que ver en este auge porque está generando constantemente los datos que alimentan a los algoritmos. Además, la sociedad cada vez es más impaciente, quiere las cosas en el momento y no está dispuesta a esperar por nada.

Las personas buscan la comodidad por ello también se facilita la automatización de las cosas. Esto es algo que les viene bien a las empresas, puesto que con la automatización buscan reducir costes y aumentar la eficiencia, por tanto, también favorece el desarrollo de esta tecnología.

## Motivación

Como futuro ingeniero en organización industrial me surge la duda de cuál es el futuro próximo de la industria, qué es y cómo está llegando la cuarta revolución industrial.

Este trabajo surge debido al gran auge que está teniendo la cuarta revolución industrial, que está generando el desarrollo de la inteligencia artificial y, más en concreto, del *machine learning* y del *deep learning*.

Ante el desarrollo de esta tecnología, que, aunque no es nueva si es verdad que es ahora cuando se está viendo su utilidad, es interesante saber en qué punto se encuentran ahora las aplicaciones que se le está dando en el ámbito de la industria y más concretamente en las ramas de la fabricación y de la logística.

Lo cierto es que son términos conocidos por mucha gente, pero no muchos son conscientes de que el *machine learning* está detrás de muchas aplicaciones que se están volviendo muy populares.

El presente de estas aplicaciones marcará el trabajo futuro en la ingeniería industrial y en el desarrollo tanto de las empresas como, en muchos casos, de la forma de consumo de la población.

La posibilidad de que las máquinas aprendan solas y puedan realizar tareas por sí mismas sin la supervisión humana, que puedan realizar trabajos conjuntamente con trabajadores humanos y que lleguen incluso a tomar decisiones, puede llegar a crear una revolución en el empleo.

Se necesita saber que aportan estas aplicaciones basadas en estas herramientas de la industria. Si realmente son beneficiosas para la industria y para la gente.

## Objetivo y alcance

El principal objetivo es averiguar en qué se está aplicando, mediante ejemplos concretos, todos los avances del *machine learning* dentro de la industria manufacturera y de la logística.

Para alcanzar ese objetivo es necesario saber cada aplicación si aporta algo importante a la industria. También es necesario conocer bien en qué consiste la cuarta revolución industrial y las tecnologías en las que se basa.

Lo primero que hay que hacer para alcanzar esos objetivos es entender en qué se basa la manera de trabajar en la industria en la actualidad y cuáles son los cambios que se están produciendo con la nueva revolución industrial.

Después, hay que investigar acerca de los usos que se le puede estar dando en los ámbitos que interesan, en este caso la fabricación y la logística.

Para terminar, hay que investigar que aplicaciones concretas existen sobre cada posible uso que se le puede dar al *machine learning* en estos ámbitos. Con esta investigación se profundiza más con un ejemplo concreto que pueda aclarar para qué se usa la aplicación y que es lo que aporta.

## Organización de la memoria

La presente memoria empieza analizando cuál ha sido la evolución de la industria, explicando las anteriores revoluciones industriales. Se intenta dar una visión de la situación actual de la industria tanto en Europa como en España.

También se pretende dar explicación a la filosofía de trabajo que está siguiendo actualmente la industria manufacturera, como es el *lean manufacturing*.

Después, la memoria continúa explicando en qué consiste la cuarta revolución industrial y todas las tecnologías principales que han sido las causantes del cambio en la industria.

Para terminar, se ejemplifican distintas aplicaciones del *machine learning* y *deep learning* en los ámbitos de logística y de la fabricación.

El documento finaliza con las principales conclusiones extraídas del trabajo de investigación y con algunas de las líneas de actuación futuras que pueden desarrollarse.



# 1. La industria y el Lean Manufacturing

## 1.1 Introducción

En este capítulo se habla de las diferentes revoluciones industriales que han desencadenado en la cuarta revolución industrial. También se trata la situación actual de la industria en Europa y más concretamente en España. Por último, se explica el *Lean Manufacturing*, la filosofía de cualquier industria de hoy en día.

## 1.2 Historia de las revoluciones industriales

Se entiende revolución como un gran cambio que se da en la sociedad, ya sea en un plano económico, tecnológico o moral, que además se produce en un breve periodo de tiempo. En la historia se han producido múltiples revoluciones que han conducido al ser humano a su situación actual.

Desde un punto de vista industrial, se entiende por *revolución industrial* al cambio en la forma de producción. En este caso, ese cambio viene por la introducción de novedades tecnológicas que sustituyen el trabajo animal o del ser humano por el trabajo mecánico; en la actualidad, está sucediendo la considerada cuarta revolución industrial. La Figura 1.1 muestra un cronograma en el que sitúa cada revolución industrial en el tiempo y en función de su complejidad.

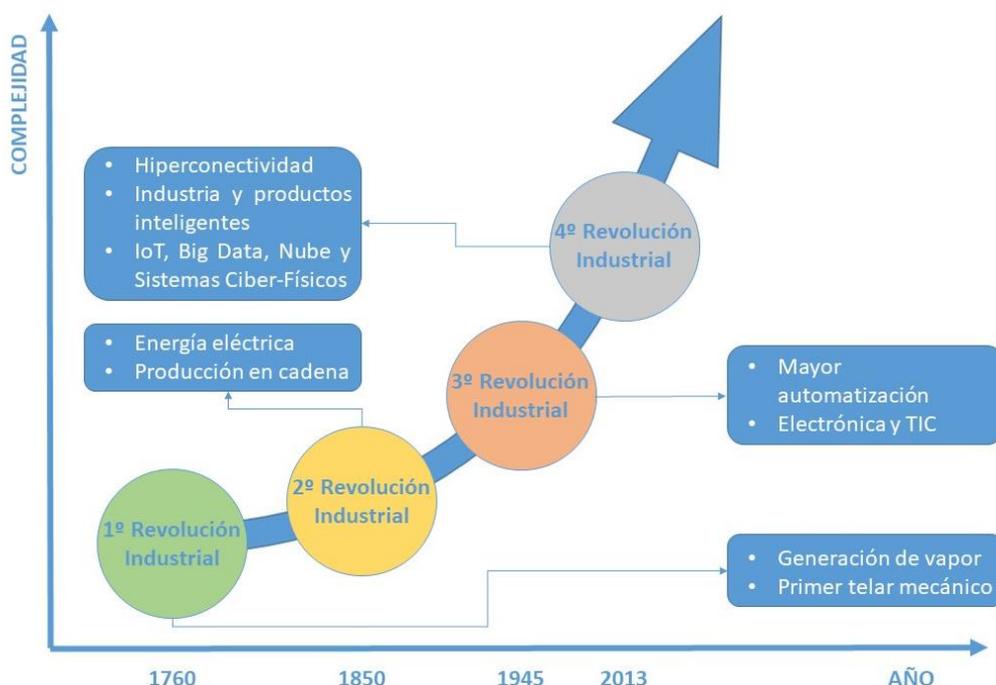


Figura 1.1. Evolución de la industria. Fuente: Adaptado de (Ministerio de industria, comercio y turismo, s.f.)

## 1. La industria y el Lean Manufacturing

### 1.2.1 Primera Revolución Industrial (1760-1840)

La primera revolución industrial surge en Inglaterra y aunque, como se dijo anteriormente una revolución se caracteriza por ser un cambio rápido, en este caso no fue así. Esto es debido a que el mundo en ese momento no era el mundo globalizado de hoy en día: pasaron años hasta que se implantó en otros países, primero de Europa y luego en el resto del mundo, principalmente Estados Unidos y Japón (Chaves Palacios, 2004).

Hubo muchos cambios tecnológicos, empezando por el empleo de materiales nuevos como el acero, continuando por la aparición de máquinas como la hiladora, el telar mecánico para tejer y, por supuesto, la máquina que sería el epicentro de esta gran revolución, la máquina de vapor, que se utilizó tanto en la industria textil como en el transporte, tanto en barcos como en trenes.

Debido a la utilización de la máquina de vapor, la demanda de carbón se disparó y por tanto las industrias se asentaron cerca de las zonas carboníferas. Esto hizo tener una ventaja a Inglaterra sobre otros países que carecían de este recurso.

El progreso industrial generó un cambio social muy grande; antes, la mayor parte de la sociedad vivía del campo y de la artesanía y, después, se produjo un éxodo de los pueblos a las ciudades para vivir de la industria, lo que produce una nueva clase obrera y brota la clase burguesa. Fruto del progreso también aumenta la natalidad y la esperanza de vida (Gepeese, 1990).

### 1.2.2 Segunda Revolución Industrial (1850-1914)

La segunda revolución industrial comienza, aproximadamente, cuando finaliza la primera, por lo que no hay una fractura muy grande entre ambas. Se puede decir que termina con el comienzo de la Primera Guerra Mundial.

Si no hay un gran distanciamiento entre la primera y la segunda se podría pensar que es difícil distinguirlas, pero la realidad es que hay cambios sustanciales que marcan esta nueva revolución. Aparece la producción en cadena, siguiendo el modelo de Taylor que reducía el coste de la producción y aumentaba la productividad. Cambian las fuentes de energía: se utilizan derivados del petróleo, lo que deriva en la invención del motor de combustión, y apareció la electricidad (Uriarte, 2017).

Este periodo fue muy prolífero en grandes inventos. De ello se benefició la industria con la automatización de las máquinas, lo que se tradujo en una mayor producción y competitividad. También, disminuyeron los costes de fabricación puesto se necesitaba menos mano de obra y, por tanto, originó un mayor desempleo en la industria.

Otros grandes descubrimientos que marcaron esta revolución fueron el telégrafo, que cambió la forma de comunicarse, el cinematógrafo, el aeroplano y se produce una evolución de los métodos de transporte que surgieron en la primera revolución como el ferrocarril que ahora es eléctrico y el barco con motor de caldera en vez de vapor.

La segunda revolución industrial estuvo marcada no solo por avances en el campo tecnológico, sino también por avances en el campo de la ciencia: Darwin publica su teoría de la evolución de las especies, y se inventaron la pasteurización y la aspirina, lo que redujo la mortalidad. También se dan grandes experimentos en la industria química para dar fertilizantes, caucho, fibras artificiales y explosivos.

### **1.2.3 Tercera Revolución industrial (1945-2013)**

Esta revolución se distancia más de las otras dos anteriores debido, principalmente, a la base tecnológica de la que parte. Este periodo estuvo muy marcado por la energía, con el paso del tiempo se buscó utilizar energías alternativas más eficientes, limpias y alguna de ellas inagotables, como la solar, eólica, hidráulica y también aparece la energía nuclear.

Se sirven de las mismas materias primas, pero se investiga para mejorar sus propiedades, minimizar su consumo y abaratar su coste, y se trabajan más que antes los materiales no metálicos en la industria, como los cerámicos y la fibra de vidrio.

También se buscó tecnología de gran impacto. Esta situación propició la aparición de tecnología en telecomunicaciones, la robótica y también la bioingeniería (Roel Pineda, 1998).

Las telecomunicaciones han cambiado no solo la forma de trabajar de las empresas, sino también han cambiado por completo la vida de la gente. Un cambio marcado por inventos como el ordenador, internet y el teléfono móvil. Todos ellos sustentados en el desarrollo de semiconductores, la tecnología sin cables y la fibra óptica.

La robótica ha supuesto un gran cambio en las fábricas, que se fueron incorporando poco a poco a los procesos productivos. Esto permite que sean procesos más automáticos, lo que abarata costes, porque se produce más y se necesitan menos trabajadores, y origina un cambio en el tipo de contrataciones de las empresas, que buscan mano de obra más cualificada.

El ámbito de la bioingeniería empezó con el descubrimiento del ADN y siguió con el desarrollo de la manipulación genética. Esto hizo crear una fuerte industria biogenética, en la que actualmente existen muchas empresas que se dedican a la producción de medicamentos y alimentos.

## 1. La industria y el Lean Manufacturing

Se emplean nueva maquinaria para modernizar tanto la industria pesada como la ligera. Y se desarrollan nuevas industrias punta con una gran inversión tecnológica, como la aeronáutica, la salud y medicina.

Además de lo mencionado anteriormente, esta época se caracteriza por una industrialización en cualquier continente, con la salvedad de los países subdesarrollados.

### 1.2.4 Cuarta Revolución Industrial (2013-Actualidad)

Actualmente se están dando los pasos de la implementación de la cuarta revolución industrial, también llamada Industria 4.0. Esta se basa en la hiperconectividad, en las fábricas y productos inteligentes, apoyándose siempre en el internet de las cosas, el *big data* y los sistemas ciber-físicos (Ministerio de industria, comercio y turismo, s.f.).

Toda esta nueva revolución se desarrollará en el Capítulo 2.

## 1.3 Situación actual de la industria en Europa y España

La industria se encuentra en un punto complejo en Europa y las decisiones que se tomen próximamente desde el parlamento europeo marcaran el futuro su industria. El entorno global es extremadamente competitivo y muy cambiante. Se necesita conseguir una industria competitiva, sólida y sostenible, ya que es la actividad económica, junto al sector servicios, más grande de Europa, y aunque de este eje principal a finales de 2018 aportaba entorno al 19% del PIB (Producto Interior Bruto) de Europa y genera cerca del 15% del empleo, dando trabajo a más de 32 millones de personas, la realidad es que esta aportación ha descendido en los últimos años, hace veinte años aportaba cerca del 23% del PIB (El país, 2018).

Este descenso en la importancia de la *industria en Europa* se debe principalmente a la externalización de algunos servicios, la competencia internacional, a veces con medidas comerciales que protegen a otros países, y, sobre todo, a la deslocalización de la producción a países con menores costes.

Si Europa quiere liderar los mercados mundiales necesita una política industrial con más apoyo a la investigación e innovación, que impulse la transformación digital en las pymes, que ayude a la transformación energética, que garantice a sus empresas igualdad competitiva en el libre comercio y es fundamental marcar una estrategia que fortalezca sus cadenas de valor.

La producción industrial en Europa descendió un 4,2% en diciembre de 2018 respecto a diciembre de 2017. La gráfica de la Figura 1.2 muestra que ha sido el

peor dato en los últimos nueve años, cuando los países europeos estaban en plena crisis económica (Jorrín, 2019).

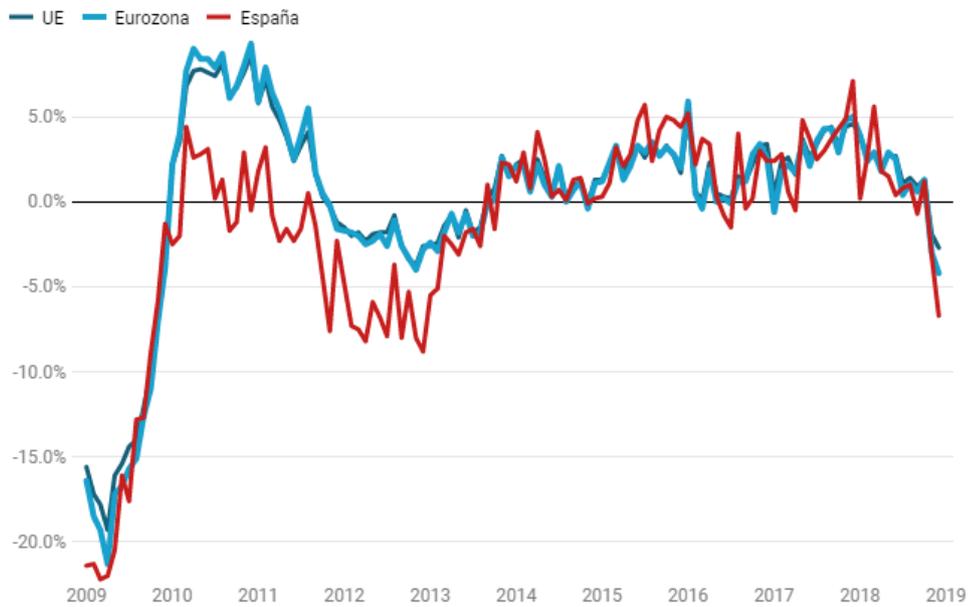


Figura 1.2. Evolución interanual de la producción industrial. Fuente: (Jorrín, 2019)

Como se puede ver en la Figura 1.3, España e Italia han sido las más perjudicadas de las grandes economías europeas (Jorrín, 2019).

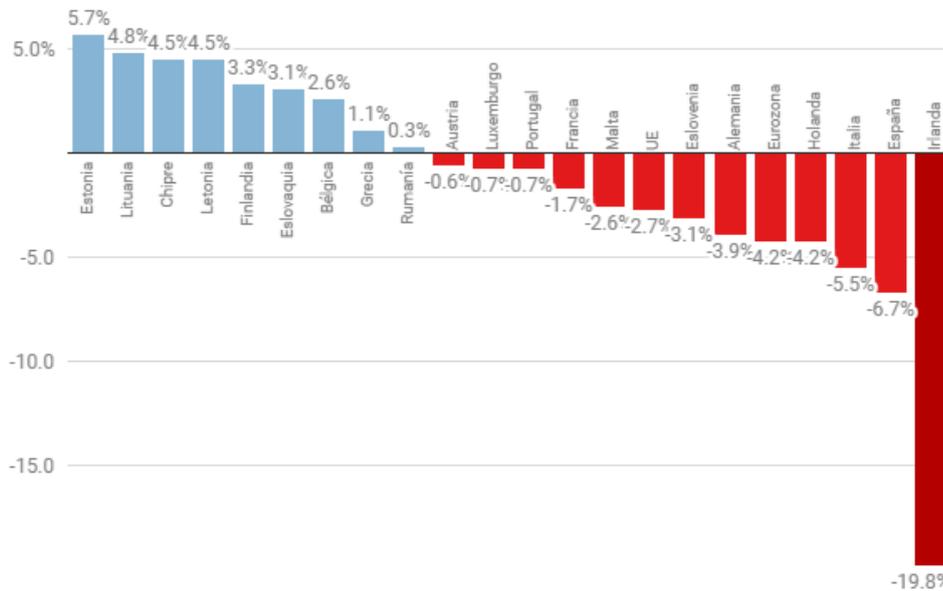


Figura 1.3 Evolución de la producción industrial por países, dato interanual de diciembre de 2018. Fuente: (Jorrín, 2019)

## 1. La industria y el Lean Manufacturing

El *índice de producción industrial* (IPI) es un indicador que mide mes a mes la evolución conjunta de la calidad y cantidad de la actividad productiva del sector industrial, excluyendo a la construcción y sin tener en cuenta la influencia de los precios (Instituto Nacional de Estadística, 2019). Con la Figura 1.4 se aprecia la evolución de algunos de los países más importantes en materia de industria de Europa.

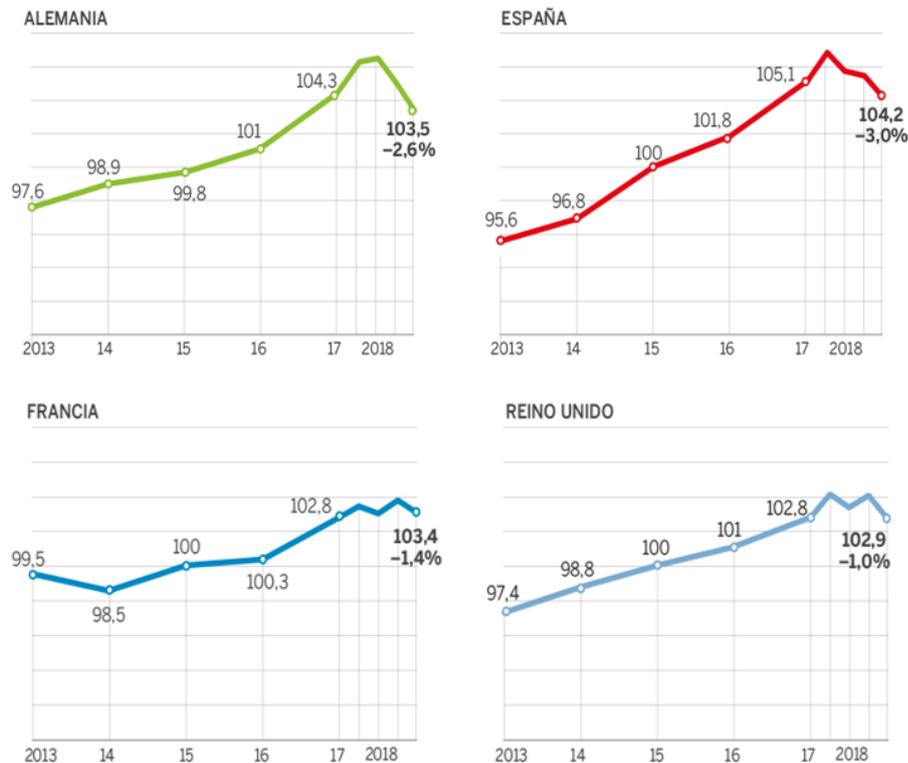


Figura 1.4 . IPI de Alemania, España, Francia y Reino Unido. Fuente: (El país, 2019)

España es la octava potencia industrial en el mundo por el valor de la producción obtenida, quinta en Europa, aunque las dos primeras potencias no son europeas ya que son Estados Unidos y Japón. Merece la pena destacar que países asiáticos como China, Corea del Sur o India son los que están creciendo más rápidamente (Instituto Geográfico Nacional, s.f.).

Si observamos la *situación en España* se puede ver un reflejo de la situación europea, su importancia fue creciendo desde que entre los años 2009 y 2012 alcanzase su mínimo, debido a la crisis que sufrió el país, hasta llegar a estar cerca del 14% del PIB en el año 2018 y ofreciendo más de dos millones de empleos, que suponen sobre el 11% del total del empleo del país (Macario Gañán, 2018).

Pero la industria española ha seguido la misma tendencia que han sufrido en el resto de países más industrializados dentro de la Unión Europea (UE) y ha perdido importancia en las últimas dos décadas. Esto se puede ver en los datos, el porcentaje de empleados que pertenecía a la industria era casi el doble hace veinte años y su aportación al PIB se acercaba al 20%.

La industria es una parte importante de la economía de cualquier país, porque además de lo que genera directamente también impulsa el desarrollo en otros sectores, mejora la competitividad, invierte en I+D+i (Investigación, Desarrollo e innovación, en España de cada diez empresas que invierten en I+D+i cuatro pertenecen al sector industrial) y ayuda al desarrollo y crecimiento su zona geográfica.

La distribución geográfica de la industria española es muy irregular, esto se debe a que se la industria se asienta en lugares estratégicos, se tiene en cuenta la disponibilidad de recursos naturales, las buenas comunicaciones, la cantidad de mano de obra y otros muchos factores.

En España, la industria se establece principalmente en Madrid y Barcelona, seguidos por lugares con tradición de industria como en el País Vasco y también por la cuenca del Ebro como Zaragoza o Navarra, también por la zona del Mar Mediterráneo como Valencia o Alicante, en el sur de la provincia el máximo exponente se encuentra en Sevilla y los casos más atípicos por ser los pocos que se encuentran en el interior son lugares como Valladolid, Burgos o Toledo (Instituto Geográfico Nacional, s.f.).

Con la aparición de la Industria 4.0 se está produciendo la llamada transformación digital, que lleva consigo la digitalización del proceso productivo, que abarca desde el diseño, pasando por la fabricación y mantenimiento, hasta la venta del producto.

Con el propósito de que la industria lleve a cabo la transformación digital y que el sector pueda beneficiarse de todo lo que conlleva, el Gobierno de España, a través del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, presentó en el año 2015 la Estrategia Nacional Industria Conectada 4.0 que tiene como líneas maestras garantizar el conocimiento y el desarrollo de competencias de la industria 4.0, fomentar la colaboración multidisciplinar, impulsar el desarrollo de una oferta de habilitadores y promover las actuaciones adecuadas para la puesta en marcha de la industria 4.0 (Ministerio de industria, comercio y turismo, s.f.).

El objetivo de esta estrategia es que se aumente el valor añadido y el empleo cualificado en la industria española, mejorar la oferta local mediante soluciones digitales y favorecer las exportaciones creando palancas competitivas. Para que esta estrategia tenga éxito se crearán unos órganos de gobernanza con representación de los organismos públicos, las empresas del sector, centros de investigación y enseñanza, agentes sociales y expertos en la industria 4.0.

El *futuro industrial español* pasa por abordar ciertos problemas que tienen las empresas para ser competitivos. El más importante de todos es el precio de la energía, que es muy superior al de otros países de Europa y del resto del mundo. Después, desde el sector se demandan otros aspectos como la necesidad de nuevas infraestructuras en materia de transporte, que la normativa sobre medioambiente no suponga una desventaja, que se apueste por una economía circular, se ayude desde

## 1. La industria y el Lean Manufacturing

las instituciones públicas en la internacionalización de las empresas y se apueste por invertir en I+D+i (Macario Gañán, 2018).

El problema del precio de la energía para las empresas industriales, que necesitan consumir grandes cantidades, parece estar en proceso de solucionarse. A finales del 2018 se presentó el Proyecto de Real Decreto por el que se regula el Estatuto de Consumidores Electroativos, por el cual se implantarán unas medidas para igualar la situación con los principales competidores europeos. Además, el patrón de consumo de la industria española favorece la transición energética con la implantación de las energías renovables que en los próximos años aportará tres mil megavatios anuales procedentes de las energías eólica y fotovoltaica.

### 1.4 Lean Manufacturing

El término *Lean Manufacturing* significa fabricación magra, es decir sin grasa, por lo que no se suele traducir al castellano debido a que la traducción literal no explica bien el término en sí mismo. Lo que viene a significar el término es fabricación sin desperdicios (Padilla, 2010).

El Lean Manufacturing se empezó a desarrollar después de la segunda guerra mundial en Japón. Se dio la circunstancia que el mercado de la automoción de posguerra en Japón se parecía al mercado globalizado actual, ya que había mucha competencia debido a los productos occidentales, los precios de los diversos factores eran muy elevados por a la escasez que ocasiona una guerra y el mercado local pequeño se caracterizaba por la diversidad de la demanda.

Debido a esta situación, Eiji Toyoda, presidente y familia de los fundadores de la empresa Toyota Motor Company, visitó la factoría Rouge de Ford en Dearborn (Michigan), ya que era la factoría más grande y eficiente del mundo. Después de estudiar la planta de Ford vio que copiar y mejorar su sistema de producción en masa no era la mejor solución y que no iba a funcionar bien en la cultura japonesa (Padilla, 2010).

Al final Eiji, junto al directivo Taiichi Ohno, desarrollaron su propio sistema. Crearon el Sistema de Producción Toyota (TPS, *Toyota Production System*), el cual es ahora conocido como Lean Manufacturing. Al poco tiempo, el mercado mundial se llena de productos japoneses y entonces, rápidamente, otras empresas copiaron este sistema, que consiste en un conjunto de técnicas para optimizar y mejorar los procesos operativos.

Este sistema se basa en los conceptos *Just in Time* y *Jidoka* y busca eliminar el despilfarro. Usando siempre la mejora continua, quiere obtener el producto cuando el cliente lo necesita (estrategia Pull). Además, parte de la base que todo es mejorable y que se puede aplicar tanto a la fabricación como a servicios, independientemente del tamaño de la empresa. Trata de reducir costes y tiempos de

espera, la base del sistema son los trabajadores y busca satisfacer al cliente en términos de calidad, plazo de entrega y precio.

Implementar Lean Manufacturing es, ante todo, una forma de trabajar y no un fin. Dentro de esta forma de trabajar encontramos **cinco etapas**. La primera es el *concepto de valor* que es lo que el cliente está dispuesto a pagar. La segunda sería *identificar el flujo de valor*, porque hay que optimizar el proceso y acudir a una cadena de valor para ver cuáles de los procesos que realizamos para obtener el producto aportan valor al mismo y cuáles no. Todo lo que no aporta valor es un despilfarro. Si los identificamos reduciremos el tiempo de actividad y el coste.

La tercera etapa consiste en conseguir un *flujo continuo y equilibrado*. Quiere decir que hay que encontrar una manera de trabajar en la que todos los procesos vayan a un ritmo de manera que se relacionen de forma fluida y funcionen como una cadena. Después, tendríamos el *Sistema Pull* (tirar), lo que significa que la demanda es la que marca la producción. Por último, estaría la *mejora continua*, que debe aplicarse de forma progresiva y necesita de continuidad.

Existen tres **enemigos del Lean**: el Muda, que es el despilfarro; el Muri, que hace referencia a la demanda del cliente y su inflexibilidad; y, finalmente, el Mura, que es la inestabilidad del proceso.

Se han identificado principalmente nueve *cosas que provocan despilfarro*: la sobreproducción, los stocks, no utilizar el talento, los transportes, las operaciones sin calidad, los movimientos, las esperas, los sobreprocesos y la resistencia al cambio.

En la Figura 1.5 se puede apreciar las **herramientas** en las que se basa la estructura del Lean Manufacturing. En los próximos subapartados se van a explicar lo que serían los pilares y los cimientos de la casa del Lean.

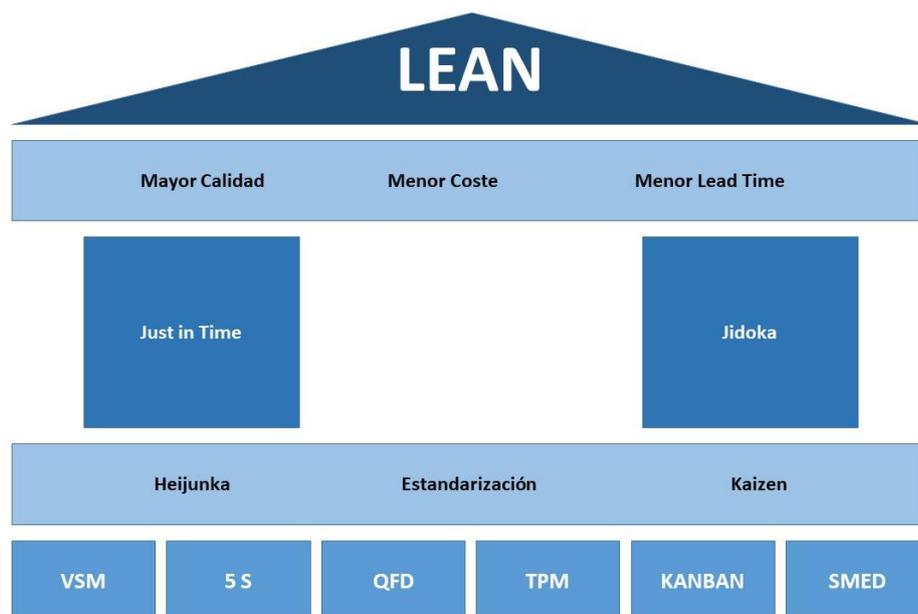


Figura 1.5 Herramientas del LEAN. Fuente: Adaptado de (Lazala Rosario, 2011)

## 1. La industria y el Lean Manufacturing

### 1.4.1 Just in time (JIT, Justo a tiempo)

Esta herramienta es en realidad una filosofía de trabajo que se utiliza para gestionar la producción de forma que sigue el sistema de fabricación Pull, en el que la demanda del cliente es la que tira de la producción, lo que hace que se obtenga el producto demandado en el momento y en la cantidad pedida.

Busca alcanzar los **Cinco Ceros** para poder reducir el tiempo que pasa desde que se le aporta el valor añadido al producto hasta que se obtiene un rendimiento económico por él. Los Cinco Ceros buscados son ceros en stocks, defectos, averías, plazos y papeles. A continuación, se explica cada “cero”:

*Cero stocks.* Como se dijo antes, el stock es un despilfarro, es un gasto para la empresa por lo que reduce su rentabilidad. Para acercarse al objetivo de cero stocks hay que eliminar lo que lo justifica, problemas como: la mala previsión, los cuellos de botella, las averías, los defectos, etc.

*Cero defectos.* Se debe a que los defectos generan costes a la empresa y derivan en la generación de stock. Para eliminar los defectos hay que intentar hacer las cosas bien a la primera. Para lograrlo, se deben tener controladas al máximo todas las variables que intervienen en la producción.

*Cero averías.* Es porque producen pérdidas de tiempo y retrasos; por tanto, es otra causa de existencia del stock. Para su disminución conviene tener un buen programa de mantenimiento, la implicación de los operarios y un centro de trabajo ordenado y limpio.

*Cero plazos.* Es una de las tres variables competitivas de cualquier empresa, junto a la calidad y el precio, por lo que conviene tener unos plazos mínimos para tener más flexibilidad, dar un mejor servicio y reducir stocks. Para conseguir eso hay que reducir los tiempos que no son indispensables.

*Cero papeles.* La burocracia hay que reducirla al mínimo porque reduce la calidad y eficiencia de una empresa, aumenta el tiempo del flujo de información y aumenta los costes. Por ello, hay que utilizar medios informáticos y evitar las duplicidades.

### 1.4.2 Jidoka

El término japonés se traduce como *automatización con un toque humano* y hace referencia al control autónomo de los defectos, asegurando así la calidad deseada. Surge porque las técnicas de control tradicionales, como el control por muestreo o el control estadístico del proceso, no aportan valor y, además, no aseguran que no haya ningún defecto. Incorpora al proceso el control de calidad, lo que evita que las piezas defectuosas avancen en la cadena de producción (Pacheco, 2018).

Existen cuatro *elementos*. Un primer elemento serían las *paradas automáticas*. Se utilizan sensores y otros mecanismos para detectar el fallo y parar las líneas. Los trabajadores también pueden detener las líneas o activar el sistema de alerta. Otro elemento son los *sistemas ANDON*, que significa cuerda en japonés, y se refiere a una cuerda con la que el operario pueda activar el sistema de alerta. Lleva consigo una serie de señales visibles y/o audibles para saber dónde está el problema y cuáles es.

El siguiente elemento son los *sistemas POKA YOKE*. Esta expresión significa que está a prueba de error. Es una técnica de calidad que imposibilita que se cometa el fallo y resalta el fallo cometido para que sea muy obvio. Por último, estaría el elemento de *solución de problemas*, que intenta llegar a la causa raíz del problema, para posteriormente eliminarla. El método más utilizado es el de preguntar cinco veces por qué.

### **1.4.3 VSM (*Value Stream Mapping*, Mapeo de Flujo de Valor)**

El VSM es una metodología de análisis y optimización de flujos sistemáticos, que pretende mejorar el flujo de producción para reducir tiempos y costes, y así poder alcanzar los valores deseados en inventarios, productividad y calidad. Consiste en mapear el valor agregado, para el cliente, de cada etapa del proceso. Identifica el tipo de acciones que hay que tomar para optimizar de forma global el rendimiento de un flujo. El objetivo es eliminar los despilfarros y la variabilidad en la organización de flujos.

El *método* empieza por las observaciones sobre el terreno y por la descripción de los flujos. Continúa evaluando el valor agregado de cada actividad, que puede ser positivo o negativo. A continuación, se realiza un mapeo de la cadena de valor teniendo en cuenta el flujo e incluyendo las restricciones que existen e indicadores de rendimiento. Se complementará con mediciones del tiempo total del proceso y el tiempo de ciclo. Con todo esto se intenta optimizar el flujo reduciendo tiempos de espera, tiempos de ciclo, costes y distancias recorridas por los productos y el personal. Después de implementarse, se utiliza como una herramienta de mejora continua, lo que permitirá evaluar la satisfacción del cliente, la eficiencia y la productividad del proceso.

### **1.4.4 Las 5S**

Las 5S es una herramienta que busca la mejora continua a través de convertir el puesto de trabajo en un lugar seguro y adecuado para conseguir la producción y calidad buscada.

## 1. La industria y el Lean Manufacturing

Las **cinco palabras** para conseguir esto son: *Seiri*, que se traduce como clasificar y quiere decir que hay que separar lo necesario de lo innecesario en el trabajo habitual; *Seiton*, que significa organizar y lo que busca es ordenar todo lo necesario del espacio de trabajo para realizar el trabajo y para que siempre esté disponible en el mismo sitio; *Seiso*, este término significa limpieza y busca mantener el entorno de trabajo siempre limpio; *Seiketsu*, que es la estandarización y quiere encontrar siempre el mismo modo de operar independientemente de quién se encuentre en el puesto; y, por último, *Shitsuke*, que quiere decir disciplina, que todos los trabajadores tengan el compromiso con el método de las 5S (Lazala Rosario, 2011).

### 1.4.5 QFD (*Quality Function Deployment*, Despliegue de la Función de Calidad)

Es un sistema que tiene como *objetivo* que las necesidades y deseos de los clientes sean un requisito del diseño en el producto o servicio que da la organización. Para ello, identifica las necesidades de los clientes. Esto se hace, principalmente, a través de las redes sociales, buzones de sugerencias y reclamaciones, encuestas y también mediante los proveedores y distribuidores. Después de tener claras cuáles son las necesidades que hay que satisfacer, se deben priorizar en función de su importancia y, por último, emplear todos los recursos de la organización para satisfacerlos.

Existen varias matrices que relacionan las necesidades de los clientes con la parametrización del diseño. Dentro de estas hay que destacar la suma de dos de ellas porque juntas forman la famosa casa de la calidad, la cual refleja perfectamente la relación entre las necesidades de los clientes y las capacidades de la empresa. Una de estas matrices sería la matriz A1, llamada la voz de los clientes, que relaciona directamente las necesidades de los clientes con las características de calidad. La otra matriz es la A3, conocida como matriz de interrelación, que relaciona características de calidad con otra vez las características de calidad.

***El verdadero valor del QFD*** no es la casa de la calidad, si no que puedes ir definiendo cada parte del proceso productivo a partir de las necesidades del cliente.

Se suelen cometer algunos **errores** cuando se elabora un QFD, los más comunes son: utilizar el QFD para realizar alguna idea preconcebida, confundir la casa de la calidad con el QFD y complicar demasiado un problema.

Por el contrario, si se ejecuta bien tiene muchos **beneficios para las organizaciones** porque les sirve como herramienta de marketing y les ayuda a optimizar el producto o servicio, a mejorar la comunicación interna entre departamentos y también ayuda a lograr una mayor eficiencia y eficacia.

#### 1.4.6 TPM (*Total Productive Maintenance*, **Mantenimiento Productivo Total**)

Como con los programas de mantenimiento tradicionales no se consigue que desaparezcan los fallos en las máquinas se introduce este *método* en el que se involucra al trabajador que opera con la máquina para que intervenga en tareas de prevención, detección y actuación contra fallos.

El operario es una parte más del método, ya que puede aplicar las 5S, limpiar y lubricar el utillaje, proponer acciones de mantenimiento y detectar y reparar averías menores. Con todo esto se consigue menos piezas defectuosas, alargar la vida útil de las máquinas y herramientas, menos accidentes y menos costes de mantenimiento.

Lo que *se pretende* es la mejora continua en el rendimiento de los procesos de producción. Esto solo será posible de conseguir si se logra que las máquinas y el utillaje estén siempre disponibles a máximo rendimiento, si se mejora la fiabilidad de los equipos, si se toman estadísticas del TPM para tomar mejores decisiones en un futuro y, por supuesto, si se da la formación necesaria tanto a técnicos como a los operadores.

#### 1.4.7 Kanban

Su traducción literal es tarjeta y va asociada a un contenedor y contiene una información para controlar la producción de los productos requeridos en cantidad y tiempo. Se utiliza tanto de forma interna como de manera externa entre distintas empresas.

Su *funcionamiento* clásico de este sistema es el siguiente. Cuando un operario utiliza las piezas de un contenedor despega el kanban de transporte del contenedor y lo coloca en un buzón. Otro operario, con el contenedor vacío y el kanban de transporte, va a buscar las piezas, coge un contenedor lleno con las piezas correctas y despega el kanban de fabricación de ese contenedor lleno y lo deposita en un buzón de fabricación.

A continuación, pega en ese contenedor el kanban de transporte y lo traslada hasta el anterior puesto de trabajo donde estaban utilizando esas piezas. Entonces, el operario que fabrica esas piezas coge el kanban del buzón de fabricación y produce esas piezas, cuando llena el contenedor le pega el kanban de fabricación, lo deposita en el punto de almacenamiento y se vuelve a la situación inicial.

Existen varios *tipos de kanban*. Primeramente, se encuentra el *kanban de fabricación*, que son órdenes de producción que se mueven dentro de un mismo centro de trabajo. Indica el centro de trabajo, la pieza a fabricar, cantidad por contenedor, punto de almacenamiento y de recogida. También está el *kanban de transporte*, que se mueve entre dos centros de trabajo, del sucesor al predecesor.

## 1. La industria y el Lean Manufacturing

Indica los centros de trabajos, número de orden, número de ordenes por pedido, pieza transportada y cantidad por contenedor.

Existen otros kanban, aunque su uso es más reducido: el *kanban de proveedor*, que se desplaza entre el que recibe la materia prima y el que la produce; el *kanban urgente*, que solo se usa en caso de escasez de un elemento; el *kanban de emergencia*, que es necesario solo si existen unidades defectuosas, hay maquinas averiadas o trabajos extraordinarios; el *kanban orden de trabajo*, que solo pertenece a una línea de trabajo y se da con cada orden de trabajo; la *señal kanban*, que sirve para agrupar lotes; y, finalmente, el *kanban virtual*, que es un kanban en formato digital.

### **1.4.8 SMED (*Single Minute Exchange of Die*, Intercambio de un solo minuto de muerte)**

Esta herramienta es utilizada para minimizar el tiempo empleado en la preparación de los equipos de fabricación. Se considera un método de mejora continua, puesto que con ligeras modificaciones puede servir para mejorar cualquier operación.

Las actividades de preparación de equipos son un despilfarro, además trabajar con lotes pequeños te aporta mayor flexibilidad y te ayuda contra las variaciones en la demanda, por lo que hay que reducir los tiempos de estas actividades. El tiempo de preparación comprende desde que se termina de producir la última pieza de un lote hasta que se obtiene la primera buena del siguiente lote.

El *método* consiste en primero de todo hacer una *evaluación de la situación* y *marcar objetivos*, seguidamente se hace la *selección y formación del equipo de trabajo* para posteriormente preparar la *documentación del procedimiento actual* y realizar el proceso de *análisis y mejora*. A continuación, se lleva a cabo el *plan de acción* y después se hace el *seguimiento del cambio* y finalmente el *mantenimiento del cambio*.

## 2. Industria 4.0

### 2.1 Introducción

En este capítulo, después de haber visto la evolución y la situación actual en la industria, se habla de la nueva revolución industrial, la cuarta, explicando en qué consiste, cómo surge y hacia dónde va, y se explica cada una de las tecnologías que han propiciado el cambio en la forma de fabricar.

### 2.2 Definición

La industria 4.0 es, en esencia, el nombre que se le otorga a la cuarta revolución industrial. Consiste en un nuevo sistema de fabricación, una fabricación cada vez más digitalizada. Tiene la necesidad de utilizar aplicaciones y herramientas inteligentes, máquinas más automáticas que interactúan y se comunican entre sí a tiempo real, convirtiendo a las fábricas actuales en fábricas inteligentes.

Pero la industria 4.0 no solo se queda en una comunicación interna de las máquinas y procesos a la hora de fabricar, sino que también engloba a la red de proveedores, distribuidores y clientes, todo estará controlado en tiempo real. Las bases tecnológicas en las que se sustenta este cambio, entre otras, son: Internet de las cosas (IoT, *Internet of Things*), Ciberseguridad, Fabricación aditiva, Inteligencia Artificial (IA), Big Data, la nube y la robótica.

La realidad es que no hay una definición clara y concisa de lo que es la industria 4.0, por eso se encuentran en la literatura una gran variedad de definiciones diferentes. Algunos ejemplos de definiciones pueden ser: “El término industria 4.0 se refiere a un nuevo modelo de organización y de control de la cadena de valor a través del ciclo de vida del producto y a lo largo de los sistemas de fabricación apoyado y hecho posible por las tecnologías de la información.” (del Val Román, 2016).

“Industria 4.0 viene asociado con el nacimiento de la cuarta revolución industrial y se corresponde con una nueva manera de organizar los medios de producción utilizando las tecnologías digitales y la información inteligente de datos a partir del Big Data (los grandes volúmenes de datos que se podrán transmitir entre objetos inteligentes a través del Internet de las Cosas).” (Joyanes Aguilar, 2017).

“El término "Industria 4.0" se refiere a menudo como la cuarta evolución industrial y abarca un conjunto de avances tecnológicos que están teniendo un alto impacto en el panorama industrial actual.” (Pereira & Romero, 2017).

### 2.3 Origen, evolución y futuro

El **origen** de este concepto surge en Alemania y se presenta al mundo en el año 2013 con la publicación del informe *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0* a cargo de la Academia Alemana de Ciencias e Ingeniería (Acatech). Este informe surge por petición del gobierno alemán después de que el concepto de Industria 4.0 fuera utilizado por primera vez en el Salón de Tecnología Industria de Hannover en 2011 como medio para lograr mantener el liderazgo competitivo de la industria en Alemania (Joyanes Aguilar, 2018).

La **evolución** de la industria 4.0 ha sido parecida en todos los países. El gobierno de Alemania rápidamente adoptó una Estrategia de Alta Tecnología con la que quiere preparar al país para esta nueva revolución industrial mediante su cooperación. En el resto de países de Europa poco a poco se van instalando las bases de esta nueva forma de entender la industria.

Esto es debido, principalmente, a la fuerte evolución de las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) que ha cambiado de manera radical la forma de consumir y de relacionarse de la población, aunque ningún país de Europa tiene un impulso tan grande por parte de su gobierno como Alemania a la hora de implicarse para que las empresas adopten esta nueva forma de trabajar. En España, como en el resto de países desarrollados, el gobierno ha tomado medidas para que las empresas adopten esta nueva forma de producción.

Si bien es cierto que los gobiernos de los países juegan un papel importante en el impulso de este cambio, a día de hoy, donde se aprecia un mayor avance en la implementación del ecosistema para el desarrollo de la Industria 4.0 es en las grandes empresas multinacionales, las cuales tienen una visión más global del sector y adoptan las medidas necesarias para llevar a cabo la transformación de todas sus fábricas debido a la alta competitividad que requiere el mercado.

El **futuro** pasa por que, poco a poco, todas las empresas, las grandes empresas marcarán el camino a las pymes, vayan introduciendo los cambios necesarios para adaptarse a esta nueva forma de producir. Y es que, aunque no quieran afrontar el cambio, se van a ver obligadas a hacerlo debido a la alta competitividad del mercado, a las tendencias de consumo y al imparable auge de las nuevas tecnologías que están interrumpiendo en la industria y que hacen que cambie por completo el sector.

## 2.4 Modelo, tendencias, retos y oportunidades

Si bien hay algunos profesionales que piensan que todos los cambios que están surgiendo y que van a llegar son parte de una evolución de la tercera revolución industrial, pero en realidad estamos inmersos en una nueva revolución que cambiará la forma de vida de las personas, tanto en el trabajo como en las relaciones personales. La cuarta revolución industrial estará marcada por gran evolución tecnológica que va a involucrar a muchos campos distintos.

Existen tres razones que explican que es un *modelo* de revolución y no de evolución. En primer lugar, el *impacto de los sistemas*: los sistemas están cambiando mediante la agrupación de países, empresas y sociedad en general. También encontramos la *velocidad*, dado que la tecnología actual evoluciona de forma exponencial. Por último, la *amplitud*, pues la irrupción de nuevas tecnologías conectadas entre sí está afectando a todas las industrias, negocios y personas (Joyanes Aguilar, 2018).

Las *tendencias tecnológicas* se pueden agrupar de diversas maneras, pero en general se puede decir que, independientemente del grupo, todas ellas están relacionadas y se retroalimentan unas a otras. Una posible clasificación sería la que hizo Klaus Martin Schwab, director y fundador del Foro Económico Mundial (*World Economic Forum*, también conocido como Foro de Davos) (Schwab, *The fourth industrial revolution*, 2016).

Por una parte, están las *tendencias físicas* en las que se puede hablar de nuevos materiales, fabricación aditiva, robótica avanzada y de vehículos autónomos. También encontramos las *tendencias digitales*; en este grupo se encuentran el modelo reciente de economía bajo demanda o economía colaborativa, las tecnologías financieras *blockchain* (cadenas de bloques) y el internet de las cosas, que es el punto más importante de este grupo para la industria. Finalmente, están las *tendencias biológicas*; la tendencia en este campo discurre principalmente por la ingeniería genética y la ingeniería de sistemas biológicos. Estas tendencias conllevan importantes desafíos a nivel ético, social y médico.

La cuarta revolución industrial trae consigo múltiples ventajas y es por ello por lo que su avance es imparable, pero también es verdad que tiene unos *riesgos* que pueden generar inconvenientes si no se tiene cuidado en su implantación. El riesgo principal tiene que ver con la seguridad ya que, al estar todo conectado, cualquier fallo hace más vulnerable al sistema. También existe el riesgo de crear una mayor desigualdad social y que no todas las empresas puedan lograr la transformación digital que es necesaria en esta nueva revolución.

Existen muchas nuevas *oportunidades* porque el potencial que tiene la cuarta revolución industrial es innegable y si se utiliza bien las empresas serán más eficientes y sostenibles, conectará a miles de millones de personas e incluso podrá ayudar al medioambiente. Ya se ha visto las tendencias tecnológicas que existen y

## 2. Industria 4.0

que estas se retroalimentan entre sí, creando un gran avance muy rápidamente. Todo esto tendrá un impacto directo en el empleo futuro y en la educación de las personas.

### 2.5 Bases tecnológicas

Las tecnologías clave en el desarrollo de la industria 4.0, como se puede ver en la Figura 1.1, son el IoT, la nube, la fabricación aditiva, la IA, el Big Data, la robótica colaborativa y la ciberseguridad. De una forma u otra, todas ellas están relacionadas.



Figura 2.1. Tecnologías clave de la Industria 4.0. Fuente: Creación propia

#### 2.5.1 IoT

Es una red de objetos físicos conectados a internet para conectarse entre sí e intercambiar datos. En estos objetos se pueden medir parámetros físicos mediante sensores y también se puede actuar sobre ellos utilizando API (*Application Programming Interface*, interfaz de programación de aplicaciones) (SAP, s.f.).

Las **plataformas del IoT** se basan en la nube (*cloud*), que conectan los mundos reales y virtuales. Ayudan a las empresas a gestionar la seguridad y la conectividad de los dispositivos IoT, y también a recoger datos de esos dispositivos, vincularlos y construir y operar aplicaciones IoT.

Actualmente, hay una **generación masiva de datos** debido a que cada vez se utilizan más dispositivos inteligentes y estos producen una gran cantidad de datos que son analizados y utilizados en el momento. Es aquí donde se necesitan las analíticas

predictivas y el Big Data. El *machine learning* se utiliza para dar un contexto a los datos y generar acciones sin intervención humana.

**En fabricación** se usa tecnología de M2M (*Machine to Machine*, máquina a máquina) para apoyar en diversos tipos de cosas, por ejemplo, desde monitorear de forma remota y obtener una telemetría hasta para realizar mantenimiento predictivo (SAP, s.f.).

En las fábricas se utiliza el IoT y la tecnología M2M para dar un impulso a la automatización industrial y prevenir los posibles fallos en los equipos y, también, entre otras cosas, para mejorar la seguridad en el trabajo. Los fabricantes de automóviles y las empresas tecnológicas están usando IoT para ayudar a los conductores de vehículos conectados a eludir accidentes, prever posibles problemas con el mantenimiento, ayudas con el estacionamiento, asistencia en carretera y otras cosas (SAP, s.f.). El ejemplo claro de esto se ve en la aparición del vehículo autónomo gracias a la utilización del IoT y del *machine learning*.

Es el componente tecnológico fundamental sobre el que se basa la Industria 4.0. El término “Internet de las Cosas” es bastante reciente. Se utilizó por primera vez, de forma pública, en el año 2009 en el RFID journal por Kevin Ashton, profesor del MIT (*Massachusetts Institute of Technology*, Instituto Tecnológico de Massachusetts) en ese momento (Cruz Vega, et al., 2015).

La divulgación de la conectividad inalámbrica, al inicio del siglo XXI, permitió que se elevara y masificara el uso de los objetos conectados. Este crecimiento que ha sufrido la conectividad inalámbrica se ha palpado sobretodo en la última década, donde han aparecido conceptos nuevos como el WsN (*Wireless Sensor Networks*, redes de sensores inalámbricos) o M2M (*Machine to Machine*, máquina a máquina), que han dado paso al IoT. El IoT es, de origen, más universal, protocolos, apertura de interfaces, redes, entornos de desarrollo y su explotación, así como sus perspectivas de futuro originadas en el mercado a partir de su popularización (Cruz Vega, et al., 2015).

En cuanto a **arquitectura y conceptos básicos** de IoT nos encontramos con distintas *áreas fundamentales* como son los objetos conectados, la tecnología de red, los protocolos de comunicación, la plataforma IoT, para un tratamiento inteligente de los datos (pudiendo ser Big Data o Small Data) y también aplicaciones de usuario.

La tecnología avanza de manera vertiginosa, por lo que hay unos *requerimientos y máximas tecnológicas* a considerar para un funcionamiento óptimo. En primer lugar, los objetos conectados deberían ser inteligentes, aunque no es obligatorio. Es conveniente que exista una conectividad IP (Internet Protocol) punto a punto, aunque no siempre se aplique. La conectividad de red ha de ser abierta y estándar, o al menos ampliamente aceptada por el mercado. El cloud y su inteligencia han de ser usados como piedra angular en la conectividad. Las técnicas de Big Data son necesarias en IoT siempre y cuando el volumen del despliegue justifique su uso. Los aplicativos IoT han de ofrecer un alto valor añadido que vaya más allá de la

## 2. Industria 4.0

mera lectura de datos. Y, por último, es clave ofrecer soluciones completas para el usuario final (Cruz Vega, et al., 2015).

La *creación de un objeto conectado* es una tarea en la que intervienen el diseño y la fabricación del hardware, el desarrollo de software y también, en algunos casos, el diseño industrial. Las fases de este proceso pueden resumirse en los pasos que se ven en la Figura 2.2.



Figura 2.2 Fases de creación de un objeto conectado. Fuente: Adaptado de (Cruz Vega et al., 2015)

### 2.5.2 Big Data

Actualmente existen millones de dispositivos conectados a internet que están generando datos continuamente. Pero para explicar *qué es* el término Big Data, o Datos Masivos, se puede decir que va más allá del volumen de datos en sí mismos; tiene más que ver con la manera de utilizar esos datos por parte de las empresas que tienen acceso a ellos. Cuando se habla del término Big Data se suele indicar que está caracterizado por las tres V: volumen, variedad y velocidad. También hay quien añade una cuarta V, el valor (Figura 2.3).

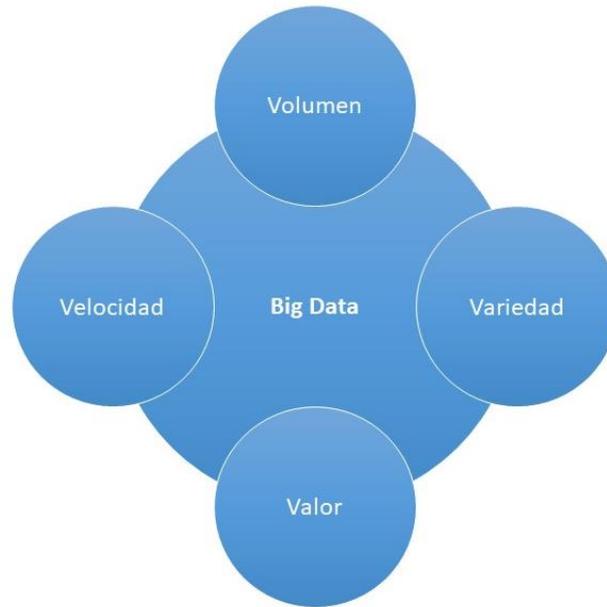


Figura 2.3 Las cuatro V de Big Data. Fuente: Adaptado de (Hashem et al., 2015)

Siendo más concreto, la primera característica, el **volumen**, se refiere a la cantidad de datos, independientemente del tipo de dato que sea o de donde se obtenga. Almacenar muchos datos sirve para que mediante su análisis se pueda crear información (Hashem, et al., 2015). No existe una cantidad de información exacta a partir de la cual estemos hablando de Big Data, pero se suele hablar en términos de petabytes (PB, 1 petabyte =  $10^{15}$  bytes) y exabytes (EB, 1 exabyte =  $10^{18}$  bytes) (Monleón-Getino, 2015).

La segunda característica es la **variedad**, que es el tipo de datos que han sido almacenados, independientemente de la fuente de la que se saquen o la cantidad. Los datos que se almacenan pueden tener un formato estructurado o no estructurado; por ejemplo, los que se sacan de las aplicaciones móviles la mayoría son no estructurados. Se pueden encontrar diversos tipos de datos como texto, imágenes, video y audio. Para hacer un buen uso del Big Data se suelen combinar esos datos no estructurados con los estructurados de una aplicación comercial como, por ejemplo, de un sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*, planificación de recursos empresariales) (Hashem, et al., 2015).

La **velocidad** es la tercera característica del Big Data, y tiene que ver con la velocidad con la que se transfieren los datos. La transferencia de datos se hace desde múltiples fuentes y además no dejan de cambiar. Esto es debido a los datos que se almacenan que pueden ser complementarios y que ya han podido ser almacenados anteriormente (Hashem, et al., 2015).

Por último, la cuarta V pertenece al **valor** que, aunque no todos los expertos en el tema lo consideran algo fundamentalmente característico. No cabe duda que es una característica muy importante, porque es el proceso que encuentra un gran valor

## 2. Industria 4.0

oculto en cada conjunto de datos almacenados. Sin duda, es la parte más importante del Big Data (Hashem, et al., 2015).

Utilizar bien el Big Data es un valor añadido de una empresa, de ahí su *importancia*, puesto que hace que la empresa sea más eficiente, más rápida resolviendo problemas y también hace que pueda encontrar nuevas oportunidades de negocio.

Las principales maneras de añadir valor a una empresa mediante el Big Data son tres. En primer lugar, está la *reducción de coste*. Gracias a sistemas como Hadoop y el análisis basado en la nube, se reducen los costes del almacenaje de un gran volumen de datos.

Después nos encontramos que sirve para tener una *mejor toma de decisiones y más rápida*. La velocidad aportada por sistemas de almacenaje y análisis, como los mencionados en la reducción de costes, las empresas pueden hacer un análisis instantáneo de la información y tomar mejores decisiones, lo que las hace más eficientes.

Por último, obtenemos *productos y servicios nuevos*. Son productos y/o servicios que demandan y satisfacen a los clientes. Tras analizar, mediante Big Data, las necesidades de los clientes y su grado de satisfacción se llega al producto o servicio que realmente satisface sus necesidades (PowerData, s.f.).

### 2.5.3 La nube (o *Cloud Computing*)

La nube es una arquitectura que, mediante la combinación de software y hardware, ofrece interfaces, almacenamiento, servicios y procesamientos de información a través de internet. Es, sin duda, uno de los ejes principales sobre los que se está asentando el cambio en todas las organizaciones (Joyanes Aguilar, 2012).

Según el NIST (*National Institute of Standards and Technology*, Instituto Nacional de Patrones y Tecnología) a parte de varias características comunes, como se puede ver en la Figura 2.4, está formada por cinco características esenciales y dispone de tres modos de servicio y cuatro modos de despliegue.

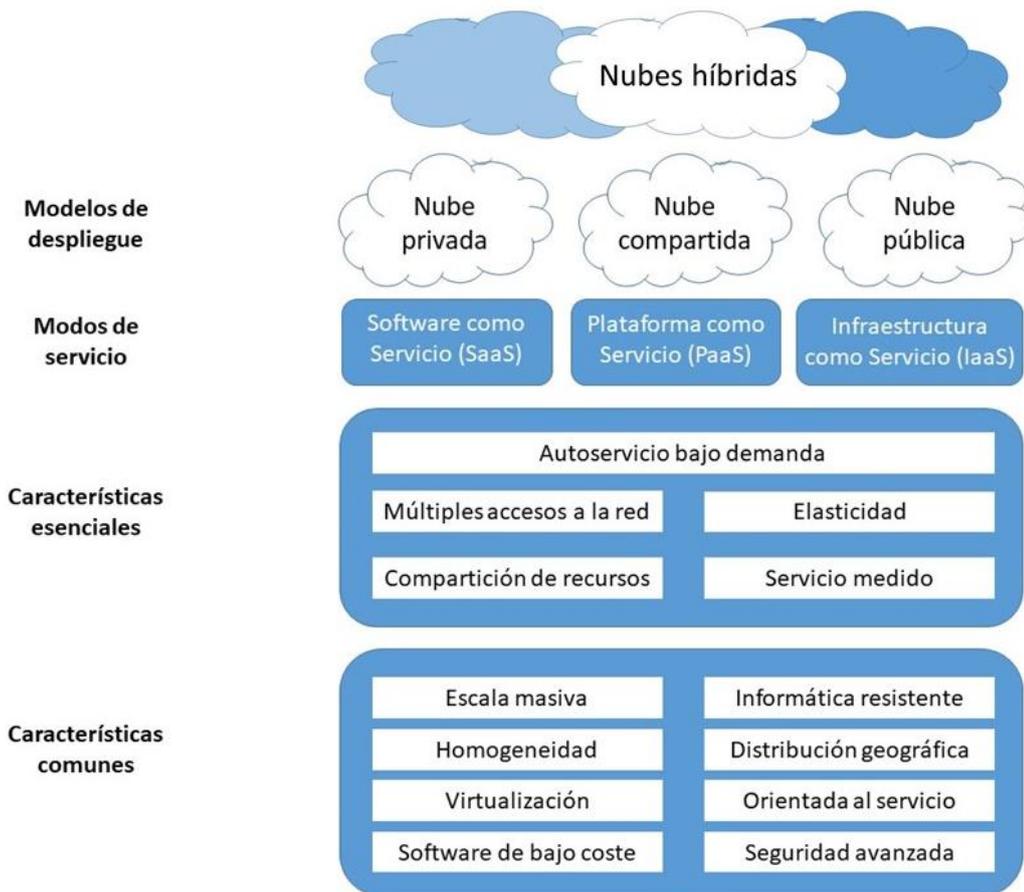


Figura 2.4 Definición de la Nube según el NIST. Fuente: Adaptado de (UNIDAD II IMPACTO DEL CLOUD, 2015)

Para entender mejor lo que caracteriza a la Nube conviene explicar en qué consisten sus **características esenciales**. En primer lugar, encontramos el *autoservicio bajo demanda*, que significa que el usuario puede hacer uso del servicio de la nube cuando lo necesite sin tener contacto con los proveedores del mismo. Las *múltiples formas de acceso a la red* quiere decir que se puede acceder a la nube desde cualquier dispositivo, siempre y cuando esté conectado a la red.

Otra característica es la *rápida elasticidad* que regula sus recursos informáticos de manera muy rápida para satisfacer a los cambios en la demanda de los mismos, haciendo parecer que son infinitos. También está la *compartición de recursos* en la que los recursos de un solo proveedor abastecen a varios usuarios. Para terminar, se puede decir que el *servicio medido* es en el cual las empresas que ejercen de proveedores de recursos en la nube pueden controlar el gasto de cada usuario haciendo posible un pago justo por los servicios consumidos.

Siguiendo con la clasificación del NIST, la computación en la nube se agrupa en dos modelos distintos: el modelo de servicio y el modelo de despliegue. Para entender por qué se disgrega en dos modelos hay que entender lo que supone cada modelo.

## 2. Industria 4.0

El **modelo de servicio** se entiende como el tipo de servicio que ofrece la nube y del cual hay tres tipos (Gil de Vergara Quintana, s.f.): el primero el de *Software como Servicio* (SaaS, *Software as a Service*), en este servicio lo que ofrecen los proveedores de esta nube son aplicaciones de software que puedes utilizar en cualquier dispositivo; seguidamente tenemos el modelo de *Plataforma como Servicio* (PaaS, *Platform as a Service*) que entrega a los usuarios que quieran desarrollar una aplicación web todas las herramientas necesarias para ello; por último, está el modelo de *Infraestructura como Servicio* (IaaS, *Infrastructure as a Service*), para dar este servicio el proveedor ofrece la computación y el almacenamiento de su infraestructura.

Por el contrario, el **modelo de despliegue** tiene que ver con las distintas formas de usar la infraestructura de la nube. Existen cuatro opciones: la primera sería la *nube privada*, en la que la gestión la lleva una organización que controla quien accede a los servicios ofrecidos; después estaría la *nube comunitaria*, que es creada por varias organizaciones, pero no tienen por qué gestionarlo ellas si no que puede que la gestionen terceras partes; la *nube pública*, que la administra un proveedor que deja acceder a sus servicios a quien desee utilizarlos; y, por último, la *nube híbrida*, que es una agrupación de dos nubes o más, independientemente del tipo de despliegue que tengan, que interaccionan entre ellas (Joyanes Aguilar, 2012).

### 2.5.4 Robótica colaborativa

La robótica es una tecnología que se encarga desde el diseño y ensamblado hasta el correcto funcionamiento de los robots en la industria. Se suelen diferenciar dos tipos de robots, los industriales y los no industriales, pero en realidad los podríamos clasificar según sus aplicaciones como industriales, de servicios comerciales y de consumo. Actualmente, están teniendo un gran auge en todo tipo de sectores debido al nivel de sofisticación que están alcanzando.

En lo que concierne a la industria 4.0, donde las fábricas pasan a ser fábricas inteligentes con métodos de producción más autónomos, los robots tienen un peso muy importante. El número de robots está experimentando un gran aumento; según las cifras que se dieron en la feria de Hannover Messe en 2017, en la industria alemana ya se utilizaban 290 robots por cada 10.000 empleados.

La razón de su amplia utilización se encuentra en que pueden realizar las tareas que se les encomienda de una forma cada vez más inteligente, autónoma, flexible, segura y colaborativa. El hecho de que, en muchos casos, no sea necesario aislarles en su área de trabajo y puedan compartir espacio con los humanos hace que el trabajo sea más productivo y, por tanto, más económico. Además, da la oportunidad a que realicen nuevas aplicaciones dentro de las fábricas.

Estos robots industriales colaborativos, también llamados cobots, se están utilizando no solo para la producción y logística sino también para la gestión de

oficinas, pudiendo controlarlos de forma remota, haciendo que las fábricas puedan estar operativas las 24 horas del día (Bahrin, Othman, Azli, & Talib, 2016).

Lo interesante de esta nueva generación de robots está en la cooperación con los humanos de forma segura y cercana para ciertas tareas sensibles. Todo esto es gracias a que cada vez son más inteligentes, ya que son capaces de aprender de los humanos, debido al desarrollo del *machine learning*, pudiendo verificar, optimizar y documentar su trabajo simplemente estando conectados a la nube, y todo ello de manera independiente.

Toda esta robotización que están experimentando las fábricas está asociada a las múltiples ventajas que tienen los robots, pero esto está haciendo que se genere una preocupación generalizada por que desaparezcan excesivos puestos de trabajo; aunque se sabe que generaría otros empleos nuevos, estos serían en menor cantidad.

Ya en el año 2017 el Parlamento Europeo se mostró preocupado ante la desigualdad en la distribución de la riqueza que podrían generar las nuevas tecnologías que replacen masivamente a los trabajadores. Es por eso que la Comisión de Asuntos Jurídicos del Parlamento Europeo proponía equiparar a robots con humanos en derechos y obligaciones, haciendo que las empresas paguen también impuestos por los robots para que se pueda mantener la seguridad social, pero esto fue rechazado por la Cámara.

También se propuso que se componga una agencia de Robótica e Inteligencia Artificial, que se lleve un registro de robots avanzados, que se determine de quién es la responsabilidad en caso de accidentes y elaborar un código ético que seguir al crear los robots avanzados.

### **2.5.5 Fabricación Aditiva**

Este término, también conocido como impresión 3D, hace referencia a la nueva forma de fabricar, logra obtener objetos reales a partir de modelos geométricos desarrollados mediante computación. La fabricación en sí del objeto se hace mediante la adición de materiales en un gran número de capas muy finas. Existen diversas *fases* para lograr el producto final, que van desde el diseño del producto hasta la etapa de acabado.

Lo primero de todo es desarrollar el modelo a fabricar en un fichero CAD 3D, una vez se tiene esto el primer paso es exportar la geometría al formato STL (*Standard Triangle Language*, Lenguaje de Triángulo Estándar). Lo que se consigue al pasar a formato STL es eliminar la información de propiedades físicas que no interesan de la pieza y obtener una aproximación de la geometría mediante una malla de triángulos cerrada; cuantos más triángulos haya mejor será la aproximación, mayor resolución. No tiene por qué tener siempre la mejor resolución, depende de las

## 2. Industria 4.0

necesidades, ya que una mayor resolución implica un mayor peso del archivo y no siempre interesa.

El segundo paso es colocar el fichero STL en un software, el cual depende de la tecnología con la que se vaya a fabricar la pieza. La simulación de la pieza en este software tiene dos objetivos. El primero es orientar la pieza de forma que quede de manera óptima para su fabricación, en función de las limitaciones de la tecnología con la que se vaya a realizar. El segundo objetivo es la creación de unos soportes para una correcta fabricación en caso de que sea necesario. Estos soportes se generan cuando, por la geometría de la pieza (en el caso de un voladizo, por ejemplo), no se puede realizar la fabricación aditiva.

El siguiente paso es el capeado, que consiste en la división del modelo, ya orientado y con los soportes necesarios, en capas horizontales muy finas, con un grosor que varía entre 15 y 200  $\mu\text{m}$  comúnmente. A mayor espesor de la capa peor resolución, pero mayor productividad.

La siguiente etapa ya sería la fabricación, en la que se va depositando el material formando las capas anteriormente dispuestas y dejando unidas cada capa entre sí dando lugar a la pieza simulada en formato físico. El método en el que se va depositando el material y se van uniendo las capas varía en función de la tecnología empleada.

La última etapa corresponde al posprocesado. En esta fase se saca la pieza de la máquina de fabricación y se limpia del material de fabricación que no se ha adherido a la pieza, el cual se recicla. Posteriormente, se eliminan los soportes, si los hubiese, de forma manual, apoyándose en distintas herramientas en función del tipo de material del que esté hecha la pieza. Y, después de esto, se obtendría la pieza originalmente diseñada.

Para la etapa de fabricación existen varios métodos para lograr obtener el producto deseado, que dependen de la tecnología utilizada. Por ello, merece la pena mencionar las **tecnologías más representativas** de este momento a la hora de hacer una fabricación en 3D (Torreblanca Díaz, 2016).

Se puede empezar hablando de la *estereolitografía* (SL, *Stereolithography*). Es la tecnología pionera en la fabricación aditiva, el material de fabricación es una resina fotosensible en estado líquido que cuando incide sobre ella un rayo láser ultravioleta se solidifica y así va creando, capa tras capa, el objeto deseado.

Otra tecnología es la *PolyJet* (PJ, *Photopolymer Jetting*), esta tecnología es muy parecida a la anterior. También fabrica con una resina fotosensible que se va disponiendo en capas y esta se solidifica con una lámpara ultravioleta que, capa a capa, crea el objeto.

Igualmente, también es recurrente la tecnología de *deposición de hilo fundido* (FDM, *Fused Deposition Modeling*). Consiste en un hilo de un polímero termoplástico se va derritiendo y conformando el objeto a medida que pasa por una

boquilla de metal que se encuentra a una temperatura mayor que la de fusión del polímero.

Muy utilizada es la *inyección de aglutinante* (o *Binder Jetting*), en la que se crea un material compuesto a partir de una capa de polvo cerámico y un líquido polimérico que va soltando un cabezal. Este compuesto se compacta mediante un rodillo y polimeriza a una temperatura de 40°C. Así va creando cada capa del objeto a fabricar. El acabado del objeto es muy bueno y puede obtenerse en cualquier color e incluso con imágenes en la propia pieza.

El *Sinterizado selectivo con Láser* (LS, *Laser Sintering*) es un polvo (que puede ser un polímero, cerámico o de vidrio) depositado en una cubierta que se va fusionando y solidificando a medida que le incide un láser de dióxido de carbono que va creando cada capa del objeto. Se obtienen piezas que soportan bien los esfuerzos mecánicos.

Para terminar con algunas de las tecnologías más usadas está el *Sinterizado Láser Directo en Metal* (DMLS, *Direct Metal Laser Sintering*) o *Fusión por Láser* (LM, *Laser Melting*), que funciona exactamente igual que el LS, solo que aquí el láser incide sobre polvo metálico, ya sea de una aleación, de aluminio, titanio o acero. Genera piezas metálicas con una gran resistencia a esfuerzos mecánicos.

## 2.5.6 Ciberseguridad

Está claro que hoy en día la información es muy valiosa, y eso unido a que cada vez generamos más datos en la red y que los equipos están conectados tiene como consecuencia que los ataques, contra los sistemas de información de las administraciones, las empresas con información importante y también contra cualquier persona o entidad, estén aumentando tanto en número como en gravedad. Es por ello que se necesita una estrategia de ciberseguridad.

Ante esta situación, hay que tener que claro el *significado* del término ciberseguridad. Se puede decir que ciberseguridad es todo aquello que protege a los sistemas de información, de las organizaciones y también de los usuarios, de los riesgos de seguridad que tienen por el hecho de estar conectados a la red.

Los *principios fundamentales* de la ciberseguridad son tres, se podría decir que el primer principio es la *integridad*, lo que hace que la información no la puedan modificar personas no autorizadas. Después estaría la *confidencialidad*, por la que la información no se puede difundir si no existe ese deseo o que no sea accesible para las personas que no estén autorizadas. Por último, se encuentra la *disponibilidad*, que hace posible que se pueda acceder a la información cuando se requiera.

Existen varias actividades que juntas forman el *ciclo de vida* de la ciberseguridad, empezando por la *prevención*. Es una actividad que se asegura de que la

## 2. Industria 4.0

organización y los empleados sean conscientes de las amenazas que existen, lo que conllevan y cómo combatirlas. También asegura una formación continua sobre la prevención y las herramientas de seguridad, además del hardware.

A continuación, se encuentra la *detección*. Cuando ocurre un ataque es muy importante detectarlo cuanto antes para que disminuir los problemas que pueda causar. Se puede detectar durante el ataque, lo cual podría evitar cualquier problema, o después de este, en cuyo caso, cuanto más tiempo pase más daño causará.

Para finalizar el ciclo de vida se necesita de la *respuesta*. Una vez que has sufrido un ataque hay que dar una respuesta lo más rápido posible. Se sugiere que después de un ciberataque se desconecte el equipo de internet y, después de hacer una limpieza del mismo con un antivirus, se cambien las contraseñas y se termine por hacer una limpieza del equipo de forma manual. Ante un posible robo de datos o una suplantación de identidad se recomienda que rápidamente se tomen medidas legales.

La ***Ciberseguridad e Inteligencia Artificial*** han ido creciendo mucho de forma conjunta durante los últimos años. Esto sumado a la combinación con el Big Data va a suponer un gran avance en materia de ciberseguridad. Hay que tener en cuenta que con los algoritmos de aprendizaje continuo de *machine learning* y *deep learning*, unidos al Big Data hacen que sea posible una predicción de ciberataques y así se puedan detectar más ataques y antes para minimizar su impacto (Joyanes Aguilar, 2017).

### 2.5.7 Inteligencia Artificial (IA)

El ***significado*** que se entiende por IA es un programa creado para efectuar operaciones que son características de la inteligencia de los seres humanos, tales como aprender, entender, razonar y tomar decisiones. El término de Inteligencia Artificial tiene su ***origen*** en el año 1956, cuando se utilizó por primera vez en una conferencia en la universidad Dartmouth College, organizada por los científicos Marvin L. Minsky, Nathaniel Rochester, John McCarthy y Claude E. Shannon, en referencia a unos programas de cálculo para hacer máquinas inteligentes.

Sin embargo, al que se le considera padre de la IA es a Alan Turing quien, en 1936, presentó la máquina de Turing, que es una máquina automática que, a través de un algoritmo, era capaz de implementar cualquier problema matemático. En 1950 publicó el artículo “Computing Machinery and Intelligence” donde se encontraba el ya famoso Test de Turing, en el que un juez tiene que saber, a partir de unas respuestas escritas de un ordenador y de una persona que se encuentran separados en una habitación aparte, cuáles pertenecen al ordenador y cuáles a la persona, todo esto para dictaminar si el ordenador es inteligente (Benítez, Escudero, Kanaan, & Masip Rodó, 2014).

Desde entonces, la IA ha sufrido una **evolución** silenciosa hasta que en 1997 IBM presento una máquina, conocida como Deep Blue, capaz de ganar al ajedrez al campeón del mundo, Gari Kasparov. Fue entonces cuando la industria tecnológica se dio cuenta de las múltiples posibilidades que tiene la inteligencia artificial. Desde entonces no ha hecho nada más que evolucionar, pasando también por casos famosos como Watson de IBM, que ganó un concurso respondiendo a preguntas de cultura y conocimiento general.

Ha evolucionado hasta tal punto que hoy en día se ha convertido en algo normal dentro de las grandes empresas de tecnología, que con el soporte de datos que tienen con el Big Data la IA está llegando a cualquier sector. Por ejemplo, es normal que las empresas utilicen bots y chatbots, bots que simulan una conversación, para atender a sus clientes.

Cada vez se le encuentran más campos de **aplicación a la IA** debido, en gran parte, a la gran evolución que está teniendo en los últimos años. Por ejemplo, en ingeniería se utiliza para organizar la producción, diagnosticar fallos, optimizar procesos y recursos, ayuda en la toma de decisiones y en la logística, entre otras cosas. La informática lo utiliza para la criptografía, el procesado del lenguaje natural o en los juegos.

En la robótica y automática se ayudan de la IA para generar los sistemas de visión artificial y la navegación autónoma. En otros ámbitos, menos tecnológicos, como puede ser la medicina, se utiliza como ayuda en los diagnósticos, en el análisis de imágenes biomédicas y de señales fisiológicas. Otra área como la biología la utiliza para analizar estructuras biológicas y como soporte en la genética médica y molecular.

Un campo de la IA que ha evolucionado mucho y que está teniendo mucha importancia en la industria es el **Machine Learning** (ML). El ML, también conocido en castellano como aprendizaje automático, consigue modelos analíticos de datos automáticamente, para hacer predicciones, a partir de algoritmos que hacen posible que los sistemas aprendan de una base de datos, identifiquen patrones y tomen decisiones.

En resumen, gracias a los algoritmos de aprendizaje, unidos a Big Data, la máquina aprende de la experiencia. Cada vez pueden analizar datos más complejos y más rápidamente, lo que hace que se tengan mejores resultados. Gracias a esto, las organizaciones acceden a mejores oportunidades de negocio y evitan riesgos.

Los distintos algoritmos utilizados se pueden englobar en cuatro tipos de aprendizaje. El *aprendizaje supervisado* implica la participación del ser humano: al algoritmo se le da un buen grupo de ejemplos y se le indica cuáles son los correctos y cuáles no, así el algoritmo es capaz de aprender. En el *aprendizaje no supervisado*, al algoritmo no se le da una respuesta al sistema, no se le dice qué tiene que buscar, simplemente se le entrega muchos ejemplos y el algoritmo se encarga de buscar

## 2. Industria 4.0

patrones y los asocia a otros ejemplos parecidos. Es muy utilizado en seguridad ante ciberataques y encontrar fraudes o gastos.

También encontramos el *aprendizaje semisupervisado*, en el que los datos que se le entregan al sistema son una mezcla de ejemplos con respuesta y sin respuesta, en su gran mayoría sin respuesta porque son menos costosos. Se utiliza para las mismas aplicaciones que el aprendizaje supervisado. Por último, en el *aprendizaje reforzado* el algoritmo aprende por medio de prueba y error, lo que le permite reconocer las acciones que le aportan mayor recompensa. Es muy utilizado en robótica, navegación y juegos (SAS, s.f.).

Una parte del Machine Learning que ha experimentado un gran desarrollo en los últimos años es el ***Deep Learning*** (DL), aprendizaje profundo en castellano. El DL configura elementos importantes de los datos y mediante muchas capas de procesamiento, que funcionan como una red neuronal de los humanos, hace que sea capaz de reconocer patrones en los datos de forma autónoma.

Esto sirve para realizar tareas como las que hacemos los seres humanos, tales como: identificación de imágenes, detectar objetos o personas, reconocimiento de voz, describir contenido, traducción automática, etc.

Dada la complejidad de los algoritmos y que se necesitan muchas capas y una gran cantidad de datos para entrenar a las redes neuronales es necesario un gran poder de cálculo, pero gracias a eso también tiene unas grandes oportunidades. Oportunidades como una mejora cada vez mayor y más rápida ante los cambios, más personalización, nuevas aplicaciones analíticas y mejoras de las actuales (SAS, s.f.).

Ese gran desarrollo que ha experimentado en estos últimos años el DL se debe, en parte, a la mejora en las GPU (*Graphics Processing Unit*, Unidad de Procesamiento Gráfico) que proporcionan un aumento considerable en la velocidad de computación, lo que permite que el aprendizaje de la máquina se realice en tiempos aceptables. También al crecimiento del Big Data que ha propiciado la mejora de los algoritmos gracias a la cantidad de datos que les pueden aportar. Todo este desarrollo se ha visto plasmado en las aplicaciones que poco a poco empiezan a formar parte del día a día de las personas y que son el futuro inmediato del *Deep Learning* y de la Inteligencia Artificial en general.

Aplicaciones tales como: la traducción automática, como es Google Translate; coches autónomos, como el Tesla o el Waymo de Google; asistentes personales, como los mundialmente conocidos Siri, Alexa, Cortana y Google Assistant entre otros; el reconocimiento del habla, Google Now, Siri o Skype ya lo utilizan; procesamiento del lenguaje natural, sistemas de recomendación, como los utilizados por Amazon, Netflix o Google por poner unos ejemplos; reconocimiento de imágenes; ayuda médica en el análisis de radiografías, tomografías o resonancias magnéticas; etc. Todos estos son algunos de los ejemplos de lo que se está viendo y se va a desarrollar en mayor profundidad en los próximos años.

## 3. Aplicaciones. Parte I

### 3.1 Introducción

En el presente capítulo se habla de algunos de los principales ejemplos de las aplicaciones que se le están dando actualmente al *machine learning* y al *deep learning* dentro del ámbito de la logística.

En concreto, en este capítulo se analizará el uso de drones en logística, de los camiones autónomos, la optimización del transporte de mercancías por carretera, robots para logística interna, robots para *picking* y robots colaborativos.

### 3.2 Drones en logística

Poco a poco los drones se están convirtiendo en algo habitual en la sociedad y debido a su gran potencial ahora se les está dando nuevos usos. Dentro de esos nuevos usos, se encuentra su aplicación en la industria, más concretamente en el área de la logística. Y todo ello gracias a la asociación de los drones con el *machine learning* y *deep learning*, que les otorga la capacidad de volar de manera autónoma.

Un *ejemplo* de esta aplicación es la que le está dando Indra, que aparte de utilizarlo para entrenar a pilotos, ha impulsado la investigación y desarrollo dentro de la Civil UAVS (*Unmanned Aerial Vehicle Systems*, sistemas de vehículos aéreos no tripulados) para su utilización en la que llaman logística inteligente 4.0, que es la logística que está por venir con la nueva revolución industrial.

Para hacerse a la idea de la envergadura de este proyecto es necesario conocer las dos partes implicadas, como son la empresa que lo desarrolla y la tecnología a desarrollar.

Primero de todo, Indra es una gran compañía de tecnología y consultoría que es líder mundial en soluciones propias. Estas soluciones se enfocan en las partes específicas de los mercados de Transporte y Defensa, y es también un referente en consultoría de transformación digital y TI (Tecnología de la Información) en España y Latinoamérica mediante su filial Minsait. Su modelo de negocio se basa en una oferta de soluciones mediante productos propios, con enfoque extremo a extremo, de un alto valor y de una gran innovación.

Para continuar, la CUI (*Civil UAVS Initiative*, Iniciativa de UAVS Civiles) es una de las mayores iniciativas europeas para el desarrollo de los drones civiles. Tiene por objetivo convertir a Galicia en el referente industrial de este sector, y también fomentar el uso de las aeronaves no tripuladas con el fin de mejorar los servicios que pueda prestar la administración al ciudadano.

### 3. Aplicaciones. Parte I

Esta iniciativa la impulsa la Xunta de Galicia y se prevé que costará 157 millones de euros. El presupuesto será distribuido en cuatro grandes programas: el primero será para crear y mejorar las infraestructuras; el segundo programa servirá para desarrollar nuevos productos, soluciones y tecnologías a través del I+D; el tercer programa consta de diez licitaciones precomerciales de soluciones basadas en el uso de UAVS; y, por último, el cuarto programa lo ha puesto en marcha *Aeronautics Business Factory* con el fin de atraer y dar soporte a proyectos de empresas de cualquier parte del mundo (Indra, 2018).

Dentro de este nuevo concepto, *Smart Logistic 4.0*, que propone Indra, la organización pretende utilizar nuevos sistemas aéreos no tripulados, es decir autónomos. Estos sistemas aéreos son drones a los que se les dotará de cámaras y sensores de alta precisión para que, gracias a los algoritmos de *machine learning*, puedan inspeccionar, de manera totalmente automatizada, cualquier tipo de infraestructura o instalación industrial (y también otras infraestructuras como buques o aeronaves) y así puedan adelantarse a cualquier fallo.

Indra quiere convertir a Galicia en una región referente en el desarrollo de este tipo de drones que se aplicarán en la industria. Consideran que la industria 4.0, el IoT y la digitalización de los procesos están cambiando la logística hacia su propia revolución, que sería la *Smart Logistic*.

El uso de estos drones tendrá como *ventajas* la rápida inspección en altura de anclajes y estructuras, la detección de daños, como por ejemplo la detección de corrosión, lo que logrará un mejor mantenimiento preventivo en las plantas industriales.

Todo esto se reflejará en una disminución en los costes logísticos, desde Indra calculan que pueden llegar a alcanzar entorno a un 20% de ahorro en costes. Ya que con su implementación se conseguirá aumentar la disponibilidad operativa de los equipos hasta en un 30% (Indra, 2018).

Estos datos son muy importantes, ya que se trata de un gran ahorro teniendo en cuenta que el mantenimiento de una planta industrial, a lo largo de su ciclo de vida, puede superar con creces su coste de adquisición.

Otro *ejemplo* del uso de drones autónomos es el caso de Amazon, que en la conferencia 're:MARS' (*Machine Learning, Automation, Robotics and Space*) de junio de 2019 en Las Vegas presentó su último diseño de aviones no tripulados llamados Prime Air, como se aprecia en la Figura 3.1.



*Figura 3.1 Dron Prime Air. Fuente: (Wilke, 2019)*

Consisten en drones totalmente eléctricos que pueden llegar a volar en un radio de hasta quince millas (lo que equivaldría a veinticuatro kilómetros) y llevar paquetes de menos de cinco libras, unos 2,27 kilogramos (se ha impuesto este límite ya que por lo menos el 75% de los pedidos no lo supera), a sus clientes en un tiempo inferior a 30 minutos (Wilke, 2019).

El diseño de estos nuevos drones incluye avances en términos de eficiencia, estabilidad y seguridad. Es un dron novedoso ya que tiene un diseño híbrido entre un helicóptero y un avión. Se parece a un helicóptero en que puede realizar despegues y aterrizajes verticales, pero es eficiente y aerodinámico como un avión.

El dron tiene seis grados de libertad para ser controlado, por los cuatro grados de libertad que suelen ser habituales. Esto permite que sea más estable y pueda volar de forma segura en peores condiciones de viento. Además, las cubiertas también son las alas, lo que hace tener un vuelo más eficiente.

Desde Amazon recalcan que es muy seguro, ya que saben que es la única forma de que los clientes se sientan cómodos con las entregas realizadas con este medio. Aparte de seguro, gracias a la IA, y más en concreto al ML y DL, el dron es completamente independiente.

El hecho que vuelen de manera independiente se debe a que pueden reaccionar ante una situación inesperada. Durante el trayecto el dron, identifica tanto a los objetos estáticos, para ello utilizan sensores y algunos algoritmos avanzados, como a los que están en movimiento, para lo que emplean algoritmos del ML y de visión por ordenador.

A la hora del aterrizaje, para que el dron realice la entrega, se necesita un pequeño espacio libre de obstáculos, personas o animales, empleando para ello una visión estereoscópica explicable en paralelo con unos sofisticados algoritmos de ML que

### 3. Aplicaciones. Parte I

detectan personas y animales. Un obstáculo que suelen encontrarse los drones son los cables del tendido eléctrico, de teléfono o las cuerdas de los tendederos de los patios de los clientes, para que sean capaces de esquivarlos se han utilizado técnicas de visión artificial.

Una de las **ventajas** que aporta Prime Air es su nulo impacto ambiental durante el transporte, es una de las iniciativas de sostenibilidad de Amazon para llegar a lograr las cero emisiones de carbono en sus envíos. Otra ventaja es la rapidez con la que llega el pedido (Wilke, 2019).

Es un proyecto que llevan anunciando desde 2013, pero por problemas de logística ha ido retrasando este proyecto, aunque esta vez parece ser cuestión de meses que empiece a funcionar.

Este dron es eléctrico y dispone de cámaras térmicas y de profundidad, también cuenta con varios sensores y un sonar. Todo este equipamiento es el que facilita que pueda ser autónomo y pueda evitar los obstáculos que se vaya encontrando.

El diseño de este dron es novedoso puesto que ha pasado del clásico formato de cuadricóptero a uno de hexacóptero, donde sus rotores están protegidos para una mayor seguridad y, además, utiliza estas cubiertas como alas mientras vuela. Con este diseño se utilizan las seis hélices tanto en el despegue y aterrizaje, como en los desplazamientos hacia adelante. La parte central del dron, donde se guardan los paquetes que se protegen con el propio fuselaje del aparato, es capaz de bascular para que pueda cambiar de formato en las distintas etapas del vuelo (Álvarez, drones, 2019).

Por el momento, Amazon se encuentra esperando a que el nuevo diseño sea aprobado por la FAA (*Federal Aviation Administration*, Administración Federal de Aviación) de Estados Unidos para comenzar a operar con ellos.

Otro **ejemplo** de un proyecto que utiliza drones mensajeros es el *Project Wing* de Google. Este dron ya ha empezado a operar en determinadas zonas de Australia. Convirtiéndose en el primer servicio comercial de este tipo en el mundo, tras dieciocho meses de pruebas y más de tres mil envíos realizados con éxito.

El proyecto Wing es un servicio de drones autónomos con el fin de mejorar el acceso a las mercancías, reducir el tráfico y disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> provocadas por el transporte de mercancías, que solo en EEUU suponen el 27% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero (X Company, s.f.).

Estos drones (Figura 3.2) poseen un diseño de bajo consumo de energía que los permite volar hasta 120 km/h, impulsados únicamente por un sistema de energía eléctrica y sin emisiones de carbono. Y vuelan a una altura de hasta 120 metros sobre el suelo.



*Figura 3.2 Dron Wing en pleno vuelo. Fuente: (X Company, s.f.)*

Este proyecto lo comenzó en el año 2014 Google X, corporación a cargo de Alphabet que se dedica a realizar avances tecnológicos, que ahora se ha convertido en Ala, una empresa independiente. El equipo que lo desarrolló se encontró con problemas financieros y la FAA aún no les ha dado permiso para que puedan desarrollar su actividad en Estados Unidos. Donde sí que han logrado el permiso es en Australia, donde la CASA (*Civil Aviation Safety Authority*, Autoridad de Seguridad de Aviación Civil) les deja operar, pero bajo unas grandes restricciones. Los drones Wing tienen permiso para hacer sus labores de mensajeros los días laborables a partir de las siete de la mañana y para envíos de comida, bebida o medicamentos (Pérez, 2019).

El funcionamiento del servicio de estos drones no es el de una compra por internet normal: sirven para enviar productos de comercios locales. Para ello, se han aliado con farmacias y cafeterías para poder enviar tanto medicamentos como bebida y comida en muy poco tiempo. Los drones pueden dirigirse a las casas elegidas, pero sin sobrevolar calles principales, sin acercarse a personas y siempre dentro del horario laborable.

A los usuarios de las casas que accedan al servicio se les informa sobre diversos aspectos de seguridad para que puedan interactuar de forma segura con estos drones. La entrega se realiza, para mayor seguridad, sin llegar a aterrizar, por lo que solo depositan el paquete en el jardín de la casa. Lo que no se ha especificado es cómo será este servicio si la vivienda se encuentra en un bloque de pisos.

Los drones Wing han adelantado a Amazon, que es su principal rival. Y, además, ahora dentro de su servicio, tiene entrega en diez minutos por el centro de Helsinki. Lo que está por ver es cuándo y cómo llegará su expansión al resto de Europa.

### 3. Aplicaciones. Parte I

A través del ML, Wing es capaz de volar alrededor de otros aviones tanto tripulados como no tripulados, y también de esquivar obstáculos. Los algoritmos empleados de aprendizaje automático sirven de ayuda al dron para encontrar un buen lugar para realizar la entrega.

El equipo de Wing está explorando cómo la entrega mediante estos aviones no tripulados puede ser útil en el día a día de las personas si se emplea para transportar comidas, medicamentos e inclusive piezas de repuesto.

Este sistema de entrega tiene como *ventajas* que mejora la velocidad, reduce el coste de transporte y su impacto ambiental (X Company, s.f.).

A parte del uso para el transporte de mercancía, los drones se están utilizando principalmente, entre otras aplicaciones, para ayudar a gestionar almacenes y controlar contenedores en los puertos.

### 3.3 Camiones autónomos

La compañía de transportes sueca Einride, después de haber pasado solo tres años desde su fundación, el 15 de mayo de 2019 se convirtió en la primera empresa en el mundo en poner en una carretera publica un camión autónomo sin conductor de seguridad. El camión sin cabina circuló por las carreteras de Suecia para entregar la mercancía (Álvarez, 2019).

La empresa sueca apuesta por una transformación por completo de la industria del transporte. A esta transformación la llaman movimiento inteligente, que significa que buscan cero emisiones, cero desperdicios y cero muertes (einride, 2019). Su visión y objetivo sobre el futuro de la movilidad es tener vehículos completamente eléctricos y autónomos para que se puedan automatizar tareas, como en este caso la entrega de mercancía.

T-prod es su principal camión, es un camión revolucionario en todos los aspectos. Para empezar, es más pequeño que un camión de carga convencional, pero como es un camión completamente autónomo no tiene cabina, lo que le otorga algo más de capacidad de carga hasta llegar a quince euro-pallets (Álvarez, 2019).

El T-pod (Figura 3.3) mide apenas siete metros de largo y soporta hasta veinte toneladas de mercancía para transportar. En su interior cuenta con un motor eléctrico y una batería de doscientos kilovatios hora para una autonomía de hasta doscientos kilómetros por carga, mientras que su velocidad máxima, que está limitada electrónicamente, es de 85 kilómetros por hora (Álvarez, 2019).



Figura 3.3 Camión T-pod de EINRIDE. Fuente: (Álvarez, 2019)

Para que la conducción sea autónoma, el T-pod utiliza la plataforma de conducción NVIDIA Drive, que utiliza las herramientas del DL y la IA, a la que la llegan datos a tiempo real procedente de los LIDAR (*Laser Imaging Detection and Ranging*, Detección y rango de imágenes láser) y de los radares (que mediante un pulso magnético recogen la ubicación y velocidad de los objetos), además de las cámaras capaces de leer las marcas de los carriles y las señales de tráfico.

Gracias a esta tecnología se ha convertido en el primer camión en conseguir la certificación de autonomía nivel 4 SAE. Aunque el camión es totalmente autónomo si fuese necesario lo puede controlar un operador humano, el cual podrá supervisar hasta diez camiones a distancia y a la vez.

Según Einride, la principal **ventaja** que tiene el camión T-pod es que reduce aproximadamente un 60% los costes procedentes del transporte de mercancías en comparación con un camión estándar diésel con conductor. Pero, además, al ser eléctrico no emite gases de efecto invernadero ni óxidos de nitrógeno al ambiente, por lo que se convierte en una manera de transportar mercancías de forma rentable y sostenible, además de segura (Álvarez, 2019).

La principal **desventaja** que tiene es que en la actualidad es muy difícil obtener permisos para circular por las vías públicas, por cuestiones de seguridad. Tal es así, que el permiso que obtuvieron para poder circular por Suecia estaba restringido a que circulase a una velocidad máxima de cinco kilómetros por hora. Además, solo le han permitido un desplazamiento corto entre un almacén y una terminal, y siempre manteniéndose en el mismo carril. Este permiso será efectivo hasta finales del año 2020, cuando se evaluarán los resultados. Otro problema sería la destrucción de puestos de trabajo.

### 3. Aplicaciones. Parte I

Desde Einride se pretende negociar nuevos permisos que le permitan circular por nuevas vías públicas. Aunque ellos son una empresa que se encarga del software y de la operación, por lo que buscan fabricantes que les interese adquirir esta plataforma, pretenden contar con 200 T-pod operativos para el 2020, ya que tienen acuerdos con empresas como Lidl y Svenska Retursystem para transportar sus productos.

Además, Einride cuenta con otro modelo, el T-log (Figura 3.4), que es una variante del T-pod que mantiene la mayoría de sus especificaciones y tecnología, pero que se centra en el transporte de madera, por lo que existe una diferencia en el diseño para que sea un camión más todoterreno, y que pueda circular por terrenos más difíciles (Álvarez, 2019).



Figura 3.4 Camión T-log de EINRIDE. Fuente: (Álvarez, 2019)

Existen *otros ejemplos* de camiones autónomos del estilo, como es el caso del Volvo Vera, que también es un camión autónomo eléctrico y sin cabina, como se aprecia en la Figura 3.5, que tiene una herramienta conectada a la nube que le permite estar controlado en todo momento.



Figura 3.5 Volvo Vera con un contenedor de DFDS. Fuente: (Gutiérrez, 2019)

El Volvo Vera está concebido para realizar las tareas repetitivas que se llevan a cabo en los centros logísticos, en las fábricas y en los puertos. Es por ello que Volvo ha llegado a un acuerdo con la empresa naviera danesa DFDS para que el Vera mueva las mercancías de DFDS. El recorrido está limitado a seis kilómetros, la empresa naviera utilizará las cabezas tractoras de Volvo para transportar sus mercancías desde su centro logístico hasta la instalación portuaria de APM Terminals situada en Gotemburgo (Suecia) (Gutiérrez, 2019).

A pesar de circular por una carretera abierta en un tramo del recorrido, al ser una ruta de pequeña distancia y a una baja velocidad, la velocidad máxima es de cuarenta kilómetros por hora, hace que su funcionamiento eléctrico sea más que suficiente y además lo convierte en ideal para reducir la contaminación atmosférica y también la contaminación acústica.

El *objetivo final* es generar un flujo de mercancías sin pausa para reducir los tiempos de espera y aumentar la precisión de entrega de cada contenedor, lo que produce un aumento en la eficiencia del proceso y una mejora en la sostenibilidad. A partir de esta experiencia se prevé que se pueda perfeccionar esta tecnología y se vayan perdiendo sus limitaciones para en un futuro próximo realizar otras operaciones de transporte de más potencial (Gutiérrez, 2019).

Además de estos ejemplos hay multitud de marcas trabajando en el desarrollo de este tipo de camiones, como el Tesla Semi que es un camión eléctrico, que hereda la tecnología de la conducción autónoma de los coches Tesla, con el que pretenden reducir los costes de un camión diésel convencional en un 20%. Otros ejemplos son los camiones de grupos tan importantes como Daimler o Uber, lo que hace ver que es una realidad y que a medio plazo se impondrán este tipo de transporte.

#### 3.4 Optimización del transporte de mercancías por carretera

La empresa española Ontruck, es un operador que se dedica al transporte de mercancías por carretera. Con la ayuda de la IA, más concretamente con la ayuda del ML, y también del BI (*Business Intelligence*, inteligencia de negocio) ha desarrollado unos algoritmos para realizar los cálculos de los precios de forma dinámica para cada servicio, para calcular la ruta que debe seguir la mercancía a partir de los datos de la situación de las carreteras obtenidos a tiempo real y también cálculos para la asignación de las cargas en función del tipo de carga y del transportista. De esta forma, se tiene una mayor capacidad de reacción y se consigue optimizar los precios.

Ontruck se sirve de la tecnología del ML para dar a sus clientes, y también a los transportistas, un servicio personalizado además de una gestión de cargas inteligente. Para dar este servicio se apoyan en tecnologías como el GIS (Sistema de Información Geográfica), el geocoding y el ETA (*Estimated Time of Arrival*, tiempo estimado de llegada), además de los desarrollos propios.

El *objetivo principal* es reducir el número de kilómetros que recorren los vehículos de transporte en vacío, que se estima que alcanza un 40% del total de kilómetros recorridos en el sistema de transporte tradicional, lo que supone un gasto inútil en combustible y una mayor contaminación ambiental (La razón, 2019).

Gracias a la optimización de la ruta y de las cargas en Ontruck reducen en un 10% los kilómetros recorridos en vacío, lo que en el año 2018 supuso doscientos setenta y cinco mil litros menos de combustible consumido y unos trescientos noventa mil euros ahorrados. También consiguen reducir las emisiones contaminantes entre un 20% y un 25%, que con su flota de más de dos mil doscientos vehículos en 2018 se dejaron de emitir seiscientos sesenta y cinco toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera (La razón, 2019).

Desde Ontruck están utilizando el ML para *más usos*, como la optimización de los albaranes de los transportistas. Lo que consiguen es que la transacción sea rápida, simple y segura. Para optimizar este trámite cuentan con un registro digital en el que se almacenan los datos y las facturas de los servicios prestados que se unifican en una única factura que se envía al final de cada mes. Con esto consiguen cobrar antes las facturas.

En el sector de la logística externa se está adoptando una mayor digitalización del proceso de la gestión en el transporte de mercancías. Lo que se busca con esta digitalización es ser más eficaces a través de la automatización.

### 3.5 Robots en logística interna

La IA, y más concretamente el DL, están revolucionando la robótica, que se está empleando en todo tipo de tareas. Un claro *ejemplo* es la tecnología que está utilizando Amazon en alguno de sus centros logísticos, concretamente en veinte centros de Estados Unidos, dos en Reino Unido, uno en Polonia y ahora también en España. Esta tecnología se llama Amazon Robotics y sirve para mejorar la eficiencia de los almacenes (Amazon, s.f.).

A estos robots se los conoce como Kiva, ya que Amazon adquirió en 2012 la empresa Kiva Systems que los diseñó y que estaba especializada en almacenes robóticos, y los utilizan para administrar mercancías dentro de los almacenes de Amazon. Su tarea es recoger la estantería, como se puede ver en la Figura 3.6, que contiene el objeto deseado y llevarla a su destino, siempre siguiendo la ruta óptima, ya que pueden tomar decisiones en tiempo real gracias a los algoritmos de DL que potencian su sistema de IA. Cuando llegan al destino el personal humano es el encargado de terminar el proceso.

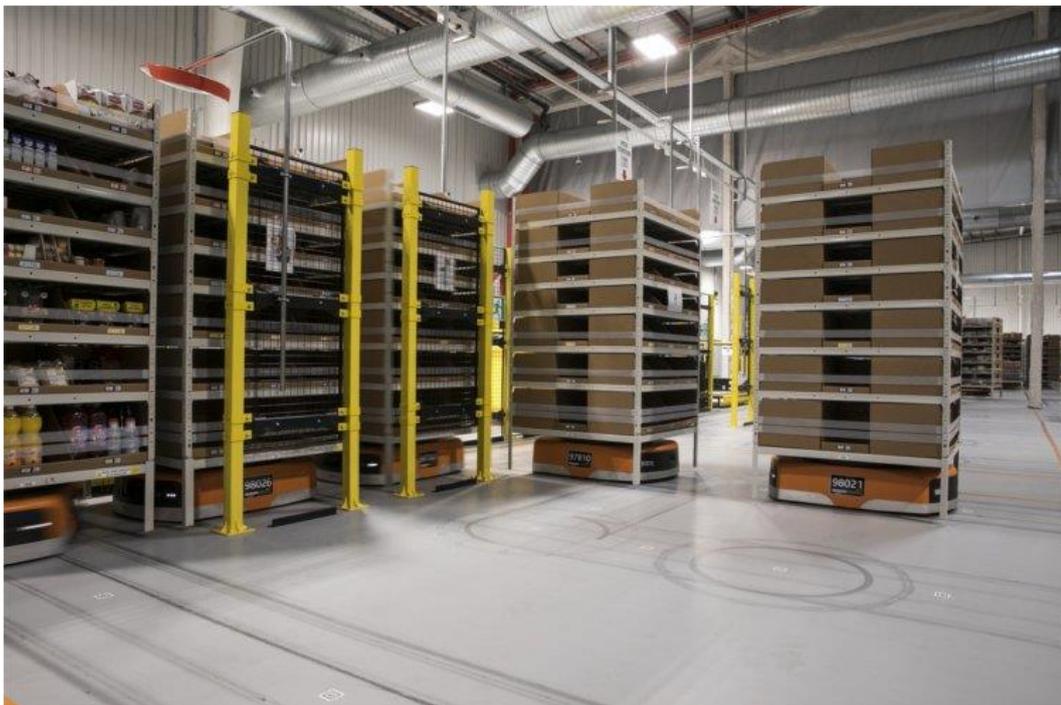


Figura 3.6 Robot transportando una estantería en un almacén de Amazon. Fuente: (Amazon, s.f.)

El *objetivo* de estos robots es ganar eficiencia en el proceso de gestión y clasificación del almacén. Desde Amazon indican que gracias al uso de estos robots han llegado a duplicar la eficiencia, pasando de llevar una gestión y clasificación de hasta setecientos mil artículos al día como máximo a un millón quinientos mil artículos como máximo con los robots que además realizan la tarea con una precisión del 99,99%. Con esto se consigue que el personal humano pueda tratar un número mayor de paquetes (Ros, 2018).

### 3. Aplicaciones. Parte I

Además de ser más eficientes ocupan menos espacio que los humanos, por lo que el diseño del almacén se puede modificar para tener más espacio para estanterías y pasillos más pequeños. Esto se traduce en que en los almacenes se puede tener mucho más inventario, el 50% más de artículos por metro cuadrado, y también que los costes operativos se reducen en torno a un 20% por almacén, unos veintidós millones de dólares, según los datos arrojados por trece almacenes en los que se implantaron estos robots en 2015 (Bhattacharya, 2016).

Según el Deutsche Bank, en 2016, el **ahorro** si se implantase en los 110 almacenes de Amazon sería casi de dos mil quinientos millones de dólares, pero sabiendo que el coste de implantación por almacén ronda entre quince y veinte millones de dólares se calcula que el ahorro total neto estaría cerca de los ochocientos millones de dólares para la compañía dirigida por Jeff Bezos (Bhattacharya, 2016).

Basado en métricas de Amazon, los robots realizan en quince minutos el mismo trabajo que hacían los operarios en poco más de una hora, que es lo que solía durar el ciclo de “clic para enviar”.

Dentro de los almacenes se los conoce, a los robots Kiva, como impulsores y los que se están utilizando en España pesan más de ciento cincuenta kilogramos, soportan más de mil trescientos kilos de carga y pueden recorrer hasta casi dos metros en un segundo (Amazon, s.f.).

Las **ventajas** han quedado claras que son que la preparación de pedidos se hace más rápido, que reduce las distancias que tienen que realizar los empleados, reduciendo el tiempo en la localización y almacenaje de los productos, y un ahorro del espacio en el cual se puede almacenar más mercancía haciendo que los clientes tengan un catálogo más amplio y envíos más rápidos.

Para evitar se pudiera dar la circunstancia que hubiese un fallo y pudieran chocar y herir a alguien, los robots se encuentran operando en un área exclusiva para ellos cercado por verjas de seguridad que evitan que salgan de allí. Pero además para asegurarse de que trabajan de forma segura cada robot dispone de un controlador de seguridad DUSC, con el que además se puede controlar la velocidad y realizar una parada de emergencia si fuese preciso (Amazon, s.f.).

Según Abdelrahman Ogail, un ingeniero que se encarga del desarrollo del software en el equipo de aprendizaje automático de Amazon Robotics, en el futuro ve que se dirigirán en el diseño de centros de cumplimiento automatizados por completo y en la investigación y desarrollo de robots para la producción autónoma e inteligente (RE-WORK, 2017).

Cuando un robot se estropea la empresa tiene ingenieros que pueden repararlo en dos horas, además Amazon intenta asegurarse que no se puedan estropear diez robots a la vez (Tam, 2014).

Asimismo, cuando un robot sabe que se está quedando sin batería se retira a la zona de recarga de manera autónoma y se queda allí hasta que se carga por completo y puede seguir con el trabajo (Álvarez, 2017).

Más recientemente se ha presentado el robot *Pegasus*, también por parte de Amazon, que se utiliza en su nuevo sistema de clasificación de paquetes. Estos robots recogen paquetes individuales y los llevan hasta distintas rampas asociadas a unos destinos concretos dentro del centro logístico.

Los robots Pegasus, como se puede apreciar en la Figura 3.7, son de color naranja y tienen unas dimensiones de sesenta centímetros de altura y noventa centímetros de ancho aproximadamente (Peterson, 2019).



Figura 3.7 Robots Pegasus en un centro logístico de Amazon. Fuente: (Peterson, 2019)

Igual que pasaba con los Kiva, gracias a la IA y al DL estos robots son capaces de moverse de manera autónoma. Según Amazon, este nuevo sistema de clasificación de paquetes mediante los Pegasus ha ayudado a que el número de artículos mal clasificados se reduzca a la mitad.

Esta implantación tiene como consecuencia que el sistema funciona mejor y les otorga la **ventaja** de una mayor rapidez en la clasificación y también una mayor precisión en la misma, con lo que tienen menos errores, menos desperfectos y consiguen satisfacer mejor al cliente (WIGGERS, 2019).

### 3.6 Robots para picking

La empresa RightHand Robotics es un líder de soluciones robóticas de recolección de piezas para mejorar el rendimiento y eficiencia en la realización de los pedidos

### 3. Aplicaciones. Parte I

del comercio electrónico y la intralogística. Como principal solución tienen el brazo robótico RightPick, que es el que se ve en la Figura 3.8 (righthandrobotics, s.f.).



*Figura 3.8 RightPick. Fuente: (Kessler, 2017)*

Gracias a este brazo robótico se puede automatizar una tarea que antes era imposible, como es la recogida de material para su empaquetado. Lo especial de este robot es que tiene la capacidad de reconocer los elementos a recoger de las cajas, y esto lo hace gracias al DL.

El robot consta de un brazo robótico con varios dedos, una herramienta de succión y una cámara a través de la cual y con ayuda de algoritmos del DL consigue reconocer los objetos para que luego la mano pueda manejarlos. Además, se encuentra conectado a una base de datos de la nube, haciendo posible que otros equipos aprendan de los datos subidos a la misma (Guillén, 2017).

El proyecto fue iniciado por un equipo de investigadores del Laboratorio de Biorrobótica de Harvard, el Laboratorio de Grabación de Yale y el MIT. Según el cofundador de la empresa, Leif Jentoft, RightPick puede llegar a elegir artículos a un ritmo de 500 a 600 elementos por hora, lo cual se aproxima a la velocidad de un trabajador humano (Kessler, 2017).

En la actualidad los robots no han alcanzado el nivel de los humanos en este tipo de tareas. Se quedan dubitativos cuando los objetos están envueltos en plástico o cuando se encuentran parcialmente ocultos por otros artículos. Pero en el caso de RightPick es lo bastante funcional como para empezar a ser implementado en almacenes a modo de prueba, donde estas máquinas recogen miles de pedidos al día.

Los programas piloto en los que se están utilizando estos robots son fundamentalmente para recoger objetos de cajas. Por el momento, lo que no pueden llegar a hacer estos brazos robóticos es empaquetar los artículos, ya que es algo más

complejo porque necesitas colocar los artículos de la manera que mejor se ajuste a la caja. Esto significa que no se pueda automatizar por completo, por el momento, todo el proceso en el almacén de una empresa de comercio electrónico y, por lo tanto, seguirá habiendo trabajadores humanos, aunque menos (Kessler, 2017).

Una *ventaja* de estos robots es que aportan mucha flexibilidad, porque pueden agarrar piezas de distintos tamaños, lo que hace posible que se adapten bien a nuevas necesidades que vayan surgiendo y que no sea necesario adaptar a otras máquinas por separado (Guillén, 2017).

Por tanto, se convierte en una solución a la recogida de piezas combinando el rendimiento que otorga la automatización tradicional con la flexibilidad de los flujos de trabajo tradicionales (righthandrobotics, s.f.).

### 3.7 Robots colaborativos

Un *ejemplo* de la aplicación del ML en robots colaborativos es el robot Sawyer del fabricante de robots Rethink Robotics. Este revolucionario robot está diseñado para realizar algunas tareas que no han sido automatizadas con los robots industriales tradicionales.

Ofrece una automatización de alto rendimiento a la vez que mantiene cosas tan importantes como flexibilidad, facilidad de uso y seguridad. Se le incorpora la capacidad de detectar la fuerza, por lo que puede decidir cuanta fuerza ejercer mientras se va realizando las tareas, haciendo que pueda trabajar con precisión junto a personas como se aprecia en la Figura 3.9.



Figura 3.9 Robots Sawyer trabajando con humanos. Fuente: (Industries for Collaborative Robots, s.f.)

Este robot tiene un brazo robótico con siete grados de libertad y un alcance de hasta mil doscientos sesenta milímetros lo que le permite trabajar en un espacio pequeño. Cuenta con el sistema de visión Cognex, lo que posibilita que su sistema de posicionamiento pueda reorientar el robot de forma fácil y fluida (Sawyer, s.f.).

Este robot, debido a su tamaño y a su alcance, puede trabajar en muchos tipos de celdas, incluso en las diseñadas para personas. También puede trabajar en torno a accesorios, como brazos humanos, y puertas. Además, se puede utilizar fácilmente para una gran variedad de aplicaciones.

### 3. Aplicaciones. Parte I

El software de estos robots colaborativos, que se llama Intera, se actualiza constantemente y, además de ser muy potente, es sencillo de usar. Entra rápido en funcionamiento y da las mediciones de la producción a tiempo real. Dispone de un sistema de pinzas que hace que pueda realizar distintas tareas sin perder mucho tiempo en personalizarlo para dicha tarea.

Sawyer ha sido diseñado para que pueda trabajar con personas. Por ello, se ha cuidado mucho la seguridad y está certificado que cumple con las normas ISO 10218-1: 2011 y PLd Cat. 3 de TÜV Rheinland. Este es uno de los motivos por los que es muy bien aceptado entre los trabajadores (Sawyer, s.f.).

Dispone de sensores de torsión en cada junta para que pueda controlar en cada instante la fuerza. Como es capaz de controlar la fuerza y la posición, el robot controla la fuerza aplicada en distintas direcciones, al igual que los humanos, sin necesidad de más sensores o hardware.

Este robot tiene muchas *aplicaciones en la industria*, tales como carga y descarga de objetos en líneas transportadoras, inyección de plástico y moldeo por soplado, manejo de PCB (policlorobifenilos) y ICT (*In-Circuit Test*, prueba en circuito), pruebas e inspección de calidad, estampado y conformado de metales, trabajos con máquinas CNC (Control Numérico por Computadora) de Tender y también empaque de final de línea (Applications, s.f.).

Debido a sus múltiples aplicaciones se puede usar en *distintos tipos de industrias*. En la industria de la automoción estos robots colaborativos, también llamados cobots, son una ayuda perfecta para todas esas tareas monótonas y repetitivas. Además, como los fabricantes de automóviles han ido sustituyendo piezas metálicas por piezas de plástico, para reducir el peso y mejorar la eficiencia, resultan ideales para estar con las máquinas de moldeo por inyección de plástico ya que necesitan supervisión constante.

En la industria de la electrónica también se utilizan, aunque no es muy común el uso de cobots en esta industria estos robots al contar con detención de fuerza resultan perfectos para realizar las pruebas de circuito y para manipular componentes electrónicos que son muy frágiles y costosos.

Para la producción en general son muy utilizados ya que sirven a los fabricantes para afrontar los picos de demanda y las distintas actividades estacionales. Además, permite aumentar la calidad, reducir las posibles inactividades.

Otro uso dentro de la industria manufacturera en la que le resulta muy útil el empleo de estos robots, suelen emplearse en el mantenimiento de las máquinas y en la carga y descarga de piezas, lo que permite a las personas que realicen tareas que aporten más valor. Hay que tener en cuenta que aportan más seguridad en un trabajo que puede llegar a ser peligroso (Industries for Collaborative Robots, s.f.).

Muchas empresas dejan el embalaje a empaquetadores para poder ser más eficientes. Estos necesitan de la automatización para mejorar la productividad y

afrontar las tendencias cambiantes del mercado. En el embalaje se valora mucho la flexibilidad que aportan.

Por último, estos robots tienen mucho potencial en la industria plástica porque les permite automatizar casi cualquier proceso. Procesos como el envasado y empaquetado de piezas terminadas, escoger partes resultantes de una prensa y colocarlas en una máquina CNC y la degradación del proceso de moldeo por inyección de plástico (Industries for Collaborative Robots, s.f.).

Como *ventajas principales* que ofrece la implantación de estos robots en una industria son el aumento de la producción, la mejora en la calidad de las piezas, un retorno de la inversión rápido y una mayor flexibilidad.

Existen otros robots del mismo tipo en el mercado, como es el caso de RoboRaise (Figura 3.10), un brazo robótico desarrollado por el MIT que se apoya en la visión artificial y el ML para ser un apoyo en el trabajo en equipo en actividades industriales (El País Retina, 2019).



Figura 3.10 Un operador humano trabajando junto a RoboRaise. Fuente: (El País Retina, 2019)

Para trabajar con este brazo robótico se necesita que la persona que vaya a estar trabajando se ponga unos sensores electromiográficos en la piel. Estos sensores tienen que estar conectados al sistema de visión artificial de RoboRaise y le sirven para recibir un diagnóstico muscular de su compañero de trabajo (El País Retina, 2019).

Al tener información de los músculos de la persona puede seguir su movimiento mientras manipula los objetos y seguir su trayectoria. De modo que se coordina perfectamente con el operario humano y, lo más importante, de forma segura.

### 3. Aplicaciones. Parte I

Esta coordinación de movimientos se debe al ML y sus algoritmos que hacen aprender al robot de los movimientos del humano a través de las señales obtenidas de los sensores puestos en el brazo de la persona (El País Retina, 2019).

Eso sí, el robot recibe los impulsos que emiten los sensores con una cierta latencia, lo que hace que exista un retardo entre el movimiento de la persona y el del robot. Pero en el caso de RoboRaise ese retardo es mínimo, lo que hace que el movimiento sea muy realista y que capacite a estos cobots a trabajar con materias delicadas (Hamadi Mohamed, s.f.).

## 4. Aplicaciones. Parte II

### 4.1 Introducción

Este capítulo es una continuación de los ejemplos que existen de las aplicaciones que se le están dando actualmente al *machine learning* y al *deep learning* en el ámbito de la logística y también en el ámbito de la fabricación.

En concreto, en este capítulo se analizarán las aplicaciones de previsión de la demanda, la gestión de inventarios, el control de calidad, el mantenimiento predictivo, las máquinas herramienta, las gafas inteligentes, los chatbots para su uso en logística y la evaluación y selección de proveedores.

### 4.2 Previsión de demanda

Desde Amazon se ha diseñado un método por el cual se puedan llegar a enviar paquetes de forma anticipada. A este método le han llamado análisis predictivo y tiene como objetivo anticiparse a los pedidos que van a hacer los clientes.

El método consta de *tres pasos*: el primero de ellos es empaquetar uno o varios productos que en ese momento todavía no ha pedido nadie; el segundo paso es enviar el paquete a una zona geográfica determinada, pero sin una dirección concreta; por último, el tercer paso sería cuando el cliente haga el pedido enviar el paquete a la dirección elegida (Manutención y Almacenaje, 2014).

La mayor *virtud* que tiene este método es que se acorta mucho el plazo de entrega del pedido, ya que desde que el cliente hace la compra hasta que le llega a casa con este método pueden pasar solo treinta minutos. Otra ventaja es la mejor gestión que se realiza sobre el inventario. La desventaja está en que mientras no se produzca la compra de esos artículos, que el paquete se queda esperando en los almacenes o en los transportes de las empresas de paquetería (Panaggio, s.f.).

La previsión de demanda está basada en los algoritmos predictivos del ML en los que se utilizan los datos extraídos del Big Data, esto hace que se pueda luchar contra la incertidumbre y se mejore la logística en términos de eficiencia y calidad.

Por tanto, les sirve a las empresas para tener preparados sus recursos antes del aumento de la demanda. Así, pueden incrementar la producción, controlar el stock o realizar envíos rápidos. También sirve para realizar una gestión predictiva en la *supply chain* (cadena de suministro) para detectar problemas con las rutas o las cargas y minimizar retrasos. El problema se encontrará en que se produzca un intercambio de datos de forma abierta entre el proveedor logístico y el cliente (Panaggio, s.f.).

## 4. Aplicaciones. Parte II

Es necesario que los métodos que predicen la demanda sean precisos, eficientes, baratos y flexibles al mercado. Es por ello que se ha ido evolucionando de unos métodos de análisis estadístico básicos hacia versiones más complejas con ML y DL, que automatizan la capacidad de aprender de los logaritmos.

El *verdadero valor* de este método está en que las empresas pueden tomar mejores decisiones según sus estrategias, ya que lo que aporta es un conocimiento que las personas tienen que utilizar en la toma de decisiones.

En la logística, donde es necesario una gestión eficiente y flexible de los pedidos, rutas y recursos porque son aspectos que repercuten de forma directa en la rentabilidad, predecir la demanda hace que se puedan minimizar los costes operativos y/o mejorar la calidad del servicio.

Además de servir en el campo logístico, es muy útil en empresas manufactureras, para ayudar a tomar decisiones sobre cuánto y cuando producir los distintos productos, teniendo en cuenta sus recursos. Por este motivo, implantar un sistema de previsión de demanda hace que aumente la eficiencia y también el control de la producción y la optimización del inventario.

Como *ventajas* se encuentran el poder diseñar una oferta a medida del consumidor, mejorar la gestión del inventario con mayores índices de rotación y menores costes, adelantar como va a estar el próximo flujo de caja para mejorar la estimación de sus presupuestos, tener una previsión de la necesidad de ampliar la plantilla u otros activos para producir lo necesario cuando aumente la demanda, prever los probables fallos de los equipos y organizar el mantenimiento y, por último, detectar impagos o actividades fraudulentas antes de que sucedan y así poder impedirlo o atenuarlo (Decide Soluciones, 2018).

Además de todas esas ventajas que ofrece la predicción de la demanda mediante el ML y el DL existen más razones para predecir la demanda de esta manera. Para los métodos tradicionales es muy difícil prever la demanda porque cada vez existe más cantidad y variedad de productos, hay muchas promociones con muchas referencias distintas y, en sectores como el del minorista hay promociones constantes, los productos con muy poca rotación son un problema. La forma tradicional de hacer predicciones necesita de muchas horas y no aporta los mismos resultados, se generan tantos datos que es difícil saber cuáles son los más importantes y, además, cada vez hay más fuentes de datos (Transgesa, 2017).

### 4.3 Gestión del inventario de almacenes

Los operarios de un almacén realizan muchos trayectos en las operaciones que tienen para recoger las piezas requeridas y en esas operaciones se puede perder mucho tiempo si no se conoce dónde está ubicada cada pieza y qué camino óptimo

seguir. Es por ello que solo los trabajadores con mucha experiencia en un mismo almacén son capaces de rendir correctamente.

Para reducir el tiempo de esa operación y para que cualquier trabajador rinda de manera eficiente, Fujitsu implementó la arquitectura de computación Digital Annealer, que está inspirada en la computación cuántica. Con la ayuda de las TIC y de la IA, Fujitsu consiguió que estas operaciones fuesen más eficientes, llegando hasta reducir un 45% la distancia recorrida (Fujitsu, s.f.).

Desde Fujitsu buscan que sus instalaciones de fabricación produzcan siempre productos de gran calidad y de forma eficiente. También es necesario, para satisfacer al mercado, tener la flexibilidad suficiente para producir poco volumen de una gran variedad de productos.

Es por ello que siempre investigan nuevas maneras de aumentar la producción. Para lo que se centraron, entre otras cosas, en buscar e implementar los caminos más óptimos en sus fábricas y almacenes.

En los almacenes, los operarios reciben solicitudes de las piezas que necesitan en cada línea de producción, entonces se crea una lista de tiques o partes de entrega (Figura 4.1). Los operarios del almacén van recogiendo las piezas de las estanterías en el orden que figura en la lista. Además, en los partes de las piezas aparece descrito el nombre de la pieza y el número de la estantería en la que se encuentra, entonces ya pueden entregar las piezas.

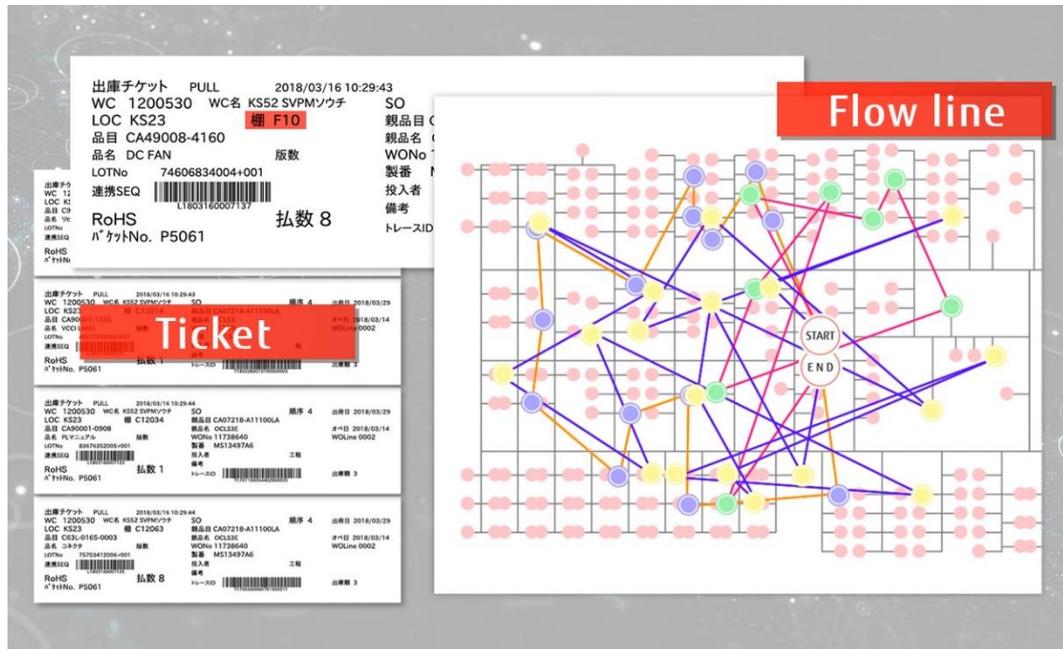


Figura 4.1 Tiques generados y líneas de recorrido sobre un mapa del almacén. Fuente: (Fujitsu, s.f.)

Antes de la implementación de este sistema en la lista de tiques no aparecía el orden en que debían ir recogiendo las piezas de las estanterías, que además no tenían un orden alfabético, por lo que los trabajadores no tenían un entorno para ser eficientes en la operación.

#### 4. Aplicaciones. Parte II

En los mil metros cuadrados que tiene el almacén, aproximadamente, se guardan unos tres mil productos para hacer frente a una producción con muchas variedades. Ante tanta diversidad de piezas, antes de implementar el sistema era necesario que los personas que trabajasen en el almacén fuesen operarios con experiencia, porque si no se perdía mucho tiempo en la recolección de las piezas (Fujitsu, s.f.).

La implementación del sistema con Digital Annealer llevó solo tres meses, desde la selección del almacén hasta la realización de las consultas. Decidieron emplear el servicio de Nube Digital Annealer para apoyar al sistema que disponían de tiques.

El sistema es muy simple, para que pueda ser utilizado por cualquier persona, y además es muy eficiente, lo que facilita mucho a los operarios su trabajo. El funcionamiento es muy visual, ya que se muestra el recorrido óptimo en un mapa en una tableta (Figura 4.2), lo que ayuda en mucho a los trabajadores.



*Figura 4.2 Una tableta muestra la ruta óptima de recogida de piezas en un mapa del almacén. Fuente: (Fujitsu, s.f.)*

Al mejorar el flujo de los movimientos de los trabajadores se pudo encontrar la posición óptima de pieza, que se colocan en estanterías más próximas a la línea de producción que las reclama. Con este cambio, la ruta es más corta y se consigue un trabajo aún más eficiente.

La **ventaja principal** de la implementación de este sistema es la rapidez con la que se recogen los productos. Además de que no hace falta que los empleados en ese puesto sean personas con una amplia experiencia, lo cual hace que sea más eficiente.

Se ha proyectado que la distancia de recolección de piezas, en este almacén, ha sido de un 20% menos cada mes por la utilización de este sistema. Asimismo, el cambio

de ubicación de las piezas supone que se puede llegar a reducir, en total, hasta un 45% la distancia recorrida (Fujitsu, s.f.).

La implementación de este sistema se ha llevado a cabo en un solo almacén de la compañía, pero vistos los resultados obtenidos se plantean implantarlo en el resto de almacenes.

#### 4.4 Control de calidad

El control de la calidad es un aspecto muy importante en la fabricación, ya que no solo significa que puedas cumplir con las expectativas del cliente, sino que cuanto antes detectes un posible fallo menos dinero y tiempo pierde la empresa.

En la empresa Fujitsu tiene una *división para el control de la calidad* no intrusivo, denominada FAIR (*Fujitsu Advanced Image Recognition*, Reconocimiento de Imagen Avanzado de Fujitsu). Se trata de una aplicación directa del DL para alcanzar una mayor automatización en todos los procesos de inspección.

Ha supuesto una revolución en toda operación que necesite una inspección visual para identificar algún defecto. Y aunque se haya implantado esta automatización del control de calidad no significa que la empresa haya prescindido de todos los operarios que se dedicaban a controlar la calidad, en realidad han mantenido hasta el 80% de ellos para garantizar la calidad mediante inspecciones manuales (Fujitsu, s.f.).

Este método es una *oportunidad* para mejorar y superar los retos de esta operación con la ayuda de la IA. La plataforma está diseñada para trabajar junto con equipos de producción ya existentes, sin necesidad de cambios a nuevos equipos con sistema de captura de imágenes, adaptándose a su entorno y además se puede implantar en la nube mediante una API (*Application Programming Interface*, Interfaz de programación de aplicaciones).

El sistema FAIR aprende a identificar defectos rápidamente a partir de imágenes de los productos, tiene la capacidad de analizar los defectos alcanzando niveles de precisión superiores al 99% y reduciendo el tiempo de inspección en un 80%.

Esto libera a los inspectores más expertos para que se centren en temas más importantes y actividades de mayor valor. Mientras tanto, la calidad del producto y la satisfacción del cliente permanece alta y las devoluciones, que son muy costosas, son minimizadas.

Las *principales ventajas* y, por tanto, las principales razones para la implementación de este sistema son: la alta precisión de detección, su capacidad para adaptarse a especificaciones cambiantes del producto, el ahorro de tiempo que supone en esta operación, ... además de ser menos costoso. Todo ello se traduce en una mayor satisfacción del cliente (Fujitsu, s.f.).

#### 4. Aplicaciones. Parte II

Va un paso más allá en comparación con las capacidades que aportaban otras versiones anteriores de visión artificial. Realiza una auditoría que almacena todos los descubrimientos y decisiones del control de calidad en un informe en PDF en el que además adjunta las imágenes de los defectos.

El trabajo de Fujitsu junto a Siemens Gamesa es un ejemplo perfecto de dónde se ha aplicado FAIR satisfactoriamente a través de un proceso de control de calidad crítico. Miles de enormes palas de las turbinas de los molinos eólicos se fabrican anualmente y se inspeccionaban manualmente con ecografías, lo que llevaba mucho tiempo. Con la implementación del FAIR el tiempo de inspección se ha reducido en un 75 %.

*Otro ejemplo* muy importante de esta aplicación es el uso que se le da en la siderurgia, como en la empresa Aceros Inoxidables Olarra que utilizan el sistema automatizado SURFIN-Surface Inspection, desarrollado junto a Tecnalía, que sirve para inspeccionar superficies y controlar la calidad en procesos de línea continua en caliente, pero también sirve para sistemas fríos, y consigue detectar defectos en la superficie, como grietas, pliegues, marcas de rayado, agujeros, rodillos, marcas, etc.

Olarra es una empresa líder en el sector siderúrgico que se dedica a fabricar producto largo de acero inoxidable. Después de expandirse por el mercado europeo y japonés necesitaba mejorar sus productos a través del sistema de control de calidad de superficies para controlar el producto final.

La solución la obtuvo de esta aplicación del DL que les ha permitido inspeccionar la superficie en caliente en el mismo tren de laminación donde se fabrica, a más de mil grados centígrados, distintos productos como barras de acero inoxidable, laminados y alambrón.

Esta herramienta es muy flexible y cuanto más tiempo pasa implementada más aprende y más mejora la calidad del producto. Su control se basa en un modelo de más de cincuenta variables, como la elongación o la textura, entre otros. Clasifica los fallos por categorías, creando nuevas categorías en el caso que no pertenezca a ninguna existente. Además, mejora las curvas de control, algo muy crítico en el sistema, para aceptaciones y rechazos falsos de los productos (Grupo SPRI, 2017).

Por tanto, el DL ha revolucionado su proceso productivo, ya que antes las inspecciones las llevaban a cabo personas en condiciones de muy alta temperatura y también ha mejorado la calidad de la fabricación. Ha permitido tener un control de las distintas áreas y de los acabados a unas velocidades que oscilan entre uno y cien metros por segundo. El proceso consiste en visualizar la superficie total y, si detecta algún posible defecto, avisa y marca su trazabilidad.

Todas las *ventajas* que ofrece este sistema, que el control de calidad sea preciso y eficiente y una completa trazabilidad del proceso, hacen que se conozca más el proceso y el producto. También ayuda en la posibilidad de realizar un mantenimiento predictivo de las máquinas (Grupo SPRI, 2017).

## 4.5 Mantenimiento predictivo

Una aplicación del ML que se está utilizando bastante en la industria es en el mantenimiento predictivo. Esta actividad es muy importante porque tener un mantenimiento predictivo sirve para detectar las inestabilidades de los sistemas antes de que ocasionen alguna interrupción en las operaciones y pueda ser arreglado antes de que afecte a la producción (Reduces downtime and increases productivity, s.f.).

Un *ejemplo* sería lo que realizan en Fujitsu como parte de la transformación que supone la industria 4.0 y el cambio de sus fábricas hacia fábricas inteligentes, se han apoyado en el ML y el Big Data para generar un cambio en el proceso de mantenimiento.

Según se van tomando medidas por los fabricantes para que el mantenimiento predictivo sea más proactivo y se base en ello la forma de monitorear el mantenimiento, se pasa a aprovechar todas las ventajas que ofrece este tipo de mantenimiento.

Las *principales ventajas* del mantenimiento predictivo son el menor tiempo empleado, reducción de costes y se predecirán antes los posibles problemas, evitando así que se produzcan y causen desperdicios y tiempos de inactividad. Menos incidentes y parones se traduce en menos costes para la empresa y en un aumento de la productividad de la fábrica (Reduces downtime and increases productivity, s.f.).

En el caso concreto de la empresa Fujitsu, su mantenimiento predictivo es un pilar fundamental dentro de sus soluciones para optimizar su fábrica en su sistema basado en la nube. Sus ingenieros supervisan activamente todo su sistema para predecir posibles fallos y que se resuelvan antes de que aparezcan y den problemas reales.

*Otro ejemplo* podría ser la solución que ofrece la empresa Nunsys a sus clientes. Se trata de unos modelos predictivos basados en el ML para el tratamiento de los valores registrados.

El proyecto de mantenimiento predictivo que ofrecen consta de *cuatro fases*, con el que son capaces de hacer predicciones en unos seis meses desde el comienzo de su implantación.

La *primera fase* es la monitorización basada en la condición, que sirve para determinar el estado de las máquinas en pleno funcionamiento mediante la implementación de unos sensores. Lo que buscan con esta fase es minimizar tiempo en el que las máquinas estén paradas, para lo que implantan un sistema de pronta detección de errores, intentan minimizar las actividades innecesarias de mantenimiento y mejorar los procesos productivos (Nunsys, s.f.).

#### 4. Aplicaciones. Parte II

En esta fase se debe primero analizar toda la maquinaria, identificando los elementos que componen a cada máquina, para entender su funcionamiento y poder establecer unos límites de trabajo óptimo a cada una de las máquinas.

Después, se debe seleccionar los sensores que van en cada máquina y ubicarlos correctamente, puesto que un sensor mal ubicado puede no servir de nada. Para finalizar, con esta fase se debe monitorizar mediante una plataforma, MLPredictive en el caso de Nunsys, donde se observará el estado de los parámetros de cada máquina, la relación entre variables, los límites óptimos, las alarmas y muchos más datos de forma que se pueda ver la información relevante de manera rápida y clara.

La *segunda fase* es la detección de anomalías. A partir de la información captada por los sensores y los límites de trabajo establecidos para cada máquina, la plataforma te avisa de si se produce algún comportamiento raro y si alguna máquina sufre alguna avería puntual (Nunsys, s.f.).

Es común que salten falsas alarmas porque alguna máquina haya sobrepasado algún límite de trabajo óptimo, lo que hace que se pierda tiempo y esfuerzo en un mantenimiento innecesario. Es por ello que mediante un análisis de los datos registrados y la aportación del personal de mantenimiento se definen las anomalías de cada máquina.

Pero esto no es una solución definitiva; se requiere el uso del ML para detectar patrones de comportamientos atípicos, aunque esos valores se encuentren dentro de los límites de trabajo. Con esto se identifican comportamientos anómalos con respecto a su evolución en el tiempo, a su relación con otros parámetros o un comportamiento estacional.

La *tercera fase* es el mantenimiento predictivo. Se basa en el ML y el DL para detectar irregularidades y futuras averías a tiempo real. Está caracterizado por tener la capacidad de personalizar el modelo por máquina, turno o producto (Nunsys, s.f.).

Los modelos de predicción creados, en este sistema, predicen las averías por componentes entre uno y siete días antes de que aparezcan. También identifica la causa más probable del fallo y recomienda las acciones que se podrían llevar a cabo para solucionar el problema. Con todo esto se optimiza la producción y se minimizan los tiempos de inactividad de las máquinas.

El mayor problema para obtener un alto porcentaje de acierto se encuentra en contrastar bien el histórico de datos y los datos actuales. Para que esto no sea un problema hay que tener en cuenta las condiciones de funcionamiento, el histórico de averías, el de reparaciones y mantenimiento.

La *cuarta y última fase* es la evaluación de resultados. Para ello, se utilizan algunas técnicas como integrar la información obtenida del mantenimiento con las previsiones de averías y recomendar actuaciones contra averías gracias al tratamiento de la información no estructurada.

También hay que realizar un seguimiento de las predicciones hechas para asegurarse que se cumplen los objetivos marcados y garantizar tanto el autoaprendizaje de los modelos como la mejora continua.

Algunas *técnicas* que se emplean para el mantenimiento predictivo, según la empresa y las máquinas que utilice, son las siguientes: análisis de vibración, inspección visual, ultrasonidos, termografía, análisis de lubricantes, medición de temperatura, medición de presión, inspección radiográfica, partículas magnéticas, impulsos de choque y líquidos penetrantes.

Los *beneficios* de este tipo de mantenimiento son, principalmente: la detección de anomalías, la predicción de averías, la optimización del mantenimiento, el cálculo de la vida útil, la reducción de tiempos muertos por paradas y la visualización del estado de los elementos en tiempo real (Nunsys, s.f.).

## 4.6 Máquinas herramienta

En la actualidad, el ML se está aplicando a una pequeña variedad de máquinas herramientas. En el grupo FANUC, un líder a nivel mundial en la automatización industrial, encontramos varios ejemplos.

El primer *ejemplo* que encontramos es un desarrollo en *AI Servo Tuning* con lo que han creado el *AI Feed Forward* para conseguir realizar un mecanizado de muy alta precisión, velocidad y calidad (preferred, 2018).

Lo que consigue utilizando el ML es adecuar todos los parámetros de los servomotores de la máquina. El controlador de avance *AI Feed Forward* consigue representar las características mecánicas con una mayor precisión.

Es un modelo complejo, por lo que no conviene realizar un ajuste manual con la gran cantidad de parámetros que tiene. A través del ML se consigue precisar los parámetros de este controlador de avance (preferred, 2018).

Su *principal ventaja* es la mejora en la calidad del mecanizado, y esto lo consigue reduciendo la vibración mecánica originada por los servomotores de la máquina cuando aceleran o desaceleran. En la Figura 4.3 se puede apreciar en las gráficas la mejora en la respuesta al evitar la vibración de baja frecuencia de los servomotores.

#### 4. Aplicaciones. Parte II

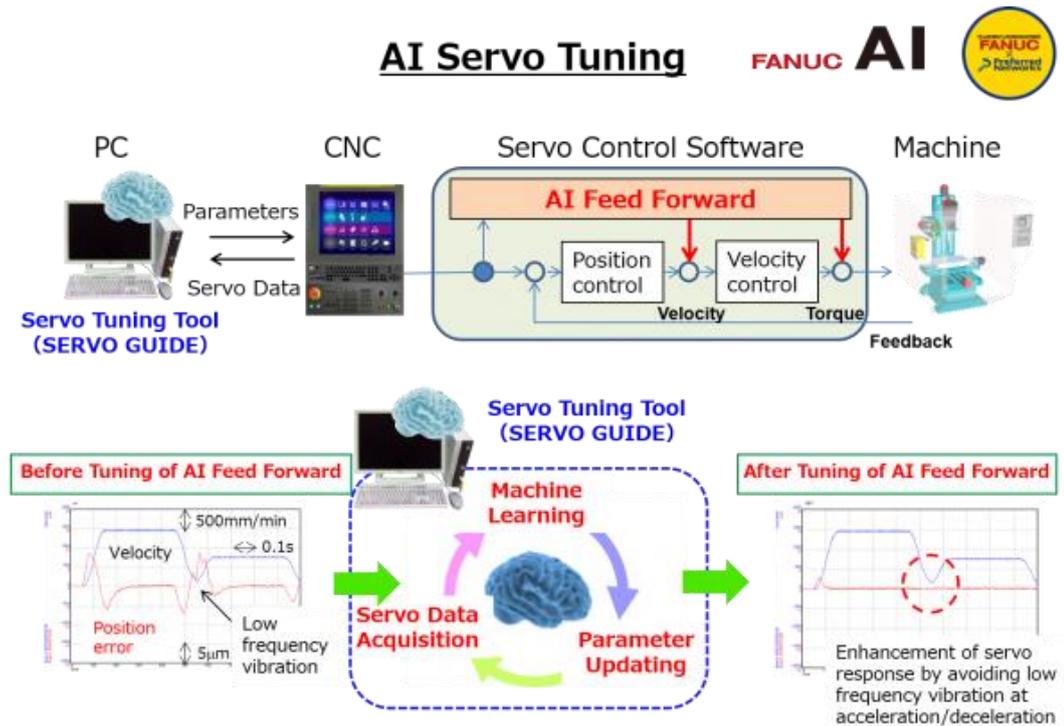


Figura 4.3 AI Servo Tuning. Fuente: (preferred, 2018)

**Otro ejemplo** de aplicación de ML para máquina herramienta lo encontramos también en la empresa FANUC, que ha desarrollado una función de compensación por desplazamiento térmico.

Esta función se sirve del ML para predecir el desplazamiento térmico debido a variaciones de temperatura y así poder compensarlo. La variación de temperatura se capta mediante unos sensores que detectan la temperatura ambiente y la elevación de la temperatura en la máquina durante su funcionamiento (preferred, 2018).

Con esto se **consigue** una mejora en un 40% en el mecanizado, haciéndolo más preciso. Además, se consigue obtener una compensación óptima sin necesidad de detener el proceso de mecanizado, aun si algún sensor no funciona como debería.

Esta aplicación está implementada en máquinas como el **ROBODRILL**, que es un centro de mecanizado vertical. Este CNC de cinco ejes es una máquina de gran rendimiento, muy polivalente y muy rápida en el cambio de herramienta (FANUC, s.f.).

La máquina, que se puede ver en la Figura 4.4, sirve para taladrar y permite realizar un mecanizado en 3D. Además, es perfecta para aplicaciones de mecanizado pesadas.



Figura 4.4 ROBODRILL. Fuente: (preferred, 2018)

Otra máquina con esta aplicación es *ROBOCUT* (Figura 4.5). Es una máquina de mecanizado para realizar cortes por electroerosión. Es una máquina muy precisa y rápida, con electroerosión por hilo lo que reduce su mantenimiento y puede llegar hasta ciento cuarenta horas de trabajo sin personal. Minimiza la rotura del hilo a altas velocidades por su control de impulsos de IA (FANUC, s.f.).



Figura 4.5 ROBOCUT. Fuente: (preferred, 2018)

### 4.7 Gafas inteligentes

Las gafas inteligentes creadas por Google X, ayudan a los trabajadores de distintos ámbitos a realizar su trabajo mucho más rápido, puesto que no tienen que apartar la vista de la tarea que están realizando. Puede evitar errores que proceden de las distracciones de interrumpir la tarea (X Company, s.f.).

Glass Enterprise Edition, como se llaman estas gafas inteligentes, es un dispositivo manos libre que se coloca en las gafas o protectores de seguridad y queda en la esquina superior derecha de la lente, como se aprecia en la Figura 4.6, dejando visión al trabajador para concentrarse en su trabajo.



Figura 4.6 Trabajador con las Glass Enterprise Edition. Fuente: (Glass Enterprise Edition, s.f.)

Esta herramienta *sirve* de ayuda en la industria para trabajar de manera inteligente y más segura. En la actualidad, más de cien empresas utilizan la Glass para realizar sus actividades de manera más rápida y fácil.

Un *ejemplo de empresa* que utiliza las Glass es AGCO, que se dedica a fabricar maquinaria agrícola. En concreto, utiliza estas gafas inteligentes para reducir la cantidad de trabajo, lo que le ha permitido ahorrarse hasta el 25% de la producción. La empresa DHL también utiliza estas gafas para saber, a tiempo real, dónde colocar cada artículo en los carros; esto ha supuesto un aumento del 15% en la eficiencia de su cadena de suministro (X Company, s.f.).

Las gafas inteligentes aportan la información que necesita el trabajador en el momento haciendo reduciendo distracciones y aumentando la eficiencia. En la

actualidad ya se han presentado la segunda versión de estas gafas con algunas mejoras, como la cámara o batería.

## 4.8 Chatbot en logística

El coste del envío y la disponibilidad son factores que influyen en las compras de manera decisiva. La empresa Convey realizó una encuesta de la que obtuvo como conclusión que el 94% de los consumidores abandonarían una marca si sufriese un envío que les decepcionase. Es por ello que hay que evitar las malas experiencias en los envíos (Zapién, 2017).

Por esta razón se ha empezado a utilizar los chatbots con ML, tanto para clientes externos como internos. Con los chatbots conectados a todos los procesos pueden dar la visibilidad necesaria a los socios, proveedores y clientes de la empresa logística.

Los chatbots se han instalado en la cadena de suministro y se convertirán en algo estratégico, solo hay que ver el resultado de la encuesta realizada por Eye For Transport, Hot Trends in Supply Chain en la que la interacción con los chatbots paso de un 21% en el año 2016 a un 51% en el año 2017 (Zapién, 2017).

El envío se ha vuelto una **ventaja competitiva** para las empresas y los chatbots con su IA y la localización por satélite tienen la capacidad de controlar el envío a tiempo real y llegar, incluso, a notificar atrasos o incidencias a los clientes en caso de que se produzcan.

## 4.9 Evaluación y selección de proveedores

Con la ayuda del ML las máquinas son capaces de evaluar y elegir al mejor proveedor, teniendo en cuenta los tiempos estimados de entrega, tendencias, servicio postventa, reputación, localización, cantidades mínimas, forma de pago, etcétera.

El ML es capaz de avisar cuando existe el riesgo de una rotura de stock a partir de los datos históricos de la empresa y analizando las condiciones que se dan en el momento (Transgesa, 2017).

Al final esta tecnología aporta la **ventaja** que es más fiable en el análisis, así que puede tomar la elección del mejor proveedor para cada envío sin necesidad de tener una supervisión.



## 5. Estudio económico

### 5.1 Introducción

Este estudio económico tiene como objetivo evaluar, aproximadamente, los costes necesarios para el desarrollo del TFG. Para ello, se desglosa la elaboración del TFG en cada una de las etapas que lo componen, desde su planteamiento inicial hasta su finalización y presentación de los resultados.

Para la valoración, se tienen en cuenta las horas necesarias dedicadas por profesionales en una empresa encargada de su elaboración y los recursos materiales empleados en el desarrollo de cada una de las etapas.

### 5.2 Profesionales partícipes del proyecto

En la elaboración de un proyecto de estas características intervienen una serie de *personas* con roles y cargos definidos (véase Figura 5.1). En primer lugar, se encuentra el *Director del proyecto*, máximo responsable del mismo, su labor es proporcionar las ideas generales, coordinar, aconsejar y guiar al resto del equipo en todo el desarrollo a partir de su amplia experiencia. Finalmente, será el encargado de la validación final del proyecto.



Figura 5.1 Relación de los roles necesarios en el desarrollo del TFG

## 5. Estudio económico

Después, se encuentra el *Ingeniero en Organización Industrial*, que es el responsable de las tareas de documentación, diseño y confección del proyecto. Esta persona lleva a cabo el trabajo más complejo, que es la búsqueda de información, estructuración, redacción y corrección de los documentos pertinentes para cumplir con las especificaciones marcadas y los objetivos finales. El ingeniero está en contacto, habitualmente, con el director del proyecto para realizar consultas técnicas e informar del progreso y los avances realizados en el trabajo.

Además, se precisa de una persona encargada de las funciones burocráticas; se trata del *Auxiliar administrativo*. Esta persona tiene como función la gestión de los documentos de la empresa, la realización de los contratos del personal, el alquiler de los servicios requeridos, la tramitación de permisos y licencias, la compra de materiales, etc.

### 5.3 Definición de las fases

El presente TFG basado en el estudio de las aplicaciones del *Machine Learning* y *Deep Learning* en el ámbito de la logística y de la fabricación se ha estructurado, para su elaboración, en las *etapas* representadas en la Figura 5.2.



Figura 5.2 Fases de la elaboración del proyecto

La *primera etapa* corresponde a la planificación inicial del proyecto; en ella, se definen los recursos disponibles, se organizan los procesos y tareas a realizar, se establecen plazos y tiempos de entrega y se pone en marcha la metodología de trabajo en el TFG.

*Seguidamente*, tiene lugar la recopilación de información, la búsqueda de datos, referencias y material acerca del tema, en cualquier tipo de fuente fiable y veraz.

La *tercera y última etapa* consiste en plasmar toda la información relevante al estudio, fiable y con la que se cumplan los objetivos marcados, en una memoria teórica para entregar al cliente, que contiene toda la información necesaria para el entendimiento del proyecto.

## 5.4 Análisis económico

En este apartado se lleva a cabo la valoración económica del presente TFG a partir de todos los recursos necesarios para su desarrollo.

En la *evaluación económica* se tienen en cuenta una relación de los costes asociados a los siguientes apartados: personal, amortizaciones de los equipos informáticos, materiales consumibles y servicios indirectos del proyecto. Se analiza cada una de esas partes de forma individual con el *objetivo* de conocer la influencia que tiene cada una de ellas sobre el valor final del estudio.

### 5.4.1 Horas efectivas y tasas horarias del personal

En esta sección se obtienen las tasas por hora y por semana de cada uno de los profesionales que participan en la realización de este proyecto, para la valoración de los costes asociados al personal.

Inicialmente, se determina la cantidad de horas efectivas por trabajador para la realización de un TFG de este tipo (Tabla 5.1), a lo largo del segundo período del curso, que consta de los meses de febrero, marzo, abril, mayo y junio.

Tabla 5.1 Cálculo de días y horas hábiles

Concepto	Valor
<b>Fecha de inicio</b>	04/02/2019
<b>Fecha de fin</b>	28/06/2019
<b>Número de días</b>	148
<b>Sábados y Domingos</b>	40
<b>Días no laborables</b>	8
<b>Total días hábiles</b>	100
<b>Total Horas efectivas</b>	<b>800</b>

A partir de los sueldos estándar asociados a cada uno de los empleados que forman parte del proyecto en un período de 5 meses y de las horas efectivas de trabajo determinadas se calculan las tasas de cada empleado por hora (Tabla 5.2).

Tabla 5.2 Cálculo de coste del personal por hora

Concepto	Dir. Proyecto	Ingeniero	Aux. Admin.
<b>Salario mensual (€)</b>	3.100	1.900	1.500
<b>Salario 5 meses (€)</b>	15.500	9.500	7.500
<b>Seguridad Social (35%)</b>	5.425	3.325	2.625
<b>Coste Total (€)</b>	20.925	12.825	10.125
<b>Coste (€/h)</b>	<b>26,16</b>	<b>16,03</b>	<b>12,66</b>

## 5. Estudio económico

### 5.4.2 Amortizaciones del equipo informático

En la Tabla 5.3 se recogen los costes asociados a los equipos informáticos. Solo se amortiza el hardware, porque el software viene incluido en el hardware en este caso, necesario para la elaboración del TFG. El período de amortización considerado de los de equipos informáticos es de 5 años, con una cuota lineal. La amortización de los equipos en este proyecto será la proporcional a los 5 meses de duración respecto del total de un año.

Tabla 5.3 Cálculo de la amortización de los equipos informáticos

Concepto	Coste (€/unid.)	Unidades	Coste Total (€)
<b>Ordenador portátil Asus X541U</b>	550	1	550
<b>Impresora HP OfficeJet 3833</b>	45	1	45
<b>Total a Amortizar</b>			<b>595</b>
Tipo	Número	Amortización (€)	
<b>Anual</b>	5 años	<b>119</b>	
<b>Mensual</b>	5 meses	<b>49,58</b>	

La cantidad total a amortizar, durante el período de 5 meses de elaboración del TFG, correspondiente a los equipos informáticos adquiridos es de 49,58 €.

### 5.4.3 Coste del material consumible

Los materiales consumibles utilizados en la elaboración de un proyecto de estas características se detallan en la Tabla 5.4. A partir del consumo medio por persona de los mismos se determina el coste del material consumible de 0,15 € por persona y hora de trabajo.

Tabla 5.4 Cálculo de costes de material consumible por trabajador y hora

Concepto	Coste (€)
<b>Papel impresora</b>	60
<b>Suministros impresora</b>	180
<b>Papelería y Reprografía</b>	130
<b>TOTAL</b>	<b>370</b>
<b>Coste total (€/persona)</b>	<b>123,33</b>
<b>Coste (€/persona*hora)</b>	<b>0,15</b>

#### 5.4.4 Costes indirectos

Los costes indirectos asociados a la elaboración del proyecto se refieren a los consumos de servicios básicos, como electricidad, agua, calefacción, el alquiler del local amueblado para establecer la oficina, el contrato de servicios de teléfono e internet, entre otros. En la Tabla 5.5 se determina el coste total, 5.625 €, correspondiente a los servicios necesarios durante los 5 meses de elaboración del TFG.

Tabla 5.5 Cálculo de costes indirectos de servicios

Concepto	Coste (€/mes)	Coste 5 meses (€)
<b>Alquiler local (100m<sup>2</sup>)</b>	750	3.750
<b>Teléfono e Internet</b>	50	250
<b>Electricidad, agua y calefacción</b>	225	1.125
<b>Otros</b>	100	500
<b>Total (€)</b>		<b>5.625</b>

#### 5.4.5 Tiempos asociados a cada fase del proyecto

En la Tabla 5.6 se especifican los tiempos de dedicación, de cada uno de los empleados, necesarios para la elaboración de las diferentes fases del proyecto.

Esta segregación de los tiempos dedicados a cada una de las fases permite determinar el coste derivado de las mismas sobre el total del proyecto. Por ello, se calcula la relación de horas que representa cada fase sobre el total del TFG.

Tabla 5.6 Cálculo de las horas de trabajo necesarias por cada empleado para la elaboración del TFG

Personal	1ª Fase	2ª Fase	3ª Fase
<b>Dir. Proyecto</b>	40	40	120
<b>Ingeniero</b>	35	280	95
<b>Aux. Admin.</b>	10	10	45
<b>TOTAL (horas/fase)</b>	85	330	260
<b>TOTAL (horas)</b>	675		
<b>Relación (%fase/total)</b>	12,59 %	48,89 %	38,52 %

#### 5.5 Costes asignados a cada fase del proyecto

Los costes de recursos asignados a cada fase del proyecto se calculan a partir de los tiempos de dedicación correspondientes de cada uno de los empleados y de los costes establecidos en el apartado anterior.

Así, el coste estimado total referente a cada una de las etapas está formado por el coste de personal, el coste de material consumible, la amortización de los equipos informáticos, y el coste de servicios indirectos de la organización. Los costes de

## 5. Estudio económico

servicios indirectos y amortización, al ser una cantidad mensual fija, se asignan en cada una de las fases de forma proporcional al número de horas dedicadas a cada etapa respecto del total de horas de proyecto.

### 5.5.1 Planificación inicial

En la etapa de planificación inicial intervienen el director del proyecto y el ingeniero en organización industrial para establecer la metodología de trabajo a seguir, definir los objetivos, organizar los recursos y estructurar el proyecto. El administrativo, además, comienza la gestión burocrática del proyecto. Los costes parciales derivados de esta etapa se recogen en la Tabla 5.7.

Tabla 5.7 Cálculo de coste total asociado a la 1ª FASE

Concepto		Horas	Coste (€/h)	COSTE (€)
<b>Personal</b>	Dir. Proyecto	40	26,16	1.046,4
	Ingeniero	35	16,03	561,05
	Administrativo	10	12,66	126,6
<b>Mat. Consumible</b>	Varios	85	0,15	12,75
		Cantidad	Porcentaje (%)	Coste (€)
<b>Amortización</b>	Equip. Inform.	49,58	12,59	6,24
<b>Costes Indirectos</b>	Servicios	5625	12,59	708,19
<b>COSTE TOTAL 1ª FASE</b>				2.461,23

### 5.5.2 Recogida de información

Esta segunda fase es la principal de proyecto y en ella participan todos los trabajadores, aunque el mayor peso recae sobre el ingeniero, que se encarga de todo el proceso de investigación y búsqueda de documentación en multitud de fuentes. El director y el personal administrativo intervienen de forma eventual, ayudando en algún asunto o resolviendo posibles inconvenientes. Esta etapa implica los costes parciales mostrados en la Tabla 5.8.

Tabla 5.8 Cálculo de coste total asociado a la 2ª FASE

Concepto		Horas	Coste (€/h)	COSTE (€)
<b>Personal</b>	Dir. Proyecto	40	26,16	1.046,4
	Ingeniero	280	16,03	4.488,4
	Administrativo	10	12,66	126,6
<b>Mat. Consumible</b>	Varios	330	0,15	49,5
		Cantidad	Porcentaje (%)	Coste (€)
<b>Amortización</b>	Equip. Inform.	49,58	48,89	24,24
<b>Costes Indirectos</b>	Servicios	5625	48,89	2.750,06
<b>COSTE TOTAL 2ª FASE</b>				8.485,2

### 5.5.3 Elaboración de la documentación

En la última fase, para la escritura, revisión y aprobación de los documentos necesarios del proyecto se requiere una alta intervención en el trabajo por parte de todos los empleados. Los costes de esta fase se reflejan en la Tabla 5.9.

Tabla 5.9 Cálculo de coste total asociado a la 3ª FASE

Concepto		Horas	Coste (€/h)	COSTE (€)
<b>Personal</b>	Dir. Proyecto	120	26,16	3.139,2
	Ingeniero	95	16,03	1.522,85
	Administrativo	45	12,66	569,7
<b>Mat. Consumible</b>	Varios	260	0,15	39
		Cantidad	Porcentaje (%)	Coste (€)
<b>Amortización</b>	Equip. Inform.	49,58	38,52	19,1
<b>Costes Indirectos</b>	Servicios	5625	38,52	2.166,75
<b>COSTE TOTAL 3ª FASE</b>				7.456,6

## 5.6 Resultados finales

En este punto se evalúan los *resultados obtenidos* del análisis económico, refiriéndose a tiempo de dedicación y costes asociados. En la Tabla 5.10 se observa el resumen de ambos parámetros para cada una de las etapas del proyecto y los valores finales obtenidos.

## 5. Estudio económico

Tabla 5.10 Resumen de resultados finales de horas de dedicación y coste total

Fases	Tiempo (horas)	Coste (€)
1ª – Planificación inicial	85	2.461,23
2ª – Recogida de información	330	8.485,2
3ª – Elaboración de la documentación	260	7.456,6
<b>TOTAL</b>	<b>675</b>	<b>18.403,03</b>

El *tiempo total* invertido para la elaboración del presente TFG se obtiene como resultado de la suma de tiempos de todas las fases del mismo y da un total de 675 horas. En la Figura 5.3 se puede apreciar cómo queda repartido el *tiempo empleado en cada fase* en tanto por ciento.

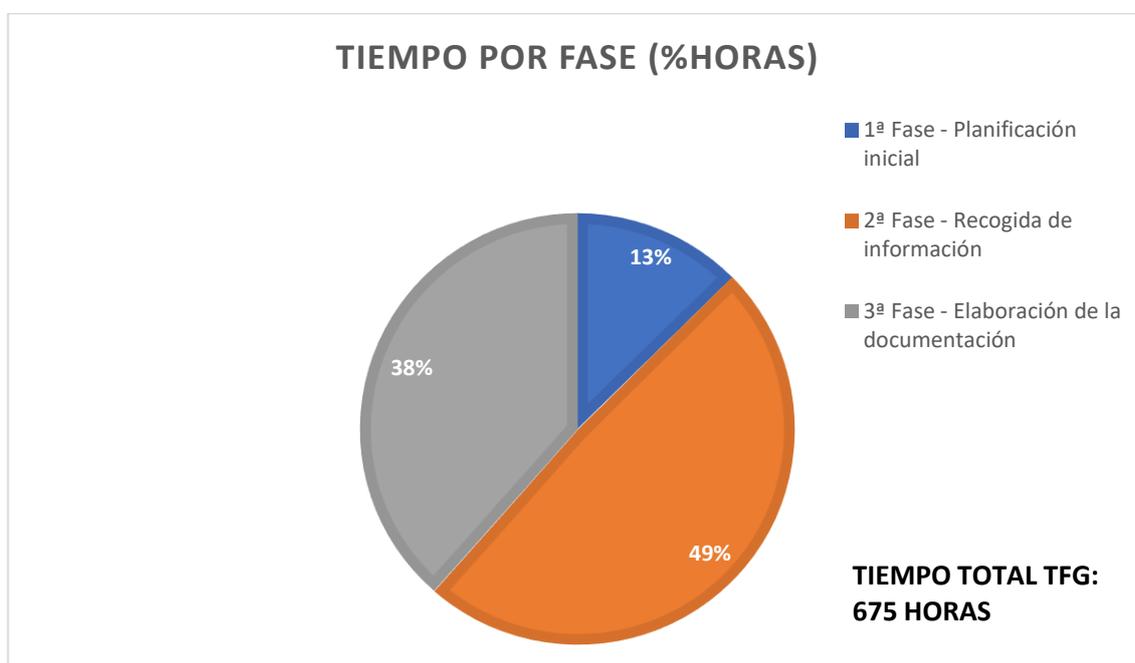


Figura 5.3 Representación de tiempos de cada fase sobre el total del TFG

Era previsible que aproximadamente la mitad del tiempo necesario para elaborar el TFG ha sido empleado en la fase de *Recogida de información*, puesto que requiere de una búsqueda exhaustiva y leer muchas fuentes hasta que encuentras la información que quieres y necesitas. Después, la fase de *Elaboración de la documentación* también ocupa mucha parte del tiempo. Por último, la *Planificación inicial*, como es lógico, lleva menos tiempo, pero sin la cual se habría tardado más en el resto de fases.

El cálculo del *coste total* se obtiene como consecuencia de sumar los costes parciales de cada una de las fases y, finalmente, el TFG supone un coste total de 18.403,03 €. En la Figura 5.4 se puede apreciar cómo queda repartido el *coste empleado en cada fase* en tanto por ciento.

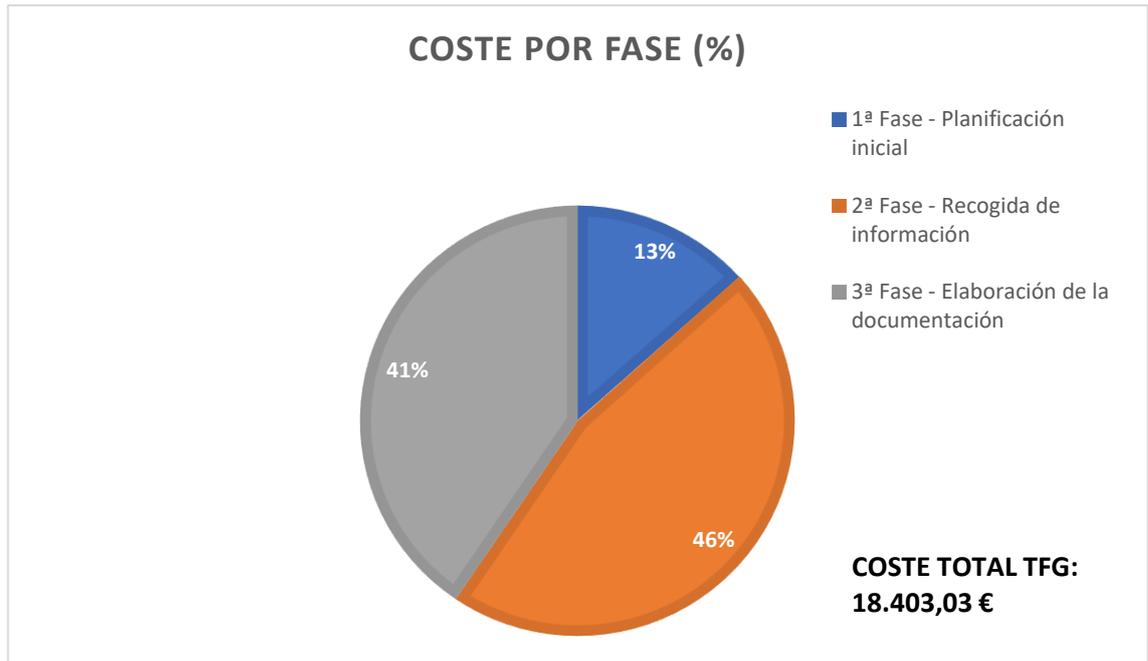


Figura 5.4 Representación de costes de cada fase sobre el total del TFG

En el gráfico anterior se puede ver claramente como el coste por fase se ajusta mucho al tiempo empleado en cada fase, siendo los porcentajes casi idénticos a los del tiempo empleado por fase.

Para finalizar, en la Figura 5.5 se visualiza la *distribución del coste total*, en porcentajes, entre los distintos gastos contemplados en el punto 5.4 Análisis económico.

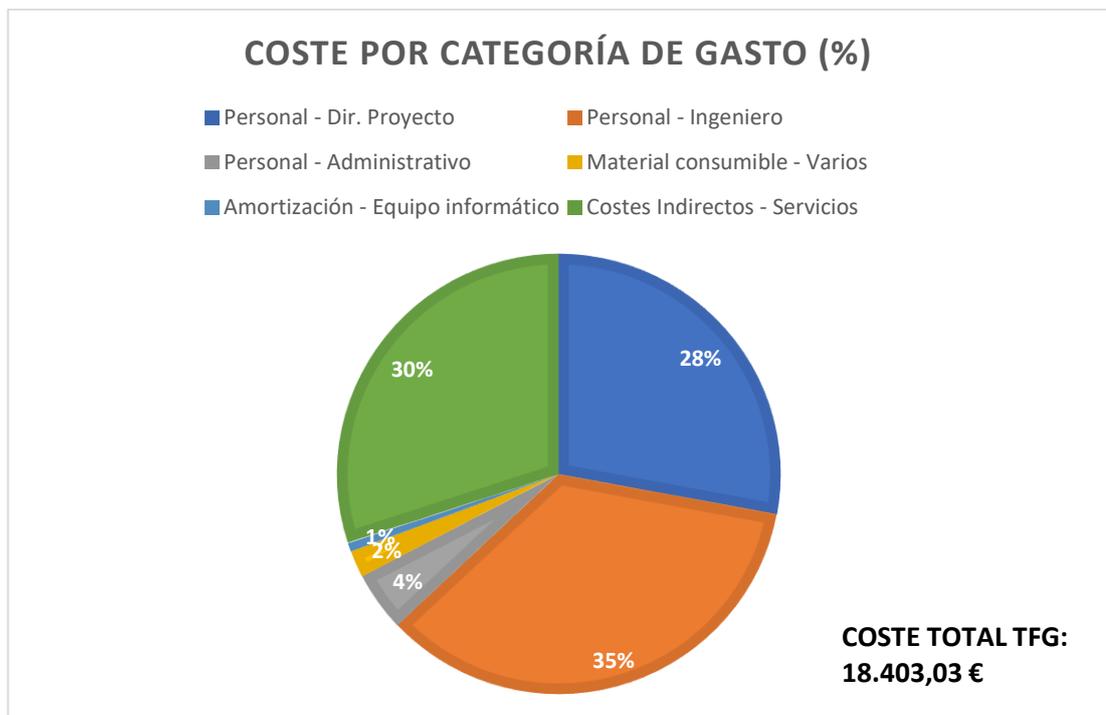


Figura 5.5 Representación de los diferentes tipos de coste sobre el total del TFG

## 5. Estudio económico

Con el anterior gráfico se comprueba que las fuentes de los mayores costes son los salarios tanto del Ingeniero como del Director del proyecto que son los que desarrollan casi todo el trabajo. El otro coste importante, que destaca de manera significativa, es el coste indirecto procedente del alquiler de la oficina y de los servicios contratados.

El *coste final de realización del TFG*, Tabla 5.11, es resultado de aplicar al coste total del trabajo un porcentaje del 25% de beneficio para la empresa y un porcentaje del 21% de impuestos pertenecientes al IVA. Dando un coste final del TFG de 25.771,03 €.

Tabla 5.11 Coste Final del TFG con beneficios e impuestos

<b>Coste</b>	<b>18.403,03 €</b>
<b>Beneficio (25%)</b>	4.600,76 €
<b>I.V.A. (21%)</b>	3.864,64 €
<b>COSTE TOTAL DEL TFG</b>	<b>26.868,43 €</b>

## Conclusiones y líneas futuras

### Conclusiones

La primera conclusión de esta memoria es que se ha conseguido mostrar, mediante ejemplos reales, las aplicaciones del *machine learning* y *deep learning* en el campo de la logística y la fabricación. Analizando cada ejemplo acerca de lo que aporta cada una de las aplicaciones, se han podido extraer una serie de conclusiones.

La apuesta por los drones es muy fuerte en el mundo de la logística, aunque esa primera apuesta la han realizado las empresas más grandes. Poco a poco serán más utilizados y se convertirán en medios de entrega muy comunes.

El mayor problema que presentan los drones es el problema de seguridad, y es por eso que a las grandes empresas que han desarrollado esta tecnología les está costando obtener los permisos de vuelo, porque los países quieren asegurarse que no van a causar un peligro para la sociedad.

Estos aparatos son muy interesantes para la logística porque reducen mucho los tiempos de entrega, además de reducir el coste y el impacto ambiental del transporte.

Por su parte, los camiones autónomos también son de gran interés en el mundo de la logística. Han seguido los pasos del coche autónomo, solo que, en los camiones están destinados al transporte de mercancía.

Estos camiones tienen la misma problemática que los drones y es que, al circular solos, y además con carga, pueden convertirse en un peligro público; esta es la razón principal por la que las autoridades ponen muchas trabas para permitir su libre circulación. Se necesita una seguridad absoluta que no van a ser un foco de problemas. Otro problema es que, al optar por camiones eléctricos, su autonomía es reducida, al igual que los puntos de recarga.

Los camiones autónomos tienen la ventaja que se adaptan a las circunstancias y siempre optan por el camino más óptimo, por lo que reducen el tiempo de entrega. Además, se están imponiendo los vehículos eléctricos, que evitan la contaminación durante el transporte. Y en el caso de ser camiones 100% autónomos, las empresas se ahorran el sueldo del conductor.

La optimización en el transporte es una aplicación que va a costar menos de aplicar en las empresas logísticas que las medidas de los drones o los camiones autónomos. Esto es debido a que no necesitan hacer muchos cambios, pueden seguir usando su flota de camiones y continuar con sus camioneros.

Con los cálculos de ruta de la optimización del transporte se consiguen entregas más rápidas, menos costes en combustible y, por tanto, menor contaminación.

## Conclusiones y líneas futuras

Además, hacen una mejor repartición de las cargas según el tipo que sean y el transportista.

Por otra parte, desde un punto de vista de logística interna, los robots van a llenar los almacenes en un futuro muy próximo. Y esto es, porque son más eficientes y menos costosos que los humanos.

Que los robots para transportar mercancía sean más eficientes que los humanos, no significa que vayan a remplazar a las personas por completo, por lo menos por ahora. Pero su aparición en los almacenes sí que va a significar un menor número de personal.

Estos robots, por el momento y por motivos de seguridad, no van a trabajar junto a las personas, porque si transportan mercancía pesada y se produce un accidente pueden ser muy peligrosos.

Poco a poco, los robots irán asumiendo las actividades que hasta ahora hacían los humanos en un almacén, porque son más rápidos y cometen menos fallos.

Hasta que los brazos robóticos que se están utilizando actualmente para el *picking* no sean capaces de realizar el empaquetado, y de esta manera sustituir por completo a un humano, no creo que sea una medida que se vaya a expandir por muchas empresas, más allá de las grandes empresas que se dedican al comercio electrónico.

La previsión de la demanda es una aplicación que, si se demuestra efectiva, con el tiempo será muy requerida por todas las empresas debido a todas las ventajas competitivas que ofrece. Por una parte, los clientes estarán más satisfechos porque podrán tener sus compras online en muy poco tiempo y, por otro lado, las empresas podrán controlar sus inventarios, suponiendo un gran ahorro de tiempo y dinero para cualquier organización.

El problema que he detectado en la aplicación de la previsión de la demanda es que, por muy fiable que sea cualquier algoritmo, no deja de ser una predicción, con lo cual nunca vas a tener una fiabilidad total. Esto se traduce en otros costes de envíos de compras que no se han hecho y su almacenaje hasta que se realice la compra. Por lo tanto, hay que evaluar a partir de qué porcentaje de acierto compensa utilizar esta aplicación.

La aplicación de gestión del inventario de almacenes es una de esas aplicaciones que tienen mucho sentido desde el punto de vista de la organización industrial. Aporta una estandarización a la manera de hacer las cosas, que no es otra que realizar la operación de recogida de material por el almacén siguiendo el trayecto más óptimo.

La gestión del inventario de almacenes aporta una mayor eficiencia y una mayor flexibilidad. Además, mejora la distribución del almacén. Y algo que aporta, que es sumamente importante, es la no dependencia en ese puesto de alguien experimentado para que la operación se produzca de manera satisfactoria.

La ayuda que supone el *machine learning* en el control de calidad es algo esencial en cualquier producción. Supone un gran ahorro de tiempo y dinero a la empresa, ya que detecta los fallos en la etapa más temprana. También supone una mayor satisfacción en los consumidores puesto que se puede llegar a controlar la totalidad de las piezas y no de forma aleatoria como se venía realizando hasta ahora.

La aplicación que controla la calidad puede implementarse fácilmente en muchas empresas ya que no es necesario un cambio de equipos. Además, puede evitar que las personas operen en situaciones extremas, como controles de calidad a altas temperaturas.

El mantenimiento predictivo es otra de esas aplicaciones del *machine learning* que adoptarán en cualquier empresa manufacturera, porque aporta las ventajas del mantenimiento preventivo, pero consigue ser más eficiente y alargar la vida útil de máquinas y lubricantes.

Un mantenimiento predictivo permite hacer un mejor uso del personal de mantenimiento, haciendo que intervengan cuando realmente hace falta.

Los robots colaborativos con *machine learning* aportan flexibilidad a la empresa y también son seguros, por lo que son mejor aceptados por los empleados. Es una gran opción para muchos tipos de empresas diferentes.

En la industria manufacturera el empleo del *machine learning* está ayudando mucho a que las máquinas herramientas mejoren la calidad de sus operaciones.

Las gafas inteligentes son una aplicación que se puede emplear en múltiples tareas. Ayuda en la seguridad, disminuye las distracciones y aumenta la eficiencia.

Los *chatbots* aportan transparencia al proceso del transporte de mercancía. Sin embargo, todavía hay mucha gente que se resiste a hablar con una máquina, por lo que es difícil que lleguen a sustituir por completo a los humanos.

Las máquinas dotadas de inteligencia artificial mediante el *machine learning* y *deep learning* a medida que vayan aumentando sus aplicaciones van a tomar cada vez más decisiones por su cuenta. El ejemplo está en la evaluación y selección de proveedores.

Se ve una gran relación entre las distintas tecnologías que han supuesto la aparición de la cuarta revolución industrial. Muchas de ellas se apoyan en las otras para poder realizar sus tareas.

La cuarta revolución industrial va a generar un gran impacto que supondrá importantes cambios en la manera de producir y en la manera de consumir de la población.

Se va a producir con más celeridad, calidad y con una mayor flexibilidad. Los consumidores ayudarán en el diseño de los productos y exigirán consumos casi inmediatos.

## Conclusiones y líneas futuras

Las aplicaciones robóticas impulsarán la economía, pero reducirán el número de trabajadores en las fábricas. No todo será pérdida de empleos, ya que se generarán nuevos empleos que tengan que ver con el apoyo o mantenimiento de los robots.

Las empresas industriales necesitan un tiempo para adaptarse a la cuarta revolución industrial por la necesidad de renovar muchas máquinas.

La llegada de la cuarta revolución industrial no va a cambiar la filosofía de trabajo de lean manufacturing, que se mantendrá.

### **Líneas futuras**

Como primera línea futura de actuación, se podría estudiar los problemas en la implementación de cada una de las aplicaciones que se han mencionado, así como su coste y su retorno económico.

Además, se podría profundizar en los distintos tipos de algoritmos que se implementan en cada una de las aplicaciones estudiadas, ya que es un aspecto que no se ha considerado, por estar fuera del alcance del proyecto.

También, sería interesante analizar los cambios que generan estas aplicaciones en los trabajadores y la manera en la que influyen tanto en los trabajadores como en los clientes. Además, se debería investigar en los posibles problemas e impactos negativos que pueden generar estas aplicaciones.

Al mismo tiempo, se podría realizar el mismo estudio en otros ámbitos dentro de la industria y comprobar en cuáles son más prácticos las aplicaciones del *Machine Learning* y del *Deep Learning*.

Además, sería interesante ir estudiando las nuevas aplicaciones que surjan en estos ámbitos, ya que es un campo que evoluciona constantemente. O también aplicaciones que ya existen, pero no se les está dando uso por diversos motivos como la seguridad.

## Bibliografía

- Akao, Y. (1990). *Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements Into Product Design*. Productivity Press.
- Álvarez, R. (2017, Mayo 5). *Ver cómo opera un almacén con 100 robots es la forma más increíble de entender lo que nos depara el futuro*. Retrieved Junio 24, 2019, from Xataka: <https://www.xataka.com/robotica-e-ia/ver-como-opera-un-almacen-con-100-robots-es-la-forma-mas-increible-de-entender-lo-que-nos-depara-el-futuro>
- Álvarez, R. (2019, Junio 7). *Aquí está la nueva versión del dron mensajero de Amazon: ahora con inteligencia artificial para entregar paquetes de forma autónoma*. Retrieved Junio 10, 2019, from Xataka: <https://www.xataka.com/drones/aqui-esta-nueva-version-drone-mensajero-amazon-ahora-inteligencia-artificial-para-entregar-paquetes-forma-autonoma>
- Álvarez, R. (2019, Mayo 17). *Einride, la compañía detrás del primer camión eléctrico, autónomo y sin conductor de seguridad que sale a una carretera pública*. Retrieved Junio 13, 2019, from Xataka: <https://www.xataka.com/vehiculos/einride-compania-detras-primer-camion-electrico-autonomo-conductor-seguridad-que-sale-a-carretera-publica>
- Amazon. (n.d.). *Amazon Robotis en España*. Retrieved Junio 18, 2019, from amazon: <https://www.amazon.es/b?ie=UTF8&node=13495453031>
- Bahrin, M. A., Othman, M. F., Azli, N. H., & Talib, M. F. (2016). Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic. *Jurnal Teknologi*, 78, 6-13.
- Basco, A. I., Beliz, G., Coatz, D., & Garnero, P. (2018). *Industria 4.0: Fabricando el Futuro* (Vol. 647). Buenos Aires: Inter-American Development Bank.
- Benítez, R., Escudero, G., Kanaan, S., & Masip Rodó, D. (2014). *Inteligencia artificial avanzada*. Barcelona: Editorial UOC.
- Bertholey, F. B. (2009). Méthodes d'amélioration organisationnelle appliquées aux activités des établissements de transfusion sanguine (ETS): Lean manufacturing, VSM, 5S. *Transfusion clinique et biologique*, 16(2), 93-100. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tracli.2009.04.007>
- Bhattacharya, A. (2016, Junio 17). *Amazon is just beginning to use robots in its warehouses and they're already making a huge difference*. Retrieved Junio 20, 2019, from QUARTZ: <https://qz.com/709541/amazon-is-just->

## Bibliografía

beginning-to-use-robots-in-its-warehouses-and-theyre-already-making-a-huge-difference/

Chaves Palacios, J. (2004). Desarrollo tecnológico en la Primera Revolución Industrial. *Norba. Revista de historia*(17), 93-109.

Cruz Vega, M., Oliete Vivas, P., Morales Ríos, C., González Luis, C., Cedón Martín, B., & Hernández Seco, A. (2015). *Las tecnologías IOT dentro de la industria conectada 4.0*. Madrid: EOI Escuela de Organización Industrial. Retrieved from <http://a.eoi.es/industria4>

Cruz Vega, M., Oliete Vivas, P., Morales Ríos, C., González Luis, C., Cedón Martín, B., & Hernández Seco, A. (2015). *Las tecnologías IOT dentro de la industria conectada: Internet of things*. Madrid: EOI Escuela de Organización Industrial.

Decide Soluciones. (2018, Noviembre 26). *Previsión de la Demanda: ¿en qué consiste y qué métodos utiliza?* Retrieved Junio 27, 2019, from Decide Soluciones: <https://decidesoluciones.es/prevision-de-la-demanda-en-que-consiste-y-que-metodos-utiliza/>

del Val Román, J. L. (2016). *Industria 4.0: la transformación digital de la industria*. En Valencia: Conferencia de Directores y Decanos de Ingeniería Informática: Informes CODDII.

Deployment, Q. F. (n.d.). *The Quality Function Deployment Institute*. Retrieved Mayo 12, 2019, from The Quality Function Deployment Institute: <http://www.qfdi.org/>

Domínguez Machuca, J. A. (1995). *Dirección de operaciones: Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*. Madrid: McGraw-Hill.

einride. (2019, Junio 13). Retrieved from einride: <https://www.einride.tech/about/>

El país. (2018, Diciembre 15). Retrieved Mayo 16, 2019, from El país: [https://elpais.com/economia/2018/12/15/actualidad/1544891413\\_477466.html](https://elpais.com/economia/2018/12/15/actualidad/1544891413_477466.html)

El país. (2019, Febrero 20). Retrieved Mayo 16, 2019, from El país: [https://elpais.com/elpais/2019/02/20/media/1550685486\\_504586.html](https://elpais.com/elpais/2019/02/20/media/1550685486_504586.html)

El País Retina. (2019, Junio 13). *Retina El País*. Retrieved Julio 6, 2019, from Retina El País: [https://retina.elpais.com/retina/2019/06/11/innovacion/1560251719\\_520211.html](https://retina.elpais.com/retina/2019/06/11/innovacion/1560251719_520211.html)

Evans , D. (2011). *Internet de las cosas. Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo*. Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG).

FANUC. (n.d.). *Centro de mecanizado vertical ROBODRILL*. Retrieved Julio 7, 2019, from FANUC: <https://www.fanuc.eu/es/es/robo-drill-ib>

- FANUC. (n.d.). *Electroerosión por hilo con ROBOCUT*. Retrieved Julio 7, 2019, from FANUC: <https://www.fanuc.eu/es/es/robocut-ib/>
- Fujitsu. (n.d.). *Case Study. Parts Pickup Procedures No Longer Require Experienced Workers*. Retrieved Julio 1, 2019, from Fujitsu: <https://www.fujitsu.com/global/digitalannealer/case-studies/201804-fjit/>
- Fujitsu. (n.d.). *Fujitsu Advanced Image Recognition*. Retrieved Julio 2, 2019, from Fujitsu: <https://www.fujitsu.com/global/solutions/industry/manufacturing/non-destructive-testing/>
- Gepeese. (1990, Enero 1). *La Revolución Industrial (1760-1840)*. Retrieved Mayo 22, 2019, from Gepeese: [http://www.finanzasparatodos.es/gepeese/es/inicio/laEconomiaEn/laHistoria/revolucion\\_industrial.html](http://www.finanzasparatodos.es/gepeese/es/inicio/laEconomiaEn/laHistoria/revolucion_industrial.html)
- Gil de Vergara Quintana, J. (s.f.). *¿Qué es la computación en la nube?* Retrieved Abril 27, 2019, from Deloitte: <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/technology/articles/computacion-nube-hibrida.html>
- González Espinosa, M. E. (2000). *La función despliegue de la calidad: una guía práctica para escuchar la voz del cliente*. McGraw-Hill.
- Grupo SPRI. (2017, Junio 8). *Deep Learning, la última disrupción en la evolución de la Inteligencia Artificial*. Retrieved Julio 3, 2019, from Grupo SPRI: <https://www.spri.eus/es/tecnologia-comunicacion/deep-learning-la-ultima-disrupcion-la-evolucion-la-inteligencia-artificial/>
- Guillén, R. (2017, Abril 5). *RightPick, la mano robótica que aprende y enseña a otros robots*. Retrieved Junio 25, 2019, from SPDnoticias: <https://www.sdpnoticias.com/tecnologia/2017/04/05/rightpick-la-mano-robotica-que-aprende-y-ensena-a-otros-robots-video>
- Gutiérrez, D. (2019, Junio 17). *Volvo Vera: el camión eléctrico y autónomo de Volvo ya trabaja en el puerto de Gotemburgo*. Retrieved Junio 14, 2019, from [hibridosyelectricos](https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/camion-autonomo-volvo-vera-trabajando-puerto-gotemburgo/20190617181146028326.html): <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/camion-autonomo-volvo-vera-trabajando-puerto-gotemburgo/20190617181146028326.html>
- Hamadi Mohamed, Á. J. (n.d.). *El comienzo de la ultra automatización con RoboRaise del MIT. Un robot que copia el movimiento de tus músculos*. Retrieved Julio 6, 2016, from Easy Smart Tech: <https://easysmartech.com/el-comienzo-de-la-ultra-automatizacion-con-roboraize-del-mit-un-robot-que-copia-el-movimiento-de-tus-musculos/>

## Bibliografía

- Hashem, I. A., Yaqoob, I., Anuar, N. B., Mokhtar, S., Gani, A., & Khan, S. U. (2015). The rise of “big data” on cloud computing: Review and open research issues. *Information systems*, 47, 98-115.
- Indra. (2018, Noviembre 29). *NDRA APUESTA POR LOS DRONES PARA TRANSFORMAR LA LOGÍSTICA DEL FUTURO Y POTENCIAR EL REALISMO EN LA SIMULACIÓN*. Retrieved Junio 8, 2019, from Indra company:  
[https://www.indracompany.com/sites/default/files/181129\\_np\\_indra\\_id\\_cui\\_smart\\_logistic\\_y\\_simulacion.pdf](https://www.indracompany.com/sites/default/files/181129_np_indra_id_cui_smart_logistic_y_simulacion.pdf)
- Industria 4.0 en Alemania. (s.f.). *Ecosistemas Enred*. Retrieved Abril 19, 2019, from Ecosistemas Enred: <http://www.ecosistemasenred.com/industria-40-en-alemania.html>
- Instituto Geográfico Nacional. (n.d.). *Distribución de la industria española*. Retrieved Mayo 17, 2019, from Portal Web Instituto Geográfico Nacional: [https://www.ign.es/espmapi/industria\\_bach.htm](https://www.ign.es/espmapi/industria_bach.htm)
- Instituto Nacional de Estadística. (2019, Mayo 9). *Índices de Producción Industrial - Mayo 2019*. Retrieved Mayo 18, 2019, from Instituto Nacional de Estadística:  
[https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica\\_C&cid=1254736145519&menu=ultiDatos&idp=1254735576715](https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736145519&menu=ultiDatos&idp=1254735576715)
- Jorrín, J. G. (2019, Febrero 13). *La producción industrial europea vive su peor momento en nueve años: cae un 4,2%*. Retrieved Mayo 15, 2019, from El Confidencial: [https://www.elconfidencial.com/economia/2019-02-13/produccion-industrial-europea-peor-caida-nueve-anos\\_1822722/](https://www.elconfidencial.com/economia/2019-02-13/produccion-industrial-europea-peor-caida-nueve-anos_1822722/)
- Joyanes Aguilar, L. (2012). COMPUTACIÓN EN LA NUBE: Notas para una estrategia española en cloud computing. *Revista del Instituto Español de Estudios Estratégicos* (00), 89-112.
- Joyanes Aguilar, L. (2017). Ciberseguridad: la colaboración público-privada en la era de la cuarta revolución industrial (Industria 4.0 versus ciberseguridad 4.0). *Cuadernos de estrategia*(185), 19-64. Retrieved Abril 26, 2019
- Joyanes Aguilar, L. (2018). *Industria 4.0: la cuarta revolución industrial*. Barcelona: Marcombo.
- Kessler, S. (2017, Abril 7). *QUARTZ*. Retrieved Junio 25, 2019, from QUARTZ: <https://qz.com/952240/righthand-robotics-has-automated-a-new-type-of-warehouse-work-that-could-help-amazon-amzn/>
- La razón. (2019, Marzo 20). *IA y ‘machine learning’ para optimizar el transporte de mercancías por carretera*. Retrieved Junio 15, 2019, from INNOVADORES: <https://innovadores.larazon.es/es/not/ia-y-y-machine-learning-para-optimizar-el-transporte-de-mercancias-por-carretera>

- Lazala Rosario, N. M. (2011, Diciembre 18). *EOI Escuela de Organización Industrial*. Retrieved Mayo 7, 2019, from EOI Escuela de Organización Industrial:  
<https://www.eoi.es/blogs/nayellymercedeslazala/2011/12/18/lean-manufacturing-y-sus-herramientas/>
- Macario Gañán, A. (2018, Enero 31). *Análisis de la industria en España*. Retrieved Mayo 15, 2019, from andresmacario: <https://andresmacario.com/analisis-de-la-industria-en-espana/>
- Manutención y Almacenaje*. (2014, Enero 22). Retrieved Junio 25, 2019, from Manutención y Almacenaje:  
<https://www.manutencionyalmacenaje.com/Articulos/236584-Amazon-patenta-un-metodo-de-anticipacion-a-la-compra.html>
- Ministerio de industria, comercio y turismo. (n.d.). *Industria Conectada 4.0*. Retrieved Mayo 17, 2019, from Industria Conectada 4.0:  
<https://www.industriaconectada40.gob.es/Paginas/index.aspx>
- Monden, Y. (2007). *El Just in Time hoy en Toyota*. Bilbao: Deusto S.A. Ediciones.
- Monleón-Getino, A. (2015). El impacto del Big-data en la Sociedad de la Información. Significado y utilidad. *Historia y Comunicación Social*, 20(2), 427-445. doi:[https://doi.org/10.5209/rev\\_HICS.2015.v20.n2.51392](https://doi.org/10.5209/rev_HICS.2015.v20.n2.51392)
- Munera, I. (2018, Julio 15). *El Mundo*. Retrieved Mayo 14, 2019, from El Mundo:  
<https://www.elmundo.es/economia/2018/07/15/5b47a5af468aeb7e7c8b4593.html>
- Nunsys. (n.d.). *Mantenimiento predictivo*. Retrieved Julio 4, 2019, from Nunsys:  
<https://www.nunsys.com/mantenimiento-predictivo/>
- O'Grady, P. J. (1992). *Just-in-time: una estrategia fundamental para los jefes de producción*. Madrid: McGraw-Hill.
- Olivares, J. (2017, Marzo 9). *Una Europa industrial común*. Retrieved Mayo 15, 2019, from El Mundo:  
<https://www.elmundo.es/opinion/2017/03/09/58c04a5ce5fdead45f8b45b1.html>
- Pacheco, J. (2018, Abril 16). *Heflo*. Retrieved Mayo 7, 2019, from Heflo:  
<https://www.heflo.com/es/blog/mejora-de-procesos/herramientas-lean/>
- Padilla, L. (2010, Enero 15). LEAN MANUFACTURING MANUFACTURA ESBELTA/ÁGIL. *Revista Ingeniería Primero*(15), 64-69.
- Panaggio, M. (n.d.). *OBS Business School*. Retrieved Junio 26, 2019, from OBS Business School:  
<https://www.obs-edu.com/es/blog-investigacion/logistica/logistica-anticipada-un-desafio-de-colaboracion>

## Bibliografía

- Pereira, A., & Romero, F. (2017). A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, 13, 1206-1214.
- Pérez, E. (2019, Abril 10). *Xataka*. Retrieved Junio 11, 2019, from Xataka: <https://www.xataka.com/drones/drones-mensajeros-realidad-google-project-wing-inician-australia-primer-servicio-comercial-mundo>
- Peterson, H. (2019, Junio 6). *Business Insider España*. Retrieved Junio 25, 2019, from businessinsider: <https://www.businessinsider.es/pegasus-nuevo-robot-amazon-centros-logisticos-video-433617>
- PowerData. (s.f.). *Big Data: ¿En qué consiste? Su importancia, desafíos y gobernabilidad*. Retrieved Abril 20, 2019, from PowerData: <https://www.powerdata.es/big-data>
- preferred. (2018, Abril 16). *FANUC's new AI functions utilizing machine learning and deep learning*. Retrieved Julio 7, 2019, from Preferred Networks: <https://www.preferred-networks.jp/en/tag/fanuc>
- Rasero, T. (2019, Abril 7). *Cinco Días*. Retrieved Mayo 16, 2019, from Cinco Días: economía y mercados: [https://cincodias.elpais.com/cincodias/2019/04/05/economia/1554490959\\_904197.html](https://cincodias.elpais.com/cincodias/2019/04/05/economia/1554490959_904197.html)
- Reduces downtime and increases productivity. (n.d.). *Fujitsu*. Retrieved Julio 3, 2019, from Fujitsu: <https://www.fujitsu.com/global/solutions/industry/manufacturing/predictive-maintenance/>
- rethink robotics*. (n.d.). Retrieved Julio 5, 2019, from rethink robotics: <https://www.rethinkrobotics.com/sawyer>
- rethink robotics*. (n.d.). Retrieved Julio 5, 2019, from rethink robotics: <https://www.rethinkrobotics.com/sawyer/applications#c68>
- rethink robotics*. (n.d.). Retrieved Julio 5, 2019, from rethink robotics: <https://www.rethinkrobotics.com/sawyer/industries>
- RE-WORK. (2017, Mayo 12). *medium*. Retrieved Junio 21, 2019, from Medium Corporation: <https://medium.com/@teamrework/deep-learning-in-production-warehousing-with-amazon-robotics-571e69fea721>
- Rey Sacristán, F. (2001). *Mantenimiento total de la producción (TPM): proceso de implantación y desarrollo*. Madrid: FC Editorial.
- righthandrobotics*. (n.d.). Retrieved Junio 25, 2019, from righthandrobotics: <https://www.righthandrobotics.com/>
- Rioja2. (2017, Diciembre 11). *Industria 4.0: Indagando en la historia moderna*. Retrieved Abril 10, 2019, from rioja2: <https://www.rioja2.com/n-115584-2-industria-40-indagando-en-la-historia-moderna/>

- Roel Pineda, V. (1998). *La tercera revolución industrial y la era del conocimiento*. UNMSM.
- Ros, I. (2018, Octubre 20). *muycanal*. Retrieved Junio 20, 2019, from muycanal: <https://www.muycanal.com/2018/10/20/amazon-eficiencia-robots-kiva>
- SAP. (s.f.). Retrieved Abril 17, 2019, from SAP: <https://www.sap.com/spain/trends/internet-of-things.html>
- SAP. (s.f.). *¿Qué es Internet de las Cosas (IoT)?* Retrieved Abril 17, 2019, from SAP: <https://www.sap.com/spain/trends/internet-of-things.html>
- SAS. (s.f.). *Aprendizaje automático. Qué es y por qué es importante*. Retrieved Mayo 6, 2019, from SAS: [https://www.sas.com/es\\_es/insights/analytics/machine-learning.html](https://www.sas.com/es_es/insights/analytics/machine-learning.html)
- SAS. (s.f.). *Deep Learning. Qué es y por qué es importante*. Retrieved Mayo 6, 2019, from SAS: [https://www.sas.com/es\\_es/insights/analytics/deep-learning.html](https://www.sas.com/es_es/insights/analytics/deep-learning.html)
- Schwab, K. (2016). *La cuarta revolución industrial*. Debate.
- Schwab, K. (2016). *The fourth industrial revolution*. New York: Crown Business.
- Sorli, M., & Ruiz, J. (1994). *QFD: una herramienta de futuro*. Centro de Investigacion Tecnológica.
- Sundar, R. B. (2014). A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875-1885.
- Tam, D. (2014, Diciembre 2). *cnet*. Retrieved Junio 22, 2019, from cnet: <https://www.cnet.com/es/noticias/conoce-al-robot-kiva-el-hacendoso-empleado-de-amazon/>
- Torreblanca Díaz, D. (2016). Tecnologías de Fabricación Digital Aditiva, ventajas para la construcción de modelos, prototipos y series cortas en el proceso de diseño de productos. *Iconofacto*, 12(18), 118-143.
- Transgesa*. (2017, Diciembre 18). Retrieved Junio 28, 2019, from Transgesa: <https://www.transgesa.com/blog/machine-learning-y-logistica/>
- UNIDAD II IMPACTO DEL CLOUD. (2015, Marzo 26). *Impacto del Cloud*. Retrieved Abril 27, 2019, from Impacto del Cloud: <http://unidad2impactodelcloud.blogspot.com/2015/03/definicion-el-laboratorio-de.html>
- Uriarte, J. M. (2017, Septiembre 27). *Segunda Revolución Industrial*. Retrieved Mayo 22, 2019, from Caracteristicas.co: <https://www.caracteristicas.co/segunda-revolucion-industrial/>
- Wahab, A. N. (2013). A Conceptual Model of Lean Manufacturing Dimensions. *Procedia Technology*, 11, 1292-1298.

## Bibliografía

- WIGGERS, K. (2019, Junio 5). *venturebeat*. Retrieved Junio 25, 2019, from venturebeat: <https://venturebeat.com/2019/06/05/amazon-says-its-new-pegasus-fulfillment-center-robot-improves-throughput-by-50/>
- Wilke, J. (2019, Junio 5). *dayone*. Retrieved Junio 10, 2019, from Day One: The Amazon Blog: <https://blog.aboutamazon.com/transportation/a-drone-program-taking-flight>
- X Company. (n.d.). *Helping people work faster and safer with smart glasses*. Retrieved Julio 7, 2019, from X Company: <https://x.company/projects/glass/>
- X Company. (n.d.). *Transforming the way goods are transported*. Retrieved Junio 12, 2019, from X Company: <https://x.company/projects/wing/>
- Zapién, A. L. (2017, Noviembre 27). *Gus Chat*. Retrieved Julio 7, 2019, from Gus Chat: <https://gus.chat/como-las-empresas-de-logistica-pueden-mejorar-la-experiencia-de-sus-envios-a-traves-de-chabots/>