

JOAQUÍN CARRETERO GUERRERO

# CAMINAR CON ÉXITO HACIA LA INDUSTRIA 4.0

GUÍA PARA ADENTRARSE EN LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL



Energy Solutions®



**Joaquín Carretero Guerrero**  
*Consultor Experto Industria 4.0*

A través de un lenguaje coloquial, este documento pretende servir como guía al lector para caminar con éxito al adentrarse en el nuevo paradigma denominado Industria 4.0 o cuarta revolución industrial. Un periodo de transición histórico, en el que estamos involuntariamente inmersos desde la aparición de Internet y al que únicamente podremos enfrentarnos si estamos muy preparados para competir.

Para ello, la primera parte, expone cuáles deben ser las pautas a seguir por nuestra organización con objeto de que la transformación sea lo más rápida, eficaz y exitosa en un nuevo escenario de incertidumbre y exigencia constante, donde el cliente quiere comprar productos de calidad al menor coste, que tengan un alto grado de personalización y que los obtenga de forma inmediata desde cualquier lugar. Exigencias que implican la rápida necesidad de hacer cambios en muchas áreas de nuestra organización así como la necesidad de adoptar habilitadores tecnológicos para crear nuevos productos, servicios y modelos de negocio.

La segunda parte, dedicada a la tecnología, nos permite conocer mucho más de cerca los habilitadores tecnológicos existentes para avanzar rápidamente hacia la mejora continua global de los procesos que tienen lugar en nuestra cadena de suministro y conocer cuáles de ellos debemos aplicar según sea nuestra estrategia a largo plazo.

“

*La mejor manera de predecir el futuro es creándolo.*

**Peter Drucker.**

**Copyright © Joaquín Carretero Guerrero**

Todos los derechos reservados. Quedan rigurosamente prohibidas, sin autorización escrita del titular del copyright, bajo las sanciones establecidas por las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamos público.

**ISBN:** 978-84-09-07283-5

## ÍNDICE

- Capítulo 1. **LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL** Pág 5 - 16
- Capítulo 2. **CLIENTES 4.0** Pág 17 - 22
- Capítulo 3. **LA INDUSTRIA 4.0** Pág 23 - 30
- Capítulo 4. **RETOS 4.0** Pág 31 - 44
- Capítulo 5. **CADENA DE SUMINISTRO 4.0** Pág 45 - 52
- Capítulo 6. **ORGANIZACIONES 4.0** Pág 53 - 71
- Capítulo 7. **TECNOLOGÍAS 4.0** Pág 72 - 78
- Capítulo 8. **REDES WLAN** Pág 79 - 94
- Capítulo 9. **PROTOCOLOS** Pág 95 - 103
- Capítulo 10. **CLOUD COMPUTING** Pág 104 - 110
- Capítulo 11. **INTERNET DE LAS COSAS (IoT)** Pág 111 - 121
- Capítulo 12. **INTERFACES DE USUARIO HOMBRE-MÁQUINA (HMI)** Pág 122 - 130
- Capítulo 13. **ROBOTS** Pág 131 - 136
- Capítulo 14. **IMPRESIÓN ADITIVA O IMPRESIÓN 3D** Pág 137 - 141
- Capítulo 15. **SMARTPHONES** Pág 142 - 145
- Capítulo 16. **REALIDAD AUMENTADA O VIRTUAL** Pág 146 - 149
- Capítulo 17. **SISTEMAS MES & MOM** Pág 150 - 154
- Capítulo 18. **PLATAFORMAS** Pág 155 - 162
- Capítulo 19. **BIG DATA** Pág 163 - 169
- Capítulo 20. **INTELIGENCIA ARTIFICIAL** Pág 170 - 177
- Capítulo 21. **HACIA LA INDUSTRIA 4.0** Pág 178 - 186

---

## CAPITULO 1

# LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL

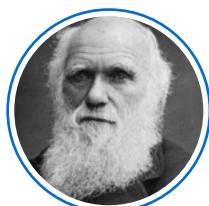
---

*Recibimos constantemente el mensaje de que debemos transformar nuestras organizaciones para digitalizarlas. ¿Realmente es necesario? ¿Qué peligro conlleva no hacerlo de cara al futuro?*

El grado de penetración de lo Digital en nuestra sociedad en los últimos años ha sido de tal magnitud que gran parte de los habitantes de nuestro planeta, hemos sufrido un importante cambio de mentalidad. Los Smartphones, el Internet de las Cosas (IoT), la computación en la Nube (Cloud Computing), la Realidad Aumentada, el Big Data y la Inteligencia Artificial, son algunas de las tecnologías que, a medida que se consolidan, nos empujan a realizar un viaje sin retorno hacia la Nueva Era Digital. Una Era a la que **deben adaptarse instituciones, personas e incluso las cosas** a un ritmo vertiginoso, presionados muchas de las veces por la propia razón de ser.

El rápido desarrollo de lo Digital ha cambiado fundamentalmente la manera en que la gente piensa, actúa, comunica, trabaja y gana su sustento. La **Transformación Digital** ha forjado nuevas modalidades de crear conocimientos, educar a la población y transmitir información. Ha reestructurado la forma en que los países rigen su economía y ha creado nuevas formas de entretenimiento y ocio en mundos donde nos cuesta distinguir lo real de lo virtual.

**Los cambios han sido espectaculares, ya nada es como lo era antes.** El *marketing*, la prensa, el transporte, la banca, el comercio, todo ha cambiado y en muchos casos de forma radical. Y estos cambios han provocado la necesidad de modificar todas las empresas puesto que las que se han adaptado más rápidamente ahora están en lo más alto.



”

*No es la especie más fuerte la que sobrevive, ni la más inteligente, sino la más receptiva al cambio.*

(Charles Darwin)

A lo largo de este documento estudiaremos las implicaciones que tendrá la Transformación Digital en las empresas y en particular en las industriales.

Veremos que para cualquier organización gestionar esta transformación no es nada fácil pues supone un proceso de cambio permanente que requiere inversión, riesgos y elevados conocimientos en distintas disciplinas.

En el escenario actual **cualquier decisión tecnológica puede convertirse en una decisión estratégica** de negocio por ello debemos saber muy bien qué nos interesa más, antes de actuar. El resultado de esa decisión afectará a la forma de trabajar de todos los miembros de nuestra organización, a nuestras máquinas, a nuestros proveedores

y distribuidores y por tanto será parte influyente en la experiencia de compra de nuestros clientes.

El cliente tampoco es como antes, ha dejado de ser un consumidor sedentario tradicional y ha adoptado un papel activo frente una oferta completa y heterogénea que él mismo puede seleccionar según sus necesidades.

**En los últimos años más de dos mil millones de personas se han sumado a la “conversación digital”.**

Ahora pueden conocer la calidad y profesionalidad de nuestros productos o servicios de manera inmediata. Ahora tienen más poder y son más influyentes.

Los **clientes ahora están interconectados** y gracias a las nuevas tecnologías **ya no basan su decisión en lo que nosotros le digamos, sino en lo que se opina sobre nuestro producto.**



”

*The biggest impediment to a company's future success is its past success.*

(Dan Schulman – CEO PayPal Inc.)

En ningún caso, debemos entender la Transformación Digital como un cambio que trata de introducir tecnología en nuestra empresa únicamente para mejorar los métodos de trabajo tradicionales. La Transformación Digital está aconteciendo gracias a la madurez de diversas tecnologías emergentes, que usadas en combinación, permiten a las empresas crear productos, servicios y modelos de negocio totalmente disruptivos. Dependerá de nuestros objetivos para que usemos unas u otras, en mayor o menor medida y en un orden u otro, para obtener la combinación ganadora.

**En cualquier caso la tecnología es el catalizador que permite adaptar nuestras organizaciones rápidamente a los cambios que se produzcan en nuestro entorno.**

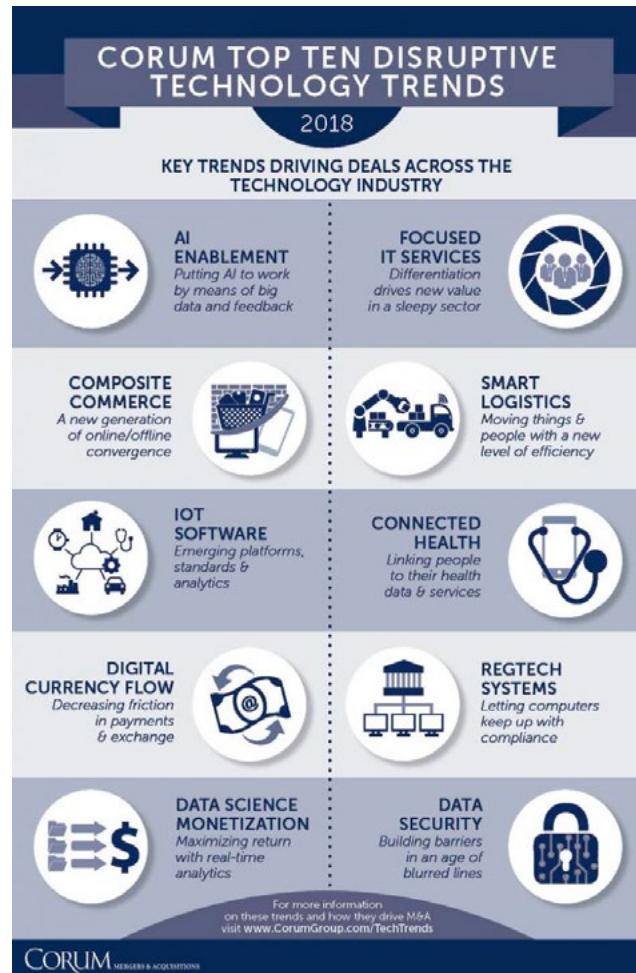
Los cambios en las tendencias son cada vez más rápidos y debemos estar preparados para atender las exigencias de los clientes. Debemos adelantarnos en el tiempo e imaginar cómo serán nuestros productos y servicios en esa nueva sociedad sin aferrarnos a lo que conocemos.

Pero... **¿Cómo hemos llegado hasta aquí? ¿Quiénes son los responsables de esta rápida transformación?**

Expondré a continuación tres de los acontecimientos tecnológicos que han contribuido en mayor medida a esta acuciante necesidad de cambio, **Internet**, la **World Wide Web** y los **Smartphones**.

Más adelante, veremos que existen diversas tecnologías que también han contribuido fuertemente, en la generación de la nueva etapa en la que nos encontramos y que alcanzarán mayor protagonismo los próximos años. La Inteligencia Artificial (AI), el Internet de las Cosas (IoT), las redes inalámbricas (Wlan) y las Plataformas con computación en la Nube (Cloud Computing), son algunos ejemplos de las más prometedoras.

Otras tecnologías como las vinculadas con la Salud, la Economía, la Nanotecnología y en especial la Genética, aunque disponen de potencial modificar importantes aspectos de nuestra sociedad tal y como la conocemos, no tendrán mucha repercusión en la industria (al menos a corto plazo) y por tanto no formarán parte de esta guía.



## INTERNET

La creación de Internet en 1969 por científicos del ARPA (Advanced Research Projects Agency) ha supuesto un antes y un después para la Historia de la Humanidad. Internet es el director de la renombrada Transformación Digital. Dispone de capacidades que no paran de sorprendernos hasta tal punto que resulta complicado imaginar sus límites. La Red de Redes, consiste en una infraestructura increíble que aglutina más de tres mil millones de usuarios que realizan diariamente miles de millones de transacciones de datos, constituyéndose en el pilar de la Digitalización y en el que se sustenta nuestro futuro. Pero el éxito de Internet no fue inmediato, tuvieron que transcurrir más de diez años desde su aparición (1981) para que IBM sacase al mercado un ordenador personal (PC), que fuese asequible para empresas y familias. La gran aceptación del PC por el mercado (aprox. 25 millones de unidades vendidas en 10 años) hizo surgir la necesidad de comunicar estas máquinas entre sí, pero el elevado coste de las telecomunicaciones, la lentitud de las mismas y la complejidad del uso del PC, impedían entonces la penetración masiva de Internet. Tuvo que transcurrir otra década más para que Internet fuese adoptado por una gran mayoría de los usuarios del PC.

Desde entonces y hasta hoy su evolución ha sido espectacular, gracias fundamentalmente, a los grandes avances en el sector de las telecomunicaciones, que han permitido generar las infraestructuras necesarias a un coste asequible para empresas y familias. En unos años hemos pasado de disponer en nuestros hogares y oficinas, de un módem que transmitía varios miles de bits por segundo y un tiempo de conexión



Fuente: Excelacom Inc.

que rondaba el minuto, a conexiones de redes de fibra óptica que alcanzan velocidades de Megabits por segundo y un tiempo de conexión de milisegundos.

Este aumento en las velocidades y el abaratamiento del coste en las comunicaciones, han permitido la adopción masiva del acceso a Internet en gran parte del planeta, provocando un impacto transformador en nuestra sociedad la pasada década y nada parece indicar que no siga así en los próximos años.

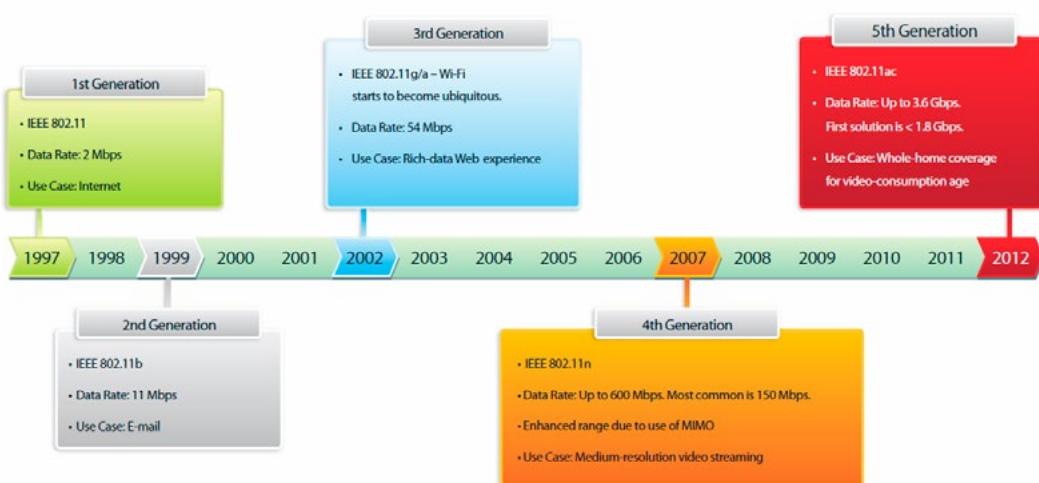


Fig.- Evolución del ancho de banda de las comunicaciones

Fuente: Incopyme.com

Antes de concebirse Internet, nadie era capaz de imaginar que se podría generar semejante infraestructura tras un entramado compuesto básicamente de ordenadores, enruteadores o routers, antenas y cables. **Desde el nacimiento de Internet, la Humanidad dispone de un mundo real o tangible y de otro virtual, si cabe más excitante.**

En gran medida su descubrimiento se asemeja al de un nuevo planeta, repleto de paisajes inexplorados, seres alucinantes e historias extraordinarias que nos invita a comenzar una nueva vida a través de nuestros avatares digitales.

## LA WORLD WIDE WEB

A medida que la velocidad de conexión aumentaba, se empezó a vislumbrar la posibilidad de organizar la información que nos mostraba Internet de una forma más visual para facilitar su acceso. Los protocolos existentes *FTP*, *TCP*, *IRC*, etc. eran demasiado rígidos y la información que mostraban en pantalla eran textos.

En esos años, denominados la Era del PC, Internet se usaba básicamente en el mundo militar y académico para compartir información y enviar correos. En **1989**, un científico de computación del *CERN*, **John Berners-Lee**, conocido por ser el padre de la *World Wide Web* (*WWW* o *Web 1.0*), estableció la primera comunicación entre un cliente y un servidor usando el protocolo *HTTP* (*HiperText Transfer Protocol*) y el lenguaje interpretado *HTML* (*HiperText Markup Language*) mediante el cual la información podía presentarse, mezclando imágenes y texto simultáneamente en una misma página donde además, los contenidos podían enlazarse convenientemente.

Pronto se vio que la WWW era la forma correcta que debía adoptar Internet para evolucionar.

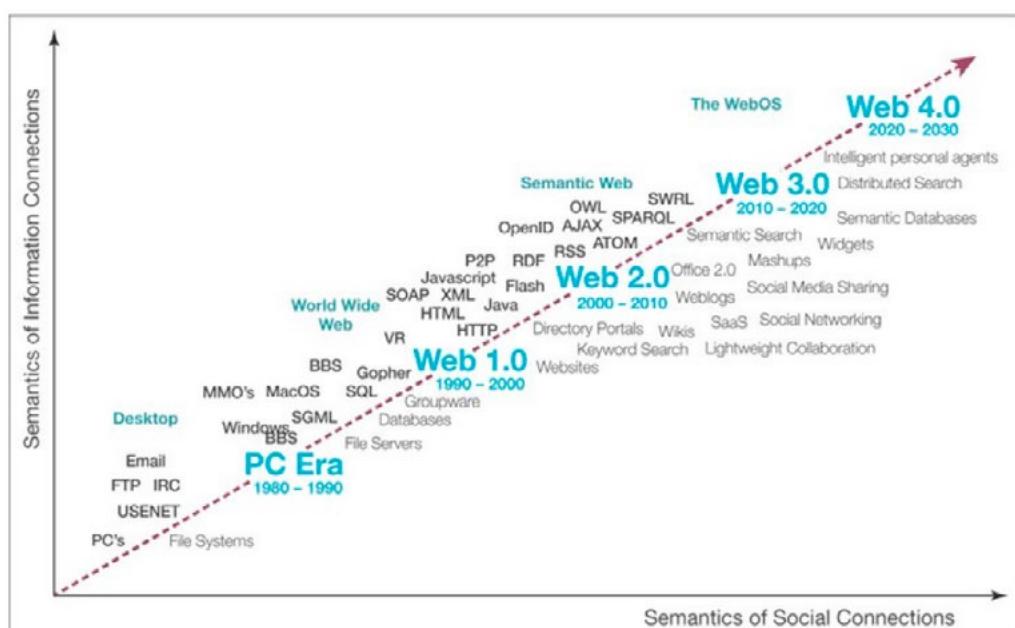


Fig.- Evolución de las tecnologías Web.

Fuente: Spivack

Comenzaron a desarrollarse lenguajes de programación y nuevos protocolos para acceder a contenidos más complejos alojados en bases de datos y en otros servidores. Ahora, **el HTML permitía enlazar contenidos sin importar el servidor donde estuviesen alojados**.

Instituciones de todo el mundo vieron rápidamente el potencial de la Web. En 1993, el *National Center for Supercomputing Applications* (NCSA) desarrolló *Mosaic*, una aplicación de escritorio (Navegador) que permitía visualizar los contenidos de una manera sencilla y ágil. Las empresas creaban sus primeros “Websites” y la W3C (*World Wide Web Consortium*) no cesaba de generar nuevos estándares para dotar la Web de nuevas funcionalidades.

Desde entonces las tecnologías Web no han parado de evolucionar a pasos agigantados. Los avances en los lenguajes de programación para la Web como Java o *JavaScript*, hicieron posible que en 2004, se crease la denominada **Web 2.0**, conocida como la **Web Semántica o Social**. En la Web 2.0 los usuarios dejan de ser usuarios pasivos para convertirse en usuarios activos, que participan y contribuyen en los contenidos. **Llegó la Web de Todos**.

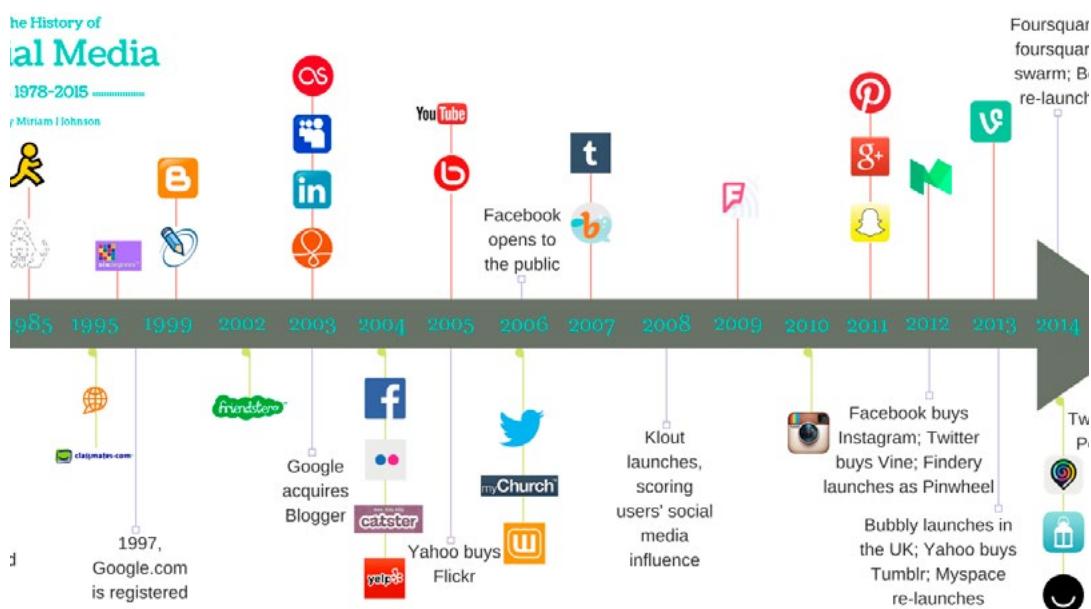


Fig.- Evolución de las Redes Sociales.

Fuente: Web

Tan sólo dos años más tarde se creó la denominada **Web 3.0** que permitía transformar la Red en una inmensa base de datos con objeto de **poder acceder a los contenidos a través de múltiples aplicaciones sin necesidad de usar un Navegador**. Este hecho fue el detonante que provocó la utilización masiva de las denominadas Redes Sociales entre las que destacan *Facebook*, *Twitter*, *Linkedin* y *WeChat* (Asia). A partir de la creación de la Web 3.0, el acceso a la información a través de buscadores es mucho más sencillo, puesto que permite hacer uso de un lenguaje más natural y descartar información irrelevante.

Actualmente nos dirigimos hacia la **Web 4.0** o **WebOS**, es el próximo gran avance del mundo Internet. Se centra en ofrecer un comportamiento más inteligente y más predictivo, de modo que podamos, con sólo realizar una afirmación, poner en marcha un conjunto de acciones que tendrán como resultado aquello que pedimos o decimos. Es decir, podrás decirle a tu dispositivo «Reserva una mesa para cenar hoy» y automáticamente ejecutará dicha acción sin más intervención propia.

Así, **pasamos de una web que nos muestra información a otra que nos aporta soluciones**.

Para lograrlo, se fundamenta en las nuevas técnicas de *Machine Learning* para la comprensión del lenguaje natural (*Speech to text*) y las nuevas tecnologías para comunicación máquina a máquina (*M2M*) propiciadas por los dispositivos conectados (*IoT*) que permiten entre otras cosas el uso de la información de contexto. Por ejemplo, la ubicación que aporta el *GPS* o el ritmo cardiaco que tu *Smartwatch* registra.

La *WWW* ha propiciado un intuitivo ecosistema sobre el que poder construir los servicios que presta Internet y por eso es sin duda otro de los factores determinantes de cara a la Transformación Digital. Antes de su aparición, en Internet disponíamos de un entramado de datos inmenso sin relación donde era prácticamente imposible encontrar las cosas que buscábamos.

Ahora, gracias a su rápida evolución podemos garantizar incluso la interactividad entre dispositivos, instituciones y personas a través de interfaces tan sencillas que no requieren de formación previa.

## SMARTPHONES

Hace tan solo una década, **Steve Jobs**, presentó al mundo su nuevo invento: el *Smartphone*.

Nadie era consciente de que lo que estaba presentando Jobs en ese escenario iba a cambiar de forma tan rotunda nuestras vidas.

Los *Smartphones* han colocado un potente ordenador en el bolsillo de **dos mil millones de usuarios en apenas una década** en todos los lugares del planeta y no sólo para hablar por teléfono, sino para otros muchos usos.

Usamos los *Smartphones* como cámara de fotos o vídeo, linterna, calendario, block de notas, grabadora, radio, casete, televisión, consola de video juegos, brújula, GPS, podómetro, etc. y sus usos no paran de crecer.



”

*Jobs lo definió como un teléfono con cámara, reproductor musical y un navegador para conectarse a Internet.*

Conectado a servidores las 24h del día, nuestro *Smartphone* además nos permite consultar el correo electrónico, navegar por Internet, hacer pagos, hablar con un grupo de personas, comprar y resolver en cuestión de segundos, dudas o gestiones que antes de su aparición requerían de mucho más tiempo.

**Con los Smartphones ya no se entiende el mundo como lo era antes**, ahora estamos conectados y tal es el grado de adicción que no entendemos como podíamos vivir hace unos años sin estarlo.

Su facilidad de uso, su moderado coste y su practicidad, han posibilitado una rápida introducción en todo el planeta. Antes de la aparición de los *Smartphones*, gran parte de la población desconocía el mundo de la informática a nivel usuario. La curva de



aprendizaje del uso de un ordenador hacia complicado aumentar la penetración de los mismos en determinados segmentos de población, como ocurría en las personas de edad avanzada.

Con la llegada de los *Smartphones* y sus pantallas táctiles, desaparecieron esas barreras. Ahora los usuarios disponen de un ordenador en su bolsillo que saben manejar al instante. Un ordenador con suficiente potencia para albergar decenas aplicaciones de todo tipo que les convierte en exploradores de un nuevo mundo y que además mejoran su calidad de vida.

**Por primera vez en nuestra historia tenemos desplegada una infraestructura informática móvil a nivel mundial, con miles de millones de usuarios conectados que demandan constantemente nuevos productos y nuevos servicios.**

Los *Smartphones* son indirectamente los impulsores reales de la necesidad de cambio en la industria porque han provocado a su vez la aparición de nuevos tipos de clientes. **Este hecho sin precedentes es una grandísima oportunidad.** Nuestras empresas deben aprovechar la nueva coyuntura para ofrecer productos y servicios teniendo claro que cuanta más gente use las nuevas tecnologías, mayor será el grado de digitalización necesario en sus corporaciones, puesto que las exigencias por parte de los clientes serán mayores.

## RESUMEN

La **Transformación Digital** es un largo proceso en el que estamos inmersos desde la aparición de Internet. El ecosistema digital ahora avanza de forma exponencial gracias a diversas tecnologías habilitadoras que permiten el desarrollo de nuevos productos, servicios y modelos de negocio. Los avances en las infraestructuras de telecomunicaciones, la creación de los servicios de la *WWW* y los *Smartphones* son los impulsores tecnológicos más importantes del cambio pero existen otros como; la Inteligencia Artificial, la Realidad Aumentada, el Internet de las Cosas, las Plataformas en la Nube, etc. que evolucionan a pasos agigantados y que ganarán protagonismo en los próximos años.

La sociedad actual, en la que también se encuentran nuestros clientes, se ha transformado y adaptado rápidamente a este nuevo ecosistema Digital casi de forma adictiva.

**Ahora son las empresas las que deben hacerlo si quieren sobrevivir.**

**Es el momento de establecer una estrategia a seguir para que esa transformación sea lo más rápida, eficaz y exitosa posible para nuestras organizaciones**, en un entorno social, económicamente complicado debido a la crisis mundial.

Las inversiones deben realizarse de forma ordenada y al ritmo que podamos sopor tar para que puedan rentabilizarse lo antes posible. Las posibilidades son ilimitadas debido a la gran variedad de opciones presentes en el mercado y a la velocidad con la que avanzan las tecnologías, por ello debemos de contar con expertos en la materia que entiendan nuestras necesidades y nos ayuden a subirnos a un caballo ganador.

La velocidad a la que viaja esta transformación, no la marcamos nosotros, sino que va de la mano de la propia transformación de la sociedad, de forma que no podemos quedar excluidos.

**“Excluirse del mundo digital, supone casi con toda seguridad desaparecer.”**



”

*Digital is the main reason just over half of the companies on the Fortune 500 have disappeared since year 2000.*

(Pierre Nanterme CEO of Accenture)

---

## CAPITULO 2

# **EL CLIENTE 4.0**

---

*La Transformación Digital ha provocado la aparición de un nuevo tipo de cliente mucho más exigente e informado. Son estos nuevos clientes los que indirectamente nos están obligando a cambiar nuestras organizaciones exigiendo nuevos productos y servicios*

## EL CLIENTE 4.0

Nuestro entorno está cambiando a medida que la Transformación Digital se produce. Las tiendas se han convertido en portales de compras en Internet, digitalizando los mercados. Las campañas de *marketing*, incorporan nuevos medios para llegar a los clientes, como las redes sociales. Las operaciones de venta ya no son presenciales, se realizan digitalmente desde cualquier lugar. La fidelización requiere un esfuerzo adicional que nos obliga a extender el ecosistema de nuestros productos y dotarlos de mayor valor. La volatilidad de nuestras ventas es mucho mayor. El cliente ya no es fiel y nos compra tras comparar previamente con otras opciones. Cada vez hay más competencia y más variada, hasta el punto de que **nuestros competidores pueden surgir en cualquier momento, a veces incluso sin saber ellos mismos que lo serán.**

Ante este escenario nos vemos obligados a transformarnos estratégicamente para crear nuevos productos, servicios y modelos de negocio orientados a un nuevo tipo de cliente; el **CLIENTE 4.0**. Ahora los clientes exigen disponer de información instantáneamente para resolver necesidades específicas de forma inmediata. Y como **nuestra estrategia debe centrarse en el cliente por encima de todo**, debemos atender estas exigencias de la mejor forma posible.

***“Nos enfrentamos a un escenario donde el cliente quiere comprar productos de calidad al menor coste que tengan un alto grado de personalización y los obtengan de forma inmediata desde cualquier lugar. Y esto únicamente es posible si disponemos de una empresa con un alto grado de digitalización”***



**”**

***In the new world, it is not the big fish which eats the small fish, it's the fast fish which eats the slow fish.***

(Klaus Schwab, founder and executive chairman of World Economic Forum)

Por tanto, la Digitalización es un paso obligatorio para garantizar nuestra continuidad.

***¡Pero cuidado!***  
**Digitalizarse NO CONSISTE EN ADQUIRIR TECNOLOGÍA únicamente.**  
**Ni mucho menos.**

Disponiendo de los recursos económicos adecuados, **la tecnología puede adquirirla cualquier empresa y no por ello podrá competir en el mercado con los líderes.** No se trata de comprar robots y despedir empleados para abaratar costes o de comprar el último modelo de máquina.

**“La Digitalización conlleva implícito un cambio cultural y estructural que repercute a todos los integrantes de nuestra organización, incluso a las máquinas.”**

Nos obliga a valorar si es conveniente que nuestros actuales colaboradores (a lo largo de toda nuestra cadena de suministro) nos acompañen en este viaje y en caso contrario, a establecer alianzas estratégicas con nuevos partners, para **mejorar tanto los procesos físicos como los digitales** que acontecen en nuestra cadena de suministro y a co-crear juntos nuevos productos y servicios que generen más valor al cliente.

Para conseguir implementar una verdadera Transformación Digital, necesitamos definir una estrategia válida a corto y a largo plazo (especialmente) así como marcar una hoja de ruta en la que estarán omnipresentes las nuevas tecnologías. Dependiendo del caso, nuestra organización tendrá que afrontar una importante inversión en personal, infraestructuras, dispositivos y servicios lo que conlleva un riesgo que debemos minimizar. Por ello, en la realización de estas tareas, debemos involucrar a todo el personal necesario para detectar cuáles son las capacidades a mejorar para competir en este nuevo escenario.

También debemos asumir que la transformación provocará un cambio en nuestra forma de trabajar que afectará a todas las áreas de nuestra organización. Especialmente a los empleados a pie de máquina. Tras la digitalización, los empleados tendrán acceso a muchísima más información y podrán aportar mucho know-how si se les facilitan los medios. En definitiva, **deben ser las personas que integran nuestras organizaciones, comenzando por sus líderes, las que tienen que impulsar esta transformación y contagiar al resto de miembros.**

Para minimizar los riesgos no debemos escatimar recursos a la hora de:

- *Saber dónde se encuentra nuestro valor digital. ¿En la Calidad? ¿En el Diseño?*
- *Definir los objetivos a alcanzar sin limitaciones tecnológicas.*
  - *Identificar los cambios necesarios.*
  - *Detectar barreras humanas, técnicas, económicas y estructurales.*
- *Priorizar para atender en primer lugar las funcionalidades más importantes ponderando analíticamente el coste, el tiempo de implantación y los recursos necesarios.*
- *Centrarnos siempre en el cliente para aportar más valor a nuestros productos y servicios.*

**El cliente 4.0 quiere productos con alto valor, una relación calidad-coste excepcional, los quiere para ya y a ser posible personalizados. Esto implica de forma muy general que debemos ser más ágiles, más flexibles, aumentar el valor de nuestros productos y reducir los costes globales de fabricación.**

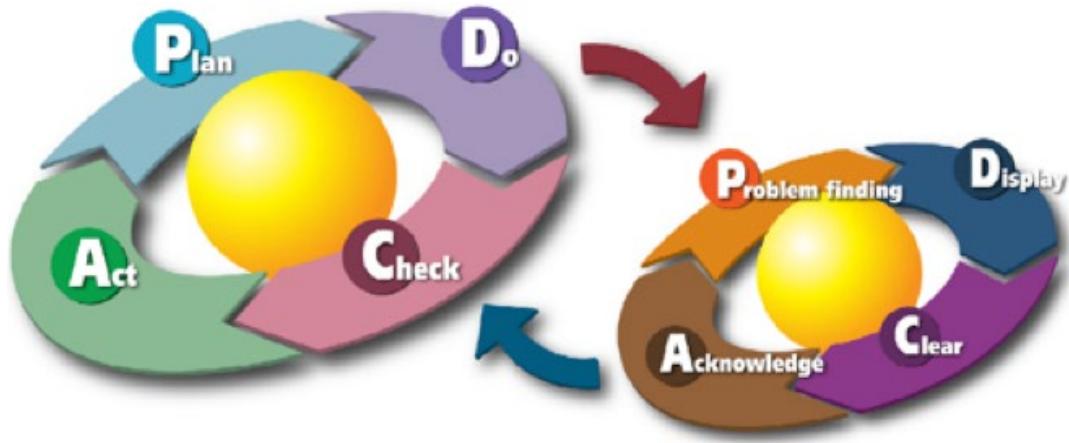
## ¿CÓMO LO HACEMOS?

Para que un producto pueda cumplir con los requisitos anteriores, debemos centrarnos en la mejora continua de los procesos que intervienen **en toda la cadena de suministro** atendiendo con especial mimo a la parte de **operaciones ya que es sin lugar a dudas la más afectada por el nuevo escenario al que denominamos Industria 4.0.**

En la mejora de los **procesos productivos**, podemos aplicar la tecnología siguiendo los principios del **Lean Manufacturing** que se basan en la mejora continua de la productividad mediante la eliminación de desperdicios y la resolución de problemas, involucrando a todo el personal de la empresa, especialmente al empleado de a pie que es quien tiene mayor capacidad para detectarlos.

Lean propone que los problemas detectados por cualquier miembro de la organización, deben sacarse a la luz para poder destinar los recursos necesarios a eliminarlos. Una vez eliminados, los conocimientos obtenidos se usarán para seguir mejorando el proceso. En paralelo Lean nos invita a usar herramientas para planificar convenientemente las acciones a realizar y establecer un plan de ejecución que nos permita comprobar rápidamente si funciona la metodología planteada, para utilizarla de forma inmediata en caso afirmativo (véase el ejemplo PDCA o *Plan, Do Check, Act* de la siguiente

figura). Los problemas se sacan a la luz, se eliminan y se aplica lo aprendido para seguir mejorando.



Círculo Deming Fte: De Karm

Las nuevas tecnologías, por ejemplo, nos sirven de gran ayuda en el proceso de mejora continua ya que, entre otras cosas, podemos disponer de herramientas de bajo coste para simular la solución antes de ser implantada definitivamente. Usarlas bajo la metodología Lean Manufacturing en la mejora de los procesos, nos ayudará a mejorar notablemente las operaciones de la Industria 4.0. ¡Pero cuidado! porque al utilizar tecnología aparecen nuevos procesos a tener en cuenta. Muchos de estos procesos a los que denominaremos **“procesos digitales”** los realizarán máquinas o “cosas” interaccionando con el mundo real y nos resultará muy complicado diseñarlos, controlarlos y perfeccionarlos si no disponemos de personal cualificado.

Esto nos lleva a la siguiente reflexión:

“*La Industria 4.0 introduce multitud de procesos digitales que quedan por definición fuera del alcance del Lean Manufacturing*

Habrá que redefinir el Lean o crear expertos en “**Lean Digital**” si queremos optimizar todos los procesos de nuestra compañía 4.0. Con el paso del tiempo, las exigencias del cliente 4.0 aumentarán y los procesos digitales cobrarán mayor importancia porque los activos de nuestra empresa en gran parte serán máquinas, robots y cosas y necesitaremos personal experto en estas materias para mantener nuestra competitividad.

**“La Inteligencia Artificial es la tecnología más útil para ayudarnos a aprender y gestionar los nuevos procesos digitales.”**

De ahí las multimillonarias inversiones que las grandes compañías tecnológicas están haciendo en *Machine Learning* y *Deep Learning* comprando a diestro y siniestro el Know-How de los mejores del sector.

Quizá éste sea el inicio de la Industria 5.0. Una era industrial donde las máquinas aprendan sin intervención humana y puedan tomar decisiones para modificar los métodos de actuación de cualquier integrante de nuestra cadena de suministro ya sea persona, máquina o cosa.

---

## CAPITULO 3

# LA INDUSTRIA 4.0

---

*Qué es la Industria 4.0, qué abarca y porqué la denominada cuarta revolución industrial es distinta a las anteriores.*

## LA INDUSTRIA 4.0

El concepto Industria 4.0 o Cuarta Revolución Industrial, popularizado por el gobierno alemán, nace a raíz de la aparición de un conglomerado de tecnologías que son capaces de fusionar lo real con lo virtual (sistemas ciberfísicos) y por tanto, capaces de transformar la industria tal y como la conocemos. Algunas de sus definiciones formales son:

“

*El concepto Industria 4.0 (también señalado como cuarta revolución industrial) corresponde a una nueva manera de organizar los medios de producción. El objetivo que pretende alcanzarse es la puesta en marcha de un gran número de «fábricas inteligentes» («smart factories») capaces de una mayor adaptabilidad a las necesidades y a los procesos de producción, así como a una asignación más eficiente de los recursos*

**Wikipedia**

“

*“El concepto de Industria 4.0 se refiere a la cuarta revolución industrial que consiste en la introducción de las tecnologías digitales en la industria”*

**Min de Economía, Industria y Competitividad**

“

*Conectar personas, negocio y cosas para integrar los mundos físico y virtual*

**Web**

“

*La Industria 4.0, se basa en sistemas ciberfísicos. Esto quiere decir que dispone de sistemas autocráticos independientes que se optimizan ellos mismos, se comunican unos con otros y que están enfocados a la optimización de la producción*

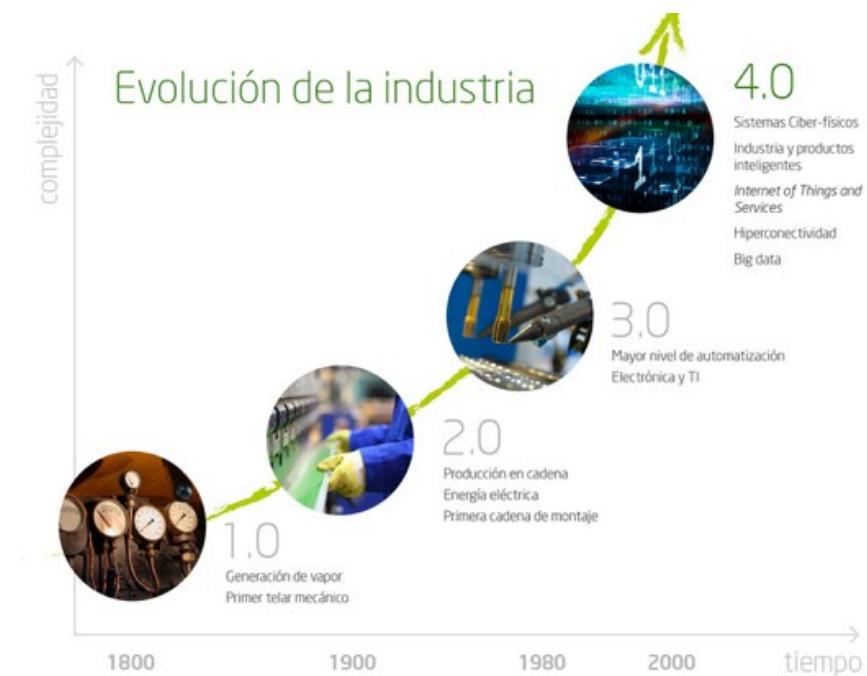
**Eckard Eberle - SIEMENS**

“

*Es la transformación completa de toda la esfera de producción industrial a través de la fusión de la tecnología digital e Internet con la Industria convencional*

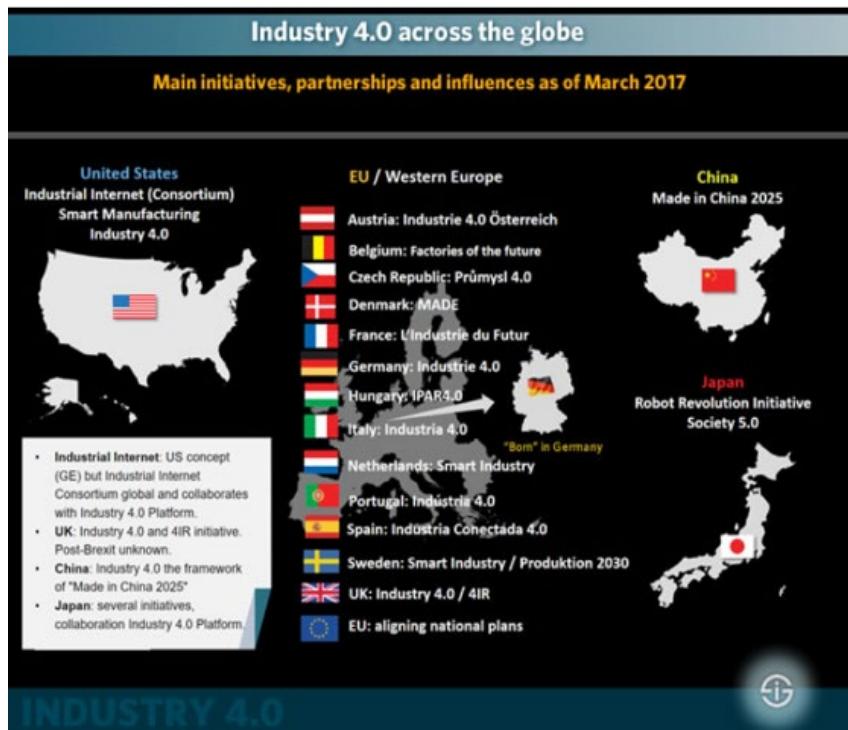
**Angela Merkel**

Independiente de la definición que más nos guste, vemos que la Industria 4.0 está estrechamente ligada con la tecnología. En ellas se habla de mejorar la producción aplicando inteligencia y conectividad en los procesos industriales (mundo OT) mediante el uso de nuevas herramientas tecnológicas (mundo IT).



Desde sus inicios han existido dos movimientos de agrupación importantes. El primero, se produjo en Alemania a través de la *Plattform Industrie 4.0* que estaba muy centrada en la parte de fabricación. El segundo, en Estados Unidos a través del IIC (*Industrial Internet Consortium*) con una visión mucho más transversal que la primera. Debido a la magnitud de la iniciativa y a la convergencia existente entre sus objetivos gran parte de las empresas se asociaron a ambas instituciones y comenzaron a colaborar para definir una arquitectura conjunta. A principios de 2016 llegaron a un acuerdo enfocado en la estandarización, la arquitectura para la “nueva” fabricación, los modelos de negocio y el papel del IoT en todo el proceso.

Estas iniciativas se han ido extendiendo por todo el planeta y no tardaremos mucho en ver la repercusión que la Industria 4.0 tendrá en nuestra sociedad. En la figura siguiente mostramos las más importantes, entre las que se encuentra La industria Conectada 4.0 de España:



Esta rápida expansión nos indica que no debemos considerar la Industria 4.0 como una palabra de moda o algo pasajero. Al igual que las revoluciones industriales anteriores,

**“La Industria 4.0 es una verdadera revolución industrial de extremo a extremo”**

Tanto es así que afecta también a proveedores y a clientes.

**“La Industria 4.0 debe abarcar todos los procesos que acontecen a lo largo de la cadena de suministro y no únicamente los procesos de producción que ejecutamos de puertas adentro.”**

Por tanto no nos apoyaremos de forma estricta en ninguna de las definiciones anteriores puesto que el ecosistema de nuestra Industria 4.0 es mucho mayor. Pasan a tener especial relevancia los proveedores y los clientes, la logística externa, el desarrollo de nuevos productos y sus servicios asociados, el talento y la creatividad de las personas y la comunicación entre todos los actores, **bien sean personas, robots, máquinas o cosas.**

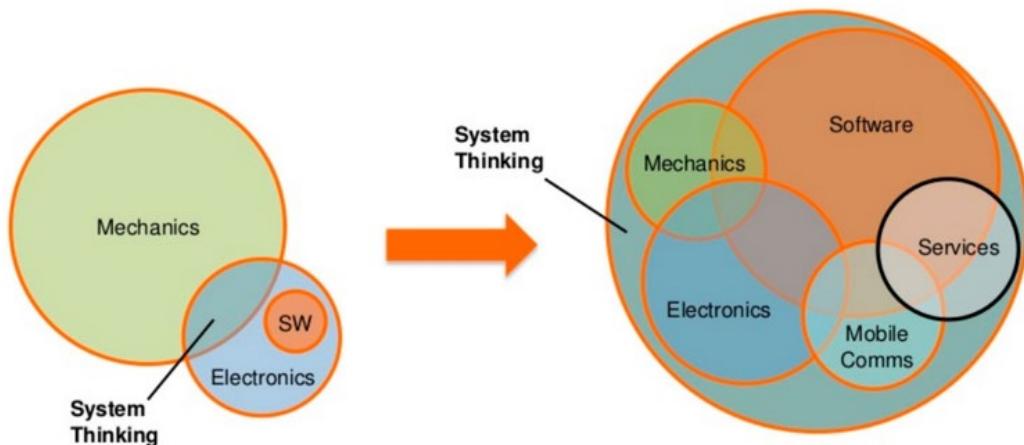


Fig.- Requisitos de los clientes y sus implicaciones

Fuente: OSGi and Java in Industrial IoT

En la Tercera Revolución Industrial, aunque predominaba la mecánica frente a la electrónica, la inteligencia llegaba de la mano de los componentes electrónicos programables. Pero existía un problema. Apenas había espacio en esos componentes electrónicos para el software.

Hoy día, la aparición de nuevos componentes electrónicos mucho más baratos que sus predecesores, de menor tamaño, con mayor conectividad, más memoria y más potencia de procesado como son los nuevos microprocesadores, ha hecho posible disponer de un diminuto ordenador en cada máquina y en cada "Cosa".

Ahora las Cosas pueden ser inteligentes gracias al software y permiten obtener valiosa información de los procesos en los que intervienen.

***"Ahora las Cosas son parte activa de nuestra organización"***

Este hecho sin precedentes supone un cambio trascendental en el mundo empresarial que puede resultar complicado de ver hoy día pero que está materializándose a una velocidad vertiginosa.

**A partir de ahora nuestras organizaciones estarán integradas por personas, robots, máquinas y cosas que estarán a su vez interconectadas con otras personas, robots, máquinas y cosas de nuestra cadena de suministro.**

Cualquiera de los integrantes de nuestra organización, puede tener inteligencia suficiente para **“publicar”** información (datos) relativa a la parte del proceso que controlan de forma autónoma y esa información puede ser utilizada por cualquier otro integrante si está **“suscripto”** a la misma o lo que es lo mismo si la necesita.

Los publicadores de información pueden ser a su vez suscriptores de esos u otros datos. Todos pueden comunicarse con todos y generarán procesos muy complejos imposibles de abordar hasta ahora.

Un buen ejemplo sería el siguiente:

**Una máquina de nuestra empresa podrá “dialogar” con una persona de uno de nuestros proveedores debido a que una “cosa” de uno de nuestros clientes ha publicado un dato.**

Para llegar a tener esta ubicuidad de información, relativa a los procesos de nuestra cadena de suministro, necesitaremos infraestructuras que permitan una interconexión total y dotarlas de la inteligencia necesaria para analizar lo que ocurre en cada momento y saber cómo actuar. Será necesario por tanto, **transmitir a través del software nuestro Know-How a los nuevos integrantes de nuestra organización, las Cosas.**



**“La Industria 4.0 es un paradigma que se está produciendo porque el Software quiere reinar también en la Industria y acabará haciéndolo porque todo lo que toca lo transforma de manera asombrosa.”**

Por tanto, algunas de las **claves del éxito de nuestra estrategia** consistirán a grosso modo en:

- *Implantar las Infraestructuras necesarias para poder comunicar todos los integrantes de nuestra cadena de suministro.*
- *Elegir los mejores Dispositivos (“cosas”) para formar parte de nuestra organización, puesto que les vamos a confiar tareas relevantes.*
- *Saber “formarlos” para poder hacer su trabajo de la manera más eficiente.*
- *Publicar los datos de forma ubicua usando un lenguaje común para ofrecer los Servicios que requieran los suscriptores.*

Y por último si se desea,

- *Almacenar y analizar la información (Big Data e IA), para que podamos optimizar al máximo los nuevos procesos digitales y nos ayuden en la creación de nuevos productos y servicios.*

---

## CAPITULO 4

# **RETOS 4.0**

---

*Los nuevos clientes, demandan nuevos productos con una excelente relación calidad-precio y además los quieren obtener de forma inmediata. Cumplir con estas necesidades requiere una importante transformación en el área de operaciones de nuestra organización.*

## RETOS 4.0

La Industria 4.0 tiene como principal objetivo adaptarse a los nuevos requisitos que marcan los clientes 4.0, es decir, productos y servicios de mayor calidad y menor coste, que dispongan de un alto grado de personalización (**flexibles**), que puedan obtenerse de forma inmediata (**ágiles**) desde cualquier lugar.

Además de los requisitos anteriores, principalmente relacionados con la parte de operaciones, existe otro, no menos importante, que involucra a todas las áreas de nuestra organización. Nos referimos a la aportación de valor. Cuanto mayor **valor** otorguen nuestros clientes al producto mayor grado de fidelización, más beneficio y mejor imagen tendremos.

Analicemos cada uno de estos retos para vislumbrar qué tecnologías serán a priori las más susceptibles de usarse en cada caso.



”

*Hay una regla para el empresario y es: hacer los productos con la mayor calidad posible al menor coste y pagando unos sueldos lo más altos posibles.*

Henry Ford (1863 - 1947)

### CALIDAD

Aumentar la calidad de nuestros productos y servicios supone a grosso modo evitar los rechazos y las reclamaciones por parte de nuestros clientes. Dicho así parece una tarea fácil pero no lo es en absoluto. Si además diversificamos y aceleramos la producción, como exigen los clientes, nos va a resultar muy difícil mantener o mejorar nuestro nivel de calidad.

Cualquier error de fabricación debe detectarse cuanto antes ya que si no podemos tirar a la basura toda una partida de producto, de forma que ante cualquier error, un sistema de alerta nos informará a la vez que actuará para evitar la conformidad del proceso.

Necesitamos producir correctamente y a ser posible, desde la primera hasta la última pieza. Para ello debemos disponer de toda la información relativa al proceso productivo en tiempo real de una forma clara y práctica. Por tanto, debemos evitar en la medida de lo posible, trabajar únicamente con la información monolítica que proporcionan los autómatas programables y dotar a nuestros procesos de la modularidad que otorga el IoT.



”

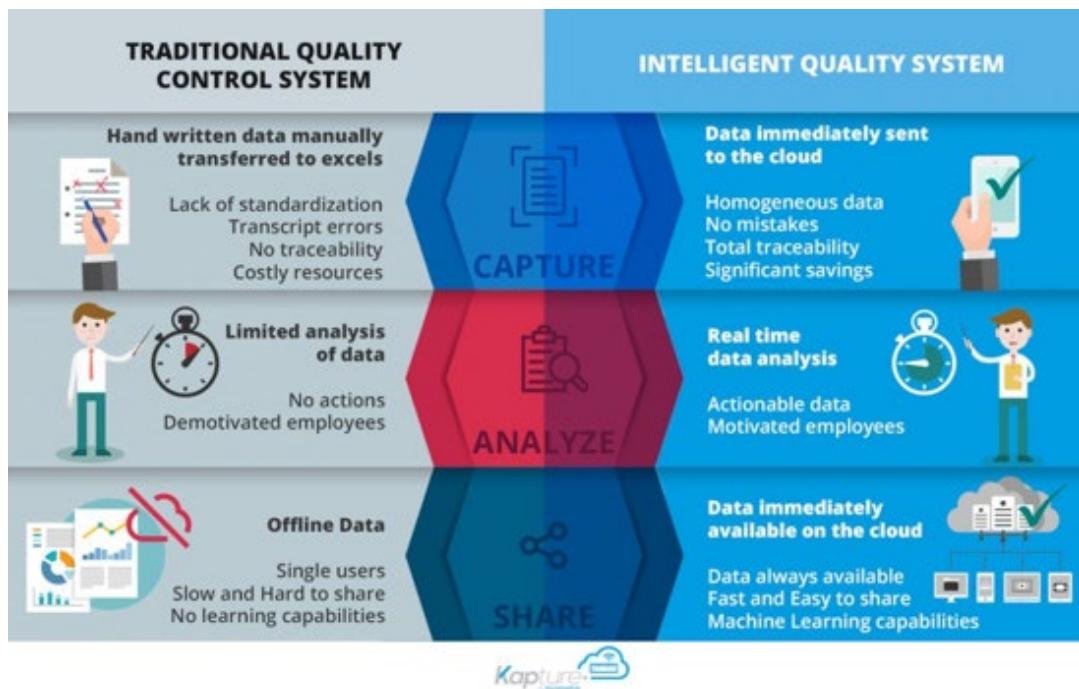
*If better is possible, good is not enough.*

Benjamin Franklin (1706 – 1790)

Multitud de tecnologías pueden aportar mejoras sustanciales en la calidad de nuestros productos. Citaremos algunas de ellas:

- **Sistemas de Control** para visión artificial o sensores IoT interconectados, pueden ser buenos aliados para la detección temprana de errores.
- **Sistemas MES** (Manufacturing Execution System) o **MOM** (Manufacturing Operations Management) que reportan en interfaces hombre-máquina (HMI) muy visuales datos sobre los procesos y otros relativos al *ERP* (Enterprise Resource Planning) necesarios para el control de la calidad.
- **Sistemas de Realidad Aumentada** que permitirán a nuestros operarios el acceso a datos útiles desde cualquier parte de la empresa para comprobar que todo está correcto.
- **El uso de dispositivos Wearables** (vestibles) como Smartwatches que permiten por ejemplo avisar rápidamente a todo el personal implicado ante una alarma de malfuncionamiento en una máquina o un paro en la producción.
- **Sistemas embebidos** como Arduino, Raspberry, etc. en combinación con sensores o indicadores luminosos que permiten implementar económicos sistemas a prueba de errores (*Poka Yoke*) hechos a medida para solventar errores repetitivos y difíciles de controlar.
- **Sistemas Expertos** que trabajarán en background aprendiendo mediante algoritmos de Machine Learning para a posteriori controlar y diagnosticar exhaustivamente los procesos.

Y por último, infraestructuras en la nube (Cloud Computing) para almacenamiento y manipulación de los datos.



Comparativa sistemas de calidad

Fte: [measurecontrol.com](http://measurecontrol.com)

## COSTE

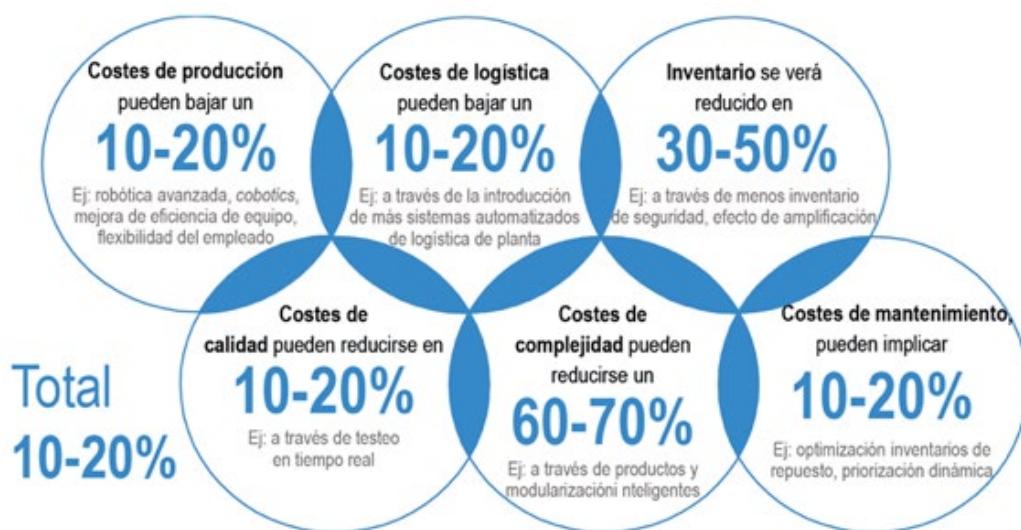
Para reducir el coste de nuestros productos podemos recurrir a diversas estrategias (reducción materia prima, cambio en proveedores, etc.) no obstante, **la Industria 4.0 se centra en la de reducir los costes de producción** y por tanto así lo haremos en esta guía. Dependiendo de distintos factores, reducir el coste de producción de nuestros productos un 10% puede suponer un beneficio igual a vender hasta un 70% más. Por ello, una **inversión en Industria 4.0 es más rentable a priori que cualquier otra inversión debido a que conlleva una ganancia asegurada y que perdurará a lo largo del tiempo**, mientras que las campañas de marketing por ejemplo, si bien pueden hacer que vendamos mucho más del 70% tras su despliegue, no nos garantizan el mantener el status alcanzado a lo largo del tiempo.

**“Una empresa con menores costes de producción es mucho más competitiva que su competencia”**

Llegado un momento de apuros donde sea necesario bajar los precios para competir la empresa con menores costes de producción podrá sobrevivir. En situaciones de calma, donde el margen sea mayor, también tendremos mayor ventaja que nuestra competencia si producimos con menor coste, puesto que nuestros beneficios podrán ser usados para aumentar la ventaja competitiva reinvertiendo por ejemplo en innovación, marketing, infraestructuras, recursos humanos, etc. mientras que nuestra competencia no podrá hacerlo.

Según el Instituto Fraunhofer la aplicación de las tecnologías para convertir nuestra organización en una Industria 4.0 puede llegar a alcanzar importantes cuotas de eficiencia y por tanto una importante reducción en los costes.

Ganancias de eficiencia en plantas digitales.



Fte: [planningmanufacturing.com](http://planningmanufacturing.com)

Reducir el coste del producto manteniendo el nivel de calidad, implica en gran medida disminuir el coste de los procesos de la empresa. Por ello, todos los procesos de nuestra organización deben ser **Eficaces** en satisfacer las expectativas del cliente, **Eficientes** al utilizar los recursos, **Controlados** para conocer su estado y poder modificarlos al instante en caso de ser preciso e **Interconectados** para poder combinarlos de cualquier forma.

La mejora de los procesos está directamente relacionada con auditar y reportar las operaciones para tener trazabilidad en tiempo real, pero si aplicamos las nuevas tecnologías también jugará un papel importante la sensorización y analítica de los datos (Big Data e Inteligencia Artificial) para disponer por ejemplo de un buen sistema de mantenimiento predictivo. Las interfaces de usuario inteligentes (Smart HMI), la predicción (Machine Learning), los Smartphones, la Realidad Aumentada, son herramientas excelentes para presentar y manipular información del mundo industrial (OT) conectados de la mano del IoT, tanto de los procesos internos, como de cualquier otro que acontezca a lo largo de nuestra cadena de suministro, y su uso, permite aumentar nuestra productividad y reducir los desperdicios.

**Desperdicio es todo aquello que forma parte del producto y por lo que el cliente no está dispuesto a pagar aunque suponga un coste para la empresa.**

Portanto hay que disminuirlos tanto como nos sea posible. A continuación expondremos como podemos abordar con tecnología la reducción de los mismos:

La **Sobreproducción**, mediante la sincronización ágil con la demanda (herramientas Web, integración con el **ERP** corporativo) y conociendo las previsiones a futuro (**Inteligencia Artificial**),

Los **Inventarios** mediante la integración digital con nuestros proveedores y nuestra red de distribución a través del uso de Plataformas Colaborativas en la Nube,

Los **Movimientos** a través del uso de sistemas de **Machine Learning** para reducir recorridos y optimizar almacenes,

Los **Retrabajos** usando dispositivos **IoT**, como sensores inteligentes o sistemas de control embebidos, para la detección temprana de anomalías,

Las **Esperas** mediante herramientas de comunicación ágiles, la anticipación de información sobre el transcurso de los procesos y la presentación de la misma en Interfaces de usuario prácticas (**Human Machine Interfaces**) como por ejemplo unas gafas de realidad aumentada o una Tablet,

El **Sobreproceso** optimizando los tiempos de procesado mediante sensorización y **Machine Learning**,

El **Transporte** y desplazamiento de materiales mediante vehículos de guiado automático (**AGV**) y sistemas de identificación y trazabilidad avanzada.

La supervisión de los procesos por sistemas electrónicos e informáticos inteligentes, nos ayudará a paliar muchos de los desperdicios visibles, pero también pueden ser de vital importancia en otros ocasionados fuera de la cadena productiva y que pueden provocar costes importantes a nuestra organización (especificaciones inadecuadas de trabajo, falta de piezas, exceso de stock, cumplimiento en los plazos de entrega, resolución de reclamaciones, trabajos urgentes, retoques, etc.).

Por último, debemos pensar también en cómo aplicar las nuevas tecnologías para reducir costes derivados del servicio técnico, la seguridad personal y los mantenimientos. Estos costes suelen ser relevantes y aunque están relacionados directamente con el control de los procesos y la disminución de los desperdicios, vistos en los párrafos anteriores, requieren en muchos casos la implementación de sistemas que han de ser diseñados a la medida de nuestras necesidades.



”

*Nada es menos productivo que hacer de forma más eficiente cosas que no deberías hacer.*

Peter Drucker

## AGILIDAD

El cliente 4.0 quiere las cosas para ya. Miles de ventas diarias se ganan o se pierden en base a la rapidez del servicio. Importa la calidad, el coste, pero también la rapidez en la entrega. Gran parte de éxito de gigantes como Amazon ha sido la rápida respuesta que ofrecen. De hecho Amazon está dentro de una categoría “especial” en el ranking que anualmente publica la consultora Gartner sobre las cadenas de suministro. En apenas unos minutos tienes lo que quieras pagando un poco más.

Quizá la necesidad de ser ágiles sea la propiedad de la Industria 4.0 más relacionada con la tecnología pues nos obliga a reducir todo lo posible el plazo de entrega de

nuestros productos y afecta a toda nuestra cadena de suministro.

### **La información es la clave.**

Debemos estar totalmente interconectados con nuestros proveedores a través de Plataformas Colaborativas en la Nube que informen con la mayor antelación posible de cuáles serán nuestras necesidades futuras para que siempre nos lleguen los suministros a tiempo, a los puntos de entrada correctos y ordenados de la mejor forma posible.

En el interior de nuestra empresa, debemos tener al personal informado del estado de los procesos a través de interfaces de usuario sencillas para darles a conocer los posibles cambios anticipadamente, agilizar la producción y obtener el producto con la mayor calidad en el menor tiempo posible. Para ello debemos interconectar, en la medida de nuestras posibilidades, la parte de gestión (ERP en muchos casos) y la comercial (CRM en muchos otros) con la de producción a través de un sistema inteligente que evalúe las posibilidades productivas en ese momento y decida qué hacer, según sean los pedidos entrantes una vez analizadas todas las posibilidades. **Cuanto menor sea el tiempo necesario para responder a los cambios en la demanda, mayor será nuestra agilidad.**

En el caso de disponer de Robots, las nuevas órdenes de fabricación podrán transmitirse automáticamente a través de nuestra red para ser actualizados al instante. Si además esos robots son móviles, como son los vehículos de guiado automático o AGV (Automatic Guided Vehicle), usaremos nuestra infraestructura de redes inalámbricas WLAN, para transmitir la información y reprogramarlos al instante remotamente y de manera segura.

Fuera de los muros de nuestra empresa, la interconexión también debe ser total hasta que el producto llegue a las manos del cliente e incluso después. Las Plataformas en la nube serán el punto de enlace con nuestros distribuidores para conocer sus previsiones de ventas y anticiparnos a la demanda. En ellas será posible usar la Inteligencia Artificial, trabajando en background, para agilizar y optimizar nuestra logística, seleccionando la mejor opción para el conjunto de la cadena de suministro.



”

*La clave del éxito en los negocios está en detectar hacia dónde va el mundo y llegar primero.*

Bill Gates

También monitorizaremos nuestros puntos de venta virtuales, para conocer cómo se ha efectuado el proceso de compra y el valor que perciben los usuarios finales de nuestros productos y servicios. Podremos saber por qué lugares se mueve exactamente un cliente, qué elementos toca y qué le llama más la atención en nuestras páginas web. Las nuevas *Webtools* generarán los denominados Mapas de Calor que nos permitirán extraer información, de lo que les gusta a nuestros clientes y de lo que no, para estar informados sobre las nuevas tendencias y **anticiparnos** a la competencia.

Una vez realizada la venta, tendremos que ser **ágiles** cuando el cliente nos necesite con objeto de fidelizarle. En caso de requerir información adicional, los clientes podrán consultar nuestro website interactivo o a un experto que les ayudará en lo que necesiten, aunque no será necesario porque les habremos facilitado herramientas tan intuitivas que nuestros productos podrán usarse en segundos sin la necesidad de manuales.

## FLEXIBILIDAD

Flexibilidad se define como la capacidad para adaptar nuestros productos (y por tanto nuestra organización) con facilidad a las diversas circunstancias, situaciones o necesidades del momento. En la Industria se distinguen entre **cuatro tipos de flexibilidad principales:**

- *En el Volumen*, que consiste en la capacidad de producir gran número de productos personalizados y únicos.
- *En la Fabricación*, que se define como la capacidad de producir diferentes componentes sin reorganizar la producción.
- *En la Estética*, que consiste en la capacidad de la compañía para ofrecer una amplia variedad de productos a sus clientes.
- *En la Entrega*, que se define como la capacidad de la empresa para explotar la velocidad en la entrega del producto.

Todos los tipos de flexibilidad anteriores, están estrechamente ligados a la tecnología desde hace décadas, por ello, aunque las nuevas tecnologías puedan aportar importantes mejoras sobre todas ellas, únicamente nos centraremos en aquellas que han añadido funcionalidades disruptivas en este requisito como son la Impresión

3D y la Realidad Aumentada. Ambas como veremos, pueden proporcionarnos gran flexibilidad estética.

La Impresión 3D posibilita la creación de piezas a medida sin necesidad de moldes que antes eran imposibles de fabricar o muy costosas.

**Ahora podemos combinar colores, materiales y formas como nunca antes fue posible.**

La Realidad Aumentada, por otra parte, permite interactuar con el producto en fase de diseño (virtual) dentro de su entorno real, para modificarlo las veces que sea preciso antes de fabricarlo.

Por ello, muchas veces será conveniente replantearnos el diseño integral de nuestros productos, realizando prototipos en impresión 3D y visualizando su comportamiento a través de sistemas de Realidad Virtual, antes de fabricarlos en serie. Usando estas tecnologías, nuestra área de diseño podrá concebir los nuevos productos atendiendo a que puedan personalizarse estéticamente.

Pero cuidado, la flexibilidad es una vía de diferenciación con nuestra competencia pero también un requisito que entraña elevado riesgo.

**Ser flexible no consiste en disponer del mayor catálogo del mercado sino en ofrecer una gama de productos y servicios originales dentro de un precio razonable. La flexibilidad mal ejecutada puede castigarnos fuertemente pues nos obliga a disponer de mayor stock, mayor interconectividad, aumenta la complejidad de los procesos y por tanto induce a más errores en la producción.**

Aun así, disponer de productos flexibles puede catapultarnos a lo que se denomina nuestro **“Océano Azul”**. Si ofrecemos productos diferentes, con mayores posibilidades, probablemente ocuparemos un segmento del mercado que nuestra competencia no pueda o no sepa ocupar. Tendremos posibilidad de obtener más margen de beneficios, pues nuestro producto es único y para él no existe competencia.

Con objeto de que la flexibilidad no merme nuestra productividad o al menos le afecte lo menos posible, **las opciones de personalización deben realizarse en la parte final del proceso productivo**. Tanto es así que muchas veces es conveniente fabricar productos semiacabados que sean todos iguales (a falta de un “toque” final)

y a partir de los mismos construir las opciones de personalización. De ese modo, entre otras muchas ventajas, se estandariza más la producción (menos coste) y se cometen menos errores (mayor calidad).

Por último, cabe destacar que tras la aparición del IoT y su aplicación a los nuevos productos ha surgido un nuevo tipo de flexibilidad sin precedentes a la que denominaremos, **Flexibilidad Funcional**.

***“El IoT ha hecho aparecer la Flexibilidad Funcional en la Industria 4.0 que permite la interacción del usuario con el producto para modificar su funcionamiento.”***

El área de I+D por tanto, podrá aportar flexibilidad funcional a nuestros productos, incorporando en su diseño las posibilidades que ofrece el IoT para dotarlos de conectividad e inteligencia y catapultarnos a nuestro “Océano Azul”. Ahora es posible comunicarnos con los productos y modificar su funcionamiento, para que puedan comportarse de una forma u otra según deseemos, desde cualquiera de nuestros dispositivos conectados, como por ejemplo, a través de nuestro Smartphone.



Basta añadir un pequeño módulo de comunicaciones, varios sensores o un microprocesador para aumentar enormemente las opciones de personalización de un producto y facilitar su uso.

***“El uso del IoT permite transformar nuestros productos en interactivos y hacer que su comportamiento sea radicalmente distinto.”***

Debemos estar seguros de la conveniencia de añadir flexibilidad funcional a nuestros productos ya que supone incrementar su coste de fabricación además de introducir más controles de calidad y nuevos procesos productivos. A cambio, nuestro producto será más atractivo para el usuario porque le habremos añadido valor.

## VALOR

Además de cumplir los cuatro requisitos anteriores; calidad, coste, agilidad y flexibilidad, debemos dotar a nuestros productos y servicios de mayor **Valor**. El grado de valía que un cliente otorga a nuestros productos o servicios es sin duda **el factor más relevante a la hora de decantarse por nosotros o por nuestra competencia**.

Mientras que los requisitos anteriores estaban estrechamente relacionados con los procesos, es decir con el área de Operaciones, **el valor es un requisito mucho más transversal y debe construirse mediante la colaboración de todas las áreas de nuestra organización**. Diseño, I+D, Ventas, Marketing, Asistencia técnica, Servicio Postventa pueden aportar ideas que creen gran valor y que por tanto hagan inclinarse al cliente por nuestras soluciones.

El Valor es muy complicado de medir aunque a veces se representa como el resultado de aplicar a los requisitos anteriores la siguiente relación:

$$Valor = \frac{\text{Calidad} + \text{Agilidad} + \text{Flexibilidad}}{\text{Coste}}$$

En mi opinión esta interpretación numérica, aunque puede servir como base de medida, no es del todo correcta puesto que existe una parte subjetiva en el valor que otorgamos a las cosas. El cliente 4.0 también podrá encontrar valor en cualquiera de las propiedades de nuestro producto, color, forma, tamaño, consumo, materiales, conectividad, ergonomía, accesorios, etc. incluso percibirá más o menos valor dependiendo de su estado emocional, del momento en que esté dispuesto a comprar y otros factores condicionantes. Por ello es conveniente **estimular la interacción con los clientes a través de los medios digitales, para conocer por qué motivo nos eligieron o nos descartaron y mejorar así nuestra oferta**.

Una parte importante de la información de nuestra organización está fuera de la

misma. Hay que estar atentos a los comentarios en las redes sociales, tanto de nuestra organización como de nuestra competencia, pues es fundamental conocer las opiniones de los clientes.

En los nuevos productos y servicios, debemos contemplar la posibilidad de aportar valor diseñando productos disruptivos **centrados en el cliente** mediante, por ejemplo, el uso de técnicas **Design Thinking** y **Lean StartUp** para la generación de un prototipo rápido, al que se le denomina Mínimo Producto Viable y que nos permite saber, con mucha certeza, el grado de aceptación que tendrán nuestros productos antes de salir al mercado, realizando la mínima inversión posible.



Requisitos de los clientes y sus implicaciones

Fte: Elab. Propia

Pequeños módulos IoT junto a una capa software suelen ser una buena combinación para generar valor, pues dotan de vida a muchos de los nuevos productos. En estos casos, el software con el que los acompañemos debe ser cuidadosamente elaborado atendiendo a la practicidad y la facilidad de uso.

Hoy día, gracias a las App (aplicaciones para Smartphones) cualquier organización, por extraño que nos resulte, dispone de un software para sus productos, bien sea para dotarlos de interactividad como para poner en marcha nuevos modelos de negocio, basados normalmente en el pago por uso.

**Las Apps expanden el ecosistema de los productos.** Usan información textual o multimedia, para interactuar con ellos, aprender a usarlos, programarlos e incluso repararlos. Muchas empresas ahorran grandes sumas de dinero gracias al uso de una App, pues reducen drásticamente los recursos necesarios para ofrecer sus servicios de atención al cliente. Este es el caso de los bancos, las aseguradoras, las casas de apuestas y un largo etcétera. Los clientes, sin ser conscientes de ello hacen parte del trabajo que antes realizaba el personal de estas empresas.

La inversión en el desarrollo de un ecosistema del producto está más que justificada en muchos casos porque al **digitalizar los servicios los clientes hacen parte del trabajo a la vez que ofrecen valiosa información a la empresa para generar nuevos productos, servicios y modelos de negocio.**

---

## CAPITULO 5

# LA CADENA DE SUMINISTRO 4.0

---

*La industria 4.0 debe servir para optimizar el intercambio de información con nuestros proveedores y el análisis del dato de nuestros clientes, pues engloba a todos los agentes de nuestra cadena de suministro. Para ello, los datos deben de “publicarse” de forma ubicua para que los “suscriptores” que los necesiten puedan usarlos.*

## LA CADENA DE SUMINISTRO 4.0

Una **cadena de suministro** está formada por todos aquellos procesos involucrados de manera directa o indirecta en la acción de **satisfacer las necesidades del cliente**.

Como hemos visto anteriormente, las necesidades de los Clientes 4.0 son muy exigentes, además de volátiles, por lo que será muy complicado conocer con exactitud hacia dónde irán las tendencias futuras de nuestro mercado. La incertidumbre a la que nos enfrentamos nos obliga a replantearnos nuestro escenario de trabajo de extremo a extremo para aumentar nuestra versatilidad, es decir, nuestra capacidad de adaptación.

El nuevo escenario impone la necesidad de trabajar en un entorno con mucha incertidumbre que requiere dedicar nuestro máximo esfuerzo en conseguir una compenetración total entre todos los agentes de nuestra cadena de suministro y eso sólo se consigue si disponemos los unos de los otros, de información en tiempo real de los procesos. Si no es así, ante cualquier cambio no llegaremos a tiempo para reaccionar.



**“**

*We didn't do anything wrong, but somehow, we lost.*

Stephen Elop – Former Nokia CEO

A lo largo de esta sección, con objeto de no extendernos demasiado, consideramos que nuestra cadena de suministro está compuesta por nuestros **proveedores o partners, nuestra organización** de puertas adentro (incluyendo la logística de entrada de materiales y la de salida de producto acabado) y los clientes.

La siguiente figura pretende reflejar de manera esquemática como se realiza el intercambio de información entre todos los agentes que intervienen en una cadena de suministro actual. Las flechas bidireccionales coloreadas en azul representan de forma general los flujos de información con el exterior de la empresa. Como podemos observar, todavía a día de hoy sigue existiendo una comunicación directa (vía teléfono o correo electrónico) con los proveedores mientras que para comunicarnos con los clientes (que se conectan al Website corporativo) utilizamos Internet. Las líneas más delgadas en azul oscuro, representan los flujos de información de cada departamento con el servidor central que es donde residen las aplicaciones de gestión (ERP, CRM) y se almacenan los datos.



Flujo de Información en las industrias actuales

Fte: Elab. Propia

En la parte inferior de la figura observamos los dos flujos principales de una cadena de suministro; **el flujo de materiales**, que consiste en cómo la empresa convierte las materias primas en producto acabado, que fluye de izquierda a derecha (de proveedores a clientes) y el **flujo de información**, que fluye en sentido contrario principalmente, es decir, desde los clientes hasta los proveedores y consiste en utilizar la información de las ventas para optimizar los procesos, organizar la producción e informar a nuestros proveedores de nuestras necesidades.

Aunque los dos flujos son importantes y están estrechamente relacionados, este último, el flujo de información es de vital importancia si queremos cumplir con las exigencias del Cliente 4.0. **La información, como hemos comentado anteriormente, es fundamental para poder alcanzar la competitividad exigida hoy día.** Disponer de la información adecuada y con suficiente antelación nos permite cumplir con los retos que exigen los nuevos clientes.

Excepto en sectores, como puedan ser el de la alimentación (productos frescos) y la automoción (aun así hay muchas excepciones), no estamos convenientemente conectados con nuestros **proveedores**. No sabemos muy bien cómo trabajan, ni ellos

conocen cómo lo hacemos nosotros. Los pedidos muchas veces se realizan a través de una llamada telefónica o mediante correo electrónico, con tarifas desactualizadas y referencias obsoletas que son una fuente de problemas constante. Tampoco sabemos con exactitud cuándo nos llegará la mercancía ni cómo ha sido dispuesta en el vehículo que las transporta, si se ha modificado alguna cosa respecto a la última vez que solicitamos un pedido, el tiempo que ha estado almacenada antes de servirse, etc.

Si ese es nuestro caso, es el momento de **sentarnos con nuestros proveedores para conocerse mutuamente y aportar ideas que generen valor para ambas partes.** Tendremos que estudiar en profundidad qué datos serán necesarios compartir e implementar una infraestructura de telecomunicaciones común que permita intercambiarlos en tiempo real, pues será la única forma de caminar hacia la industria 4.0 y competir con garantías de éxito. Habremos realizado bien el trabajo de integración cuando entre nosotros y nuestros partners no sea necesario realizar consultas telefónicas, enviar correos o intercambiar papeles. La integración debe ser tal que podamos conocer cualquier dato que necesitemos al instante el uno del otro prácticamente sin que nadie intervenga.

**De puertas adentro** también tenemos importantes problemas con la información. Normalmente disponemos de un servidor central que almacena los datos más importantes y donde residen las aplicaciones de gestión. Sólo una parte de nuestro personal tiene acceso al mismo y la información suele estar parcelada y protegida por departamentos de forma que el dato que pertenece a un área permanece oculto a las demás, aunque sea necesario para la correcta marcha de la organización. También suele ser habitual que una hoja de datos Excel en el ordenador de una persona de la empresa sea el único lugar donde podemos encontrar un dato que buscamos.

Estos hechos deben alertarnos de que en nuestras organizaciones la información no está bien estructurada pues el dato no está accesible de forma inmediata y se pierde mucho tiempo buscándolo. La búsqueda de datos, además de repercutir en el coste del producto, provoca la pérdida de la agilidad que demandan los nuevos clientes. Por tanto, **o cambiamos nuestra forma de manipular la información o corremos el riesgo de perder clientes.**

Otras veces, parte de los datos relevantes para controlar un determinado proceso están en una máquina o un PLC al que no tenemos acceso porque el fabricante ya no existe o nos quiere cobrar una importante suma de dinero por proporcionárnoslo. Este es un problema grave del que tenemos que tomar nota para evitar que se repita en el futuro. Mientras tanto debemos plantearnos conseguir, sea como sea, poner esos

datos a disposición de los usuarios incluso si el fabricante se niega a proporcionarnos una vía de comunicación, usando vías alternativas (siempre que sea posible), como por ejemplo las que proporcionan los sistemas embebidos actuales. Estos potentes y económicos dispositivos, actuando junto a sensores, permiten digitalizar parámetros de una forma elegante, aportando incluso mayor rapidez y precisión, que las herramientas del propio fabricante.

Por último, con respecto a los **clientes**, la situación es también bastante grave. La mayor parte de nuestras empresas piensan que con disponer de una página web con una tienda electrónica, en el mejor de los casos, es suficiente.

Pues no. No basta.

**La información que generan nuestros clientes es la más valiosa y no la podemos dejar escapar.**

Debemos conocer qué es lo que buscan exactamente los potenciales clientes, lo que les gustaría mejorar de nuestro producto o lo que les ha inclinado a comprarnos. Por ello hay que destinar recursos para “sensorizar” nuestro website incorporando herramientas de análisis en el mismo y participar en ellas activamente en Redes Sociales para informar, comentar y recoger ideas. Los datos obtenidos por las herramientas web (Webtools) usadas, dependiendo del volumen y del tipo, podrán ser analizados mediante técnicas de Big Data para ayudarnos a mejorar nuestra oferta.

En nuestro camino hacia la Industria 4.0, debemos considerar a nuestra organización como el actor principal de una cadena de suministro, en la que intervienen otros agentes (proveedores y clientes) que al interactuar con ella generan multitud de procesos, que aunque se realicen de puertas afuera, deben ser estudiados y optimizados para nuestra mejora continua, pues nos repercuten directamente. El estudio de mejora no sólo debe contemplar hacer lo que más nos beneficie a nosotros directamente ya que puede darse el caso de que una determinada mejora, beneficie a una parte de nuestra cadena de suministro, pero perjudique en mayor medida a otras y en ese caso no deberá llevarse a cabo.

**“El Ecosistema de la Industria 4.0 trabajará sin descanso para mejorar nuestros productos y servicios continuamente atendiendo a la Mejora Global.”**

Veámoslo con un ejemplo:

Supongamos que necesitamos una determinada materia prima urgentemente y que ésta nos puede ser suministrada por dos de nuestros proveedores con la misma calidad. Uno de ellos, tiene el precio algo más barato que el otro, pero tardará más tiempo en servirlo, mientras que el segundo lo tiene en stock. El proveedor más barato, dependiendo de la urgencia, sería la opción elegida por nuestro responsable de compras si no tuviese más información en su poder, pero gracias a las tecnologías 4.0 sabe que uno de nuestros camiones regresa ese mismo día, pasa próximo al segundo proveedor y dispone de suficiente espacio libre para cargar el material.

Las tecnologías para la Industria 4.0 nos permiten aprovechar toda la información disponible para resolver casos como éste exitosamente y nos recomendarán elegir al segundo proveedor como suministrador para este caso, ya que de ese modo, ahorraremos dinero al evitar los portes, no incurriremos en posibles penalizaciones por posponer la entrega al cliente, o lo que es aún mejor, no nos arriesgaremos a paralizar la producción.

En consecuencia, en la Industria 4.0, **la información necesaria** para poder controlar, estudiar y mejorar los procesos, no puede permanecer oculta. Debe ser **“publicada”** instantáneamente y de forma **ubicua**. A medida que un proceso se está ejecutando, se debe informar a todos los **“suscriptores”** afectados por el mismo, y sólo a ellos, de su estado, independientemente de que sean personas, robots, máquinas o cosas. De ese modo todos los integrantes de nuestra organización tendrán a su disposición la información que necesitan para realizar correctamente su trabajo.

**Las ventajas de disponer de la información usando este método son claras.**

Supongamos que los valores “publicados” por un sensor de temperatura pueden ser útiles tanto para nuestro departamento de operaciones como para el de mantenimiento. Mediante el uso del método de publicación-suscripción, serán los propios afectados los que demandarán suscribirse a los datos del sensor para poder usarlos ya que los mismos se encuentran publicados en un registro accesible.

El flujo de información de nuestra cadena de suministro cambiará radicalmente (véase figura siguiente). El área de Dirección por ejemplo, actuará básicamente como suscriptor de los datos del resto de áreas, comercial, operaciones, etc. mientras que los datos de logística serán publicados principalmente informando del estado del transporte. En el resto de áreas existirá información viajando en todos los sentidos,

todos deberán publicar los datos de interés que posean para ser recibidos al instante por los interesados.

**“En la Industria 4.0, los datos siempre están accesibles y podemos suscribir a los mismos a quienes queramos en cada instante”.**



Información en las industrias actuales Fte: Elab. Propia

Mediante el proceso de publicación-suscripción descrito, todos los agentes que integran nuestra cadena de suministro, siempre que estén autorizados, podrán acceder a los datos que necesiten instantáneamente y representarlos por ejemplo en forma de gráficos y tablas (dashboard) personalizados. Los nuevos protocolos de comunicaciones para el IoT (MQTT, CoAP, etc.), han sido implementados para garantizar la entrega de esos datos, optimizando los recursos necesarios en nuestras redes hasta desembocar en un Gateway (puerta de enlace) que los envíe a la Nube donde serán almacenados y procesados.

Por tanto, debemos ser extremadamente cautelosos a la hora de seleccionar las infraestructuras, los dispositivos y los protocolos a usar ya que normalmente generaremos un importante volumen de datos que muchas veces tendremos que analizar en tiempo real y puede resultar muy complicado y costoso si no se optimiza convenientemente.

Para terminar de construir nuestra nueva cadena de suministro 4.0 necesitamos integrar también a los clientes. Una vez terminado el producto en nuestra Industria 4.0, debemos proporcionar a los clientes vías de comunicación ágiles para comprar, reparar, consultar sobre nuestros productos y servicios al mismo tiempo que puedan opinar sobre ellos o sugerir nuevos cambios. Tenemos que destinar recursos a encontrar los mecanismos que permitan que el contacto cliente-empresa sea recurrente y para ello debemos utilizar herramientas que nos ayuden a diagnosticar su comportamiento.

**Dispondremos de una Industria 4.0 cuando todos los integrantes de nuestra cadena de suministro bien sean personas, robots, máquinas o cosas, tengan a su alcance la información que necesiten cuando la necesiten.**

---

## CAPITULO 6

# **ORGANIZACIONES 4.0**

---

*La Transformación Digital conlleva importantes cambios en el modo de funcionamiento de nuestras organizaciones y todas las áreas se verán afectadas en mayor o menor medida. ¿Cuáles serán los cambios más significativos?*

## ORGANIZACIONES 4.0

### PROVEEDORES



**Las relaciones con nuestros proveedores deben establecerse sobre las bases Win-Win, todos ganan, pues son nuestros aliados.**

El nuevo escenario exige compartir infraestructuras e información estratégica y no será sostenible si no hay confianza plena.

Debemos aprovechar que conocen mejor que nosotros la parte de la cual nos proveen y pueden ayudarnos a mejorar nuestros productos, incluso a descubrir el componente mágico a integrar en los mismos, para acceder a nuestro Océano Azul.

También debemos apoyarnos con nuestros *partners* a nivel logístico, para que la sincronización del flujo de materiales sea perfecta y podamos reducir costes. Para ello, debemos tener información exacta de la llegada de cada uno de los materiales que necesitamos para fabricar nuestros productos, debiendo llegar en el momento preciso que vayan a usarse, con objeto de disminuir inventario.

Mediante la utilización de sistemas de posicionamiento y trazabilidad, optimizaremos también la organización de las materias primas en almacén, reduciremos stocks y utilizaremos menos papel. Para ello podemos disponer de sistemas de tracking (geolocalizadores) que permiten conocer en todo momento dónde se encuentran los materiales, desde que salen de las instalaciones del proveedor hasta que llegan al cliente final. De esa forma, dispondremos de una alerta temprana de entrada o salida de mercancías, que nos será de utilidad, para liberar los efectivos necesarios de sus tareas actuales y atender la carga o descarga de mercancías en el momento exacto.

En resumen, debemos disponer de una comunicación ágil con nuestros proveedores pues en la Industria 4.0 aprovecharemos esa información para disminuir nuestros costes y por tanto aumentar nuestro margen. Para ello será necesario montar un sistema de intercambio de información ad-hoc instantáneo y no intrusivo con cada uno de ellos donde puedan publicar o suscribirse a la información que necesiten para optimizar los procesos.

**Las Plataformas Colaborativas en la Nube, han sido concebidas para ejercer esa función, entre otras cosas, pues permiten intercambiar de manera sencilla, datos relativos a los sistemas de gestión y producción de todas las empresas que integran nuestra cadena de suministro. Es la forma más eficaz, segura y económica de optimizar procesos entre compañías, de organizar nuestra producción, informar con antelación de nuestras necesidades, disminuir los stocks y agilizar los plazos de entrega.**

## CLIENTES

**Los clientes, por el hecho de que son mucho más volátiles que los proveedores, deben ser exhaustivamente analizados.** Debemos obtener información en cada uno de los puntos de contacto que el cliente tiene con nuestra organización, directa o indirectamente, en todo el ciclo de vida del producto. A ser posible **antes, durante y después de realizar la compra.**

De esta manera, podremos tener datos objetivos, para conocer cuáles de nuestros clientes son potenciales, el marco temporal de nuestra relación, los canales que usa para interaccionar con nosotros (presencial, web, teléfono, mail, WhatsApp, App, RSS, etc.) y qué acciones ha realizado ya para saber qué tipo de acciones posteriores podemos llevar a cabo (recomendación, suscripción, renovación, cancelación, etc.) con objeto de crear valor para aumentar su fidelidad.



Siempre que sea posible, **debemos invertir talento y recursos para anticiparnos en el tiempo y prever posibles necesidades futuras en nuestro ámbito.** De ese modo, seremos capaces de ir aportando más y más valor en línea con la demanda y construir servicios sólidos alrededor de nuestros productos (ecosistema), que nos proporcionen ingresos recurrentes y por tanto mayor estabilidad.

Haremos uso entonces de herramientas Web (*Webtools*) que trabajarán en *background* en nuestro *Website* con tienda Online, Apps para Smartphones, en las Redes Sociales, usaremos Blogs de soporte, hardware de bajo coste como Etiquetas Inteligentes (*Smart Tags*) y en el mejor de los casos la Conectividad *IoT* para nuestros



productos. Debemos proporcionarles a nuestros clientes facilidades para localizarnos rápidamente si nos necesitan, resolver cualquier incidencia, obtener el producto o servicio al instante y pagar desde cualquier medio. Tras el pago del producto, como dijimos con anterioridad, se debe fomentar la creación de un fuerte vínculo empresa-cliente mediante la aportación de valor. Este vínculo, será el paso previo para la creación de servicios con garantías de éxito, asociados a nuestros productos.

Los *Dash Button* son un interesante ejemplo de dispositivos que interrelacionan empresas con clientes a través del *IoT*. Consisten en un pequeño módulo de comunicación Wifi con un botón imantado, con el logo y el nombre del producto en cuestión, el cual se coloca normalmente en la puerta de nuestra nevera y permite comprar el producto con tan sólo pulsar sobre él. De esta forma el fabricante consigue fidelizarnos al simplificar el acceso a sus productos y ampliar su ecosistema generando un nuevo servicio.

**“Los clientes no comprarán bicicletas ni coches, comprarán servicios de movilidad. No comprarán comida, comprarán servicios de alimentación”.**

## NUESTRA ORGANIZACIÓN

El principal objetivo de nuestra organización será el de centrar nuestros productos y servicios en el Cliente 4.0 en una **estrategia convenientemente a largo plazo** y eso implicará realizar muchos cambios en todas las áreas de la misma y a todos los niveles de los cuales destacaremos los siguientes:

### Dirección de la empresa

Debe ser la propulsora de la Transformación Digital, la Dirección debe involucrar a toda la organización y aportar los recursos necesarios, internos o externos, para definir su estrategia digital. Será necesaria la aportación y el consenso de todos los miembros para que los cambios a realizar estén muy claros y se efectúen con la mayor eficacia.



”

*La gente trabaja mejor cuando sabe cuál es el objetivo y porqué hay que conseguirlo.*

Elon Musk - CEO Tesla Motors

Respecto a las relaciones con los proveedores, la **Dirección debe fomentar la cooperación** empleando recursos para conocernos en profundidad mutuamente. Deberán llevarse a cabo reuniones con los proveedores en aras de planificar los datos a intercambiar sobre los procesos de ambas empresas, la forma de hacerlo y conocer las implicaciones que estos cambios tendrán sobre los procesos. Para ello, todos tenemos que hablar un lenguaje común.

**Si hablamos el mismo lenguaje que nuestros proveedores evitaremos errores a la hora de intercambiar información o implantar sistemas de trazabilidad por ejemplo.**

Con nuestros proveedores de maquinaria y tecnología (PLCs, robots, dispositivos IoT, servicios de comunicaciones, software, etc.) además, debemos asegurarnos de obtener las herramientas necesarias para comunicarnos con sus sistemas. La tecnología avanza a pasos agigantados y cada cierto tiempo tendremos que actualizar nuestras versiones. Nuestro personal experto deberá comprobar que la comunicación con los mismos es **sencilla, completa, estándar y abierta** preferiblemente.

Sólo de esa forma, podremos aprovechar al máximo las funcionalidades de nuestros

equipos. El nuevo escenario es muy exigente requiere agilidad y eso implica, comunicación en tiempo real y ubicuidad en la información.

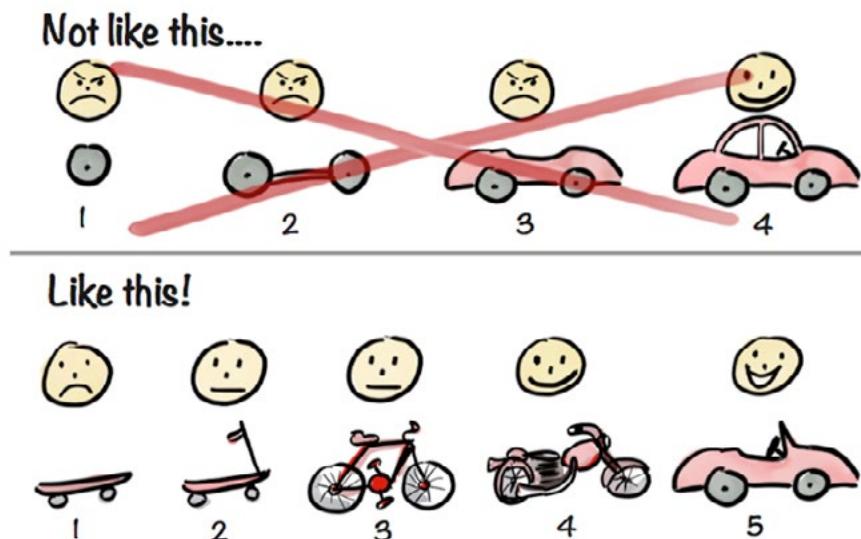
**“Debemos evitar en la medida de lo posible la inversión en sistemas propietarios que nos cautiven ante cualquier necesidad futura”.**

La Dirección, también debe propiciar la implantación de sistemas que permitan conocer cómo son las relaciones con nuestros clientes en todo momento. Al fin y al cabo, nuestros clientes son los “dueños” de nuestra organización. Nuestro *Website*, nuestra presencia en las redes sociales o nuestro blog, nos nutrirán de datos, que una vez analizados mediante las *Webtools* apropiadas y técnicas Big Data si es preciso, nos permitirán tomar decisiones de mejora.

De puertas adentro (aunque también puede aplicarse a nuestros proveedores), la Dirección deberá eliminar la búsqueda de culpables ante un problema y fomentar en su lugar que los problemas salgan a la luz y sean perseguidos y erradicados, poniendo todos los recursos necesarios para ello. Los operarios aquí, jugarán un papel fundamental pues son los que mejor conocen los procesos a pie de máquina. Todo nuestro personal debe conocer que al eliminar problemas aumenta nuestra productividad y por tanto seremos más competitivos.

Otra importante tarea de la Dirección, siempre en línea con la creación de valor, será impulsar la creación de nuevos productos o funcionalidades de los mismos. Las metodologías ***Design Thinking*** y ***Lean StartUp*** combinadas pueden ser una buena forma de hacerlo. Junto a un nutrido grupo de personal de distintas áreas, la Dirección coordinará encuentros para exponer ideas que permitan adelantarnos al presente y visualizar el escenario futuro. Los nuevos productos deberán ser confeccionados sin atender a posibles limitaciones tecnológicas. Cuando la concepción esté totalmente clara, trataremos de construir un modelo MPV (Mínimo Producto Viable) que pueda ser validado por el mercado (clientes) lo antes posible y si los resultados son satisfactorios, proteger su propiedad industrial convenientemente. Será una forma de asegurar nuestra continuidad futura y escalar posiciones en el mercado.

Vemos en definitiva, que los cambios son relevantes y giran en torno al aprovechamiento de toda la materia gris de la empresa mediante la empoderación de los operarios, el trabajo en equipo, la explotación de los datos de los procesos y la creación de nuevos productos.



Las decisiones tecnológicas cobrarán mayor importancia en las decisiones de la organización y serán muy delicadas. Por ello recomendamos incorporar a los puestos directivos una nueva figura en la dirección que sea la responsable de llevar a cabo nuestra Transformación Digital (en estos momentos se identifica con el Chief Digital Office o CDO). Su trabajo inicial consistirá en gran medida en detectar las necesidades de las distintas áreas y relacionar las que involucran a varias de ellas para que se implementen soluciones a gusto de todos. Para ello tendrá que estudiar las infraestructuras necesarias en base a los objetivos marcados, los dispositivos a incorporar y los servicios de información que serán requeridos. **La clave es tener la información y la información en la Industria 4.0 debe tenerla todo aquel que la necesite.**

En este sentido, la Dirección de la empresa deberá disponer de acceso a los índices generales de la compañía así como al rendimiento global de la misma. Deberá conocer, desde cualquier lugar los datos sobre las últimas ventas realizadas por cada uno de los canales usados, la tendencia a futuro, el coste de elaboración de los productos, el stock, los indicadores de rendimiento, las incidencias de mayor importancia por si hay que tomar decisiones urgentes para resolverlas, etc.

Para ello, actuando como suscriptor de los datos de la empresa la dirección dispondrá de un Dashboard, para visualizar estos datos generales, que debe configurarse en base a su gusto. De una forma muy visual podrá saber dónde y cuándo debe intervenir.



Ejemplo Pantalla Dashboard

Fte: Web

Será necesario en muchos casos, incorporar datos de nuestro software de gestión empresarial o ERP (*Enterprise Resource Planning*). Si es así, debemos asegurarnos que los mismos estén en un formato estándar, para trasladarlos al nuevo entorno bien sea un sistema MES (Manufacturing Execution System), MOM (Manufacturing Operations Management) o bien una Plataforma en la nube.

Por último, otra tarea que debe liderar la dirección de la empresa es la comunicación con el exterior. La dirección debe ser muy cautelosa a la hora de decir cosas que no podemos cumplir, hacer falsas promesas o generar falsas expectativas. **Si pensamos que no vamos a poder cumplir con total seguridad lo que decimos, es mejor no comunicarlo.** En una sociedad hiperconectada las mentiras salen rápidamente a la luz y posiblemente seremos duramente castigados en las redes sociales.

## Área comercial

El área comercial, en la cual incluimos marketing y ventas, sufrirá también importantes cambios en las organizaciones 4.0. Ahora el consumidor final accede a opiniones de otros clientes que han comprado con antelación nuestro producto o similares y a productos elaborados en cualquier parte del mundo, con tan sólo conectarse a Internet.

Las ventas mediante visitas presenciales a clientes cada vez serán menores, por lo que podremos dedicar parte del tiempo de nuestro equipo comercial a formar parte activa de las Redes Sociales para fidelizar clientes, estudiar las estrategias de nuestra competencia, atender cuestiones en nuestro *Website* o nuestra tienda online y analizar tendencias para colaborar en el desarrollo de nuevos productos.

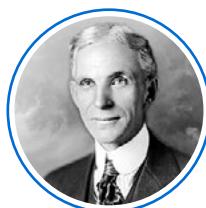
Debido a la importancia de la opinión de los clientes, en los últimos años ha aparecido la figura del *Community Manager* que es la persona encargada de crear, gestionar y dinamizar nuestra comunidad de usuarios en Internet. A ésta figura se le asigna la tarea de escuchar para crear y distribuir contenidos de valor así como detectar líderes en la organización para que nos representen en las Redes Sociales. Tareas a las que debemos prestar mucha atención en nuestras organizaciones 4.0.

En la Industria 4.0, el área comercial podrá disponer en todo momento de información acerca de la planificación de la producción con objeto de tener claros los plazos de entrega de los nuevos pedidos. A veces el desconocimiento de este dato, nos obliga a introducir cambios indeseados en nuestras líneas de producción, que aumentan sustancialmente nuestro coste. Del mismo modo, puede resultar necesario tener un conocimiento exhaustivo de nuestro stock en tiempo real, para facilitar la salida de producto almacenado un largo periodo de tiempo y elaborar ofertas sobre el mismo llegado el caso.

El área de marketing por otra parte, debe estar muy relacionada con el área de nuevos productos (diseño e investigación principalmente) para aportar valor en la creación de los mismos y centrarlos en el cliente.

Nuevas herramientas como el IoT y la Realidad Aumentada pueden dotar a nuestros productos de la “chispa” adecuada para diferenciarnos de la competencia, pero deben estar en línea con la demanda y las tendencias del mercado.

En resumen **el área comercial sobretodo debe centrarse en la generación de valor** para nuestros productos participando activamente en la creación de un ecosistema de servicios alrededor de los mismos para fidelizar clientes.



”

*Sólo hay algo peor que formar a tus empleados y que se vayan... No formarlos y que se queden.*

Henry Ford



”

*Forma bien a la gente para que pueda marcharse, trátalas mejor para que para que no quieran hacerlo..*

Richard Branson – Virgin



”

*Si crees que la formación es cara... prueba con la ignorancia.*

Derek Bok – ex Rector Harvard University

### Atención al cliente y servicio postventa

Del mismo modo los servicios de atención a nuestros clientes deben de ser reconducidos para aportar más valor. Rapidez en la atención, simplicidad en la instalación, actualizaciones periódicas, etc. son vías para aumentar la fidelidad de nuestros clientes. En caso de tener algún problema, deben sentirse atendidos al buscarles una solución de forma inmediata. Las nuevas herramientas Web, como los *Chatbots*, podrán actuar como asistentes personales para atenderles al instante y filtrar sus solicitudes por tipo de necesidad.

En aquellos casos en los que nuestro producto sea más complejo de instalar de lo habitual o simplemente queramos aportar un toque de modernidad a los mismos, podemos elaborar vídeos de puesta en marcha, reparación o realización de tareas de mantenimiento usando técnicas de Realidad Aumentada (AR). Nuestros colaboradores y nuestros clientes mediante el empleo de unas gafas AR, podrán visualizar y ejecutar paso a paso, el procedimiento a seguir o ser guiados remotamente por nuestros expertos.

Para finalizar, nuestro servicio de soporte y atención al cliente debe contemplar la posibilidad de realizar mantenimiento remoto preventivo (IoT) y predictivo (Machine Learning) de nuestros productos, es decir, obtener información de cómo funciona el producto en todo momento y adelantarnos a una inminente rotura, advirtiendo a tiempo al cliente del peligro existente. Dependiendo del tipo de producto, estas funcionalidades permiten generar mucho valor, pues pueden llegar a evitar paros prolongados en la línea de producción.

## CAMBIOS EN LAS ÁREAS DE LA ORGANIZACIÓN

### **Dirección: (VALOR)**

- Abanderar la Transformación.
- Mayor relación con proveedores y clientes.
- Impulsar nuevos productos, servicios y Modelos de negocio (pago por uso).
- Herramientas de Análisis de Inform. en t. real para Monitorización Cadena de suministro.
- Liderar acciones de comunicación sin mentir.

### **Atención al Cliente: (VALOR)**

- Uso de Redes Sociales, Chats, Video.
- Herramientas R. Aumentada para fidelización de clientes.

### **Comercial: (VALOR)**

- Atención a la Opinión de los clientes.
- Descubrir Necesidades y Tendencias.
- Diseñar estrategias de Fidelización.
- Apoyo en la creación de nuevos productos.
- No mentir.

### **Operaciones: (CALIDAD, COSTE, AGIL.)**

- **FLEXIBILIDAD** en la fabricación.
- Optimización Procesos Fabriles.
- Control Cadena de Suministro
  - Logística, Trazabilidad
  - Flujo nivelado de materiales
  - Reducción Inventarios y Stock
  - Sincronización

Fig.- Cambios en la Organización

Fte: Elab. Propia

## Área de operaciones

En el área de operaciones se concentran la mayor parte de los procesos denominados industriales: Calidad, Logística, Recursos, Producción y Fabricación. Y por tanto será normalmente el área que genere y necesite más información.

El Gerente de operaciones es el responsable de la planta de producción y por tanto de que se cumplan varios de los requisitos, que como decíamos, el cliente demanda. La **calidad** mediante la eliminación de defectos y la reducción de los desperdicios, el **coste** mediante la mejora continua de los procesos, la **agilidad** gestionando los recursos de la cadena de suministro adecuadamente y la **flexibilidad productiva** mediante la modificación de los procesos fabriles cuando sea necesario.

En la industria 4.0, el área de operaciones continuará siendo la que más información use pero ahora además, han aparecido nuevos integrantes electrónicos inteligentes que monitorizan procesos digitales de forma reactiva a los que debemos supervisar también.

**Los dispositivos IoT instalados en planta, los brazos robóticos, los AGVs serán nuevos integrantes del área de operaciones en la Industria 4.0.**

La programación y supervisión de las tareas que ejecutan todos estos nuevos agentes, será realizada por personal cualificado, debido a que existirán muchos procesos complejos en los que intervendrán simultáneamente cosas, máquinas y robots, que no debemos dejar fuera de nuestro control.

Tenemos que asegurarnos de que nuestro personal conozca en detalle cómo acceder a su reprogramación y ajuste en caso de ser necesario, si no queremos dejar que una empresa externa controle en parte nuestro proceso productivo. Necesitamos personal con avanzados conocimientos en las tecnologías implantadas durante nuestra transformación para el ajuste fino de los procesos digitales y para el control de la producción en tiempo real.

Ahora nuestra mejora continua dependerá en gran medida de los procesos digitales y necesitaremos esa información para realizar un ajuste más fino de los procesos. Con esa valiosa información, tendremos acceso a la calidad a partir de las primeras piezas, eliminaremos retrabajos, optimizaremos movimientos, los cambios de producción se realizarán de la forma más eficiente y un largo etcétera.



“

*Cuando la información se organiza, surgen las ideas.*

Jim Rohn

Para ello, la información que generan los nuevos activos debe ser ubicua, es decir, estar accesible para quien la requiera. Los datos generados por todos los activos presentes en cada uno de los procesos formarán parte de un histórico valiosísimo para conocer de forma analítica nuestro proceso productivo que, al ser convenientemente analizados, podrán dirigir las acciones correctivas a realizar.

Veremos que este hecho afecta directamente al área de IT/Mantenimiento que debe redefinirse en la Industria 4.0 para poder continuar dando el soporte necesario al área de operaciones. Ahora, además de responsabilizarse de los cambios físicos necesarios para el buen funcionamiento de las máquinas, deberá encargarse de programar y cambiar valores de parámetros para realizar el ajuste fino de todos los procesos digitales.

Reducir el coste de las operaciones de la empresa debe ser uno de los objetivos más importantes de la transformación pues nos permitirá disponer de la ventaja competitiva necesaria para poder invertir en investigación, maquinaria, personal, etc.

**El área de Operaciones tiene un peso muy elevado en nuestra organización 4.0 porque es la responsable de dotar a nuestros productos de una excelente calidad, un coste muy competitivo y agilidad y flexibilidad en la producción al mínimo coste.**

### Nuevos productos

En esta área englobamos Investigación y Diseño. Aquí es donde se gestan los nuevos productos, su composición, sus funcionalidades y su aspecto. Ahora no basta crear el producto pensando en cómo será fabricado a posteriori sino que además, vamos a tener que pensar en crear un ecosistema alrededor del mismo para generar valor. Para ello, podemos hacer uso de metodologías **Agile** o **Design Thinking**, que ha sido concebida para desarrollar innovación centrada en las personas y por tanto en la potenciación de los aspectos de nuestros productos que generan más valor al cliente.

En **Design Thinking** lo importante es que la experiencia de compra del usuario sea extraordinaria y para ello son muchas las cosas que a priori podemos cambiar. El uso de dispositivos IoT comunicados e interactivos, aporta en muchos casos agradables experiencias.

¿Se imagina una taza sobre la que en su superficie podamos leer la temperatura del líquido que contiene? ¿Y una maceta que autogestione el agua de su riego?

Estos son algunos ejemplos de cómo el IoT puede dotar a los productos de nuevas funcionalidades que atraigan a los consumidores. A veces basta algo más simple, como por ejemplo permitir al cliente personalizar una de las piezas del producto, para que éste no dude en adquirirlo.

En la Industria 4.0, los nuevos productos podrán ser rápidamente prototipados sin la necesidad de fabricar moldes mediante una impresora 3D que formará parte del departamento de diseño y dispondrán de interactividad con los usuarios gracias a los módulos de comunicaciones estándares (Open Hardware) que incorporarán.

El uso de tecnologías Open podrá servirnos para tener a nuestro servicio una comunidad entera de desarrolladores Firmware, mejorando continuamente sus funcionalidades y construyendo un ecosistema más amplio, que permita implementar nuevos modelos de negocio sobre ellos.

Ocurre lo mismo con el software de alto nivel de nuestros productos, que suele desarrollarse para ser ejecutado en nuestros *Smartphone* (*Mobile Apps*).

También podemos aumentar las posibilidades de estas Apps, invitando a nuestros clientes a generar valor. Para ello, necesitamos proporcionarles unas *API* (*Application Programming Interface*) que consisten en herramientas de desarrollo software (que permiten la creación de nuevos servicios y la mejora de los que ofrecemos) y un entorno (*Blog*) a través del cual, puedan comunicarse para aprender unos de otros.

Esta estrategia, cada vez adoptada por más compañías, permite incorporar materia gris gratuita que nos ayudará a vislumbrar nuevas posibilidades para nuestros productos, a veces imposibles de imaginar en el seno de nuestra organización. Además, este método de creación de valor resulta extremadamente útil también, para la contratación de nuevo personal con **talento** adquirido en nuestras soluciones.

Una vez nuestros productos dispongan de un ecosistema que posibilite servicios sobre el mismo, podemos pensar en la generación de nuevos modelos de negocio basados en el pago por uso. Este método, por ejemplo ha hecho que compañías como *Uber* y *AirBnB* sean las empresas más grandes del sector del taxi y de los servicios de alojamiento respectivamente, sin disponer de un solo vehículo ni de apartamentos.

Siempre que podamos establecer un modelo de negocio de pago por uso por nuestros productos o servicios, eliminaremos barreras de compra y tendremos más opciones para fidelizar al cliente.

**“El área de Nuevos Productos además de aportar flexibilidad estética y funcional es la que más valor puede aportar a nuestros productos”.**

### **It / mantenimiento**

Cada vez necesitaremos más personal con conocimientos en tecnología en nuestras organizaciones 4.0, pues ahora las integran “cosas” inteligentes y muchos de los procesos son digitales. Además de servir de apoyo al resto de integrantes en las tareas comunes relacionadas con nuestros (ordenadores, impresoras, website, redes sociales), el departamento IT deberá velar por nuestra ciberseguridad. Cada día los ciberataques son más numerosos y elaborados y no podemos dejar que nuestra organización presente talones de Aquiles que permitan que se detenga ante un ciberataque. Será necesario auditar nuestro sistema informático a medida que vamos añadiendo opciones de comunicación con el exterior para que no disponga de vulnerabilidades que permitan tener el control del mismo a personas ajenas a nuestra organización.

El nuevo departamento de apoyo IT/Mantenimiento también tendrá una importante parte digital relacionada directamente con la producción. A medida que vayamos transformando nuestra organización en una Industria 4.0, esta área será tendrá mucho más peso en la misma, puesto que se encargará de conocer la ubicación del dato y de saber cómo manipularlo a nuestro antojo para mejorar los procesos o visualizarlos.

Para que nuestros técnicos IT puedan mejorar las prestaciones de nuestras nuevas infraestructuras, necesitarán conocer las tipologías de las redes empleadas, la configuración de los nuevos dispositivos enrutadores y los protocolos que intervienen

en el intercambio de información. Asimismo, tendrán que conocer qué servicios de los que ofrece el *Cloud Computing* son más interesantes para realizar una determinada tarea, cuáles son los más económicos y cuándo es conveniente que el dato no viaje a la Nube y se procese de puertas adentro. Serán los responsables de manipular los datos y, si estos requieren velocidad de proceso en tiempo real, de aplicar las nuevas técnicas de *Big Data*. Llegado el caso, entre sus tareas estarán también las de servir de apoyo al área de mantenimiento en la implantación de un sistema de mantenimiento predictivo aplicando *Machine Learning*.

**“La tarea principal del área IT será la de transmitir nuestro Know-How a los nuevos integrantes de la empresa”.**

A veces somos extremadamente temerosos de que nuestros datos (los capturados por sensores por ejemplo) no viajen a la nube por miedo a que nos los “roben” y sin embargo, le damos a conocer todo nuestro *Know How* sobre el proceso productivo, a técnicos de empresas externas, para que lo implementen en los dispositivos que instalan. Debemos ser meticulosos en este sentido teniendo muy claro qué datos son relevantes e intransferibles y cuáles no. Los datos intransferibles, deberán estar a disposición de nuestro personal técnico, para ser modificados cada vez que sea necesario, en base a la experiencia adquirida para mejorar los procesos. Si no los conocemos y no disponemos de la posibilidad de modificarlos tendremos que depender de técnicos externos para hacerlo con todas las desventajas competitivas que ello supone.

**“En la Industria 4.0 el área de IT/Mantenimiento será una parte muy importante a considerar para disminuir el coste de nuestros productos y servicios”.**

### Transformación digital

Con objeto de aislar las tareas más significativas relacionadas con la Transformación Digital, hemos añadido un área con el mismo nombre. De esta forma pretendemos remarcar la necesidad de destinar recursos para atender convenientemente las nuevas tareas que aparecerán durante y tras el proceso de transformación digital de nuestra organización.

Como comentamos anteriormente, **las decisiones tecnológicas, ahora son estratégicas y debemos ser conscientes de que no son tareas sencillas ni puntuales**

**y que vamos a tener que destinar recursos a las mismas para su mantenimiento y mejora.**

Entre las tareas del área de transformación digital destacaríamos:

**- La selección de aquellas Infraestructuras, Dispositivos y Servicios necesarios para alcanzar nuestros objetivos a largo plazo.**

Debemos construir una organización totalmente interconectada con su cadena de suministro que pueda crecer sin realizar cambios significativos.

Para ello **es conveniente diseñar nuestro proyecto de transformación en su conjunto** y a partir del diseño global ir descomponiéndolo en subproyectos más simples. Muchos de estos subproyectos tendrán partes que serán comunes (o muy similares) y partes que serán exclusivas de cada uno.

Comenzaremos de abajo a arriba, al igual que se construye un edificio, diseñando los cimientos (telecomunicaciones, redes, servicios cloud, protocolos), los pilares (sensores, PLC's, sistemas embebidos, gateways, etc.) y por últimos los acabados (servicios de almacenamiento, analítica de datos, visualización, etc.) evitando, por escasez de tiempo o presupuesto, tratar cada subproyecto por separado, pues resultará más costoso e ineficiente.

**- Control de la ubicuidad de los datos para que la información pueda fluir de publicadores a suscriptores además de controlar el almacenamiento de la misma para su posterior análisis en caso de ser preciso.**

Esta tarea es también primordial para el buen funcionamiento de nuestra organización 4.0. Ni debemos perder datos relevantes ni debemos tomar más de los necesarios. Optimizar la utilización de los datos además de ser complicado requiere mucho tiempo si de verdad queremos explotar a posteriori la información con éxito. Las técnicas de *Big Data* y *Machine Learning* únicamente consiguen buenos resultados cuando los datos son de calidad. En ese caso, podremos utilizarlos para la creación de nuevos servicios y modelos de negocio.

**- Optimización de los nuevos Procesos Digitales.**

Hemos comentado que la transformación digital trae consigo la automatización de procesos muy complejos en los que no existe intervención humana y por tanto quedan

por definición fuera del alcance del Lean. Estos procesos a los que denominamos digitales cada vez serán más numerosos y más complejos y abarcarán toda nuestra cadena de suministro. Por consiguiente, en parte, quedarán fuera del área de operaciones tal y como la conocemos.

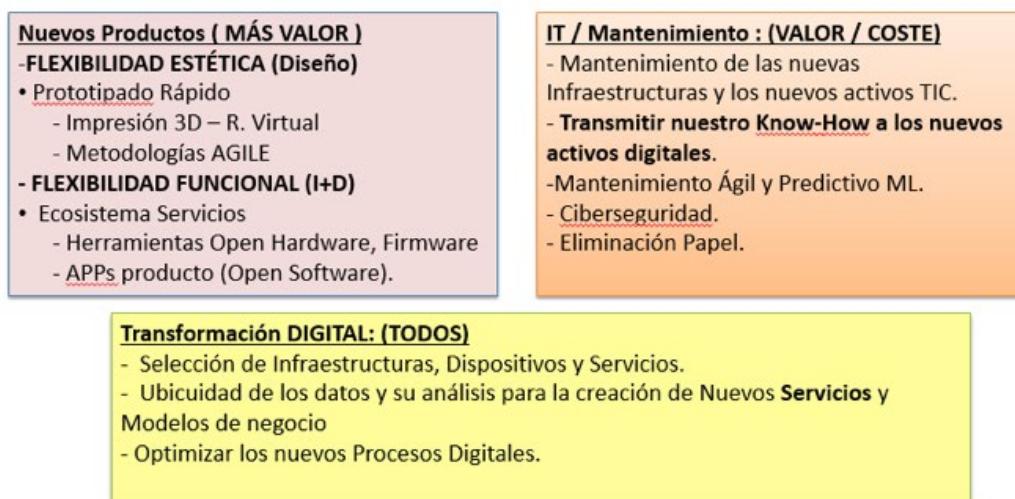


Fig.- Cambios en la Organización II

Fte: Elab. Propia



En nuestra transformación hacia la Industria 4.0 se requerirán también cambios en el resto de áreas (Recursos Humanos, Administración,...) de la empresa pero no las vamos a tratar aquí porque entendemos que no tendrá tanta transcendencia como tiene en las expuestas anteriormente.

*Cambios más relevantes a experimentar por nuestra organización.*

Fte: Elab. Propia

En resumen **nuestra organización** tendrá que experimentar un cambio cultural orientado a la mejora continua global de toda nuestra cadena de suministro con una estrategia a largo plazo centrada en **el cliente 4.0** y eso implicará realizar muchos cambios entre los cuales queremos destacar los siguientes:

- 1.** Será necesario disponer de una excelente formación y recursos en tecnología a todos los niveles y en todas las áreas.
- 2.** No debemos escatimar recursos a la hora de tomar decisiones tecnológicas puesto que en el proceso de transformación estas decisiones son estratégicas.
- 3.** Máquinas, robots y “cosas” son los nuevos activos de nuestra organización pues son capaces de ejecutar tareas de forma autónoma gracias al software. Inicialmente tendremos que transmitirles mediante programación nuestro Know-How para funcionar correctamente y más adelante las pautas para aprender a mejorar. Por tanto debemos tener la puerta abierta a hacerlo tantas veces como sea necesario sin intervención de terceros siempre que sea posible.
- 4.** Muchos de los procesos serán digitales de forma que únicamente podremos gestionarlos y avanzar hacia la mejora continua si disponemos de conocimientos en las tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0.
- 5.** La tecnología será la vía más rápida para avanzar hacia la mejora Global de nuestra cadena de suministro pues sólo a través de ella podremos disponer de la información necesaria para interconectar todos los procesos de la misma.
- 6.** Nuestra organización debe centrarse en estudiar la posibilidad de crear nuevos productos con un completo ecosistema de servicios alrededor de los mismos que permita aportar valor añadido a los clientes.

---

## CAPITULO 7

# TECNOLOGÍAS 4.0

---

*La tecnología es el gran catalizador para alcanzar la Transformación Digital en nuestras organizaciones, en la segunda parte de esta Guía veremos qué infraestructuras, dispositivos y servicios están disponibles según nuestros objetivos.*

## TECNOLOGÍAS 4.0

A lo largo de la primera parte de esta guía hemos hablado en innumerables ocasiones de tecnología. A medida que exponíamos un nuevo tema lo relacionábamos con las tecnologías que podían ser aplicadas para realizar mejoras en nuestra cadena de suministro. En este apartado, al que hemos denominado Tecnologías 4.0, describiremos aquellas que han sido calificadas como habilitadoras para la industria del futuro, aunque como veremos no resulta tarea fácil, puesto que a medida que escribo estas líneas, probablemente hayan surgido nuevos avances.

Nuevas plataformas, nuevas librerías de programación, nuevos módulos de comunicaciones, nuevos algoritmos, nuevas herramientas de diseño, nuevas metodologías, nuevas interfaces, nuevos productos y nuevos servicios más eficientes, aparecen sin cesar en el mercado tecnológico cada vez más y más deprisa, de forma que resulta imposible conocer todas ellas en detalle. Pero no podemos dejarnos al abandono por la complejidad de la tarea.



”

*El mayor riesgo es no correr ningún riesgo. En un mundo que cambia muy rápido, la única estrategia que garantiza fallar es no correr riesgos.*

Mark Zuckerberg

Como expusimos al inicio de este documento, debemos tener en cuenta que las decisiones tecnológicas cada vez son más importantes puesto que son las que nos proporcionarán nuestras nuevas herramientas de trabajo y por tanto las que nos harán ganar competitividad.

En muchas de nuestras organizaciones, la adquisición de tecnología ha sido realizada tradicionalmente por personal poco cualificado en la materia. Bastaban unas llamadas de teléfono para ponernos al día y poder decidir. Y aunque entonces la tecnología era mucho más cara, las consecuencias de una mala decisión no acarreaban grandes problemas, normalmente porque el gap entre unas y otras no era muy grande y la tecnología era responsable de agilizar un pequeño porcentaje de los procesos de las empresas.

En la actualidad la variedad tecnológica es tan amplia que resulta muy complicado tomar estas decisiones. A pesar de la democratización de las tecnologías debido a la increíble caída de precios que han sufrido (ya no importa tanto el precio como

el tiempo de adopción por parte de la organización), existen tecnologías que hacen triviales tareas que nos llevaría meses implementarlas utilizando otras, de forma que ahora nuestra elección puede hacernos muchísimo más competitivos o sacarnos del mercado.

A priori todas las plataformas, módulos de comunicaciones, protocolos, aplicaciones de gestión, sensores, wearables, interfaces, librerías software, herramientas de diseño, herramientas de programación, bases de datos, Apps pueden parecernos iguales, pero no es así. Dependiendo de nuestro objetivo el usar la herramienta adecuada acelerará enormemente la realización de las tareas y por tanto condicionará el coste del producto o servicio.

**“Para nuestra organización 4.0 la selección de las herramientas tecnológicas es tan importante como pueda serlo la de las materias primas. De hecho en la Industria 4.0 la tecnología pasa a ser una materia prima más pues forma parte de nuestros productos y servicios.”**

Entonces seamos conscientes de que nuestra organización necesita expertos tecnólogos en muchas de las disciplinas que hemos enunciado al igual que necesita expertos en recursos humanos o en finanzas para el buen funcionamiento de la misma. Hagamos la siguiente reflexión:

Hace algo más de dos décadas que el software (Web) llegó a Internet y lo transformó, ha pasado menos de una década desde que alcanzó a los teléfonos y los revolucionó. Ahora ha llegado a los vehículos a las viviendas a los productos y a la industria.

**¿No cree el lector que ocurrirá lo mismo?**

Expongamos el ejemplo del sector de la automoción. Actualmente todos los fabricantes de vehículos están realizando grandes inversiones para que los coches que compremos dentro de unos años conduzcan de forma autónoma. Sorprendentemente empresas con una larguísima trayectoria manufacturera como Ford o General Motors, tienen menos valor en bolsa hoy día que Waymo, una compañía que pertenece al grupo Alphabet (Google) y que desarrolla vehículos autónomos. No es de extrañar que en unos años, cuando vayamos a comprar uno de esos coches, preguntemos más por su sistema operativo y sus opciones de configuración y entretenimiento que por su motor. Entonces, si somos capaces de ver esto.

## ¿A qué esperamos para tomarnos más en serio la tecnología?

Gartner, una de las consultoras tecnológicas más influyentes del mundo, ha diagnosticado que 2018 es el año en el que debemos transformarnos digitalmente para poder competir (léase existir) en el futuro.

Independientemente de que estén equivocados en las fechas, el problema llegará más pronto que tarde y debemos estar preparados para cuando eso ocurra.



”

**Cambia antes de que tengas que hacerlo.**

Jack Welch

Veamos qué podemos hacer.

De cara a nuestra estrategia digital, debemos pensar detenidamente en los servicios que queremos ofrecer para aguas abajo estudiar qué dispositivos serán necesarios y sobre qué infraestructuras necesitan apoyarse con objeto de garantizar su implementación.

¡Pero cuidado!

La Industria 4.0 no consiste únicamente en poder hacer las cosas que queremos.

**Una organización 4.0 implica hacer las cosas lo mejor posible, eficaz y eficientemente, por tanto tendremos que trabajar con las mejores herramientas disponibles según nuestros objetivos para alcanzar la mayor competitividad.**

Resulta imposible exponer todas las opciones posibles pues desconocemos los objetivos a perseguir en cada caso, por ello en esta parte de la guía nos hemos fijado como meta exponer únicamente las más relevantes para elaborar un mapa genérico de tecnologías a usar, en cada una de las partes de nuestra cadena de suministro, que resulte clarificador y práctico según sea nuestra estrategia digital. Para ello dividiremos las tecnologías en tres apartados principales: **Infraestructuras, Dispositivos y Servicios.**

Como veremos, en algunas ocasiones resulta muy complicado separar las infraestructuras de los dispositivos y/o de los servicios ya que unos tienen muchas veces componentes de los otros. En algunos casos el lector creerá conveniente que

un elemento de una de las categorías debería haberse ubicado en otra, debido a la ambigüedad de las tareas que realiza. Por ejemplo, una gafas de realidad virtual son a su vez un dispositivo IoT, un wearable y un dispositivo smart HMI y podrían ubicarse perfectamente en cualquiera de estas categorías. No obstante no es objeto de esta guía discutir sobre la categorización sino sobre la aplicación de dicha tecnología y esperamos que puedan disculpar cualquier disparidad en este sentido.

Las tecnologías a describir y la clasificación efectuada viene representada en la siguiente tabla:

INFRAESTRUCTURAS		DISPOSITIVOS		SERVICIOS	
	Redes Inalámbricas				
	Cloud Computing		Sensores y actuadores Etiquetas Inteligentes Sist. Embebidos Wearables		R. Virtual y Aumentada
	Protocolos		Táctil Visión Voz		Sistemas MES & MOM
	Comm. Móviles				Plataformas
			Robots Industriales Cobots AGV		APPs
			Scanner 3D Impresoras 3D		Big Data
					Webtools
					Inteligencia Artificial

*Tablas: Clasificación de las tecnologías más relevantes para la Industria 4.0*

*Fte: Elab. Propia*

## INFRAESTRUCTURAS

Catalogaremos como **infraestructuras a aquellos elementos necesarios para intercomunicar de forma ubicua los datos que genera cualquier integrante de nuestra cadena de suministro ya sea persona, máquina, robot o cosa con el resto de integrantes.** Por tanto a priori, nuestra infraestructura tecnológica como organización 4.0 estará compuesta principalmente por equipos de telecomunicaciones y el software necesario para su funcionamiento.

Para disponer de los datos de forma ubicua (todos tienen acceso a la información que necesitan) tendremos que actualizar nuestras infraestructuras para comunicar y analizar nuestros procesos de forma conveniente, independientemente de los dispositivos que tengamos conectados a estas infraestructuras y de los servicios que provean.

Incluimos canalizaciones, cables, antenas y repetidores de señal, sistemas de alimentación y almacenamiento de energía, armarios rack, equipos hardware para control, equipos para comunicación interior y exterior, nuestra red de ordenadores, nuestro servidor de datos y aplicaciones.

**“Si no disponemos de buenas infraestructuras, difícilmente podremos alcanzar el grado de excelencia en la fabricación que perseguimos, del mismo modo que un tren de alta velocidad no puede avanzar a la velocidad deseada si no dispone de una infraestructura viaria acorde a sus necesidades.”**

Debemos prestar especial atención al diseño de nuestras infraestructuras para que puedan crecer a medida que lo haga nuestra organización. Para ello hay que tener en cuenta las necesidades de los dispositivos que se conectarán a las mismas (máquinas, sistemas de control, robots, dispositivos IoT, señalizadores, HMIs, etc.) y las de los servicios que queremos prestar para alcanzar nuestra estrategia (páginas Web, tienda virtual, servicios de asistencia técnica, parámetros de producción, mantenimiento predictivo, conectividad IoT, Apps, etc.).

Será necesario realizar un estudio minucioso atendiendo al volumen de datos de cada uno de los procesos que tendrán lugar en nuestra organización, el tipo y el volumen de información que debemos almacenar, las necesidades de procesado de la misma, los datos que debemos transmitir a la nube, las redes a usar para cada uno de ellos, los protocolos para intercomunicarlos, el ancho de banda necesario para que todos los

procesos puedan dialogar entre sí o con el exterior si es preciso.

El resultado del estudio nos dará de forma analítica los valores mínimos de las capacidades necesarias en cada caso. Sobre estos valores mínimos debemos aplicar un cierto margen de holgura para que en caso de crecimiento las infraestructuras sigan siendo válidas.

También tendremos que considerar temas de espacio físico. En el hipotético caso de tener que adquirir o modificar nuestras canalizaciones para cableado o armarios para alojar dispositivos, debemos sobredimensionarlos dejando suficiente espacio para poder ampliar las instalaciones en un futuro.

**Nuestras infraestructuras tecnológicas serán los nuevos pilares de nuestra organización y deben estar preparadas para crecer y adaptarse a los posibles cambios que podamos experimentar.**

Debido a la complejidad del tema trataremos de hacer una clasificación de Infraestructuras que contemple únicamente aquellas que consideramos relevantes para poder adaptarnos a los requisitos de la Industria 4.0. Aunque no siempre sea así, daremos por supuesto que nuestra organización dispone de canalizaciones, sistemas de alimentación y dispositivos de control como PLC acordes o adaptables al nuevo marco tecnológico y que la incorporación de nuevos elementos o la sustitución y/o adaptación de los existentes puede realizarse sin ningún tipo de problemas.

Nos centraremos básicamente en estudiar aquellas infraestructuras que podamos necesitar para comunicar distintos dispositivos de nuestra red en movimiento (Wireless), los nuevos protocolos de comunicación y las infraestructuras alquiladas (Cloud).

---

## CAPITULO 8

# **REDES WLAN**

---

*Cuáles son las tecnologías inalámbricas más usadas, en qué se diferencian y cuáles son las características más importantes en las que tendremos que fijarnos según sean nuestras necesidades.*

## REDES INALÁMBRICAS (WLAN)

La movilidad es fundamental en la nueva industria. Cada vez es mayor el número de procesos que deben realizarse en movimiento y para optimizarlos debemos prescindir del cable.

**“Materiales, personas, máquinas y productos son elementos móviles de nuestra cadena de suministro y por tanto es conveniente usar redes inalámbricas para interconectarlos”.**

Los estándares existentes para transmisión de datos inalámbrica han sido y son ampliamente utilizados en entornos poco ruidosos y distancias próximas (viviendas, oficinas, etc.) pero su baja fiabilidad y su corto alcance han impedido su penetración masiva en el entorno industrial.

No obstante, en aras de satisfacer las necesidades de la industria y sobre todo tras la aparición del IoT, en los últimos años se han desarrollado tecnologías inalámbricas que permiten su aplicación en la mejora industrial de los procesos y por tanto debemos conocerlas para saber cuál aplicar según nuestras necesidades.

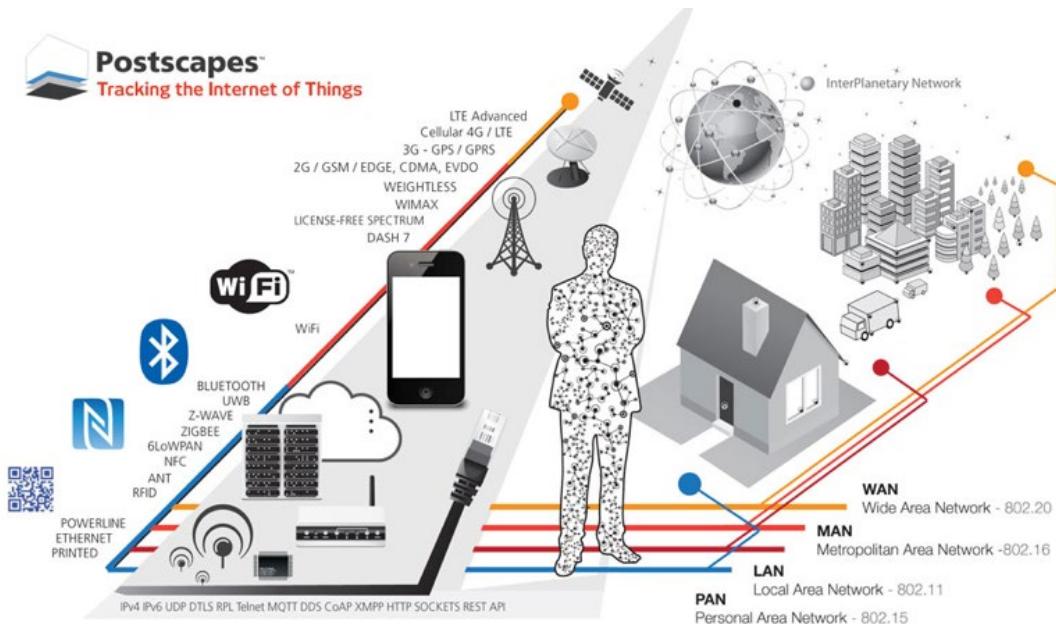
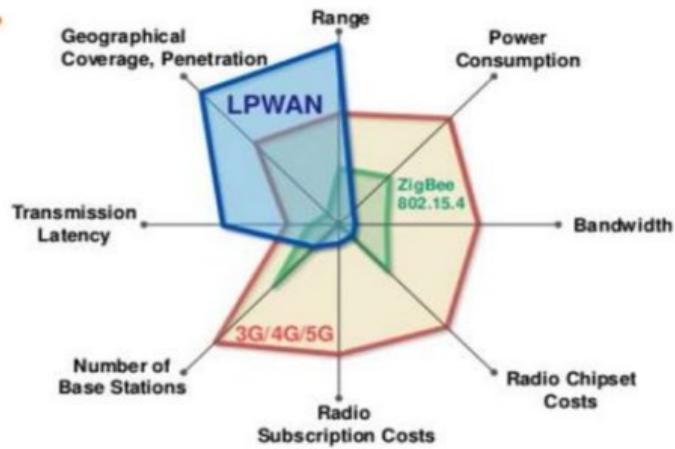


Fig.- Tecnologías Wireless más usadas

Fte: Postscapes

Ante la diversidad existente, pues cada una de ellas tiene su propia “idiosincrasia”, debemos conocer sus características para seleccionar la mejor opción para nuestra aplicación. En los criterios de selección tendremos en cuenta factores como: si la solución será para trabajar al aire libre o no, si involucra elementos móviles, su alcance, el coste de la tecnología y los añadidos por la suscripción, la cobertura, las necesidades de potencia, la duración de la batería, los volúmenes de datos que se manejarán, la frecuencia de trabajo, el ancho de banda necesario, el tiempo de conexión, el número de nodos que permite, su rendimiento, la estabilidad, la seguridad, la posibilidad de abordar necesidades futuras (escalabilidad) y si dispone de un buen ecosistema de desarrolladores e integradores sobre el que nos podamos apoyar para obtener soporte.



Una forma rápida de visualizar cuáles de ellas pueden ser la mejor opción puede ser el uso de un gráfico radial en el que representemos las características con mayor prioridad para nosotros. El resultado será un gráfico como el de la figura en la que como vemos será muy fácil tomar las decisiones, pues a simple vista nos permitirá descartar las menos aptas y seleccionar aquellas más acordes a nuestros propósitos. Si como ejemplo, necesitásemos bajo consumo y gran penetración, según el gráfico, nos centraríamos en usar tecnología LPWAN.

Lo hagamos como lo hagamos, debemos tomarnos muy en serio esta elección, pues sobre estas redes se apoyarán los dispositivos que comunicarán y controlarán nuestras máquinas, robots y procesos y por tanto quedaremos condicionados a su uso.

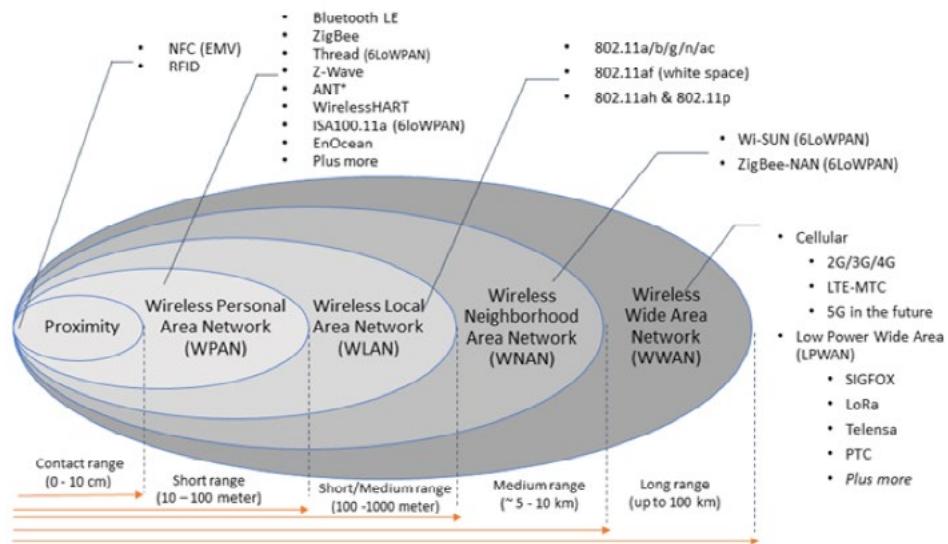


Fig: Clasificación de tecnologías inalámbricas según su alcance.

Se distinguen entre los siguientes tipos de tecnologías y redes:

- Tecnologías de Proximidad.
- *Personal Area Networks (PAN)* o redes de área personal.
- *Wireless Local Area Networks (WLAN)* o redes de área local inalámbricas.
- *Wireless Neighborhood (WNAN)* redes de vecindario y *Wireless Metropolitan Area Networks (WMAN)* o redes de área metropolitana que trataremos conjuntamente.
- *Wide Area Networks (WAN)* o redes de área amplia entre las que destacaremos las de baja potencia o LPWAN que han sido diseñadas para comunicar dispositivos IoT, las redes móviles (celulares) relacionadas con telefonía y las VSAT o satelitales.

Conozcamos los aspectos más relevantes de las tecnologías más representativas de cada una de ellas:

## TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS DE PROXIMIDAD

Es una tecnología de ondas de radio muy usada en logística y gestión de almacenes pues se usa principalmente para identificar y localizar objetos. El sistema se compone de etiquetas que almacenan datos y lectores que pueden acceder a la información almacenada en las mismas.

Según como estén configurados pueden ser sistemas de comunicación **activos**, en el que ambos equipos disponen de un chip RFID para generar un campo electromagnético e intercambiar datos o **pasivos** en el que sólo hay un dispositivo activo y el otro aprovecha ese campo para intercambiar la información.

La comunicación activa tiene la ventaja de que su alcance es mayor pudiendo llegar a superar el centenar de metros, no obstante, los sistemas pasivos tienen una característica que los hace únicos y es que no necesitan alimentación, puesto que es el lector el que genera la energía suficiente para leer los datos.

**Identificación por Radio-Frecuencia** (RFID): Consiste en un sistema remoto de almacenamiento y recuperación de datos que sirve para transmitir la identidad de un objeto (similar a un número de serie único) mediante ondas de radio. Usa campos electromagnéticos para leer datos a distancias cortas almacenados sobre etiquetas que pueden ser pasivas o activas. Aunque sus usos no paran de crecer, se utilizan comúnmente para la identificación de animales, como llave de automóviles, para seguimiento de palés, equipajes y ropa, para control de acceso en edificios y últimamente en pacientes de centros hospitalarios para hacer un seguimiento de su historia clínica.

**Near-Field Communication** (NFC): Protocolos de comunicación que posibilitan la transmisión de información entre dos dispositivos dentro de un alcance muy corto (4 cm. aproximadamente). Al igual que RFID funciona mediante inducción y trabaja en la banda de los 13,56 MHz que no requiere ninguna licencia para su uso.



Se utiliza principalmente para realizar pagos con tarjetas bancarias y móviles y también como interface de servicios en sistemas de control de acceso, autenticación de productos, seguimiento de activos y sensores inalámbricos, ya que los dispositivos NFC pueden actuar como un conducto bidireccional para los datos que están dentro y fuera del equipo industrial.

## REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA PERSONAL (WPAN)

Son las que se encuentran dentro de la norma 802.15 del IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Como su nombre indica, sirven para interconectar los dispositivos personales. Su alcance se limita normalmente a unos pocos metros, no siendo aptas para establecer conexión con dispositivos que se encuentran en habitaciones o edificios diferentes. A pesar de esta limitación, las redes WPAN tienen muchísima aplicación pues se utilizan principalmente para conectar periféricos en el ámbito del ocio y de los hobbies. Algunos ejemplos típicos son: videoconsolas, cámaras digitales, smartwatches, pulseras deportivas, auriculares, altavoces, gafas, etc.

En el marco del Internet of Things (IoT), las redes WPAN se utilizan para la comunicación de las aplicaciones de control y monitorización de dispositivos con una frecuencia de transferencia baja.

Veamos una breve descripción de las tecnologías más relevantes dentro de esta categoría:

**Bluetooth:** Bluetooth se desarrolló en 1994 por Ericsson. Trabaja mediante transmisiones de radio de onda corta en la banda libre de los **2,4 GHz** y se caracteriza por un generoso ancho de banda y por consumir poca energía. Es una tecnología ampliamente utilizada pues se han vendido más de 2.500 millones de dispositivos con **Bluetooth** en todo el mundo. Se utiliza en smartphones, tablets, portátiles, ibeacons, ratones, teclados, impresoras, auriculares, televisores, cámaras digitales, reproductores MP3 o videoconsolas. El grupo *Bluetooth Special Interest Group*, se ocupa de estandarizar las especificaciones de esta tecnología y reúne a más de 18.000 empresas.

Se diseñó originalmente para la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos eliminando la necesidad de cables entre ellos, por eso el uso del Bluetooth se ha asociado a los teléfonos móviles, ya que éstos fueron de los primeros dispositivos en incorporarlo. En sus últimas versiones, se han conseguido importantes mejoras en alcance, consumo (*Bluetooth Low Energy* o *BLE*) y en incrementar el número de nodos de la red (*Bluetooth Mesh*) para poder aplicarse en automatización de viviendas e industrias.

**Z-Wave:** Protocolo de comunicación propietario de corto alcance y baja latencia de transferencia de datos con menor consumo que Wi-Fi, usado originalmente en automatización de viviendas. Trabaja en la banda libre

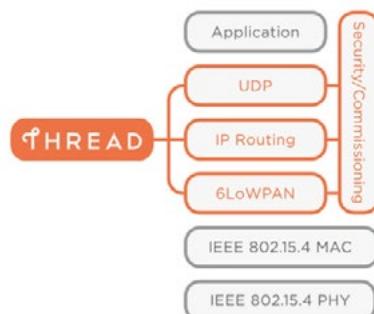


de los 868MHz y puede llegar a trabajar a 40 kbit/s, pudiendo operar en rangos de hasta 30 metros en condiciones ideales. Su topología de red es tipo malla y cada elemento se comporta como un nodo que puede ser receptor o emisor reenviando el mensaje. Permite realizar agrupaciones para asociar la misma funcionalidad a todos los elementos del grupo. El principal inconveniente es el elevado consumo eléctrico que lleva asociado ya que el hardware encargado de la comunicación está permanentemente activo.

**ZigBee:** Consiste en una tecnología inalámbrica de comunicación abierta (basada en el estándar IEEE 802.15.4) que opera en las bandas de frecuencia de radio sin licencia de 2.4 GHz, 900 MHz y 868 MHz. Operando en la frecuencia más baja su alcance puede alcanzar varios cientos de metros. Ha sido diseñado para proporcionar un alto rendimiento de datos en aplicaciones en las que el ciclo de trabajo es bajo y donde el bajo consumo de energía es una consideración a tener en cuenta (muchos de los dispositivos que utilizan ZigBee funcionan con baterías). Aunque fue concebido para su uso en automatización de viviendas, a menudo es utilizado en la automatización industrial.

**Thread:** Es una tecnología de red basada en estándares abiertos de bajo consumo y comunicaciones seguras, pensada para la automatización de viviendas, que ha sido diseñada para estandarizar las comunicaciones entre dispositivos IoT. Soporta IPv6 de forma nativa pues se apoya sobre 6LoWPAN que está dentro del estándar IEEE 802.15.4 y consiste en un protocolo inalámbrico con topología *Mesh* (mallada) capaz de mantener la red incluso si cae algún nodo.

Una de sus ventajas es que consiste en un módulo software pensado para comunicar dispositivos de distintos fabricantes independientemente de la capa física y de enlace al medio. Sus nodos pueden comunicarse directamente con otros dispositivos IP y disponen de acceso a la nube y seguridad mediante encriptación AES.



## REDES INALÁMBRICAS (CONTINUACIÓN)

### REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA LOCAL (WLAN)

Si una red local se comunica de manera inalámbrica, se puede hablar en este caso de una Wireless Local Area Network (WLAN) o red de área local inalámbrica y quedará definida por la familia de normas IEEE 802.11. Las redes locales inalámbricas ofrecen la posibilidad de integrar terminales cómodamente en una red doméstica o empresarial y son compatibles con redes LAN Ethernet, aunque el rendimiento es menor que el de una conexión Ethernet cableada.

**Wi-Fi:** Tecnología muy extendida para trabajar en redes de área local inalámbricas basada en el estándar IEEE 802.11. En ella varios dispositivos, normalmente ordenadores, pueden comunicarse a gran velocidad a través de un punto de acceso. Dispone de muchas versiones (ver figura al inicio del capítulo) y aunque comenzó trabajando en la banda de frecuencia de 2,4 GHz interfiriéndose con Bluetooth, la versión 5 opera en la banda de frecuencia libre de 5 GHz. En esta banda el alcance es algo menor, debido a que a mayor frecuencia tenemos menor alcance, pero se producen muy pocas interferencias porque ha sido liberada recientemente y no existen apenas otras tecnologías que la utilicen.



La desventaja fundamental de estas redes reside en el campo de la seguridad. Existen algunos programas capaces de capturar paquetes y obtener la contraseña de la red para acceder a ella. Este problema se agrava si consideramos que no se puede controlar el área de cobertura de una conexión, de manera que un receptor se puede conectar desde fuera de la zona de recepción prevista (por ejemplo: desde fuera de una oficina, desde una vivienda colindante) y acceder así a nuestros datos.

**Wi-Fi Direct:** Variante de Wi-Fi para comunicación punto a punto que permite la comunicación directa entre dispositivos de la misma red ya que elimina la necesidad del punto de acceso.

**Wi-Fi HaLow:** Variante del estándar Wi-Fi 802.11ah de reciente aparición (tendremos que esperar unos meses para ver aparecer dispositivos) que ha sido específicamente diseñado para cubrir las necesidades del IoT y que pretende competir con Bluetooth.

Está pensado para comunicar dispositivos de bajo consumo como pulseras de monitorización, sensores domésticos, cámaras de seguridad, etc., campos hasta ahora copados por el Bluetooth. Ofrece una serie de ventajas respecto a Bluetooth pues mejora el alcance al trabajar en la banda de los 900 MHz (se espera su estandarización para Europa) y puede conectarse más fácilmente a Internet.

**Light-Fidelity (Li-Fi):** Tecnología emergente que usa la luz emitida por lámparas LED para transmitir datos siguiendo un estándar similar al de Wi-Fi pues cumple con la norma 802.11. Al utilizar la iluminación (infrarroja, visible o ultravioleta) como base, dispone de un ancho de banda mucho más amplio que Wi-Fi y puede llegar a transmitir datos hasta 224 Gbps.

Puede trabajar incluso bajo el agua y el coste de la electrónica es muy bajo pero tiene algunos inconvenientes como el hecho de que deba mantenerse encendida la lámpara constantemente para poder trabajar y que, por ser luz, no pueda atravesar paredes. La aplicación de Li-Fi en el entorno industrial es prometedora ya que tiene una excelente respuesta en aplicaciones de tiempo real y es muy inmune al ruido.

IOT WIRELESS TECHNOLOGIES							
Technologies	Standards & Organizations	Network Type	Frequency (US)	Max Range	Max Data Rate	Max Power	Encryption
WiFi	IEEE 802.11 (a,b,g,n,ac,ad, and etc)	WLAN	2.4,3.6,5,60 GHz	100 m	"6-780 Mb/s 6.75 Gb/s @ 60 GHz"	1 W	WEP, WPA, WPA2
Z-Wave	Z-Wave	Mesh	908.42 MHz	30 m	100 kb/s	1 mW	Triple DES
Bluetooth	Bluetooth (formerly IEEE 802.15.1)	WPAN	2400-2483.5 MHz	100 m	1-3 Mb/s	1 W	56/128-bit
Bluetooth Smart (BLE)	IoT Interconnect	WPAN	2400-2483.5 MHz	35 m	1 Mb/s	10 mW	128-bit AES
Zigbee	IEEE 802.15.4	Mesh	2400-2483.5 MHz	160 m	250 kb/s	100 mW	128-bit AES
THREAD	IEEE 802.15.4 + 6LoWPAN	Mesh	2400-2483.5 MHz	160 m	250 kb/s	100 mW	128-bit AES
RFID	Many	P2P	13.56 MHz, etc.	1 m	423 kb/s	-1 mW	possible
NFC	ISO/IEC 13157 & etc	P2P	13.56 MHz	0.1 m	424 kb/s	1-2 mW	possible
GPRS (2G)	3GPP	GERAN	GSM 850/1900 MHz	25 km / 10 km	171 kb/s	2 W / 1 W	GEA2/GEA3/GEA4
EDGE (2G)	3GPP	GERAN	GSM 850/1900 MHz	26 km / 10 km	384 kb/s	3 W / 1 W	A5/4, A5/3
UMTS (3G) HSDPA/HSUPA	3GPP	UTRAN	850/1700/1900 MHz	27 km / 10 km	0.73-56 Mb/s	4 W / 1 W	USIM
LTE (4G)	3GPP	GERAN/UTRAN	700-2600 MHz	28 km / 10 km	0.1-1 Gb/s	5 W / 1 W	SNOW 3G Stream Cipher
ANT+	ANT+ Alliance	WSN	2.4 GHz	100 m	1 Mb/s	1 mW	AES-128
Cognitive Radio	IEEE 802.22 WG	WRAN	54-862 MHz	100 km	24 Mb/s	1 W	AES-GCM
Weightless-N/W	Weightless SIG	LPWAN	700/900 MHz	5 km	0.001-10 Mb/s	40 mW / 4 W	128-bit

Tabla: Características de las distintas tecnologías Inalámbricas para IoT.

Fte: Web

## REDES INALÁMBRICAS DE MEDIO ALCANCE (WMAN & WNAN)

Las redes inalámbricas de área metropolitana (WMAN **Wireless Metropolitan Area Networks**) se basan en el estándar IEEE 802.16, a menudo denominado WiMAX (**Worldwide Interoperability for Microwave Access**). WiMAX es una tecnología de comunicaciones con arquitectura punto a multipunto orientada a proporcionar una alta velocidad de transmisión de datos a través de redes inalámbricas de área metropolitana. Permite la creación de redes entre ciudades sin la necesidad de cableado ya que varias redes WLAN pueden ser interconectadas por WiMAX creando una gran WMAN.

WiMAX opera en dos bandas de frecuencia, una mezcla de banda con licencia y banda sin licencia, de 2 GHz a 11 GHz y de 10 GHz a 66 GHz, y es capaz de proporcionar a miles de usuarios velocidades de transmisión próximas a 70 Mbps a una distancia de 50 km, desde una única estación base.

Al poder operar en dos bandas de frecuencia, WiMAX puede trabajar con y sin línea de visión directa. En el rango de baja frecuencia trabaja sin línea de visión directa (difusión) mientras que en el de mayor frecuencia se requiere línea de visión directa (interconexión) aunque permite distancias mayores.

**Wi-SUN:** La red *Wireless Smart Ubiquitous Network* o red inalámbrica inteligente ubicua (Wi- SUN) es una tecnología catalogada como red WNAN (*Wireless Neighborhood Area Network*) basada en el estándar IEEE 802.15.4g que se apoya sobre 6LowPAN y está pensada para aplicaciones inalámbricas de **Smart Utility** y **Smart City** basadas en dispositivos IoT. Proporciona altas tasas de transmisión de datos (300 Kbps aprox.) que son consistentes en toda la red y con muy baja latencia. Gracias a su escalabilidad puede superar el millón de nodos conectados y estos pueden ser configurados para escuchar a determinados intervalos para ahorrar energía.



Debido a su topología de malla, permite múltiples rutas de conexión redundantes por lo que la confiabilidad de la red mejora a medida que más dispositivos participan en la red y en cuanto a su seguridad, cabe comentar que las redes basadas en Wi -SUN son las únicas que han logrado seguridad de nivel militar.

## REDES INALÁMBRICAS DE LARGO ALCANCE (WWAN)

Las redes inalámbricas de área amplia (*Wireless Wide Area Networks*) se caracterizan por extenderse más allá de los 50 kilómetros y, al contrario que las redes vistas anteriormente, suelen utilizar **frecuencias con licencia**. Cubren grandes áreas, tales como ciudades o países, a través de los múltiples sistemas de satélites o antenas desplegadas y atendidas por un operador de servicios.

Existen tres tecnologías diferenciadas dentro de las redes WWAN: las redes para telefonía móvil, las redes de banda ancha y baja potencia LPWAN y las redes de satélites.

## REDES DE TELEFONÍA MÓVIL

Las redes de telefonía móvil son las usadas por nuestros Smartphones y por otros muchos dispositivos IoT. Son las redes a utilizar cuando nuestra aplicación necesite elevadas tasas de transmisión de datos o en los casos en que la movilidad de los dispositivos se produzca en áreas extensas (provincia, país, etc). Para acceder a ellas es necesario el uso de una tarjeta SIMM en el dispositivo que permite la conexión directa con el operador.

Las diferentes generaciones de telefonía móvil se han desarrollado desde principios de los años 1980 y en los últimos años han evolucionado espectacularmente debido a la necesidad de disponer de información on-line.

La primera generación, **1G**, era analógica y fue concebida y diseñada exclusivamente para las llamadas de voz casi sin consideración de servicios de datos, con una velocidad de hasta 2,4 kbps.

La segunda generación **2G**, está basada en tecnología digital y la infraestructura de red (GSM), permitiendo mensajes de texto con una velocidad de datos de hasta 64 Kbps.

La generación **2.5G** a la que también se le conoce como 2G+GPRS consiste en una versión mejorada de 2G pues alcanza una velocidad de hasta 144 Kbps.

La tercera generación **3G** fue introducida en el año 2000, con una velocidad de datos de hasta 2 Mbps y fue mejorada por la 3.5G que utiliza HSDPA para acelerar las transferencias hasta 14 Mbps.

La cuarta generación o **4G** es capaz de proporcionar velocidades de hasta 1 Gbps de forma que desde nuestro móvil podemos escuchar la radio, ver una película o la televisión gracias a las velocidades de transmisión de datos que alcanzan estas redes.

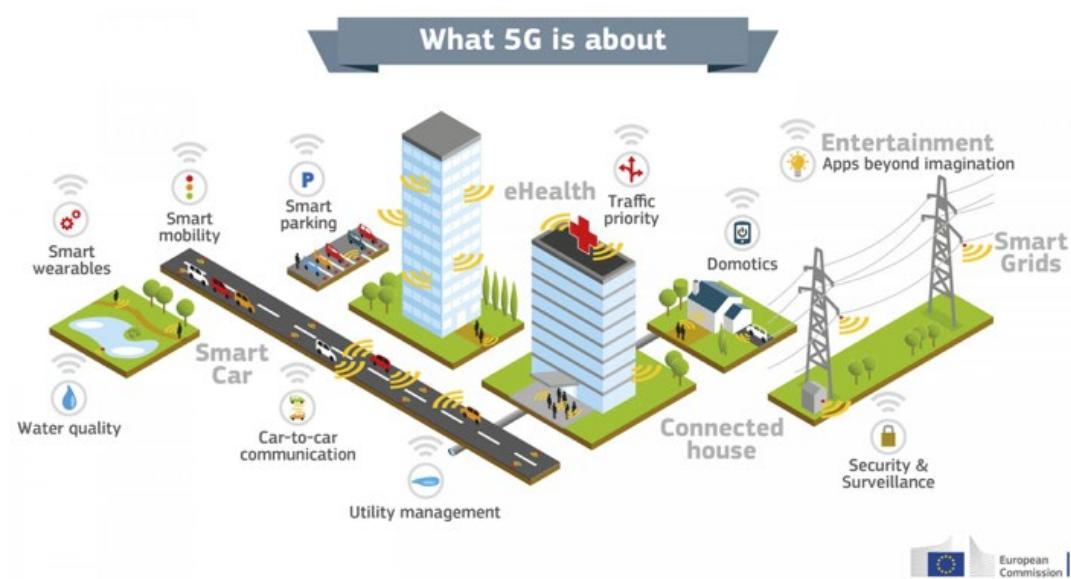


Fig: Aplicaciones de la tecnología 5G.

Fte: Web Comisión Europea

Actualmente las redes de telefonía móvil se encuentran en un proceso de transición desde la tecnología 4G que ya está operativa desde hace unos años a la 5G que se prevé lo esté para 2020. Las diferencias entre ambas básicamente son el aumento de la velocidad de transmisión de datos (100 veces más rápida la 5G), la disminución del tiempo de conexión y la disminución del consumo de energía (las antenas están más próximas) de cara a dar servicio al coche conectado, la casa conectada las smart cities y al IoT.

En un intento desesperado con objeto de obtener cuota de mercado (antes de que la tecnología 5G esté totalmente lista) frente a los operadores LPWAN, las operadoras de telefonía móvil se han visto obligadas a diseñar redes con conectividad IoT que puedan usar las costosas infraestructuras existentes y permitan un rápido despliegue. LTE-M y NB-IoT son las dos más destacadas:

**LTE-M:** Es la evolución de LTE para adaptarse a IoT. LTE-M es completamente compatible con las estaciones base LTE, por lo que su infraestructura es “gratis para las operadoras”, es decir ya está implantada. Elimina de la tecnología inicial las características no usadas en las comunicaciones IoT y mantiene las beneficiosas como el alto nivel de seguridad y soporte de llamadas de voz.



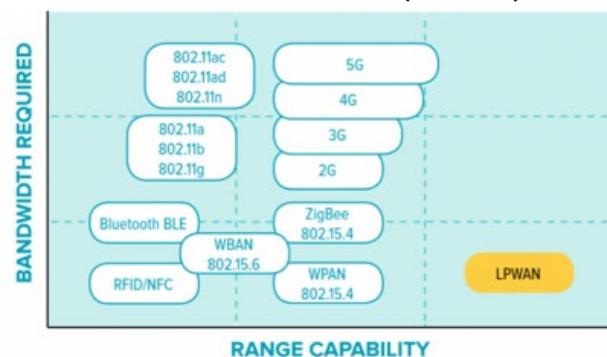
Dispone de un modo de bajo consumo que permite extender la vida de las baterías de los dispositivos varios años. Además, LTE-M garantiza la transferencia de datos bidireccional hasta una distancia de 5 km a una velocidad de 1 Mbps, más que suficiente para la mayor parte de aplicaciones.

**NB-IoT** (*Narrow Band IoT*): Es un estándar abierto de tecnología desarrollado por el 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) para aplicaciones IoT que alcanza hasta 20 km en áreas Rurales y 5Km en urbanas y dispone de una muy buena penetración dentro de edificios y sótanos a pesar de su bajo consumo. El estándar asegura 250 kbps en ambos sentidos de comunicación y soporta hasta 100.000 dispositivos por estación base. Tiene una latencia que oscila entre 1,6 y 10s y la comunicación es half duplex.

Está pensada para usarse en dispositivos de transmisión de datos de baja potencia y poco frecuentes. NB- IoT puede operar en el espectro GSM o bien utilizar un bloque de recursos no utilizados dentro de la banda de guardia de un operador de LTE (la banda por la que circulaban los mensajes SMS ahora en desuso).

### REDES INALÁMBRICAS DE BAJO CONSUMO Y LARGO ALCANCE (LPWAN)

Las *Low-Power Wide-Area Networks* son tecnologías de reciente creación. Como su nombre indica, consisten en redes inalámbricas diseñadas para mantener comunicación de largo alcance pero reduciendo significativamente el consumo y el coste de la transmisión. Soportan un elevado número de nodos por estación de ahí que dispongan de tasas de transmisión bajas o muy bajas, por lo que únicamente pueden aplicarse a procesos donde no se requieran volúmenes importantes de datos.



Las infraestructuras LPWAN, suelen usarse en aquellos casos en los que necesitamos realizar un tracking, una telemedida o emitir una orden remota eventualmente en puntos donde no hay cobertura móvil, pues su coste es todavía elevado. La ventaja respecto a las redes de telefonía móvil es que una vez tenemos desplegada la infraestructura no tenemos costes adicionales debido a la comunicación. Veamos las más importantes:

### SIGFOX

SigFox es una compañía francesa que aspira a convertirse en el primer proveedor global de redes IoT. Es un operador de telecomunicaciones especializado que dispone de su propia red ya presente en 33 países. En España el despliegue de antenas ha sido realizado por la compañía Cellnex, ex-Abertis Telecom.



- SigFox utiliza una tecnología Ultra-NarrowBand (UNB) que funciona con frecuencias libres de 868MHz en Europa y de 902MHz en Estados Unidos.
- Cada dispositivo conectado a SigFox puede enviar **sólo 140 mensajes por día con un límite de 7 mensajes cada hora** (cada mensaje puede tener hasta 12 bytes de longitud) y están limitados a recibir 4 transmisiones entrantes por día como máximo.
- SigFox gestiona completamente la comunicación entre el dispositivo IoT y el servidor, lo que hace que la integración del módulo de radio sea un proceso bastante sencillo para los desarrolladores. Para interactuar con el módulo de radio se proporciona una sola API y no se requiere ninguna configuración.
- Para comenzar a integrar SigFox es necesario adquirir un módulo de radio compatible y un **plan de suscripción** renovable por dispositivo.

El negocio de Sigfox, al igual que cualquier otro operador de red, se basa en el alquiler de la infraestructura que ha desplegado puesto que no fabrica chips de comunicaciones (aunque se encarga de homologar los diseñados por sus partners). Las aplicaciones más comunes de esta tecnología son las de **telemetría donde no se requiera un control del dispositivo** remoto (nivel de llenado de contenedores, nivel de depósitos, tracking, alumbrado público) y alarmas antirrobo.

## LoRa

LoRa es una tecnología inalámbrica de largo alcance que opera en las mismas frecuencias que SigFox. Está caracterizada por disponer de un buen ancho de banda, gran alcance, buen nivel de seguridad y gran resistencia a la interferencia.



- Fue desarrollada originalmente por Semtech, pero ahora es administrada por la "LoRa Alliance". Cualquier fabricante de hardware puede construir módulos LoRa usando los chips de Semtech pero tiene que obtener una certificación para formar parte de la red LoRa.

### A diferencia de SigFox:

- LoRaWAN es un protocolo abierto construido sobre la tecnología LoRa que se ha constituido como estándar.
- Permite actualizaciones remotas del firmware de los dispositivos (OTA Over the Air Programming) de forma que podemos modificar el funcionamiento de los dispositivos LoRa tras su despliegue.
- Los módulos estándar LoRa pueden funcionar de forma bidireccional. El mismo módulo de radio puede hacer de receptor o transmisor y ser usado para tareas de control.
- La LoRa Alliance no desea posicionarse como proveedor de red, su objetivo es desarrollar un estándar y vender chips, por tanto no hay monopolio en la red LoRA.
- Existen dos opciones a la hora de usar LoRa: **Desplegar una red propia** o utilizar la red un operador de red LoRa.

## REDES INALÁMBRICAS SATELITALES

Denominamos comunicaciones satelitales a la que se realizan por medio de las ondas electromagnéticas que se transmiten gracias a la presencia en el espacio de satélites artificiales situados en órbita alrededor de la Tierra. Debido a su gran altura, las transmisiones por satélite pueden cubrir una amplia área sobre la superficie de la tierra. Esto puede ser muy útil para los usuarios que se encuentran en zonas remotas o islas donde no hay cables submarinos en servicio.

WIRELESS TECHNOLOGIES AT A GLANCE					
Technology	Frequency	Data rate	Range	Power	Cost
2G/3G	Cellular bands	10 Mb/s	Several km	High	High
802.15.4	2.4 GHz	250 kb/s	100 m	Low	Low
Bluetooth	2.4 GHz	1, 2, 1, 3 Mb/s	100 m	Low	Low
LoRa	< 1 GHz	<50 kb/s	2-5 km	Low	Medium
LTE Cat 0/1	Cellular bands	1-10 Mb/s	Several km	Medium	High
NB-IoT	Cellular bands	0.1-1 Mb/s	Several km	Medium	High
SIGFOX	<1 GHz	Very low	Several km	Low	Medium
Weightless	<1 GHz	0.1-24 Mb/s	Several km	Low	Low
Wi-Fi (11f/h)	2.4, 5, <1 GHz	0.1-1 Mb/s	Several km	Medium	Low
WirelessHART	2.4 GHz	250 kb/s	100 m	Medium	Medium
ZigBee	2.4 GHz	250 kb/s	100 m	Low	Medium
Z-Wave	908.42 MHz	40 kb/s	30 m	Low	Medium

Estas redes se utilizan cuando necesitamos realizar un tracking, una telemedida o emitir una orden a un dispositivo remoto en puntos donde no hay otro tipo de cobertura, pues su coste es todavía muy elevado y la velocidad de transmisión de datos es baja. También suelen usarse con frecuencia en zonas con fuerte riesgo a inundaciones, ciclones y huracanes para proteger los datos más sensibles debido a que las comunicaciones vía satélite funcionan cuando el resto de vías están fuera de servicio.

Tabla: Características de las distintas tecnologías inalámbricas

Fte: Web

---

## CAPITULO 9

# PROTOCOLOS

---

*Las nuevas tecnologías aplicadas a la industria, ofrecen una amalgama de nuevos protocolos que son los más aptos para el tratamiento de los datos en muchos casos. Es importante conocer qué protocolo podemos usar según nuestras necesidades.*

## PROTOCOLOS

En telecomunicaciones, un **protocolo** se define como un sistema de reglas que permiten que dos o más entidades se comuniquen para transmitir información, estableciendo la sintaxis, la semántica y la sincronización de la comunicación a emplear.

Los protocolos pueden ser implementados por hardware, por software, o por una combinación de ambos por ello los hemos considerado también como infraestructuras.

En el apartado anterior (Redes Inalámbricas) vimos tecnologías que pueden catalogarse como protocolos por eso, para poder distinguir de los anteriores, es conveniente realizar en este apartado una pequeña introducción y dar a conocer al lector el ecosistema en el cual trabajarán los protocolos que describiremos en este apartado.

La forma más eficiente de hacerlo es dividiendo la comunicación en capas (ver figura siguiente) sobre las que se apoyan las aplicaciones software, es decir, lo que nosotros en esta guía llamamos servicios. Gracias al modelo de capas los servicios software pueden ejecutarse sobre distintos dispositivos, distintas redes o distinto cableado (medio). Por eso podemos recibir el correo electrónico enviado desde un teléfono móvil en nuestro ordenador, por ejemplo.

## TECHNOLOGY STACK

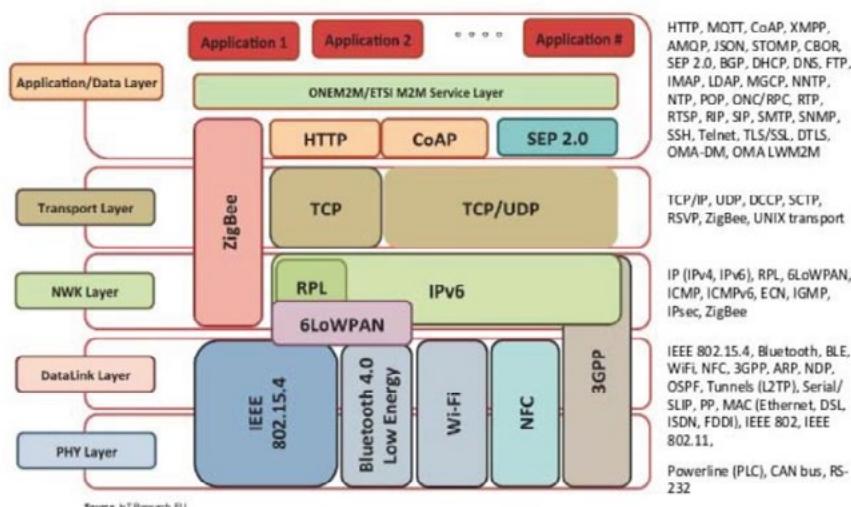


Fig.- Pila de Protocolos

Fte: McKinsey

En la parte izquierda de la figura anterior podemos observar cinco capas. La **Capa Física** (*PHY Layer*) que corresponde al medio por donde viaja la información (aire, cable coaxial, cable red, fibra óptica, cable eléctrico, etc.). Sobre esta capa se apoya la **Capa de Enlace de Datos** (*DataLink Layer*) que permite disponer de direcciones para poder acceder al medio físico. La tercera es la **Capa de Red** (*NWK Layer*), cuya función es que los datos lleguen desde una dirección a otra aun cuando el origen y el destino no estén conectados directamente. Sobre esta se apoya la **Capa de Transporte** (*Transport Layer*), que como su nombre indica permite transportar datos independientemente de la red usada.

En la parte más alta tenemos la **Capa de Aplicación** (*Application/Data Layer*) que es la que ofrece a las aplicaciones la posibilidad de acceder a los servicios de las demás capas y define los protocolos a utilizar para intercambiar datos.

En este apartado **nos centraremos en los protocolos de la capa de aplicación** que serán aquellos en los que los dispositivos pueden dialogar entre sí independientemente de cómo sean las infraestructuras sobre las que se apoyen siempre y cuando usen el mismo lenguaje en la sesión de comunicación que establezcan. En esta línea, debido principalmente a las necesidades del IoT (según un estudio Gartner, de aquí a 2020 habrá casi 26.000 millones de objetos conectados), han aparecido nuevos e interesantes protocolos que facilitan enormemente la compleja labor de tratar los datos de nuestra organización. Las ventajas derivadas de la aplicación de algunos de ellos son tan grandes que en apenas tres años han pasado de ser prácticamente desconocidos, a ser junto al HTTP (el protocolo de las páginas Web) los más usados por los desarrolladores de todo el mundo.

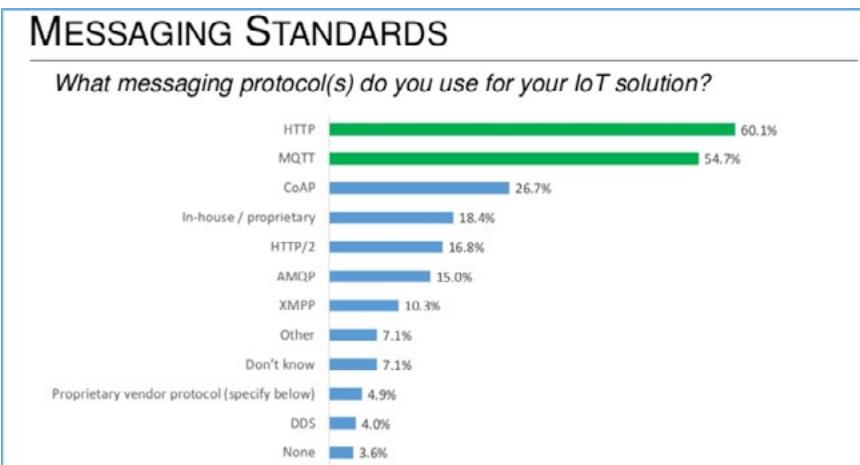


Fig.- Protocolos más usados en IoT por desarrolladores Fte: DZone IoT Developer Survey 2017.

Dentro de los protocolos de la Capa de Aplicación, **distinguiremos entre los denominados Cliente /Servidor y los de Publicación / Suscripción.**

Los protocolos **Cliente/Servidor** requieren que los clientes (procesos que demandan datos) se conecten al servidor (que administra los datos y puede acceder a ellos) y hagan una solicitud. En este modelo, el nodo que actúa como servidor contiene los datos y responde a las solicitudes de los clientes. Esto requiere que el nodo cliente sepa dónde se ubica el nodo servidor y sea capaz de conectarse a él ya que ha de establecerse una conexión punto a punto.

En los protocolos de **Publicación/Suscripción** los dispositivos publican los datos marcados con un determinado asunto (**topic**) sobre un servidor (**broker**) que dispone de dirección fija y actúa como intermediario. Los suscriptores pueden conectarse al *broker* y suscribirse a los datos de cualquier asunto que les interese. Este modelo permite desacoplar a los nodos publicadores de los suscriptores y por tanto no requiere que el publicador conozca la dirección del suscriptor.

Así pues, los protocolos Cliente/Servidor son usados cuando disponemos de una infraestructura fija (dirección IP y puerto) para los nodos mientras que los protocolos de publicación/suscripción son más aptos cuando las direcciones son desconocidas o cambian para los publicadores y suscriptores. Esta propiedad de los protocolos de publicación/suscripción es muy útil cuando los dispositivos remotos pueden cambiar de red o disponen de una conectividad intermitente, pues para acceder a cualquier dato de la red solo tiene que conocer la dirección del broker.

En términos de pros y los contras, podríamos decir que los protocolos de cliente/servidor son más interoperables y seguros porque están basados en conexiones punto a punto pero necesitan muchos más recursos de cómputo, son más complejos de gestionar y menos escalables. Por otra parte, los protocolos de publicación/suscripción ofrecen la posibilidad de añadir y eliminar publicadores y suscriptores de forma independiente pero son complicados de securizar debido a que hay más partes involucradas. Además, tienen mayores problemas de interoperabilidad ya que cuando queremos modificar o añadir un topic nuevo, debemos informar a todos los dispositivos de la red del cambio.

## OPC UA

OPC (OLE for Process Control) es un estándar de comunicación, muchas veces tratado como protocolo, muy usado en el campo del control y supervisión de procesos industriales debido a que proporciona un interfaz estándar para comunicarse con PLCs. La nueva versión, a la que se le han añadido las siglas UA (Unified Architecture), es una tecnología que amplia la interoperabilidad del protocolo original para poder usarse cuando disponemos de dispositivos de distintos fabricantes.



Es un protocolo seguro pues usa firma de mensaje y cifrado y gracias a su estrecha relación con el mundo industrial es una buena opción para los sistemas MES y SCADA.

Antes de su estandarización y de la apertura de su código, muchos programadores huían de trabajar con él debido a su complejidad (comparado con otros protocolos que aquí presentaremos). En el mercado apenas había plataformas que lo incorporasen y existía también un cierto rechazo en la comunidad Open Source. No obstante, tras su estandarización ha comenzado a adoptarse con mucho empuje y se espera un aumento importante en su utilización los próximos años.

## HTTP (REST/JSON)

El Protocolo de Transferencia de Hipertexto (HTTP) es un protocolo cliente/servidor de la Capa de Transporte y como tal los datos pueden presentarse en múltiples formatos tales como; HTML, JavaScript, JavaScript (JSON), XML, etc. De todos estos formatos el más usado, para el intercambio de información entre dispositivos, es JSON pues es ligero y flexible y disponemos de infinidad de librerías para usarlo con cualquier lenguaje de programación.

HTTP (REST/JSON) está pensado para que los nodos clientes puedan tener acceso a los recursos del nodo servidor a través de solicitudes, donde en la mayoría de los casos, un recurso es un dispositivo.

Aunque HTTP es ampliamente usado en la industria (sobre todo en su versión segura HTTPs), básicamente se utiliza para configuración de dispositivos pero no para acceso a los datos que éstos contienen. Por eso en la actualidad algunos fabricantes de PLCs y Gateways están incorporando HTTP de forma nativa en sus dispositivos aunque por su alta latencia no puede usarse en aplicaciones en tiempo real. También existe el

problema de la interoperabilidad ya que aunque multitud de dispositivos soportan HTTP (REST/JSON) no son totalmente compatibles entre ellos y normalmente debe realizarse algún ajuste para que puedan comunicarse.

## MQTT

El protocolo MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*) fue creado por técnicos de IBM y Arcom en 1999 como un modo rentable y seguro de supervisar dispositivos de medición remotos. Usa un modelo de comunicación muchos con muchos a través de un servidor centralizado llamado Broker. Este protocolo que funciona sobre TCP (aunque existe una versión denominada MQTT-S que lo hace sobre UDP), pertenece a los denominados de publicación/suscripción y ha comenzado a utilizarse a gran escala tras la aparición del Internet de Cosas (IoT) pues como veremos dispone muy buenas cualidades para usarse en este campo.



MQTT es un protocolo abierto, sencillo, muy ligero y muy fácil de implantar. Su funcionamiento es muy parecido al de Twitter. Los dispositivos publican información sobre un asunto o **topic** en el **broker** quien la reenvía a su vez a aquellos clientes que se hayan suscrito al mismo.

MQTT está considerado como uno de los mejores protocolos para datos “vivos” ya que el broker desacopla los publicadores de los suscriptores y ambos pueden desatender las tareas de comunicación para realizar otras, ganando tiempo de proceso y ahorrando energía. Entre sus ventajas destacan las siguientes:

- Está especialmente adaptado para utilizar un ancho de banda mínimo
- Es ideal para utilizar redes inalámbricas
- Consume muy poca energía
- Es muy rápido y posibilita un tiempo de respuesta superior al resto de protocolos web actuales
- Permite una gran fiabilidad si es necesario
- Requiere pocos recursos

Además, los **topics** MQTT tienen un grado **jerárquico** y disponen de los operadores (+, #) para facilitar suscribirse a un determinado nivel de la jerarquía.

Veamos un ejemplo sobre cómo se aplican los operadores MQTT:

Supongamos que nuestra organización dispone de tres plantas de producción y en cada una de ellas hay distintas máquinas de envasado y cada una de estas máquinas de envasado dispone a su vez de un sensor de temperatura. En ese caso, el topic **Planta2/maq\_env3/temp** corresponderá al sensor de temperatura de máquina número 3 de la segunda planta. Mediante el topic **Planta2/+temp** nos estaríamos suscribiendo a los sensores de temperatura de cualquier máquina de la Planta 2. Del mismo modo usaríamos el topic **Planta2/+/+** para suscribirnos a todos los sensores existentes en la segunda planta, y **+/+temp** para suscribirnos a todos los sensores de temperatura de nuestra organización.

### **CoAP (Constrained Application Protocol)**

CoAP es un protocolo Cliente/Servidor que difiere en muchos aspectos con MQTT pero muy útil porque ha sido diseñado para poder traducirse a HTTP y así poder integrarse fácilmente en la Web. A pesar de su gran rapidez, extrema ligereza y su simplicidad, CoAP dispone de una capa de seguridad para encriptación de datos y funciones de alto nivel como *multicast* (uno publica y muchos escuchan).

Al contrario que MQTT, CoAP no está orientado a eventos y requiere una compleja negociación para encontrar el modo de intercambiar datos. Los métodos utilizados por COAP son los clásicos GET, PUT, POST y DELETE pero añade la función “OBSERVE”, que permite al cliente seguir recibiendo cambios de un recurso solicitado al servidor.

Trabaja sobre transporte UDP y también está orientado al uso en dispositivos conectados de bajos recursos como las redes de sensores inalámbricos.

### **XMPP (Extensible Messaging and Presence Protocol)**

Es un estándar abierto para la comunicación de presencia y la mensajería instantánea. Este protocolo utiliza mensajes en formato XML. Básicamente permite a los usuarios enviar mensajes en tiempo real, además de gestionar la presencia del usuario (en línea, fuera de línea, ocupado). La versión para IoT (XMPP-IoT) permite a los usuarios enviar y recibir mensajes de máquinas y/o dispositivos varios. La arquitectura de las redes XMPP es similar a la del correo electrónico; cualquiera puede poner en marcha su

propio servidor XMPP, sin que haya ningún servidor central. Una aplicación que emplea este protocolo y que posiblemente todos hemos usado es Whatsapp.

### Emerging IoT Standards

Protocol	Data Flow	Store and Forward	Performance	Adoption
AMQP	Pub/Sub over TCP/IP	✓	Seconds	Cloud
MQTT	Pub/Sub over TCP/IP	✗	Seconds	Cloud
CoAP	Request/Response	✗	Milliseconds	Edge
DDS	Open Pub/Sub	✗	Microseconds	Edge

### AMQP (*Advanced Message Queue Protocol*)

Al igual que MQTT, este protocolo consiste en un estándar abierto para el intercambio de mensajes entre aplicaciones. Es un protocolo ampliamente utilizado en el mundo de las transacciones financieras pues proporciona interesantes características como son; su elevada seguridad, su fiabilidad, la inspección de paquetes para el enrutamiento (soporta comunicación punto-a-punto y publicación-suscripción) e incorpora gestión de colas. Para ello, desde el punto de vista de la conexión, define varias entidades:

- **Corredor de mensajes:** servidor al que los clientes AMQP se conectan usando el protocolo.
- **Usuario:** entidad que, mediante la presentación de credenciales, puede ser autorizada a conectarse a un corredor.
- **Conexión:** conexión física usando por ejemplo TCP/IP y ligada a un usuario.
- **Canal:** conexión lógica que está unida a una conexión.

A pesar de ser un protocolo muy pesado AMQP puede enviar grandes cantidades de mensajes. En las últimas pruebas efectuadas, sobre una base de 2000 usuarios de los cinco continentes se han llegado a procesar con éxito 300 millones de mensajes al día.

## DDS

El Servicio de Distribución de Datos (DDS) es un protocolo de Publicación/Suscripción enfocado a realizar trabajos de EDGE COMPUTING, es decir, entre nuestra red y el Cloud. A diferencia de MQTT que requiere un broker centralizado, DDS es descentralizado.

Los nodos DDS se comunican usando comunicación punto a punto sobre multicast UDP. Esto elimina la necesidad de gestionar la red de forma centralizada y le otorga velocidad.

DDS puede llegar a realizar transacciones por debajo del milisegundo, lo que lo hace ideal para procesos en tiempo real.

Aunque DDS soporta brokers para integrar su red con las redes de la empresa normalmente se apoya en un broker secundario para estas tareas.



Como hemos visto a lo largo de este apartado son muchos los protocolos existentes a tener en cuenta para montar nuestra infraestructura de telecomunicaciones y como no es de extrañar continuarán apareciendo sin cesar otros nuevos a la vez que se mejoran los existentes. La elección de unos u otros, en todo caso, dependerá del uso que vayamos a darle a los datos que viajarán por nuestras redes, de la velocidad a la que se generan y de las necesidades de almacenamiento y análisis que tengamos. Por tanto, antes de decidirnos a implantar y utilizar ninguno de ellos, es recomendable tener muy claro qué queremos hacer con la información para elegir el más adecuado según el caso.

---

## CAPITULO 10

# **CLOUD COMPUTING**

## **(COMPUTACION EN LA NUBE)**

---

*Dentro de las infraestructuras de la Industria 4.0, probablemente la más novedosa sea la de la Computación en la nube. Expondremos qué tipo de servicios nos ofrece el Cloud Computing y qué diferencias hay entre el Cloud, Fog y Edge computing.*

## CLOUD COMPUTING (COMPUTACIÓN EN LA NUBE)

El concepto científico de la computación en nube o *Cloud Computing* se le atribuye a *John McCarthy* (el inventor del lenguaje de programación *Lisp*), quien propuso la idea de utilizar la computación como un servicio público, de forma similar a las empresas de servicios de agua o electricidad.

En 1960 McCarthy dijo:



”

*Algún día la computación podrá ser organizada como un servicio público.*

(John McCarthy)

pero la lentitud de la red en aquel entonces impidió su desarrollo y penetración. Tuvieron que transcurrir más de tres décadas para que la velocidad de transmisión de datos en hogares y empresas lo permitiese.

El testigo lo cogió Amazon que ya en el año 2002 se dio cuenta de que gran parte de la infraestructura informática que necesitaba para desplegar sus campañas de Navidad, quedaba infrautilizada durante el resto del año. Entonces tuvieron la brillante idea de alquilar sus infraestructuras a terceros para reducir sus costes. El éxito fue tal, que actualmente los servicios de computación en la nube de Amazon (AWS) dan soporte a multitud de empresas (Netflix, AirBnb, Pinterest, etc.) y generan más de 15.000 millones de dólares de ingresos. Otras compañías en vista del éxito obtenido por Amazon actualmente prestan servicios similares, como: *Google (Google Cloud)*, *Microsoft (Azure)*, *IBM (Watson)*, *Baidu*, etc. y compiten entre ellas por este goloso mercado denominado Cloud Computing.

La computación en la nube (*Cloud Computing*), se define como una infraestructura que permite ofrecer servicios de computación a través de una red, que **usualmente** es Internet y que ofrece como **servicios de pago por uso** todo lo que puede ofrecer un sistema informático.

Destacan las siguientes ventajas:

- Nuestro sistema va a estar más seguro normalmente en su infraestructura que en la nuestra.

- Todos los recursos IT que necesitamos los puede ofrecer el mismo proveedor.
- Puedo contratar y “des-contratar” servicios de manera libre y ágil.
- Los servicios que ofrece son escalables en capacidad.
- Pago por lo que uso.
- Puedo disponer del mejor hardware sin costes de inversión inicial.
- Mejora el time-to-market de las aplicaciones.
- Los ingenieros se centran en lo que importa y no en la infraestructura.
- Permite probar de forma económica nuevos modelos de negocio.



## SERVICIOS CLOUD

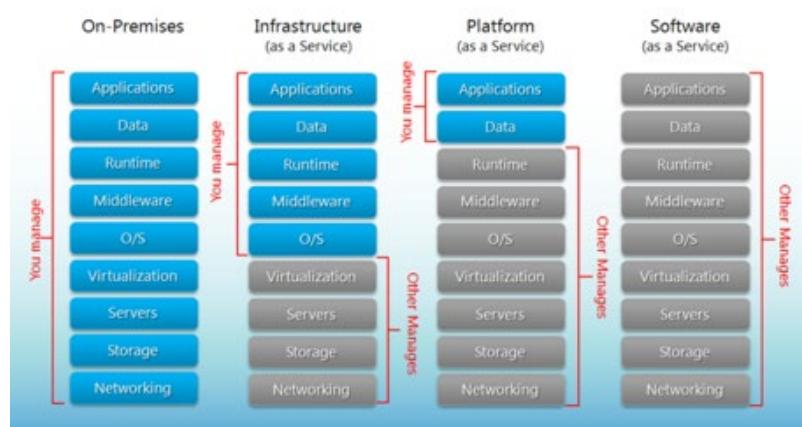
En líneas generales, los servicios a contratar a operadores Cloud se dividen en tres categorías: *IaaS* (*Infrastructure as a Service*), *PaaS* (*Platform as a Service*) y *SaaS* (*Software as a Service*) veamos en qué están especializados cada uno de ellos:

La **Infraestructura como Servicio (IaaS)** se encuentra en la capa inferior, es decir, la más próxima al hardware. Los servicios estandarizados que ofrecen los operadores a este nivel consisten en almacenamiento básico (espacio en disco) y capacidades de cómputo. Estos servicios pueden ofrecerse gracias a un entramado de servidores, sistemas de almacenamiento, conexiones, enrutadores y un complejo software de virtualización que permite gestionar nuestro servidor alojado en la Nube como si se tratase de un servidor de nuestra red. Los servicios *IaaS* llevan implícitos el manejo de los picos de cargas de trabajo cuando nuestras aplicaciones requieran un aumento del cómputo o más espacio en disco.

Las **Plataformas como Servicio (PaaS)**, tal y como se observa en la figura anterior, ofrecen un mayor nivel de servicio, pues a las infraestructuras básicas les añade un

sistema operativo con escritorio virtual para la gestión, una capa *Middleware* para intercambio de información entre aplicaciones y el Runtime. Por tanto, al contratar una Plataforma como Servicio tenemos la estructura necesaria para instalar nuestras aplicaciones y acceder a ellas a través de la red.

Mediante la utilización de **Software como Servicio (SaaS)**, nuestra Nube, además de los servicios anteriores, podrá disponer de aplicaciones de terceros tan complejas como queramos. Estas aplicaciones normalmente se encargarán de analizar los datos publicados para mostrarlos según lo hayamos programado a los suscriptores a través de cualquier dispositivo.



Como vemos, disponemos de una amplia oferta para construir nuestra Nube de servicios. La elección de unos servicios u otros dependerá de nuestras necesidades y de las habilidades

que tengamos para generar una parte de los servicios por nosotros mismos ya que dependiendo de la elección que hagamos excluimos al proveedor de unas responsabilidades u otras.

Por ejemplo, si contratamos un servicio IaaS, el proveedor no se hará responsable de los problemas que podamos tener con las aplicaciones instaladas. Sin embargo, al contar con un servicio SaaS, el proveedor se encargará de gestionar toda la infraestructura,

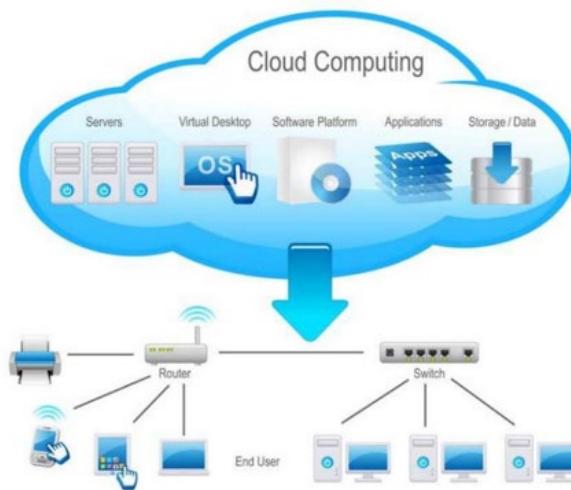


Fig.- Acceso a servicios Cloud  
Fte: Web

el mantenimiento y los problemas de seguridad que pudieran surgir con las aplicaciones.

Básicamente los proveedores de servicios en la Nube ya sea directamente o a través de partners especializados ofrecen multitud de servicios. Veamos una descripción de los más importantes:

- **Computación:** Permite adecuar distintas máquinas, con distintas potencias de cómputo, a nuestras necesidades de procesamiento posibilitando la puesta en marcha de los servicios en base a eventos.
- **Almacenamiento:** A través de este servicio podemos contratar mayor o menor espacio en disco para almacenamiento de datos y aplicaciones con la ventaja de que estarán disponibles desde cualquier ubicación.
- **Base de Datos:** Permite la utilización de distintas Bases de Datos para acceder a nuestra información y los servicios relacionados con las mismas, de forma que para nosotros casi es transparente el uso de una tecnología u otra. Soportan bases de datos relacionales (MySQL, PostgreSQL, etc...) como no relacionales (también denominadas NoSQL) que están mucho mejor adaptadas al IoT.
- **Migración:** Podemos trasladar parte de nuestra información de una plataforma a otra con total transparencia para los usuarios, sin apenas interrumpir el funcionamiento y disponiendo del control total de la monitorización y la gestión desde una única ubicación.
- **Herramientas:** Disponen de herramientas para desarrolladores que permiten modificar las funcionalidades básicas, así como de herramientas de administración muy potentes para gestionar usuarios, monitorizar recursos y aplicaciones y automatizar procesos.
- **Seguridad:** La seguridad es uno de los aspectos más valorados en la Nube, pues si no se tuviera muy en cuenta pocas empresas confiarían en tener datos en equipos remotos. Entre los servicios más destacados están los de administrar el acceso de los usuarios, generar certificados de seguridad para acceso a nuestros contenidos, analizar el tráfico de red y filtrarlo y disponer de copia de respaldo.
- **Análisis de Datos:** Directamente, los operadores Cloud apenas ofrecen servicios para el análisis de datos y su presentación, pero disponen de un gran número de empresas colaboradoras que se dedican a estas tareas, y por tanto a través de ellas podemos disponer de cualquier servicio.

- **Inteligencia Artificial:** A medida que avanza la IA y se estandarizan los algoritmos para la resolución de problemas concretos, los operadores Cloud han ampliado su oferta y proporcionan herramientas muy potentes para desarrollar aplicaciones basadas en IA como por ejemplo los ChatBots, el aprendizaje máquina (ML Machine Learning) o el análisis facial y de imágenes.

La siguiente figura muestra un esquema que permite ver la utilidad del Cloud a la hora de conectar a todos los integrantes de nuestra cadena de suministro.

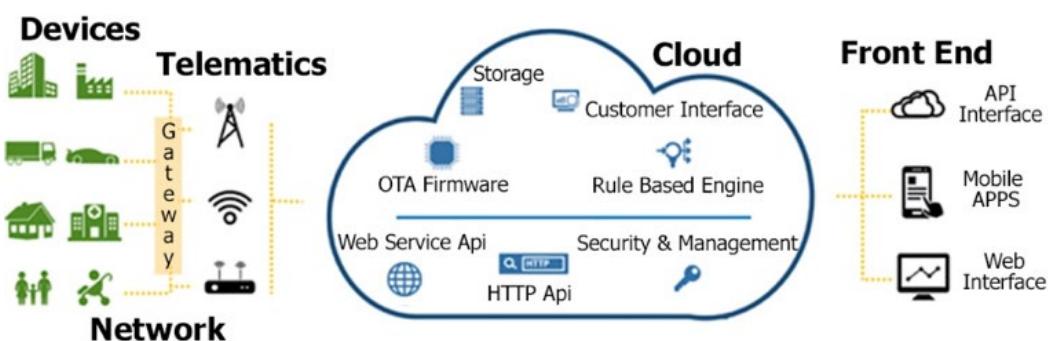


Fig.- Servicios Cloud Computing

Fte: Elab Propia

A la izquierda de la figura se encuentran los dispositivos, los sensores, los PLCs, nuestras máquinas y robots e incluso nuestros productos IoT en posesión de nuestros clientes. Todos estos dispositivos serán mayormente publicadores de datos que utilizarán tecnologías de red (Ethernet, Lpwan, Bluetooth, Zigbee, etc.), vistas en el apartado anterior, para comunicarse con un Gateway (puerta de enlace) que será el que acceda al medio de comunicación usado para transmitir los datos a la Nube a la vez que estandarice el protocolo a usar por todos ellos.

Con los datos recibidos, los servicios contratados en la Nube ejecutarán las tareas para las que han sido programados, como el almacenamiento, la seguridad y el control de usuarios, la actualización remota del firmware de los dispositivos, los motores de reglas (que definen qué hacer con los datos según su procedencia o su valor).

Una vez los datos son tratados convenientemente a través de estos servicios, todos los suscriptores que integren nuestra cadena de suministro, ya sean clientes, personal de nuestra organización o proveedores, podrán acceder a los datos que estén suscritos desde su móvil o su ordenador.

## EDGE/FOG COMPUTING

Cuando los datos capturados por los sensores, máquinas y robots de nuestra organización son muy elevados y necesitamos respuestas muy próximas al tiempo real, trabajar en la Nube además de costoso puede complicar la solución. Por eso, empresas como Cisco (que introdujo el concepto de *Fog Computing*) hablan de que es preferible de dotar de inteligencia software a los dispositivos que capturan y procesan los datos dentro de la empresa y realizar los cálculos necesarios o establecer filtros antes de ser enviados y almacenados en el Cloud para su posterior proceso.

Por ejemplo si lo que tratamos de detectar es el mal funcionamiento de una máquina persiguiendo el valor de unos cuantos parámetros que generan miles de datos por segundo, en vez de enviarlos todos a la nube y analizarlos una vez estén allí para estudiar el comportamiento de la máquina, suele dar mejor resultado utilizar herramientas para únicamente enviar aquellos que sean anómalos.

De esta forma se reduce enormemente el volumen de los datos a tratar y por consiguiente el coste de las infraestructuras necesarias en la Nube, tanto en espacio de almacenamiento como en cómputo.

En esa línea, fabricantes como Cisco o FogHorn incorporan en sus *routers* un potente microprocesador embebido con sistema operativo (normalmente Linux) para poder instalar y ejecutar aplicaciones que permitan filtrar los datos que no van a aportar información interesante sobre el proceso.

---

CAPITULO 11

## **INTERNET DE LAS COSAS (IoT)**

---

*Exponemos una categorización de dispositivos bajo el paradigma IoT, capaces de comunicar los productos con los fabricantes para mejorar su funcionamiento y crear nuevos modelos de negocio.*

## DISPOSITIVOS

Una vez hayamos acondicionado nuestra organización con las infraestructuras tecnológicas descritas en los capítulos anteriores, pasaremos a contemplar los dispositivos que, apoyándose en ellas, nos ayudarán a implementar los servicios que demandaremos. A lo largo de este capítulo, analizaremos los más representativos agrupándolos en varias categorías como el Internet de las Cosas (IoT & IIoT), las interfaces Hombre Máquina Inteligentes (Smart HMI), los Robots, las herramientas para la Fabricación Aditiva (impresión 3D) y los Smartphones, que han sido separados del resto adrede por su relevancia.

### IOT & IIOT

El concepto original de **Internet de las Cosas** fue propuesto por Kevin Ashton en el MIT en 1999. En un artículo, Ashton hizo la siguiente declaración:

“



(Kevin Ashton)

*Los ordenadores actuales y, por tanto, Internet son prácticamente dependientes de los seres humanos para recabar información. El problema es que las personas tienen tiempo, atención y precisión limitados, lo que significa que no son muy buenos a la hora de conseguir información sobre cosas en el mundo real. Y eso es un gran obstáculo.*

*La tecnología de la información actual es tan dependiente de los datos escritos por personas que nuestros ordenadores saben más sobre ideas que sobre cosas. Si tuviéramos ordenadores que supieran sobre las “cosas”, mediante el uso de datos que ellos mismos pudieran recoger sin nuestra ayuda, nosotros podríamos monitorizar, contar y localizar todo a nuestro alrededor, sabríamos cuando reemplazar, reparar o recuperar lo que fuera, así como conocer su funcionamiento*

*El Internet de las Cosas tiene el potencial para cambiar el mundo tal y como hizo la revolución digital hace unas décadas. Tal vez incluso hasta más.*

Por tanto, podemos considerar como **definición de IoT** la siguiente:

*Un dispositivo IoT consiste en un **objeto** al que se le ha dotado de conexión a Internet y cierta inteligencia software, sobre el que se pueden medir parámetros físicos o actuar remotamente y que por tanto permite generar un ecosistema de servicios alrededor del mismo. Este ecosistema está destinado a generar valor transformando la experiencia del cliente.*

Ejemplos de dispositivos IoT serían; una lavadora sobre la que podamos actuar para cambiar sus modos de lavado a través de un APP, una cafetera que nos dice cuando debemos realizar un mantenimiento rutinario, un coche autónomo, etc.

Pero como habrá observado el lector, los ejemplos anteriores pertenecen a subconjunto de productos IoT destinados a fidelizar clientes añadiendo valor pero con escasa aplicación industrial. Entonces... ¿En qué tareas podemos aplicar el IoT en la industria?

La irrupción del IoT en la industria, tiene como objetivo conseguir una **apertura total en la conectividad**, es decir, la interconexión de todos los agentes que intervienen en nuestra cadena de suministro. Los dispositivos IoT serán capaces de capturar y analizar los datos obtenidos para tomar decisiones en tiempo real o enviarlos a la Nube para almacenarlos y analizarlos mediante técnicas de Big Data e Inteligencia Artificial.

Según nuestra clasificación, los empleos más comunes del IoT son:

- Obtención de valores de parámetros físicos, actuación sobre máquinas, toma de datos para mantenimiento predictivo y control de la eficiencia energética mediante sensores.
- Seguimiento y monitorización de activos.
- Control de la trazabilidad mediante etiquetas inteligentes.
- Automatización de procesos manuales y obtención de datos relevantes a través de Sistemas Embebidos.
- Comunicación Hombre - Máquina, notificaciones de Alarmas, visualización de datos en tiempo real mediante Wearables.

Veamos brevemente cada uno de los tipos de dispositivos que son utilizados.

## SENsoRES Y ACTUADORES

### Sensores

Podemos definir un sensor como un medidor de una magnitud física o química. Por eso decimos que **los sensores permiten dotar de sentidos a máquinas y objetos midiendo parámetros** como: temperatura, posición, cantidad de luz, gases, etc.

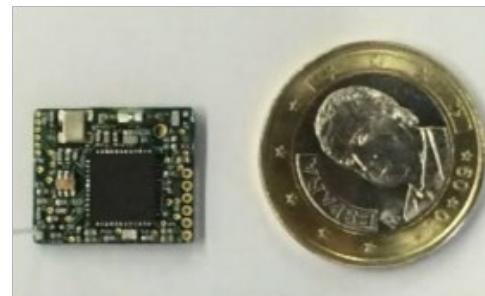
### Actuadores

Un actuador es un dispositivo capaz de transformar energía en una acción con la finalidad de automatizar un proceso. Entre los más comunes se encuentran los relés para cortar o permitir el paso de corriente eléctrica, los indicadores luminosos, las electroválvulas, los motores, etc.

Normalmente los sensores y actuadores de nuestras máquinas están conectados a PLCs (*Programmable Logic Controller*) que son los encargados de monitorizar los valores de los mismos y, dependiendo del valor obtenido, actuar de una forma u otra según hayan sido programados.

En muchos casos tras comprar y usar la máquina durante un tiempo, nos damos cuenta de que nuestras máquinas no disponen de un determinado sensor que nos permita obtener el valor de un parámetro de relevancia para la toma de decisiones. En estos casos, antes de comprar la última versión de la máquina, tendremos que valorar si nos es más rentable usar dispositivos IoT para paliar esas deficiencias, pues en los últimos años, su miniaturización y el uso masivo ha hecho posible que estas soluciones se hayan abaratado muchísimo.

A pesar de su pequeño tamaño (ver figura), disponen de un conversor A/D (Analógico-Digital) para digitalizar la medida y un microcontrolador con memoria sobre el que podemos introducir un software de bajo nivel (*Firmware*) para programar las acciones a realizar, como por ejemplo; definir el intervalo de tiempo entre medidas, realizar cálculos previos con los datos obtenidos, descartar valores erróneos, almacenar valores, etc.



A estos **dispositivos IoT orientados a la captación se les reconoce como Smart Sensors (Sensores Inteligentes)** ya que además de obtener el valor del parámetro físico que miden pueden hacer otras muchas funciones.

Además de “inteligencia”, éstos módulos electrónicos están dotados de comunicación inalámbrica, para posibilitar la interactividad autónoma entre dispositivos incluso estando en movimiento. Las posibilidades son enormes, pues de ese modo, los actuadores de un módulo pueden reaccionar a partir del valor obtenido por los sensores de otros.

Es interesante el uso de sensores y actuadores en la industria para conocer el estado de los procesos con objeto de poder automatizarlos y monitorizarlos analíticamente a lo largo del tiempo. Cuanto mayor sea el número de elementos que intervienen en un proceso mayor será la complejidad para corregirlo y mejorarlo, por eso, la ayuda que nos brindan en este sentido los sensores inteligentes (*Smart Sensors*) es fundamental.

### **ETIQUETAS INTELIGENTES (SMART TAGS)**

A día de hoy las empresas, bien para conocer sus costes productivos en detalle o porque están obligadas a documentarlo, necesitan obtener la **trazabilidad de todo el proceso productivo**. Tenemos por tanto que dar respuesta a preguntas como: ¿Dónde y cuándo se ha producido el producto?, ¿Quién lo ha producido?, ¿Qué materiales han sido utilizados?

Para ello, necesitaremos capturar datos allí donde no es posible hacerlo humanamente y hacer el seguimiento de tiempos, con su traza y características añadidas. Esta tarea, supone un gran reto sobre todo cuando la velocidad de los procesos es alta y se requiere conocer todos los **aspectos relacionados con la fabricación** del producto.

Necesitamos por tanto una tecnología sin contacto (contactless) que permita relacionar las señales eléctricas de las máquinas y los valores de los sensores con el producto para a posteriori conocer cómo fue cada punto del proceso productivo. Para ello disponemos de dos opciones:

#### **Etiquetas impresas**

La primera consiste en utilizar una etiqueta pegada o impresa al producto que lo identifica de manera única dentro de un mismo tipo o categoría de producto. Las más conocidas son las etiquetas de códigos de barras y las de códigos QR.

En los puntos de interés del proceso productivo se instalan lectores ópticos que leen el valor de la etiqueta y la envían a un ordenador que almacena en una base de datos la información del proceso (valores de sensores, contadores, energía, etc.) junto a la identificación pero tanto los códigos QR como los de barras tienen limitaciones importantes a la hora de disponer de toda la trazabilidad del proceso. Una de ellas es que para realizar la lectura, se requiere contacto visual directo entre la etiqueta y el lector, que no siempre es posible, la otra, es que además, en este tipo de etiquetas no podemos almacenar información, y por tanto, la única manera de distinguir entre unidades de producto de un mismo tipo, es mediante la utilización de contadores de piezas e impresoras adicionales.

### **Etiquetas rfid**

Otro método cada vez más empleado, debido a las limitaciones de los códigos QR y de barras, es utilizar **tags RFID (etiquetas de identificación por radiofrecuencia)**. Estas etiquetas disponen de un minúsculo chip y una antena (ver distintos tipos en la figura siguiente) que permiten escribir información mediante el empleo de un lector/escritor RFID, sin necesidad de existir contacto visual directo entre ambos. Gracias a la memoria del chip RFID es posible almacenar el número de identificación de cada unidad fabricada e incluso almacenar datos del proceso. De esta forma, siempre que queramos, podremos conocer la trazabilidad completa de cualquier unidad fabricada utilizando un lector. Se suele decir que **la RFID extiende el límite de la tecnología a los objetos**. En los últimos años, debido al abaratamiento de este tipo de etiquetas sus aplicaciones han crecido de forma exponencial siendo usadas principalmente para:

- Control de accesos
- Apertura de vehículos
- Identificación de animales
- Tele-peaje
- Transporte público
- Inventario en tiendas
- Identificación de cajas y palets
- Control de mercancías
- Sistemas de Alarma
- Localización de pacientes en hospitales

El alcance de los tags RFID difiere según sean pasivos (sin batería) cuyo alcance máximo está en torno a los 10 metros o activos (con batería) que pueden superar los 250 metros. Los tag activos además, pueden incorporar sensores y son muy útiles cuando los elementos que queremos localizar se desplazan.



Fig.- Distintos tipos de Tags RFID

Fte: coresonant.appspot.com

Dependiendo de nuestro proceso productivo, del tipo de material que rodea al tag, de las distancias entre las etiquetas y los lectores, del número de dispositivos, del tamaño de los objetos a etiquetar, etc. será conveniente el uso de un tipo de etiquetas u otro. Por eso recomendamos que, antes de proceder a la implantación de un sistema RFID se realice una prueba de campo con objeto de seleccionar los tags y los lectores más apropiados y conocer con precisión sus limitaciones.

Una vez seleccionados tags y lectores, resta conectar éstos últimos a un servidor de nuestra red para que toda nuestra organización pueda beneficiarse de la información almacenada. El servidor “publicará” los datos obtenidos de las etiquetas de forma ubicua para que podamos almacenarlos e introducirlos en nuestro ERP donde serán útiles para los “suscriptores” de toda nuestra cadena de suministro al realizar tareas como las siguientes:

- Aprovisionar las líneas productivas
- Gestionar activos
- Aumentar la visibilidad de la productividad
- Evitar errores de producción
- Realizar el packaging con todos los datos de producción asociados

- Evitar errores comunicando lo que producto necesita de la máquina en cada proceso.
- Proporcionar autentificación frente a falsificaciones.
- Informar tras su venta, sobre repuestos, garantías y reciclaje adecuado del producto.

## SISTEMAS DE CONTROL EMBEBIDOS (EMBEDDED SYSTEMS)

Un **sistema embebido** es un sistema de computación que ha sido diseñado para realizar funciones dedicadas, normalmente en tiempo real. Al contrario de lo que ocurre con los ordenadores de propósito general, que están diseñados para cubrir un amplio rango de necesidades, los sistemas embebidos se diseñan para cubrir necesidades específicas y por tanto forman parte de multitud de productos en los que se requiere una cierta potencia de proceso como electrodomésticos, vehículos, máquinas, etc.

En la industria estos sistemas se han utilizado tradicionalmente de forma autónoma para controlar, supervisar y ayudar a resolver problemas de todo tipo relacionados con la operativa de equipos, maquinaria o planta como puede ser el de la clasificación de productos atendiendo a su tamaño, forma, color, etc. Su efectividad es tal que podemos decir que hoy día **cualquier decisión que esté basada en lo que observa una persona es reproducible y en muchos casos mejorable por un sistema embebido.**

Algunos ejemplos de estos sistemas con aplicación industrial podrían ser: un lector RFID, un módulo de impresión de códigos de barras, un sistema de visión artificial, un pulsador de emergencia con notificación de alarmas, etc.

Estos sistemas, deben ser programados y ajustados para realizar la tarea específica para la que han sido concebidos, de ahí que su coste haya sido significativo tradicionalmente.

En la actualidad, han aparecido en el mercado, multitud de módulos electrónicos de bajo coste como los Arduino y el Raspberry Pi que son usados en el diseño de sistemas embebidos de todo tipo. Estos módulos disponen de multitud de accesorios conectables (módulos de comunicaciones, cámaras, sensores, memorias, etc.) y librerías software libres, de forma que resulta muy rápido y económico implementar cualquier solución específica con ellos.

## Arduino vs Raspberry Pi

Specs	Arduino Uno	Raspberry Pi Model B+
CPU type	Microcontroller	Microprocessor
Operating System	None	Linux (usually Raspbian)
Speed	16 Mhz	700 Mhz
RAM	2KB	512MB
GPU/Display	None	VideoCore IV GPU
Disk	32KB	Depends on SD card
GPIO pins	14 digital pins (includes 6 analog)	26 digital pins
Other connectivity	None	USB, Ethernet, HDMI, audio
Power consumption	0.25W	3.5W

Tabla.- Diferencias entre Arduino y Raspberry Pi

Fte: Web

Dependiendo de las necesidades que tengamos (ver figura anterior) a nivel software, velocidad de procesado, tamaño de almacenamiento de datos, número de entradas y salidas, buses de comunicación usados, etc. será conveniente emplear unos u otros. Por tanto antes de proceder a su uso en un determinado proyecto, como se muestra en la siguiente figura, debemos tener claras las funciones que nuestro sistema embebido va a desempeñar.

Proyecto	Arduino	Raspberry pi
Servidor web, FTP, multimedia, etc.		X
Lectura de sensores.	X	
Control de motores, servos, actuadores, etc.	X	
Procesamiento de imágenes, OpenCV, etc.		X
Domótica	X	X
Dron	X	
Reproductor de tonos	X	
Reproductor de música		X

Tabla.- Elección de herramienta según tipo de proyecto

Fte: Web

En cualquier caso, antes de proceder al desarrollo de un sistema embebido propio, debemos indagar si existen soluciones en el mercado que puedan resolver nuestro problema o estén muy próximas a hacerlo, pues ganaremos tiempo y dinero. Aun así, tendremos que proceder a su programación y filtrar los datos a enviar para evitar sobrecargar nuestra red de información inútil, **los sistemas embebidos no suelen publicar toda la información que procesan sino únicamente el resultado del proceso** (apto/no apto, grande/pequeño, etc.).

Actualmente muchos de los sistemas embebidos disponen de un módulo de comunicaciones con conectividad Wifi o de telefonía móvil que permiten categorizarlos como dispositivos IoT y operar de forma autónoma.

## WEARABLES

**Wearable** hace referencia al conjunto de dispositivos electrónicos que podemos llevar en alguna parte de **nuestro cuerpo** y que son capaces de obtener o mostrar información interactuando de forma continua con el usuario. Para ello disponen de una interfaz de comunicación inalámbrica bidireccional (normalmente bluetooth) que permite conectarlos a Internet a través de una unidad de procesamiento (normalmente un Smartphone).

Relojes inteligentes o smartwatches, zapatillas de deportes con GPS incorporado y pulseras que controlan nuestro estado de salud, son los ejemplos más conocidos de esta tecnología en auge de la cual se prevé que supere los 30.000 M€ en ventas en 2020. Por ese motivo, el número de dispositivos no para de crecer, como podemos observar en la figura siguiente, y prácticamente existe un dispositivo para parte del cuerpo.

Existen wearables especialmente concebidos para la industria como cascos, exoesqueletos, botas, guantes, gafas y aunque su aplicación en la industria es bastante reciente, está teniendo mucha aceptación en usos como:

- Prevención de accidentes (detección de caídas, exoesqueletos, etc.)
- Control de actividad (cerebral, pulmonar, constantes vitales, etc.)
- Notificaciones (alertas, averías, mensajes)
- Estudio de comportamientos
- Monitorización de procesos remotamente
- Liberación de las manos en la ejecución de tareas, etc.



Fig.- Distintos Tipos de Wearables  
Fte: electronicdesign.com

La evolución del mundo de los wearables va a ser espectacular en los próximos años, la miniaturización de la electrónica permite fabricar hoy dispositivos tan pequeños que pueden ser implantados o ingeridos abriendo nuevos campos de desarrollo sobretodo en medicina. Los últimos avances del sector apuntan hacia los llamados “wearables virtuales”, que consisten en sistemas

capaces de generar, mediante una proyección en alguna parte de nuestro cuerpo, interfaces de usuario para interactuar con el mundo digital.

## RESUMEN

El mercado de dispositivos IoT crece a pasos agigantados debido a la miniaturización y abaratamiento de la electrónica. Hoy día casi todo puede ser conectado a Internet y por tanto pasar a formar parte del IoT.

En la industria, el uso del IoT viene condicionado por las grandes deficiencias que presenta el equipamiento tecnológico tradicional (máquinas, plcs, etc.) de cara a nuestra seguridad, la necesidad de interconexión de los sistemas y a la generación de información.

Aunque el IoT inicialmente se ideó para otros usos, su aplicación en los procesos industriales permite avanzar hacia la Industria 4.0 resolviendo muchos de los problemas de conectividad a un coste muy competitivo. Por eso, todas las áreas de nuestra organización incorporarán en mayor o menor medida dispositivos IoT con objeto de optimizar sus tareas.

---

CAPITULO 12

## **INTERFACES DE USUARIO HOMBRE-MÁQUINA (HMI)**

---

*Nuevos sensores cada vez más pequeños y económicos han posibilitado la aparición de multitud de infertaces para que los humanos interactuemos con las máquinas de forma práctica y fácil.*

## INTERFACES DE USUARIO HOMBRE MÁQUINA (HMI)

Muchos de los procesos productivos en nuestras organizaciones utilizan máquinas. Para que podamos conocer su estado e interactuar con ellas, los fabricantes de maquinaria incorporan cada vez en mayor medida, sistemas electrónicos que analizan en tiempo real su funcionamiento y que son capaces de comunicarse con los usuarios. A estos dispositivos, totalmente alineados con la Industria 4.0, se les denomina interfaces y actúan como un “traductor” que hace posible la comunicación entre humanos y máquinas.

Según el tipo de proceso o tarea a realizar, unas interfaces de usuario serán más apropiadas que otras. Por ello en su diseño se tienen en cuenta factores como:

- El ruido circundante
- El espacio existente en los puestos de trabajo
- La información que necesitamos conocer
- Los distintos parámetros que tengamos que controlar
- Las partes del cuerpo de los operarios que estén libres para usarlas
- El tiempo disponible, etc.

La evolución de las interfaces de usuario se basa principalmente en la disponibilidad de las partes de nuestro cuerpo cuando interactuamos con las máquinas, por ello las hay de muchos tipos y cada vez son más pequeñas y autónomas.

Podemos diseñar una interfaz de usuario partiendo de los siguientes elementos:

- Con **sensores** que capten las órdenes de entrada del usuario.
- Un **sistema de computación** capaz de procesar esas señales y convertirlas en una instrucción o comando (comunicación usuario-máquina).
- Un conjunto de **actuadores** que ejecuten las instrucciones sobre la máquina.
- Un **sistema de comunicación** que devuelva el nuevo estado (comunicación máquina-hombre).

Es por eso que **la constante aparición de nuevos tipos de sensores, ha provocado que estén saliendo al mercado ingeniosos dispositivos (cascos, botas, guantes, etc.) que son utilizados como interfaces de usuario.**

En esta sección, describiremos las interfaces de usuario más usadas clasificadas según el sistema de captura de entrada de datos que utilizan y hablaremos de otras, que aunque ahora son incipientes, ganarán protagonismo durante los años próximos.

### INTERFACES TÁCTILES

Llamamos **interfaces táctiles** a aquellas que **permiten la entrada de datos** a un dispositivo cuando **tocamos sobre su superficie**.

Las interfaces táctiles consisten normalmente en pantallas LCD o similares que disponen, solidariamente a ellas en su parte trasera, de un sensor (normalmente capacitivo) que se excita al tocarla. A través de un controlador, se recoge con mucha precisión la zona de la superficie en la que se ha pulsado y se informa a una aplicación informática para que ejecute la tarea asignada a esa acción.

Este tipo de interfaces se introdujeron en el mercado para interactuar con máquinas y con ordenadores públicos, cajeros, museos, etc. en donde el teclado y el ratón convenían ser eliminados.

A día de hoy, su uso es masivo y gran parte de los dispositivos electrónicos funcionan con pantalla táctil. Disponen de gran resolución hasta el punto de que algunas de ellas permiten controlar varias interacciones simultáneamente (*multitouch*) e incluso hacer escritura manual.

Resulta bastante común encontrar interfaces táctiles en las industrias formando un panel sinóptico informativo, mostrando un simulador de los procesos o como dispositivos para la introducción de datos. El problema que presentan muchas veces, es encontrar un buen lugar para su ubicación e instalación y que el operario pueda tener siempre las manos libres para utilizarlas. Por ello cada vez más suelen usarse *Tablets* (e incluso *Smartphones*) como interfaces de usuario táctiles ya que son económicas, disponen de comunicación inalámbrica, soportan todo tipo de aplicaciones y gracias a su autonomía no requieren instalación eléctrica.

## INTERFACES POR IMÁGENES

Denominamos **interfaces por imagen** a aquellas que utilizan como **entrada de datos** dispositivos para **captura o presentación de imágenes**.

En ellas una cámara digital actúa normalmente como dispositivo de entrada de datos principal. Estas cámaras pueden estar ubicadas alrededor del operario o bien pueden portarlas encima, por ejemplo, en unas gafas. Su funcionamiento requiere alto grado de computación puesto que las cámaras capturan constantemente imágenes de los operarios para que pueden interpretar determinados movimientos como órdenes.

Sin embargo, el uso más extendido de estas interfaces es para presentar la información. Las imágenes pueden ser fácilmente interpretables por los humanos y aportan mucha información en un corto espacio de tiempo. De forma que de un vistazo, los operarios puedan conocer cómo se están desarrollando las tareas y en caso de detectar alguna anomalía proceder a resolverla.

### SMART GLASSES

Las gafas inteligentes o *Smart Glasses* son dispositivos electrónicos de reciente aparición que tienen multitud de aplicaciones y son las interfaces de usuario por imágenes por excelencia. Fueron introducidas por Google tras la presentación del proyecto *Google Glass* aunque hoy día existen numerosas alternativas como las de Epson, Vuzix, Apple, Samsung, Sony, o las prestigiosas Hololens de Microsoft.



Fig.- Partes de unas Smart Glasses

Fte: Microsoft

Disponen de distintos sensores como cámaras, acelerómetro, giroscopio, brújula, sensor de luz, micrófono, etc. además de un módulo de comunicación inalámbrico normalmente *wifi* o *Bluetooth* que sirve para comunicarse con una unidad de procesado externa (aunque algunas como la recientemente patentada por Toshiba ya la llevan incorporada), pues manipular vídeo requiere bastante potencia de cálculo. También suelen disponer de auriculares para recibir audio externo y de un microproyector para visualizar las imágenes proyectadas sobre las lentes.

Con todo ello, las *Smart Glasses* consiguen aportar experiencias interactivas muy agradables al usuario, pues son capaces de controlar las funciones a realizar por varias vías, como por ejemplo, mediante el uso de la voz, un movimiento brusco de la cabeza o un pestañeo. En ellas, nuestros operarios podrán; ver los pedidos a preparar, escanear un determinado código de producto, recibir asistencia remota o acceder a instrucciones para realizar una tarea de mantenimiento, pero sus aplicaciones pueden ir mucho más allá ya que de forma general podremos:

- Acceder a Internet
- Grabar de vídeo y hacer fotos
- Realizar pagos
- Realizar búsquedas automáticas
- Visualizar Dashboards
- Monitorizar el estado de los procesos
- Leer por sí solas y decírnos lo que leen
- Supervisar el cansancio ocular del operario
- Ejecutar comandos mediante movimientos del ojo o parpadeos
- Detectar caídas

entre otras muchas funciones.

El problema principal, de este tipo de interfaces, es la complejidad que tienen para introducir distintos comandos. Por eso normalmente, las *Smart Glasses*, se utilizan únicamente como pantalla mientras que la entrada de datos se realiza con un teclado o mediante comandos de voz (micrófono), siempre y cuando sea factible por el ruido ambiental.

## INTERFACES POR VOZ

El pasado año comenzó una encarnizada lucha entre las grandes compañías tecnológicas por liderar el mercado de los asistentes de voz. Aunque inicialmente, Siri de Apple, Cortana de Microsoft y Google Home eran los líderes en las distintas plataformas (IOS, Windows y Android respectivamente), apareció un nuevo actor que a fecha de hoy es el líder indiscutible de este tipo de interfaces. Nos referimos a Alexa, el asistente de voz de Amazon.

La lucha por dominar este mercado, tiene que ver con la facilidad que tenemos los humanos para emplear el lenguaje natural a la hora de dar órdenes o ejecutar comandos, ya que a casi todos nos resulta mucho más sencillo hablar que escribir con un teclado. Las grandes tecnológicas saben que **el acceso a Internet, que ahora se realiza mayoritariamente empleando texto escrito, pasará a realizarse con lenguaje natural mediante interfaces por voz** y por tanto quien domine estas interfaces tendrá datos valiosísimos sobre nuestro comportamiento”.

Emplearemos la voz para realizar llamadas telefónicas, conocer los resultados deportivos de la jornada anterior o comprar una pizza, que son algunas de las tareas que ya realizan a la perfección este tipo de Interfaces. Y no solo las tendremos instaladas en nuestro móvil o en nuestro ordenador, en breve dispondremos de este tipo de interfaces también en nuestras casas y vehículos, donde estarán a nuestro servicio ininterrumpidamente para subir las persianas, encender las luces o bajar las ventanillas de nuestro coche.



Fig.- Familia de productos Echo

Fte: Amazon

La aplicación de este tipo de interfaces en la industria es clara. En aquellos casos donde no exista elevado ruido ambiental y los operarios tengan las manos ocupadas en las tareas que realizan, un pequeño micrófono (conectado a una unidad de procesado como un Smartphone) podrá ejecutar los comandos de control sobre la máquina. Ahora no habrá límite en el número de comandos y podemos usar tantos como deseemos. Por eso no cabe duda que las interfaces por voz serán sin duda un mercado en auge durante los próximos años y quizás se conviertan en la forma de interactuar con los dispositivos electrónicos más común en la próxima década.

## OTRAS INTERFACES

Además de las interfaces anteriores, la cantidad de luz, la frecuencia, los gestos, los movimientos neuronales, los sonidos incluso el ruido eléctrico, por el hecho de poder ser magnitudes medibles o detectables, pueden constituirse como parámetros válidos de entrada de datos en las nuevas interfaces de usuario. Algunas de ellas, que hace apenas unos años parecían imposibles de poderse producir a un coste razonable, ya están en el mercado con un coste muy competitivo. Veamos las más prometedoras:

## GESTUALES

En 2002 se estrenó la película *Minority Report* protagonizada por Tom Cruise, en ella el actor, usando unos guantes especiales y a través de gestos, interactuaba con una moderna computadora como por arte de magia. Por aquel entonces, Microsoft ya llevaba más de una década desarrollando una interfaz de usuario para sus videoconsolas con tecnología motion-sensing, una tecnología capaz de detectar los movimientos e interpretarlos como órdenes.

En 2009 esta compañía presentó Kinect, una interfaz de usuario muy fácil de usar e instalar que permitía controlar los videojuegos sin contacto físico gracias a un complejo sistema de sensores que permiten detectar gestos, voz, objetos e imágenes.



En las interfaces gestuales cualquier parte del cuerpo puede servir como entrada de comandos con la ventaja, frente al resto de interfaces, de aportar una tercera dimensión espacial para mejorar la experiencia interactiva del usuario; la profundidad.

Aunque la utilidad de este tipo de interfaces es amplia, tienen el problema de que sin querer podemos realizar gestos que supongan órdenes indeseadas para el sistema pues no siempre los gestos son reconocidos con precisión y pueden producirse errores. Además, tampoco son una interfaz práctica cuando los comandos de entrada al sistema son numerosos.

### NEURONALES

Otro tipo de interfaces muy interesantes sobre todo por su aplicación en medicina son las interfaces neuronales. A través de un dispositivo (ver figura siguiente) colocado en la cabeza, se detecta la actividad cerebral que se produce cuando el usuario pretende realizar una determinada acción. En ese caso, un sistema electrónico interpreta las señales y envía la orden a una computadora para ejecutarla. De esa forma se consigue que personas con discapacidades físicas puedan mover un ratón por la pantalla del ordenador y controlar exoesqueletos (brazos o piernas artificiales) para hacer vida normal.



Fig.- Detector de actividad cerebral

Fte: Epoc

## RESUMEN

Existen multitud de Interfaces para que los humanos podamos comunicarnos con las máquinas y todas ellas tienen utilidad puesto que cada tarea se realiza bajo circunstancias distintas. Cada magnitud física que podamos digitalizar, es susceptible de poder ser usada como interface de usuario y un mismo sistema electrónico permite combinar tantas como sean necesarias de forma que **las posibilidades de interactuar con una máquina a fecha de hoy son casi infinitas.**

Las interfaces de usuario hombre-máquina en la industria tienen como principal objetivo agilizar los procesos donde interaccionamos con las máquinas proporcionando un importante ahorro para nuestras organizaciones. El éxito de las mismas se basa en su facilidad de uso, su coste, su fiabilidad y la rapidez con la que se manejan.

El ejemplo más claro lo tenemos en el uso de pantallas táctiles como interfaces en los Smartphones, pues gracias a ello, consiguieron eliminar las barreras de penetración que la informática ha tenido históricamente.

En un futuro muy próximo, tendremos multitud de opciones a la hora de elegir cómo interaccionar con una máquina y la voz, los gestos, e incluso el pensamiento serán algunas de las más usadas pues cuanto más imperceptibles sean, mejor. Por ello comparto opinión con Sundar Pichai, CEO de Google quien afirma que **el futuro de los dispositivos es su inexistencia.**

---

## CAPITULO 13

# ROBOTS

---

*Descubriremos en esta entrega el papel tan relevante que juega España en la fabricación de Robots a nivel mundial así como algunos de los avances en robótica.*

## ROBOTS

Los robots se definen como máquinas programables capaces de realizar trabajos que antes estaban reservados únicamente a las personas. Más concretamente, la Federación Internacional de Robótica (IFR) definió el robot industrial de manipulación como:

**“Una máquina automática, reprogramable y multifuncional con tres o más ejes que pueden posicionar y orientar materias, piezas, herramientas para la ejecución de trabajos diversos en las diferentes etapas de la producción industrial, ya sea en una posición fija o en movimiento.”**

Existe una pequeña controversia con esta definición de robot ya que **una aplicación software puede considerarse un robot por ser capaz de realizar también tareas complejas como por ejemplo; realizar consultas, extraer conclusiones y tomar decisiones en base a las mismas.**

En esta guía hablaremos de los robots software, más adelante, cuando tratemos la Inteligencia Artificial. En esta sección únicamente trataremos los robots “hardware”, especialmente los usados en industria, aunque necesiten de una importante componente software para funcionar.

## EVOLUCIÓN DE LOS ROBOTS

La aparición de robots para la industria data de 1969, y junto a la electrónica, las tecnologías de la información y los PLCs, constituyó el inicio de la Tercera Revolución Industrial. En ese año se desarrolló el primer brazo robótico, al que se le acuñó con el nombre de *Standford Arm*, y desde entonces ha habido una importante evolución en la robótica industrial que la Asociación Francesa de Robótica Industrial (AFRI) ha clasificado en generaciones:

**La primera generación** engloba los **robots manipuladores** que repiten la tarea programada secuencialmente sin tener en cuenta las posibles alteraciones de su entorno.

**La segunda,** la componen **robots de aprendizaje** capaces de adquirir información de su entorno para localizar objetos y adaptar sus movimientos en consecuencia.

**La tercera generación** se compone de **robots con control sensorizado**. El robot dispone de un controlador o computadora que ejecuta las órdenes de un programa

y las envía al manipulador para que realice los movimientos necesarios muchas veces guiados por visión artificial.

**La cuarta generación** la componen los denominados **robots inteligentes**. Son similares a los anteriores, pero además poseen sensores que envían información a la computadora de control sobre el estado del proceso permitiendo la toma inteligente de decisiones en tiempo real y disponen de mayor autonomía de movimiento.

La evolución futura de los Robots la que denominaríamos **quinta generación**, pasa por utilizar las últimas técnicas de inteligencia artificial y sensores inteligentes para implementar **robots que perciben, razonan y actúan en entornos dinámicos, desconocidos e imprevisibles**.

Como resultado de la interacción con su entorno, el robot es capaz de aprender y desarrollar nuevas capacidades perceptuales, cognitivas y de comportamiento sin intervención humana.

Por eso se dice que la quinta generación de robots ha roto con la falsa creencia de que los robots, tanto los industriales como los de servicios, son concebidos para realizar principalmente tareas que sean sucias, repetitivas o peligrosas (soldadura, empaquetado y desempaquetado, limpieza).

A medida que se han abaratado y perfeccionado, los robots están siendo utilizados para realizar funciones más complejas como hacer de asistentes, formar, inspeccionar, cocinar, conducir, servir bebidas e incluso a jugar al bádminton.

En la actualidad existen empresas, como la *startup Embodied Intelligence*, que pretenden que los humanos puedan teleoperar con robots empleando cascos de realidad virtual y creaciones tan espectaculares como *Sophia* y *BigDog* que han animado a muchos medios a solicitar el cumplimiento de las leyes de la robótica que enunció Isaac Asimov en 1942.



## ROBÓTICA INDUSTRIAL

En el ámbito industrial los robots más utilizados son los brazos robóticos aunque cada vez están cogiendo mayor protagonismo los cobots (robots colaborativos) y los vehículos de guiado automático o AGVs.

### BRAZOS ROBÓTICOS

Aunque pueda resultar extraño, España es el quinto fabricante de robots industriales del mundo y el octavo productor de brazos robóticos para fábricas. Ocupa la décimo primera posición en número de robots por operario con 160 unidades de robots por cada 10.000 operarios frente al líder de este ranking que es Corea del Sur con más de 630 robots por cada 10.000 operarios.

Sin embargo, China es el país que empuja con mayor fuerza la “*Robolution*” en un mercado que crece exponencialmente gracias en parte a que actualmente los brazos robóticos permiten **programación gestual o directa** que consiste en guiar al robot directamente, trazando el camino que debe realizar, para que aprenda los movimientos a realizar sin necesidad de programación.

### COBOTS

Otro tipo de robots industriales son los **robots colaborativos o Cobots** que son capaces de interactuar físicamente entre ellos o con humanos en un espacio de trabajo común. Con objeto de ofrecer un aspecto más atractivo, se les suele dotar de una cara digital y aspecto humanoide. Pueden trabajar de varias formas: con autonomía, ayudando a humanos o requiriendo su ayuda.

Los Cobots, como ocurre con casi toda las tecnologías, cada vez son más compactos y fáciles de usar y programar, por ello muchos expertos opinan que liderarán el mercado de los robots industriales en los próximos años.

### AGVs

Los AGVs (Automatic Guided Vehicle) o vehículos de guiado automático, es decir sin conductor, son robots que habitualmente tienen forma de carro o plataforma con gran capacidad de desplazamiento y que están dotados de un sistema locomotor de tipo rodante. Normalmente siguen su camino guiándose por la información que perciben de su entorno a través de los sensores que incorporan.

La compañía burgalesa Asti es líder en Europa en la producción de este tipo de robots que se utilizan principalmente para desplazamiento de material *indoor*.



Fig.- Fotografías de Brazos Robóticos Articulados, Cobots y AGVs

Fte: Web

## OTROS ROBOTS

Desde principios del siglo XXI la robótica ha progresado exponencialmente y podríamos decir que ha modificado nuestro paisaje tecnológico. En muchas viviendas podemos ver Roombas (aspiradoras robóticas que pueden limpiar sus pisos de forma autónoma), en los parques podemos ver a jóvenes que pilotan drones y en las aulas a chicos que programan o juegan con robots cada vez más sofisticados y que controlan a través de un smartphone.

Esta democratización de la robótica, se está produciendo por el abaratamiento de la electrónica y por el uso de sistemas embebidos como **Arduino**, **RaspBerry Pi** y **Beaglebone**, que están siendo utilizados para diseñar drones y brazos articulados robóticos.

Las iniciativas Hágalo Usted Mismo **DIY** (Do It Yourself) y el **Open Source Robotics Foundation** (OSRF), han propiciado la aparición de extensa información y potentes librerías gratuitas para la creación y programación de robots, de forma que a fecha de hoy disponemos desde robots imprimibles con una impresora 3D a robots educativos para niños como **MBOT** o robots para aplicaciones industriales de bajo coste como **Dorna**, cuyo firmware y software son totalmente libres.

Estos “robotitos de juguete” han provocado que el mercado profesional se haya visto obligado a ajustar precios, ampliar prestaciones y funcionalidades con objeto de seguir manteniendo su gap tecnológico.

En los próximos años, veremos cómo los juguetes, los vehículos, las máquinas e incluso las mascotas pasarán a ser robots y conviviremos con ellos en armonía. Por ello cada vez existen más detractores de la tecnología, que ven en la evolución de los robots una amenaza para los humanos.

**La inteligencia del silicio por primera vez en la historia de la humanidad, está superando a la inteligencia del carbono y los humanos no estamos preparados para aceptarlo sin más.**

Nos decimos que nunca seremos superados por las máquinas porque carecen de muchas de nuestras habilidades, pero a la vez, cuando vemos lo rápido que evolucionan nos ponemos a temblar.

La respuesta quizá esté en la genética que perfeccionará al hombre para mantener su supremacía una vez esté digitalizado totalmente. Mientras tanto, debemos ser conscientes de que **basta que una sola máquina sea superior a los humanos en cualquier faceta, para que al día siguiente todas ellas lo sean.**

---

## CAPITULO 14

# **IMPRESIÓN ADITIVA O IMPRESIÓN 3D**

---

*Desde la aparición de la impresora de inyección, nuevos materiales han sido estudiados para ser impresos en tres dimensiones. Ahora gracias a la impresión 3D podemos construir casi cualquier objeto.*

## IMPRESIÓN ADITIVA o IMPRESIÓN 3D

Otro de los habilitadores tecnológicos que cabe mencionar en el apartado Dispositivos es la impresión aditiva o impresión 3D que, entre otras cosas, trata de democratizar la elaboración de prototipos en el desarrollo de producto a la vez que otorga flexibilidad estética a los mismos.

En 1976, la aparición de la impresión por inyección de tinta supuso el principio en el cual se basa esta tecnología, que logra mediante la sustitución de la tinta por otros materiales inyectables, **crear objetos tridimensionales** mediante la superposición de capas de material.

Han tenido que transcurrir casi cuarenta años para que su aplicación en la industria sea eficiente y aunque inicialmente se centraba en el prototipado rápido, actualmente sus usos crecen de forma exponencial.

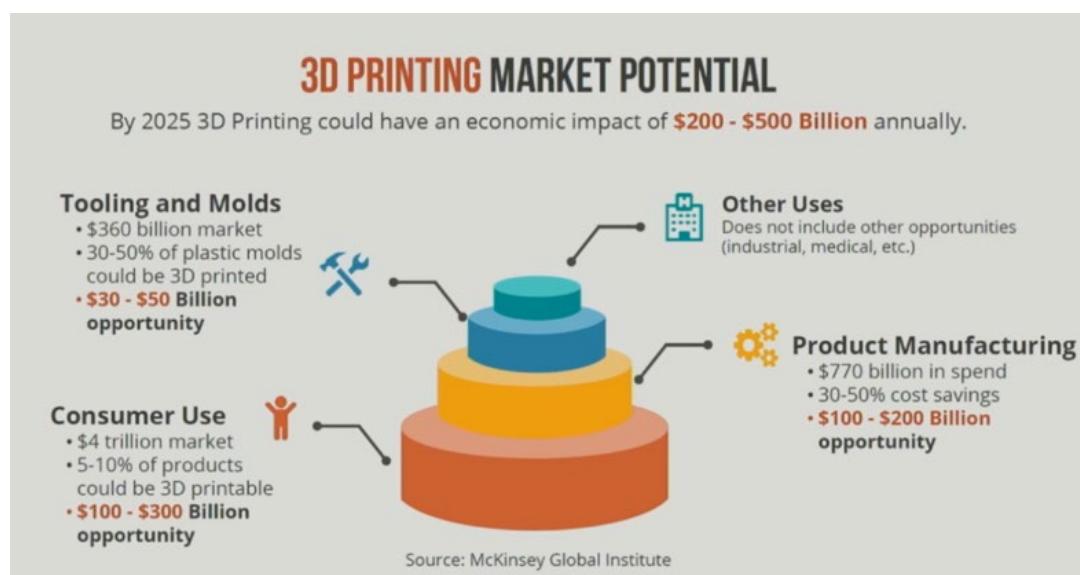


Fig.- Mercado potencial de la impresión 3D

Fte: McKinsey

Mediante Impresión 3D podemos generar de forma sencilla multitud de objetos originales que hasta ahora eran imposibles de fabricar y por tanto, nos permite materializar prácticamente cualquier objeto que seamos capaces de crear.

**“La impresión 3D permite el paso de la manufactura en la cual los objetos se crean de forma manual a la mentefactura, donde los objetos los creamos al digitalizarlos”.**

La magia reside de nuevo en la digitalización. Porque cuando un objeto es digitalizado, es susceptible de imprimirse tantas veces se quiera y de ser enviado a cualquier parte del mundo en unos segundos para que pueda ser fabricado. Por eso, la impresión 3D en industria también se está utilizando en reposición de piezas especiales. Ahora, si tenemos una avería en una máquina, independientemente de su ubicación, podemos enviar a imprimir la pieza averiada inmediatamente para ser sustituida sin necesidad de desplazarnos, abaratando y mejorando la calidad del servicio.

No es de extrañar que en un futuro muy próximo, en los polígonos industriales, una empresa de impresión 3D con máquinas de alta calidad preste estos servicios de fabricación deslocalizada a fabricantes de todo el mundo, produciendo piezas de sustitución en el acto para evitar desplazamientos de personal técnico y el transporte de las piezas averiadas.

Para trabajar en impresión 3D basta disponer de:

- Una **Impresora** que será la responsable de depositar el material o materiales que constituyen la pieza a imprimir capa a capa. Para ello normalmente disponen de un inyector que es capaz de calentar el material a la temperatura idónea para dosificarlo y depositarlo a lo largo y ancho de una cuadricula sobre la que el objeto es creado. Se utiliza un tipo inyector u otro según el material a emplear para construir la pieza.
- El **Software de Diseño 3D** que principalmente se encarga de realizar la conversión de un objeto digital de tres dimensiones en capas (láminas) para poder ser impreso. Dependiendo del material usado y del tipo de pieza a imprimir, podremos ajustar distintos parámetros de configuración. También se encarga de imprimir un soporte si la pieza no puede soportarse por sí misma.



Fig.- Elementos básicos de la impresión 3D

Fte: Elab. Propia

Distintos **Materiales** para inyectar. Cada vez son más numerosos los materiales usados para impresión 3D. Actualmente podemos imprimir objetos hechos de chocolate, plástico, metal, goma, vidrio y cemento como ejemplo, pero también se están utilizando materiales como hueso para imprimir prótesis.

Opcionalmente, si no sabemos diseñar por ordenador, también es posible el uso de un **Scanner 3D** que sirven para disponer de la representación de un objeto real en un formato digital tridimensional. La señal que emiten (normalmente luminosa), al impactar con

el objeto varía, y en base a esa variación, se puede reconstruir digitalmente la forma geométrica del objeto.

**IT'S NOT JUST PLASTIC ANYMORE!**  
A Sampling of 3D Printing Materials

**METAL**

3D printing with metals differs from using plastic, and it takes a couple of different forms. One popular process, direct metal laser sintering (DMLS), involves melting metal powders with a laser and layering them together. The process can be used to print anything from jewelry to tools, and even parts for aircraft.

**CHOCOLATE**

Printing with chocolate is clearly an idea whose time has come, as demonstrated by the number of companies that are getting into the 3D chocolate printing game – including, naturally, Hershey's.

**BIO-INK**

The ability to print living tissue has radical implications for medicine. Recently, engineers at Harvard developed a novel combination of bio-inks that can be used to print tissue that mimics human tissue, complete with blood vessels.

**BONE**

3D printed "bone" has already been used to replace 75 percent of a man's skull using plastic, and to replace a vertebra in a 12-year-old boy with a titanium implant. More impressively, a research team at Washington State University recently demonstrated that 3D printed bone can be made out of actual bone – or material very close to it.

**SANDSTONE**

Unlike 3D printing with plastic, sandstone offers a rich and vibrant array of colors, making it an increasingly popular choice for action figures.

**GLASS**

3D printing with glass involves the use of recycled glass powder, which is spread out on a bed and sprayed with a binding agent. Why not turn some old beer bottles into jewelry?

**MEDICATION**

By printing capsules that can be swallowed, 3D printers could allow pharmacies to manufacture your medicine on the premises, and to create custom dosages based on a patient's needs.

**SKIN**

Soon, burn victims and others in need of skin grafts could have new skin printed out for them. The US Army is close to entering human trials to test out 3D printed skin being developed at Wake Forest University's Institute for Regenerative Medicine.

Sources: chordge.com, money.cnn.com, solididea.com, movinglands.com, eas.harvard.edu, gizmodo.com, reuternext.com, shopways.com, n.cnn, 3dprintboard.com, cbs.com

**BUSINESS INSIDER**

Los scanner 3D se utilizan en la construcción de piezas a medida como audífonos y ortodoncias y a menudo son usados para ingeniería inversa ya que permiten digitalizar cualquier objeto y ser reproducido a posteriori en una impresora 3D.

Fig.- Aplicaciones de la impresión 3D  
Fte: Business Insider

## RESUMEN

Conocemos muchos usos de la impresión 3D y de cómo está afectando a sectores como el calzado, la moda, el mueble, la automoción, la alimentación e incluso la arquitectura pero las aplicaciones relacionadas con la medicina, por el impacto social que conllevan, son actualmente las más asombrosas. La impresión de huesos con materiales biocompatibles, prótesis de titanio, exoesqueletos y tejido humano, son algunos de los ejemplos más llamativos.

En la Industria, la fabricación aditiva se utiliza principalmente para prototipado rápido pero a medida que la velocidad de impresión aumenta y las impresoras y los materiales se abaratan se plantean nuevos usos, por eso se dice que la impresión 3D es la industria manufacturera del futuro.

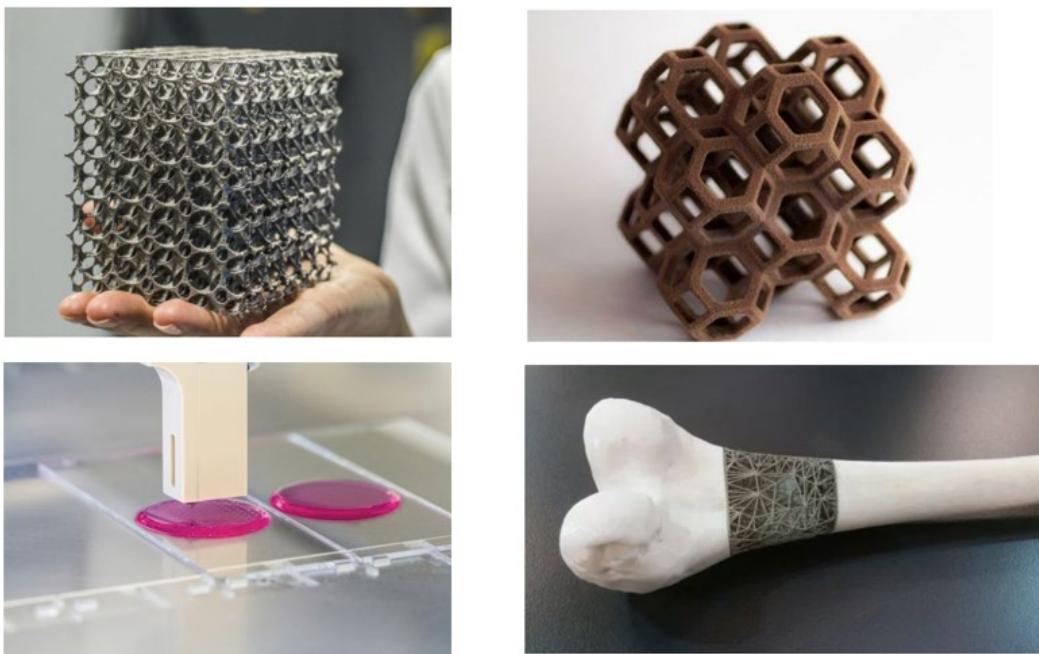


Fig.- Distintos Objetos elaborados con impresión 3D

Fte: Elab. Propia

---

## CAPITULO 15

# **SMARTPHONES**

---

*Los smartphones provocaron la necesidad de disponer de una industria 4.0. Unos años después comienzan a tener protagonismo en ella.*

## SMARTPHONES

No podemos dejar de hablar de los Smartphones en la sección de Dispositivos pues, como dijimos en el primer capítulo de esta guía, son los grandes protagonistas de la cuarta revolución industrial. Su facilidad de uso y su bajo coste han eliminado las barreras de penetración a lo digital y han provocado que dos mil millones de personas, a los que denominamos Clientes 4.0, se hayan sumado a la conversación global demandando nuevos productos y servicios.

### **Ninguna otra tecnología ha evolucionado tan deprisa como los Smartphones.**

Y no nos referimos únicamente al hardware, cuya evolución ha sido espectacular, sino principalmente al software. Una Comunidad de desarrolladores compuesta por millones de programadores, nutren sin cesar el ecosistema de los Smartphones y eso está provocando la aparición de nuevos productos, servicios y modelos de negocio casi a diario.

Gran parte de los protocolos y herramientas de programación que han sido desarrolladas recientemente para los Smartphones, gracias a que consisten en herramientas de código abierto y gratuito, se han extendidos a todos los ámbitos. Actualmente se están aplicando como estándares en la industria y han conseguido abrir, por fin, la caja negra en la que los fabricantes de maquinaria y PLCs nos tenían cautivos.

Hoy día la revolución tecnológica en el mundo Smartphone, se centra mayormente en dotar a estos dispositivos de Inteligencia Artificial. Gracias a la IA, los Smartphones pueden analizar nuestros comportamientos, y así aprender y adaptar su funcionamiento, para mejorar la experiencia del cliente.

### **“Mi Smartphone funciona como a mí me gusta porque me conoce”**

Nos venden que únicamente será utilizada en beneficio nuestro pero también será utilizada para capturar y analizar nuestros datos con objeto de venderlos o explotarlos.

No obstante, en esta sección los smartphones serán tratados únicamente como herramienta para aumentar nuestra productividad en la Industria 4.0 y ayudar en la mejora continua. Desde este punto de vista los Smartphones son dispositivos que cada vez incorporan más funcionalidades de serie (linterna, avisador, cronómetro, grabador, cámara, etc.) y sus sensores le permiten tanto emular una HMI, como un sistema embebido, un wearable, un equipo de realidad aumentada, un dispositivo IoT, etc. Además disponen de un ecosistema extensible mediante comunicación móvil, Wifi

o Bluetooth, de forma que podemos conectar a él muchos otros dispositivos, que operando en conjunto, realizan funciones increíbles.

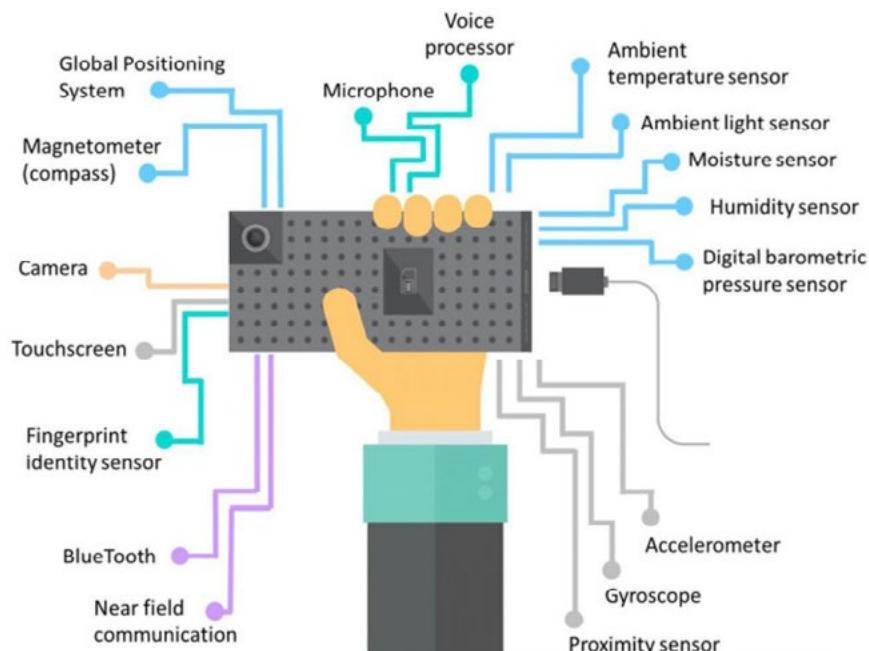


Fig.- Sensores que incorpora un Smartphone

Fte: Icon

Los servicios a los que tenemos acceso con nuestro Smartphone son muy interesantes y últimamente están apareciendo APPs que son muy eficaces para agilizar tareas cotidianas en las que invertimos mucho tiempo.

A continuación mostramos un pequeño listado de algunas que pueden resultarnos útiles:

- **ASANA:** Gestor de tareas.
- **EVERNOTE:** Block de notas, videos y audios.
- **RESCUETIME:** Para gestión del tiempo.
- **CANCARD:** Para gestión de tarjetas de visita.
- **USERLIKE:** Aplicación para atención al cliente

- **SLACK**: Comunicación de equipos de trabajo.
- **TRELLO**: Organización de proyectos.
- **ZELLO**: Comunicación de grupos de trabajo.
- **IFTTT**: Automatización de tareas.

Por otra parte, nuestra organización puede desarrollar a medida las aplicaciones que desee para optimizar los procesos o eliminar papel por ejemplo. Siguiendo esta línea, los Smartphones están siendo cada vez más usados para visualizar información sobre la producción, recibir alertas, conocer el guiado de mercancías en el interior, establecer comunicación ágil entre compañeros, grabar contenido multimedia, obtener alertas de KPIs, visualizar gráficos de producción, etc.

En breve además tendremos instalados en nuestros Smartphones, cuya apariencia quizá sea muy distinta a la actual, asistentes personales basados en IA que nos actualizarán la agenda a medida que acordemos una comida de trabajo durante el transcurso de una llamada o traductores simultáneos que eliminarán en gran medida la barrera de los idiomas.

---

## CAPITULO 16

# **REALIDAD AUMENTADA Y VIRTUAL**

---

*Ha llegado el turno del software y el gran abanico de SERVICIOS que podemos implementar apoyándonos en él. Comenzaremos viendo aplicaciones de escenarios generados mediante Realidad Virtual y Aumentada.*

## REALIDAD AUMENTADA Y VIRTUAL

Aunque hemos englobado las dos tecnologías en el mismo punto, debemos conocer sus diferencias. Para ello como se observa en la figura siguiente, entre un entorno totalmente real y otro totalmente virtual existe lo que se denomina Realidad Mixta, es decir, todo un espectro de realidades compuesto por una parte real (física) y otra virtual. Dependiendo de la proporción entre lo real y lo virtual, hablaremos de Realidad Aumentada (Augmented Reality o AR) o Realidad Virtual (Virtual Reality o VR).

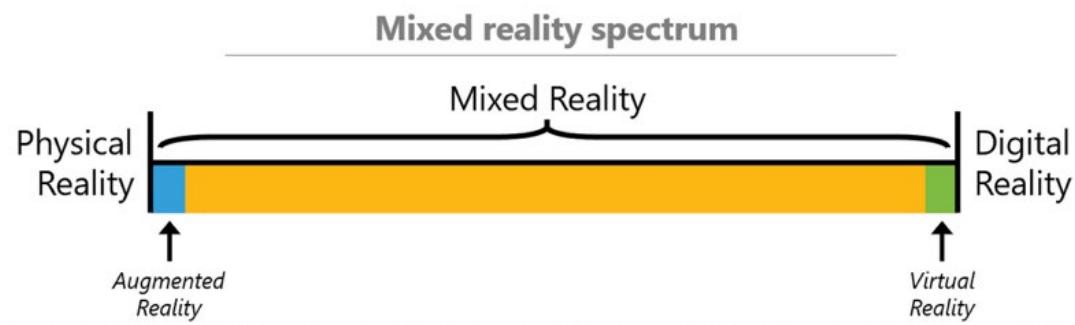


Fig.- Diferencias entre Realidad Virtual y Realidad Aumentada

Fte: Microsoft

Los sistemas de **Realidad Virtual** puros, aíslan al usuario de la realidad material del mundo físico para sumergirlo en un escenario totalmente virtual. Lo que se conoce como un mundo virtual. Para la generación de escenas de realidad virtual (piense el lector en un videojuego) se requiere diseñar con antelación los espacios por donde nos podremos mover (virtualmente) y los objetos virtuales con los que podremos interactuar.

Como la Realidad Virtual es digital, es decir está dentro de un ordenador, necesitaremos un dispositivo especial que nos permita introducirnos en esas escenas. Para ello se utilizan unas gafas que disponen de una pantalla donde se proyectan las imágenes y unos sensores que mueven la escena a medida que nos movemos, provocando una sensación similar a la realidad. Si nos quitamos las gafas, todo lo que observamos desaparece por completo.

La Realidad Aumentada sin embargo, genera un **entorno virtual que se superpone al real**. Objetos 3D, vídeos, imágenes o textos se superponen a la imagen real que toma por ejemplo la cámara de unas gafas AR, nuestro Smartphone o nuestra Tablet del lugar en el que nos encontramos. Si nos quitamos las gafas únicamente desaparecerán los objetos digitales pero permanecerá el resto.

## Realidad aumentada y virtual

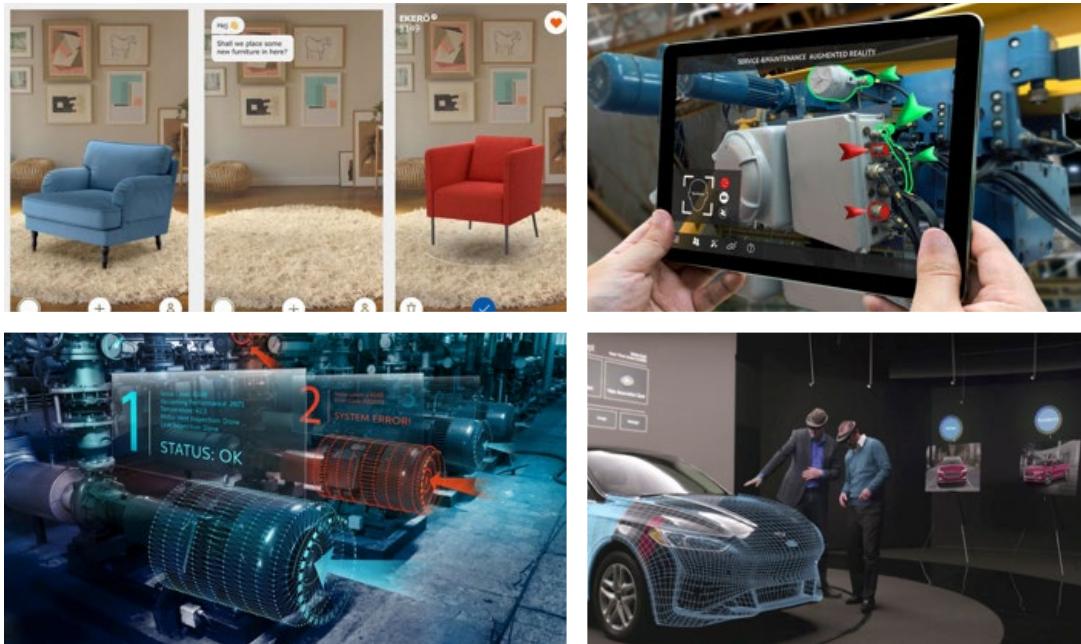


Fig.- Distintas Aplicaciones de la Realidad Virtual y Aumentada

Fte: Web

Las grandes consultoras como Gartner vienen pronosticando que tanto la Realidad Aumentada como la Virtual, tendrán mayor impacto en los consumidores que en el terreno empresarial pero están alertando de que ese gap es cada vez menor. El año pasado las aplicaciones en Industria y comercio suponían aproximadamente un 40% del total y su valor sigue aumentado.

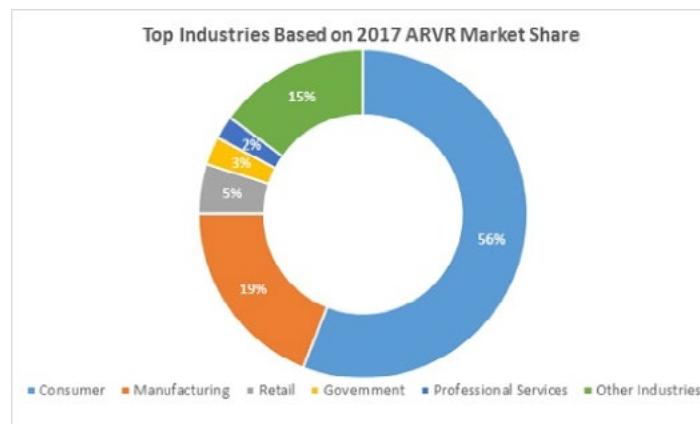


Fig.- Distribución del Mercado de la Realidad Virtual y Aumentada

Fte: IDC

Gafas para ver películas, videojuegos y nuevas aplicaciones relacionadas con sexo son algunas de las tendencias orientadas al consumidor final, que auguran unos ingresos elevados, para el sector durante los próximos años. Por otra parte, en el terreno profesional, éstas tecnologías se están introduciendo fuertemente en sectores como la educación, la salud, el comercio, el militar y como no en el ámbito industrial.

Algunos de los usos más demandados son:

- **Formación:** Usando técnicas de aprendizaje rápido mediante objetos tridimensionales.
- **Prototipado 3D:** Permite la generación de prototipos que podemos ver en varias escalas tridimensionales incluso desde dentro antes de ser creados.
- **Visualización Avanzada de Información:** Mostrando información de los procesos que estamos observando en el momento.
- **Márketing:** Permite la elaboración de catálogos interactivos donde podemos cambiar superficies, colores, texturas de los objetos que intervienen a placer. También resulta muy interesante para llamar la atención a posibles clientes.
- **Herramientas de apoyo al Mantenimiento y Asistencia Técnica:** Permite el guiado interactivo de instrucciones tanto para nuestro personal como para nuestros clientes.

La mayor parte de estos usos se apoyan en tecnologías de Realidad Aumentada pues para introducir al observador en un mundo totalmente virtual se requiere de equipamiento más caro y una adaptación por parte del usuario al proceso de “inmersión”.

Podemos pensar que dentro de unos años, cuando el coste de las “smart glasses” sea muy inferior al actual, sustituiremos nuestras gafas de sol por una de ellas cuando visitemos un museo, vayamos a zoo, hagamos una ruta turística e incluso cuando conduzcamos. En todos esos casos disponer de información añadida a la real supondrá aportar valor a la experiencia del cliente.

También se extenderá su uso en nuestras organizaciones 4.0 pues bastará dar un paseo por la planta para poder visualizar la información de los procesos en marcha o mirar una caja del almacén de producto acabado para conocer su contenido.

---

## CAPITULO 17

# **SISTEMAS MES & MOM**

---

*Necesitamos obtener, procesar y representar datos de los procesos que tienen lugar en la parte de operaciones de nuestra organización. Los sistemas MES son capaces de eso y mucho más.*

## MES & MOM

Para definir los sistemas de automatización y control de la producción se utilizan dos siglas; MES (*Manufacturing Execution System*), que fue la primera en acuñarse y está más extendida y MOM (*Manufacturing Operations Management*) **que surge ante la necesidad de incluir, además de las funciones del MES, el control en los sistemas de planificación y secuenciación de la producción, la gestión de calidad, laboratorio e I+D** principalmente.



Los sistemas MES, básicamente consisten en servicios que **operan con los datos provenientes de planta (datos de PLC y sensores) y del ERP corporativo** para presentar de forma muy visual información relevante para el control de procesos, ahorrando tiempo y por tanto dinero.

Nuestros operarios a través de un sistema MES, dispondrán de la información que necesiten actualizada y podrán interactuar con los parámetros más significativos de las máquinas para corregir los procesos fabriles de una forma muy sencilla. Además, cuando durante el proceso de producción algún parámetro se salga de los valores habituales, el sistema MES alertará a las partes involucradas para que procedan a solucionar el problema, incluso podrá mostrar (siempre que hayan sido introducidas con anterioridad en el sistema) los pasos a realizar por cada uno de nuestros operarios.

La figura siguiente muestra un ejemplo de “dashboard” de un sistema MES. En ella podemos observar de un vistazo rápido la evolución de los procesos, los problemas más comunes o la productividad y por tanto son de gran ayuda para la toma de decisiones.

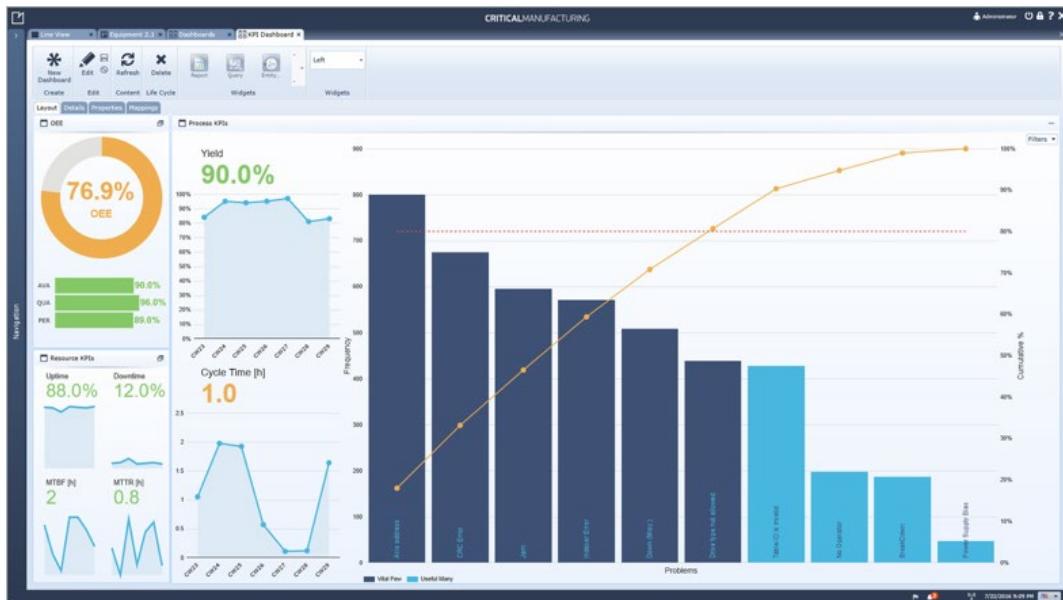


Fig.- Ejemplo de pantalla de un sistema MES

Fte: Web

Mediante servicios MES obtenemos datos relevantes de los procesos fabriles y su evolución en el tiempo. Este es el paso inicial necesario (aunque existen otras vías) para definir y estudiar planes de mejora continua empleando técnicas analíticas como Machine Learning y Big Data. El alcance de los servicios MES es mucho mayor que el de los sistemas SCADA y por tanto, la instalación de un sistema MES debería bastar para tener el control integral de la producción entre otras funcionalidades.

Los sistemas MES y MOM son servicios en fase de evolución que cada vez incorporan más funcionalidades. Principalmente éstas son:

- Conocer la genealogía del producto.
- Llevar el control de inventario.
- Mantener la línea balanceada.
- Creación de Dashboards.
- Cálculo de KPIs.
- Control de Activos.

- Control de Documentos.
- Flujo de trabajo sin papeles.
- Realización de Informes dinámicos.
- Análisis a medida.
- Visualización y Control de alertas.
- Medir la Productividad (OEE).
- Control de procesos.

Estos servicios son extremadamente interesantes para nuestra organización pero abordan principalmente los procesos de nuestra área de operaciones y por tanto **no son soluciones globales para la Industria 4.0** tal y como la hemos definido en esta guía, puesto que no abarcan toda la Cadena de Suministro.

Por tanto, además del MES tendremos que buscar otros servicios para controlar el resto de procesos en nuestra Organización 4.0, especialmente los que incluyen a nuestros proveedores y a nuestros clientes.

Como veremos en los capítulos siguientes, actualmente el mercado IT, de cara a ofrecer soluciones más globales, está ofertando todo tipo de plataformas en la nube que permiten obtener datos de proveedores y clientes de nuestra organización para poder tomar decisiones más globales.

En España existen diversos fabricantes de sistemas MES, entre los más conocidos destacan **Doeet, Mesbook, Nexus, Edinn** y **Mapex**.

Independientemente de la elección del fabricante, debemos considerar que la instalación de servicios MES, no es inmediata sino que requiere de una fase de diseño Cliente-Proveedor en el que la implantadora/desarrolladora debe conocer con detalle los procesos que llevamos a cabo para la elaboración de nuestros productos y los parámetros que queremos controlar por ser relevantes para la toma de decisiones.

También debemos tener en cuenta que durante este proceso, salen a la luz necesidades hardware y software, no contempladas a priori, que vamos a tener que paliar mediante la instalación de diversos dispositivos (sensores, máquinas, PLC's, gateways) y en consecuencia desarrollar las rutinas de comunicación con ellos y con nuestro ERP para poder publicar los datos que requeriremos.

En cada pantalla visualizaremos la información que consideremos conveniente para controlar los procesos que transcurren cercanos a los puestos de trabajo. Tareas de mantenimiento, número de piezas fabricadas, coste de cada pieza, etc, son algunas de las muchas posibilidades que ofrecen los sistemas MES.

Una vez toda la información necesaria pueda ser publicada convenientemente, nuestro proveedor MES estará en condiciones de implantar el servicio, personalizando su software para adaptarlo a nuestras necesidades.

Debido a la complejidad de esta tarea y con objeto de no tener que realizar cambios posteriores en el servicio, es conveniente aportar todos los recursos internos disponibles (o subcontratar expertos) para conocer dónde se almacenan los datos maestros (Data Masters) que serán aquellos valores clave de nuestro negocio y por tanto debemos saber cómo modificarlos llegado el momento sin necesidad de ayuda.

---

## CAPITULO 18

# PLATAFORMAS

---

*Las Plataformas son estructuras software muy complejas diseñadas para intercomunicar cientos de miles de dispositivos remotos y por tanto muy válidas para intercomunicar nuestra cadena de suministro por ello están siendo cada vez más usadas en la Industria.*

## PLATAFORMAS

Denominamos Plataforma a un servicio software que tiene como propósito general **trabajar con diversas tipologías de datos de una organización para procesarlos, analizarlos y obtener información que aporte valor.**

A priori, mediante la definición del párrafo anterior, las Plataformas pueden parecer muy similares a los sistemas MES vistos en el capítulo anterior, pero existen diferencias importantes entre estos **servicios** que debemos conocer:

- *Las Plataformas no están tan centradas en la parte de operaciones como sí en la **interconexión con nuestros productos** cuando éstos disponen de inteligencia y comunicación (productos IoT).*
- **Eliminan en la medida de lo posible desarrollos individuales y a medida** para cada empresa facilitando herramientas de integración válidas para multitud de clientes que sean fáciles de usar. En ellas se prima el concepto DIY (Do It Yourself) o hazlo tú mismo.
- *Están concebidas para su funcionamiento en la Nube, por tanto las Plataformas permiten importar y exportar los datos de/a todos los integrantes de nuestra cadena de suministro incluyendo a proveedores y clientes.*

Las Plataformas son un servicio que ha transformado ya muchos sectores y serán muchos más los que transforme de aquí en adelante. Empresas como Netflix en audiovisual o Airbnb en el inmobiliario, son algunos ejemplos de crecimiento exponencial de organizaciones gracias, en gran medida, a que funcionan sobre plataformas que integran sus productos y servicios con clientes y proveedores. Cualquier usuario de cualquier parte del mundo usando cualquier dispositivo puede hacer uso de las mismas de un modo muy sencillo a través de un APP.

El denominador común de todas las Plataformas es que **siguen un modelo de pago por uso** y su coste se mide por parámetros como; el número de conexiones realizadas, cantidad de datos almacenados, dispositivos conectados, etc. Por tanto **es importante “sacar números” antes de contratar los servicios de una Plataforma u otra.**



Fig.- Distintas Plataformas

Fte: Web

Una vez realizada la suscripción a una determinada Plataforma, todos los usuarios o clientes, tienen acceso a unas **herramientas de gestión globales** que les permiten interactuar únicamente con los datos propios. A través de estas herramientas podemos dar de alta nuevos usuarios, proporcionar permisos de acceso, lectura o modificación, establecer reglas, programar, etc.

Al igual que ocurre con los sistemas MES, la integración de los procesos de nuestra organización en una Plataforma no es una tarea sencilla pues además de los procesos internos involucra también los acontecidos a lo largo de toda nuestra cadena de suministro. No obstante, una vez los datos de clientes, proveedores, productos, máquinas, sensores, etc. pueden ser convenientemente publicados y recibidos por los suscriptores los beneficios que obtenemos son enormes.

Los expertos afirman que **el crecimiento de una organización cuando dispone de una plataforma de gestión global del negocio es exponencial** gracias a las siguientes ventajas:

- Disponemos de Ubicuidad en los datos. El dato puede estar accesible y a él pueden suscribirse los que lo necesiten.
- Están pensadas para el **desarrollo rápido de aplicaciones orientadas al negocio** sin escribir apenas código fuente.
- Las inversiones a realizar en su puesta en marcha y formación son mínimas.
- Disponen de configuraciones visuales de modelos de datos virtuales y su integración.
- Utilizan modelos *Drag&Drop* (arrastrar y soltar) para confeccionar la reglas lógicas y convierten en formularios directamente los datos capturados de los procesos.

- Disponen de herramientas declarativas para configurar la lógica del negocio a través de modelos de flujos de trabajo, tablas de decisión y reglas lógicas.
- Componentes *Drag&Drop* para el diseño de "dashboards" que aceleran la generación de interfaces de usuario y su personalización.
- Disponen de herramientas que facilitan el desarrollo de APPs para el móvil.
- Pueden abstraerse del mundo real y usar nuevos recursos sobre la misma estructura.
- Podemos simular comportamientos antes de proceder a la implantación de un determinado proceso.
- Permiten **interacciones entre todos los agentes de nuestra cadena de suministro.**

## PARTES Y FUNCIONAMIENTO DE UNA PLATAFORMA

Las Plataformas están constituidas por tres módulos principales:

- **Módulo de Captura y Comunicación.** Es el responsable de establecer las reglas a usar para poder comunicarnos desde nuestras infraestructuras a la Plataforma. Los datos "formateados" siguiendo estas reglas viajarán desde nuestros dispositivos conectados a Internet al servidor de la misma donde serán tratados.
- **Módulo de Almacenamiento y Procesado.** Los datos publicados en la Plataforma deben procesarse para extraer información y muchas veces almacenarse para su posterior uso. Las bases de datos, dependiendo del volumen y la velocidad a la que se generen los datos pueden alcanzar dimensiones gigantescas y tratar toda esa información requiere de potentes sistemas computacionales (BIG DATA). Este módulo realiza estas tareas de forma eficiente y se adapta a la cantidad y velocidad requeridas en la comunicación.
- **Módulo de Presentación y Control.** Este módulo permite visualizar en "dashboards" personalizados los datos una vez tratados. Desde cualquier dispositivo conectado (Tablet, Smartphone, ordenador, etc.) los usuarios de nuestra organización visualizarán simultáneamente la información que necesiten (gráficos, alertas, KPI's, etc.) para tomar decisiones.

## Common IoT Platform Features

Edge	System Management & Connections	Insights & Actions
Device / User Management	Cloud Connectors	Dashboards / Visualizations / Apps
Roles & Permissioning	Event Logic / Alerts	Application Builders
Local Cloud Gateway	Subscriptions / Billing	Data Marketplaces
Libraries Adapters / SDKs	APIs	Turn-key Vertical Applications
Security & Access Controls	OTA firmware and software updates	Predictive / Prescriptive Analytics
Identity Management	Storage / App Hosting	Voice Interface / AR / MR / VR Integrations

Fig.- Características comunes de las Plataformas IoT

Fte: Web

Aunque inicialmente fueron concebidas para trabajar en la nube, algunas Plataformas permiten la instalación (sobre todo de los módulos de captura, procesamiento y almacenamiento) en nuestros servidores locales cuando las necesidades de manipulación de datos son muy elevadas o la velocidad es un factor crítico. En esos casos, debe existir un motor de cálculo local (perfectamente podría consistir en un sistema MES) que realice los más costosos y simplifique los datos antes de ser enviados para ser presentados o almacenados.

Por eso, no debemos pensar que los tres módulos descritos anteriormente son los únicos a los que tenemos acceso. Normalmente, las Plataformas suelen disponer de un amplio abanico de servicios que abarcan prácticamente todas las necesidades que podamos tener sobre el tratamiento de datos. Entre ellos destacan los servicios de Inteligencia Artificial y en especial el aprendizaje máquina (*Machine Learning*). Los servicios de *Machine Learning*, son muy usados en mantenimiento predictivo pues son capaces de “entrenarse” gracias a los datos históricos de los procesos y en base a ellos predecir, por ejemplo, cuándo debemos realizar un cambio en una determinada máquina.

En la figura siguiente, exponemos un esquema general de trabajo de una Plataforma que integra protocolos IT, OT (máquinas y PLCs) e IoT.

Como podemos observar, en este caso, los datos capturados en los sensores, PLCs y máquinas son enviados a través de distintas topologías de red a un *Gateway* o puerta de enlace. Este *Gateway* entiende distintos protocolos y es capaz de interpretar los datos capturados, almacenarlos mientras están pendientes de ser enviados, formatearlos en un lenguaje común y por último, una vez formateados, transmitirlos a su vez al servidor de datos donde serán publicados.

Este servidor (*Backend*), a través de unas reglas predefinidas, combinará los mismos para presentar la información en intuitivos *Dashboards* (*FrontEnd*) a los suscriptores. Las nuevas plataformas están abiertas a cualquier nuevo modo de hacer uso de esos datos siempre y cuando este se realice de manera ordenada.

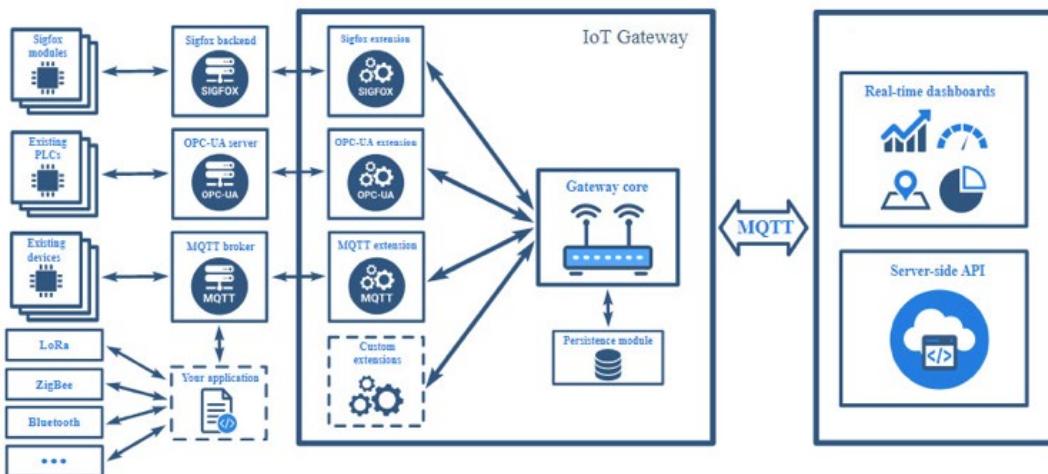


Fig.- Esquema de trabajo de una plataforma IoT

Fte: Web

El acceso a los datos de la Plataforma y su visualización normalmente puede realizarse mediante el seguimiento de unas sencillas “reglas” que serán accesibles a través de los distintos lenguajes de programación que soportan entre los que habitualmente encontramos JavaScript y sus derivados.

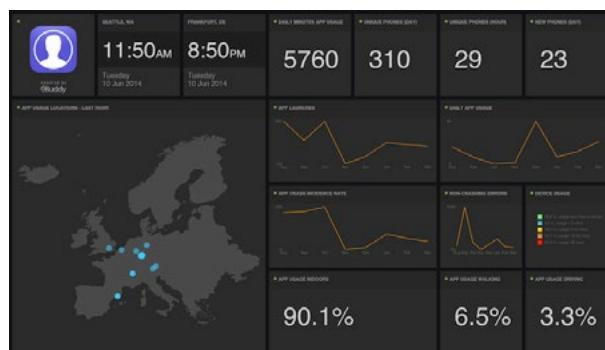


Fig.- Ejemplo de Dashboard de una Plataforma

Fte: Web

El resultado podría ser algo similar a la figura siguiente. Mapas, usuarios, delegaciones de todo el mundo que publican sus datos en tiempo real y son mostrados en una misma pantalla de información a los suscriptores para la toma de decisiones global.

## ¿CÓMO ELEGIR LA PLATAFORMA ADECUADA?

Existen infinidad de tipos de Plataformas con diferencias muy sutiles entre ellas por lo que puede ser muy complicado elegir la opción más acorde a nuestras necesidades.

Cloud Marketplace	AppDirect  APPIRIO  INGRAM MICRO myGravitant ...
Cloud Broker Platform	cloudMatrix   ...
Cloud Management	 apptio  CLOUDABILITY  Cloudyn  Graviant  TECH RIGHTS SCALE ...
SaaS	Google  NETSUITE  Salesforce  Taleo ...
PaaS	 Azure  force.com  heroku ...
Host	       ...
Cloud Platform	        ...
Virtualization Software/Mgmt	    /     ...
Hardware	     ...

Fig.- Distintos tipos de Plataformas

Fte: Web

La figura anterior muestra Plataformas del mercado que están especializadas en distintos servicios. Unas básicamente se encargan de proporcionarnos la infraestructura que necesitemos en la nube mientras que en otras sin embargo, podemos subcontratar todo tipo de servicios, incluso el desarrollo de las aplicaciones que correrán sobre ellas.

En cualquier caso debemos tener en cuenta **que la elección de la Plataforma o Plataformas más convenientes para nuestra organización es una decisión estratégica**. Necesitamos conocer qué servicios tendremos disponibles y cuáles no, sus costes y las posibilidades de crecimiento, de integración y programación que tendremos.

En este sentido algunas de las **funcionalidades más importantes a tener en cuenta a la hora de elegir una Plataforma** en la que apoyar nuestro negocio son:

- Si permite el **control de los dispositivos remoto**.
- Si dispone de **actualización remota del firmware** de los mismos.
- Sus posibilidades de **integración**.
- Los **lenguajes de programación** que soporta (SDK, API).
- El tipo de **seguridad** en las transacciones; Encriptación TLS, SSL, claves RSA, Tokens.

- Los **protocolos** soportados; MQTT, AMQP, DDS.
- Si dispone de **análisis de datos en tiempo real**.
- Las posibles formas en las que podemos presentar los datos (**Dashboards**).
- Las **Bases de Datos** a las que se puede conectar; SQL, MongoDB, Cassandra, Hadoop, etc.
- Si su **código es abierto** de modo que podamos utilizarlo y modificarlo gratuitamente.
- Si dispone de un **ecosistema de desarrolladores** nutrido.
- Si dispone de **servicios de desarrollo** o **partners** expertos para la generación de aplicaciones sobre la misma.
- Si tiene disponibles servicios de analítica de datos basados en **IA** como Machine Learning, etc.

Al igual que ocurre con otras tecnologías descritas a lo largo de esta guía, las Plataformas aplicadas a la Industria constituyen una interesante opción para desbancar las obsoletas herramientas de desarrollo que comercializan muchos fabricantes de autómatas a un precio muy elevado.

Por eso, compañías como General Electric, Siemens o Bosch, viendo el peligro que corren en caso de no modernizar sus herramientas, han invertido miles de millones de dólares en los últimos años comprando empresas punteras en desarrollo de plataformas para modernizar convenientemente su oferta.

A fecha de hoy, la competencia por liderar el sector de plataformas orientadas a la industria entre empresas procedentes del mundo IT y otras del mundo OT es brutal pero sea cual sea el resultado de esta confrontación nuestras organizaciones saldrán beneficiadas tanto en la mejora del precio como en las prestaciones.

---

## CAPITULO 19

# **BIG DATA**

---

*La gran cantidad de generación de datos en las organizaciones 4.0 requiere del uso de nuevas técnicas conocidas como BIG & FAST DATA para su manipulación de la forma más eficiente.*

## BIG DATA

La gran cantidad de datos que serán generados en nuestras organizaciones 4.0 requerirá del uso de Servicios software especializados para manipularlos de forma muy eficiente. Llamamos **Big Data** al conjunto de técnicas de manipulación en el que **los medios tradicionales de procesamiento son ineficaces ya que:**

- Tenemos que manejar volúmenes más masivos (**Volumen**).
- Necesitamos procesamiento en tiempo real (**Velocidad**).
- Los datos a procesar pueden ser tanto estructurados como no-estructurados (**Variedad**).
- Los datos no siempre son fiables (**Veracidad**).
- Utilizamos los datos para generar nuevos negocios (**Valor**).

Por eso se dice que para que un problema de manipulación de un conjunto de datos deba abordarse por técnicas Big Data debe cumplir la denominada regla de las 4 uves; Volumen, Velocidad en la frecuencia de los datos, Variedad y Veracidad. A esta regla se le añade la quinta v, la “v” de Valor.

## TIPOS DE DATOS

Sabemos que los datos de nuestras organizaciones pueden proceder de distintas fuentes, de la comunicación entre máquinas (IoT, PLC's, sensores), de personas con máquinas (web, redes sociales) o de personas a personas (Mensajería, e-mail, llamadas). Lo importante de cara a la manipulación de los mismos es conocer si éstos siguen algún tipo de estructura que nos permita analizarlos y manipularlos de forma más eficiente.

Por eso se suele decir que los datos pueden ser Estructurados o No Estructurados.

Se denominan datos **Estructurados**, a aquellos que han sido generados de una manera predefinida y por consiguiente siguen una determinada estructura pudiendo ser almacenados en tablas, como por ejemplo; formularios, transacciones bancarias, recibos, etc.

Los Datos **No Estructurados** por el contrario, son aquellos que son creados normalmente a partir del comportamiento de un usuario (publicaciones, páginas web visitadas, textos, búsquedas en Google, audios, videos) y no poseen un formato definido que

permite almacenarlos de la forma tradicional.

Entre estas dos tipologías de datos, existen además los llamados datos Semiestructurados o **Híbridos** que siguen cierta estructura pero con variaciones respecto al patrón, por lo que no pueden ser gestionados como datos estructurados. Son por ejemplo los códigos HTML de nuestro Website.

Las técnicas de Big Data, se centran principalmente por su complejidad en la gestión de los **datos No Estructurados** y Semiestructurados pues se ha convertido en uno de los principales retos a los que hacen frente las compañías en lo relativo a gestión de información y la toma de decisiones. **Los textos de las Redes Sociales, la información subyacente en las imágenes, los videos y los ficheros de audio contienen información valiosa para las organizaciones y son algunos de los retos más demandados.**

Compañías de redes sociales como *FaceBook* o *LinkEdin* y las de buscadores como *Google* o *Yahoo* han sido los grandes impulsores del Big Data y actualmente es una de las tecnologías habilitadoras aplicable a la Industria 4.0 que ha sufrido mayor crecimiento. Su ecosistema de infraestructuras, productos y servicios no para de crecer como muestra el Landscape de Matt-Turck para este año. En la figura siguiente mostramos algunas de las tecnologías abiertas (Open Source) más usadas.

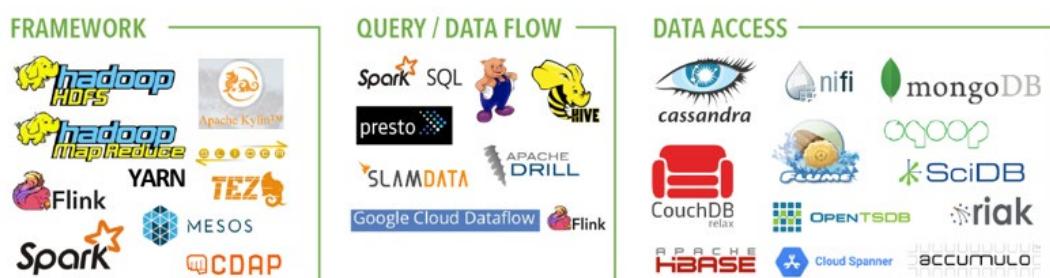


Fig.- Herramientas Open Source de Big Data

Fte: Matt-Turck

## ORGANIZACIONES DATA-DRIVEN

Se dice que una organización está dirigida por los datos (**data-driven**) cuando fundamenta sus **decisiones estratégicas en el conocimiento obtenido a partir del análisis de los datos** de los que dispone.

Por tanto, debemos construir un ecosistema del dato óptimo para que podamos generar sabiduría partiendo de los datos en bruto que generan todos los agentes de nuestra cadena de suministro; máquinas, proveedores y sobretodo clientes.

Para ello (ver figura siguiente) necesitamos extraer información de los datos pues los datos brutos no son información en sí mismos. De la información obtenida al procesarlos podremos construir conocimiento en una segunda fase y el conocimiento adquirido podrá catapultarnos hasta alcanzar la sabiduría en la materia y dotarnos de capacidad predictiva.



Fig.- La Pirámide DIKW

Fte: Wikipedia

En definitiva, los datos en crudo no son útiles para nuestra organización y para poder extraer conocimiento de ellos es preciso plantear un proyecto serio de Big Data pues vamos a tener que construir un modelo, basado en los datos recopilados, que sea una descripción de los patrones y relaciones entre los datos con los que se puedan hacer predicciones, entender mejor los datos o explicar situaciones pasadas.

Antes de iniciar un proyecto Big Data **tenemos que tener muy claro cuál es el problema a resolver** y para ello debemos ser capaces de responder a preguntas como las siguientes:

- ¿De qué fuentes obtengo los datos? ¿Están dentro o fuera de mi organización?
- ¿Qué datos aportan más información a mi negocio?
- ¿Qué volumen de datos tengo que manejar?
- ¿Qué formato tienen? ¿Son ficheros o lotes finitos o son enviados en *streaming*?
- ¿Siguen una estructura repetitiva o no?
- ¿Con qué frecuencia los utilizo?
- ¿Cómo puedo integrarlos en nuestro sistema de gestión?
- ¿Necesitamos conocer lo que acontece inmediatamente?
- ¿Qué tipo de conocimiento buscamos, Predictivo, Descriptivo?

Las respuestas a estas preguntas serán claves para poder orientarnos sobre las herramientas Big Data más adecuadas según el caso (Clasificación, Regresión, Clustering, etc.) y los algoritmos a usar a lo largo de los procesos que tendrán lugar desde que el dato es creado hasta que es explotado; Ingesta, Almacenamiento, Procesamiento, Análisis y Visualización. A continuación explicamos muy someramente en qué consiste cada uno de ellos:

**Ingesta:** Dependiendo del tipo de datos que vayamos a tratar tendremos que alimentar las bases de datos de una forma u otra. El dato puede proceder de tablas o archivos finitos ubicados en distintos lugares (procesamiento por lotes o *Batch*) o proceder de flujos continuos procedentes de la red o *Streaming*.

**Almacenamiento:** Los proyectos de Big Data suelen manejar grandes volúmenes de información no estructurados y tendremos que usar herramientas capaces de manipularlos sin perder la sensación de trabajar en tiempo real. Cassandra, Hadoop HDFS, MongoDB o Elastic, son algunos ejemplos de herramientas que nos proporcionan estas prestaciones.

**Procesamiento:** El procesamiento de los datos es el verdadero corazón del Big Data pues requiere herramientas capaces de operar de manera distribuida con objeto de repartir el trabajo entre varios nodos de computación (normalmente en la nube) y efectuar operaciones costosas en poco tiempo. Destaca, sobre todo Spark, que acelera los procesos al trabajar en memoria distribuida compartida.

- **Análisis:** Analizar los datos requiere hacer muchas y complejas operaciones con grandes bloques. Para realizar estos cálculos de forma eficiente se utilizan lenguajes de programación como *R* o *Python*. Estos lenguajes además disponen de potentes librerías de *Machine Learning* por si queremos predecir en base a la experiencia.
- **Visualización:** Por último, para la visualización de los datos se utilizan bibliotecas de consulta como *Hive* o *Spark SQL* que nos entregan los resultados casi de forma instantánea. A posteriori la información obtenida se procesa mediante el algoritmo que hayamos diseñado para ello y se expone, utilizando herramientas como *Google Chart*, *D3.js*, *Tableau* o *Plotly*, en intuitivos dashboards.

Como podemos observar, dominar las técnicas de Big Data resulta muy complicado, de ahí que los expertos en estos temas, llamados científicos de datos, estén tan demandados actualmente.

**”**

*El dominio del Big Data permitirá extraer petróleo a nuestra organización ya sea por la venta o por la explotación del dato”*

El fenómeno Big Data ha alcanzado a organizaciones de todos los sectores. Los bancos, las aseguradoras, las operadoras de telefonía, las compañías de suministro son conscientes de la importancia que tiene el correcto tratamiento de los datos, entre otras cosas porque generan grandes ingresos con la venta de los mismos.

Sin embargo, más que en la venta, el **interés está centrándose en el uso del dato para crear Valor en la explotación del negocio**. Utilizar Big Data e Inteligencia Artificial conjuntamente permite un nivel de conocimiento de nosotros mismos y de nuestros clientes, fundamentales para tomar decisiones, de manera mucho más informada.

**”**

*El conocimiento resultante de esta cooperación es exclusivo porque reúne, la experiencia de la organización, el Know How de los empleados y los datos obtenidos de los procesos.*

Con esta “símbiosis tecnológica” hemos pasado de obtener respuestas **diagnósticas o correctivas** a preguntas sobre el presente y el pasado, a poder dar respuestas de **pronóstico o predictivas** basadas en lo que ocurrirá a futuro que nos ayuden a ser más competitivos en un mercado donde reina la incertidumbre. ¿Por qué pasan las cosas? ¿Continuará la tendencia actual en el futuro? ¿Qué pasará a continuación? ¿Qué es lo mejor o peor que puede pasar?.

En otras palabras,

”

*Usaremos Big Data e IA para conocer cómo se manifiestan las tendencias en los comportamientos de nuestros clientes, qué afecta realmente a su conducta de compra y cómo se pueden predecir e influir sobre ellas*

---

## CAPITULO 20

# **INTELIGENCIA ARTIFICIAL**

---

*La cuarta revolución industrial se caracteriza porque es la primera donde las máquinas realizan tareas cognitivas mejor que los humanos gracias a la Inteligencia Artificial.*

## INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La palabra inteligencia proviene del latín *intelligere*, término compuesto de *intel* «capacidad» y *legere* «adaptar, escoger». Según esto, inteligencia es saber elegir las mejores opciones para resolver una cuestión o problema.

Los humanos somos inteligentes porque poseemos la capacidad de aprender de las problemáticas de la vida cotidiana y podemos predecir o moldear nuestras decisiones futuras partiendo de situaciones pasadas.

**jj**

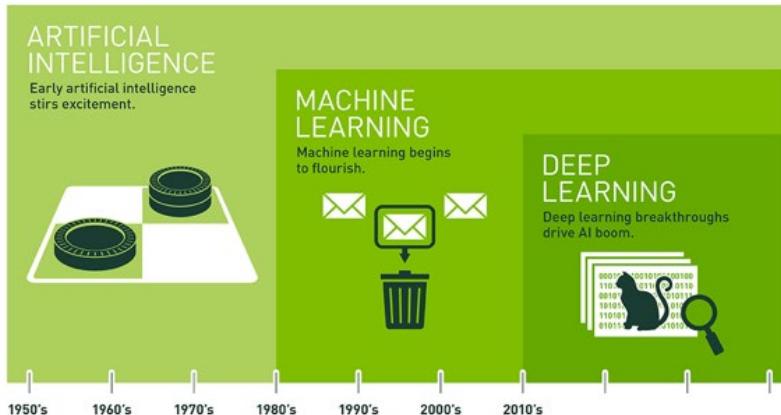
*La “Inteligencia es la capacidad de pensar, entender, asimilar, elaborar y utilizar información para resolver problemas. La inteligencia está ligada a la percepción o capacidad de recibir información, y a la memoria, o capacidad de almacenarla*

El hecho de definir la inteligencia en términos de capacidad para aprender o solucionar problemas o en general de llevar a cabo determinadas tareas complejas, permite ampliar este concepto a entidades no humanas.

En 1955 **John McCarthy** aseguró que había aspectos de la inteligencia humana que podrían ser descritos con la suficiente precisión para que una máquina pudiera ser programada para simularlo.

Dos décadas después, en 1997, **Deep Blue la supercomputadora creada por IBM** usando técnicas de **Machine Learning** (aprendizaje máquina) se enfrentó al campeón mundial de ajedrez Gary Kasparov y por primera vez una máquina venció al campeón del mundo.

El pasado año, veinte años después de la derrota de Kasparov, fue el algoritmo Alpha GO de Google el cual usando técnicas de aprendizaje profundo (Deep Learning) derrotó al campeón mundial de GO, un juego chino mucho más complejo que el ajedrez. La victoria se produjo “explicándole” las reglas del juego para que después el algoritmo pudiese autoperfeccionarse jugando contra él mismo.



Since an early flush of optimism in the 1950s, smaller subsets of artificial intelligence – first machine learning, then deep learning, a subset of machine learning – have created ever larger disruptions.

Fig.- Diferencias entre Inteligencia Artificial, Machine Learning y Deep Learning

Fte: Nvidia.com

El potencial que muestran las nuevas técnicas de IA basadas en autoaprendizaje es increíble y aunque han demostrado que **pueden vencer al mejor de los humanos en realizar tareas muy complejas**, los científicos aseguran que sus límites van mucho más allá.

Los últimos avances se centran en **desarrollar una máquina inteligente capaz de aprender a través de la experiencia, reconocer las limitaciones de su conocimiento, exhibir verdadera creatividad, tomar sus propias decisiones e interactuar con el medio que la rodee**.

En definitiva una Inteligencia con un comportamiento pseudohumano que nos hace pensar que en breve podría desaparecer la supremacía humana para dar paso a la Inteligencia Artificial.



”

*Automation does not need to be our enemy. I think machines can make life easier for men, if men do not let the machines dominate them.*

(John F. Kennedy)

La figura siguiente muestra un hecho sorprendente que pone en “jaque” a los que dudan de la creatividad artificial pues muestra un cuadro pintado por una Inteligencia Artificial (derecha) a la que se la entrenó durante 18 meses con cuadros del pintor Rembrandt (izquierda).



Estos “experimentos” no hacen más que constatar el rápido avance que la IA ha sufrido en los últimos años.

Recientemente las grandes tecnológicas se han aventurado a adquirir empresas hardware para diseñar microprocesadores de altas prestaciones basados en IA que les permitan acelerar los procesos de aprendizaje de estos algoritmos. Los móviles, las viviendas y los vehículos dispondrán de este tipo de tecnología que, a pasos agigantados, está impregnándolo todo.

La siguiente figura muestra el alcance de esta tecnología que prácticamente estará presente en todo lo que nos rodee.

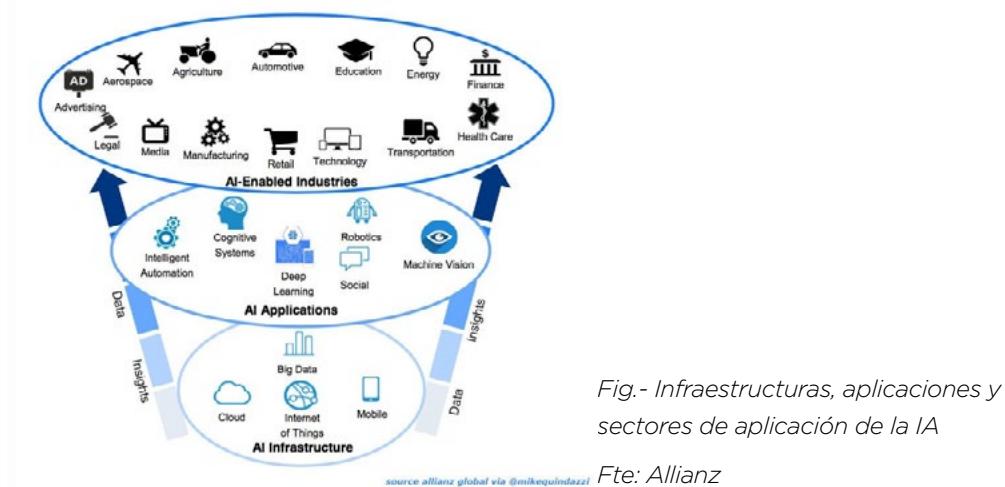


Fig.- Infraestructuras, aplicaciones y sectores de aplicación de la IA

Fte: Allianz

En pocos años, los métodos, y como consecuencia la ambición en la resolución de problemas, han evolucionado muchísimo.

Si nos centramos por ejemplo en el coche autónomo, una de las aplicaciones más conocidas de la IA, veremos que se ha pasado en unos años del modelo inicial de Tesla basado en autonomía con supervisión humana a un modelo de autoaprendizaje totalmente autónomo.

”

*La parte más importante de una inteligencia artificial es la capacidad de aprender, de cambiar su comportamiento en base a nueva información*

Para ese propósito **Alphabet** (Google), ha invertido miles de millones de dólares en construir una mini ciudad en Phoenix donde sus vehículos autónomos puedan aprender sin restricciones y actualmente Waymo, la división de la compañía que se encarga de estos desarrollos hoy día cotiza en bolsa mucho más que Ford por ejemplo.

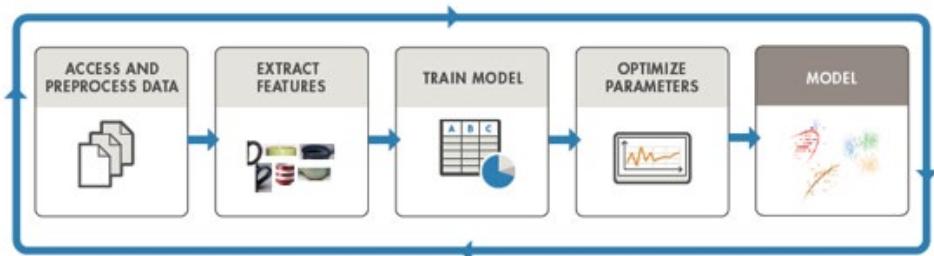
En Industria, la implementación de algoritmos de Machine Learning se basa principalmente en los datos históricos de los procesos. A medida que se alimenta uno de estos algoritmos con nuestros datos históricos y se le entrena con un modelo de aprendizaje adecuado es capaz de “ver y predecir” cosas para las que no se le había programado explícitamente.

Describiremos como se hace con un sencillo ejemplo:

**Supongamos que queremos implementar un modelo para clasificar un extenso conjunto de muestras digitalizadas en base a algunas de sus características (temperatura, tamaño, posición, etc.) que sea capaz de aprender y predecir el futuro comportamiento del sistema.**

Los pasos a realizar según podemos ver en la figura siguiente consistirían en dividir el total de muestras en dos subconjuntos. Un subconjunto lo usaremos para entrenar el modelo y otro para validar o predecir.

### TRAIN: Iterate until you achieve satisfactory performance.



### PREDICT: Integrate trained models into applications.

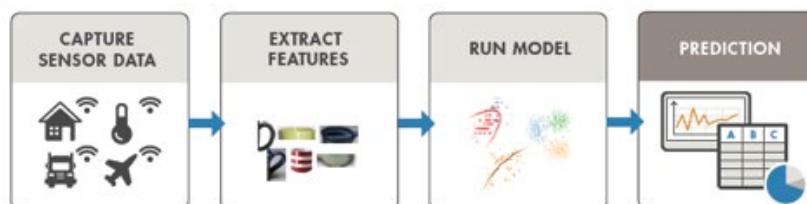


Fig.- Proceso de entrenamiento y predicción de un algoritmo de IA.

Fte: MathLab

#### Durante la **fase de entrenamiento**:

- Se procesan los datos disponibles para extraer características que nos permitan distinguir entre unas muestras u otras.
- En base a esas características o parámetros definimos un modelo de entrenamiento.
- Al modelo se le entrena con el primer conjunto de muestras informándole del tipo de muestra que procesa en todo momento y él en base a esa información, reestructura su algoritmo (el peso que le otorga a las características usadas) con objeto de poder dar respuesta satisfactoria al 100% de las muestras.

Para la **Fase de Validación-Predicción**, operaremos con las muestras restantes.

- Primero ejecutamos el modelo obtenido en el paso anterior y le pedimos nos informe sobre lo que ocurre con cada muestra.
- Después de que nos dé su respuesta, le decimos si ha acertado o no.

- Al terminar tendremos un porcentaje de aciertos que nos servirá para determinar si el modelo es válido o no.

La validez del modelo dependerá de la tolerancia que podamos permitirnos. En algunos casos una respuesta del 50% de aciertos puede ser satisfactoria mientras que otros casos aunque alcancemos una cuota del 90% puede no ser suficiente.

En la siguiente figura se muestran algunas de las herramientas existentes para poder adentrarse en estos temas:



Fig.- Herramientas  
Open Source de  
Inteligencia Artificial  
Fte: Matt-Turck

Estas técnicas basadas en algoritmos cambiantes en base a lo experimentado (**Redes Neuronales**) permiten predecir con bastante acierto cuándo puede averiarse una máquina o el comportamiento de determinados tipos de clientes.

Por eso las inversiones en Inteligencia Artificial no paran de crecer; visión artificial, noticias y medios de comunicación, finanzas, detección de problemas de salud, vehículo autónomo, ciberseguridad y machine learning son algunos de los sectores y aplicaciones de la Inteligencia Artificial donde se están invirtiendo grandes sumas de dinero.

Pero estos algoritmos, sobre todo los basados en Deep Learning, a fecha de hoy presentan un problema importante debido a que su comportamiento es como el de una caja negra.

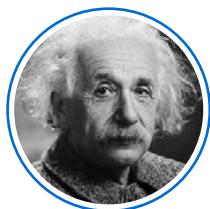
Obtenemos una respuesta satisfactoria a un determinado problema pero no sabemos cómo se han producido los “razonamientos” del modelo tras su entrenamiento para llegar a esa y no a otra solución.

Multitud de grupos de trabajo se centran en dar respuesta a estas preguntas para desentrañar estos algoritmos impulsados por la **necesidad de controlar muy bien por qué se están tomando unas decisiones y no otras** para poder aplicar IA a nuestros negocios.

## RESUMEN

Las máquinas no operan como nuestro cerebro, de la misma forma que los coches no se mueven como los humanos.

Al igual que aceptamos que nunca correremos más que un coche, debemos saber que es posible que Inteligencias basadas en Silicio puedan llegar a ser superiores en muchos aspectos a las del Carbono y que en este contexto serán creadas nuevas formas de trabajo donde humanos y máquinas inteligentes colaboren de forma eficiente.



”

*Temo el día en que la tecnología sobreponga  
nuestra humanidad. El mundo tendrá una gene-  
ración de idiotas.*

(Albert Einstein)

Al principio de esta guía decíamos:

”

*La cuarta revolución industrial se caracteriza  
porque es la primera donde las máquinas podrán  
realizar tareas cognitivas mejor que los humanos*

Estamos inmersos en una era histórica sin precedentes en la que la creatividad o el sentido de la armonía ya no son habilidades intrínsecamente humanas. Incluso la Intuición Artificial empieza a abrirse camino. Una época en la que la IA comienza a pensar por sí misma y es capaz de comprender para priorizar los objetivos de nuestras organizaciones y tomar las mejores decisiones.

Y por eso nos resulta amenazadora.

---

## CAPITULO 21

# **HACIA LA INDUSTRIA 4.0**

---

*Es hora de empezar a caminar hacia nuestra estrategia 4.0.*

## HACIA LA INDUSTRIA 4.0

Al inicio de esta guía, pusimos de manifiesto que **el Paradigma Industria 4.0 viene provocado por la aparición de los smartphones**, pues son “los héroes” que han podido eliminar por fin, las barreras de penetración al mundo digital y así permitir que miles de millones de personas se hayan podido sumar, durante los últimos años, a la “Conversación Digital”.

Gracias a los Smartphones, la sociedad se ha digitalizado y globalizado a un ritmo frenético y como fruto de esa transformación han surgido los **Clientes 4.0**, que demandan; una altísima relación calidad-precio, agilidad y personalización en lo que compran, además de valor.

Satisfacer a los nuevos clientes, por tanto, nos obliga a superar estos retos y para ello nuestras organizaciones necesitan también transformarse, rediseñarse en muchos casos, puesto que **no podemos continuar excluidos de la conversación digital, si queremos sobrevivir.**

Quien paga manda. Y no nos queda otra que escuchar a los nuevos clientes, centrarnos en sus cambiantes deseos y conseguir hacerlos realidad.

También expusimos, repetidas veces, que el nuevo escenario es una oportunidad histórica que debemos aprovechar, pero que promete incertidumbre y complejidad. Los cambios a realizar son complejos y afectan a todas las áreas de nuestra organización, es más, afectan a toda nuestra cadena de suministro. Entendiendo que nuestra **Cadena de Suministro** es la que está formada por todos aquellos procesos involucrados de manera directa o indirecta en **satisfacer las necesidades de nuestros clientes.**

Personas, máquinas, robots y “cosas”, de nuestra organización deben estar totalmente interconectadas con proveedores y clientes para poder adaptarnos a los rápidos cambios que puedan producirse y llegar **“allí donde sea preciso”** antes que nuestra competencia.

**La información es la clave** porque nos proporcionará conocimiento analítico y la forma más eficaz de obtenerla es usar la tecnología para interconectar y analizar los procesos.

***“Dispondremos de una Industria 4.0 cuando todos los integrantes de nuestra cadena de suministro bien sean personas, robots, máquinas o cosas, tengan a su alcance la información que necesiten cuando la necesiten”***

## **ESTRATEGIA Y TECNOLOGÍA**

En la segunda parte de esta guía, hemos hablado sobre los habilitadores tecnológicos de mayor aplicación en la Industria 4.0. En ellos hemos podido observar que las redes wireless o el Cloud Computing, están orientadas a mejorar la movilidad y la comunicación y por tanto las infraestructuras por donde fluirán los datos de nuestros procesos. Apoyados en estas modernas **infraestructuras** trabajarán nuestros robots en las tareas pesadas, impresoras 3D generando prototipos y **dispositivos** IoT, capturando datos que nos ayudarán a crear productos inteligentes. Por último vimos que para manipular esos datos y convertirlos en conocimiento, con objeto de poder tomar decisiones “*data-driven*” y confeccionar nuevos **servicios** y modelos de negocio, utilizaremos Plataformas en la nube, técnicas de Big Data y algoritmos de Inteligencia Artificial.

En cada capítulo, hemos descrito las características básicas, la oferta existente y los usos de cada tecnología, con objeto de que el lector pueda ver si resultan útiles para su organización, a la vez que manifestábamos la complejidad que conlleva dominarlas y lo imprescindible que resulta hacerlo.

En el nuevo escenario digital, la tecnología no es una moda pasajera. La tecnología, como hemos escuchado repetidas veces, ha venido para quedarse. Y debemos destinar recursos propios para familiarizarnos con ella pues será junto a las personas uno de nuestros activos más valiosos.

Como si de una mancha de aceite se tratara, la tecnología irá infiltrándose en nuestras vidas y como no en nuestras organizaciones (ver figura siguiente) significativamente.



Fig.- Mapa de Tecnologías - Infraestructuras (Rojo), Dispositivos (Azul) y Servicios (Verde).  
Fte:Elab. Propia

Dependiendo de nuestra estrategia a largo plazo, Redes Wireless, Dispositivos IoT, Impresoras 3D, sistemas de realidad aumentada, etc, podrán pasar a formar parte de nuestros activos tecnológicos y nos ayudarán a ser más competitivos.

**Pero esa tecnología que nos salvará de caer al vacío... ¿Dónde está?, ¿Cómo puedo obtenerla?, ¿Cuánto cuesta?**

No debemos confundirnos. La Industria 4.0 no consiste en un paquete software mágico ni en una máquina prodigiosa. Afortunadamente, no se puede comprar sin más.

Caminar hacia la Industria 4.0 es un arduo proceso, en el que debe involucrarse toda nuestra organización incondicionalmente y al que deben destinarse importantes recursos. Por supuesto que gran parte de ellos estarán relacionados con la tecnología, pero el know how para su puesta en marcha y funcionamiento óptimo, lo pondrán las personas.

Afortunadamente también, este camino, nace, crece, y gracias a los nuevos avances, se ramifica sin cesar. Debemos estar siempre alerta para elegir el ramal más adecuado según nuestros objetivos y avanzar hacia la mejora continua de nuestras organizaciones, pero ahora la tecnología deberá tratarse con mucha atención pues **las decisiones tecnológicas ha pasado a ser estratégicas.**

***“Para nuestra organización 4.0 la selección de las herramientas tecnológicas es tan importante como pueda serlo la de las materias primas. De hecho en la Industria 4.0 la tecnología pasa a ser una materia prima más, pues forma parte de nuestros productos y servicios.”***

El lector habrá podido comprobar también a lo largo de esta guía que la Industria 4.0 no va de hacer las cosas, pues las cosas ya se hacen, los productos ya se fabrican.

#### **La cuarta Revolución Industrial tiene dos objetivos fundamentales:**

- *Uno muy próximo al área de operaciones, que consiste en la optimización de todos los procesos de nuestra **cadena de suministro** para reducir costes, aumentar la calidad de los productos y agilizar los procesos, teniendo siempre en cuenta las posibilidades de personalización de los mismos.*
- **Con la innovación y el talento,** que consiste en la obtención de información de nuestros clientes, para generar valor, mediante la creación de nuevos ecosistemas de servicios y nuevos modelos de negocio alrededor de nuestros productos.

Dependiendo del tipo de organización, resultará conveniente iniciar la andadura hacia la industria 4.0 de una forma u otra. Factores como el tipo de producto fabricado, los materiales usados, la velocidad en los procesos de fabricación, los volúmenes, tipo de clientes, entre muchos otros, serán determinantes para la aplicar una estrategia u otra.

Y esta es la magia de la Industria 4.0. **No existe un patrón a seguir igual de eficaz para todas las organizaciones.** A veces, incluso fabricando productos muy parecidos, puede ser conveniente seguir una estrategia u otra que derivará en la implantación de unas tecnologías u otras.

## COMENCEMOS A CAMINAR

Aunque no exista una estrategia única a seguir que sea válida para todas las organizaciones, podemos intentar recoger a grosso modo los pasos comunes a realizar para caminar con éxito hacia la Industria 4.0.

Veamos un procedimiento muy elemental pero práctico que se apoya en la creación de unas sencillas tablas y resume lo que un día espero forme parte de una segunda guía:



”

*La gente trabaja mejor cuando sabe cuál es el objetivo y por qué hay que conseguirlo.*

(Elon Musk)

### 1. DÓNDE ESTAMOS

El primer paso consiste en describir el estado en el cual se encuentra actualmente vuestra organización. ¿Qué hacemos? y ¿Cómo lo hacemos?. Para ello podemos elaborar una tabla en la que la primera columna describa los productos, servicios y modelos de negocio que tienen lugar en nuestra organización y en otra cómo se llevan a cabo.

### 2. DÓNDE QUEREMOS ESTAR

Ahora situémonos unos años más tarde. Las cosas han cambiado, nuestro sector ha cambiado y nuestros productos y servicios también. Los clientes ahora utilizan nuestros productos de una forma distinta puesto que no adolecen de las limitaciones que tienen hoy día.

En ese futuro, podemos ver a nuestros clientes maravillados con nuestros productos y servicios porque no se puede hacer mejor. Es el futuro de nuestra organización y en el centro se encuentran nuestros clientes.

Elaboremos una tabla similar a la anterior pero atendiendo a cómo serán las cosas en el futuro. Lo que haremos (1<sup>a</sup> columna) y qué cambiaremos para satisfacer plenamente al cliente (2<sup>a</sup> columna).

### **3. SABER QUÉ HAY QUE HACER PARA LOGRARLO**

Hagamos una nueva tabla que será la “resta” de las dos anteriores, es decir, en ella únicamente aparecerán las filas que difieran, bien en el objetivo o bien en cómo lo hacemos, de las de la primera tabla. Las filas que no incorporen novedades las eliminaremos, pues se trata de lo que haremos del mismo modo en el futuro.

De esta forma tendremos en la primera columna nuestros objetivos y en la segunda las acciones a realizar para alcanzarlos. La llamaremos tabla de Objetivos-Acciones.

### **4. PRIORIZAR LAS TAREAS Y COMENZAR POR LO MÁS IMPORTANTE**

Ahora resulta conveniente priorizar por orden de importancia los objetivos. Para ello basta con reordenar la tabla de Objetivos-Acciones. Los más prioritarios arriba.

En la priorización de objetivos tendremos que tener en cuenta que si para la culminación de un objetivo, es necesario abordar otro con anterioridad (existe dependencia), la prioridad de este segundo será más alta que la del primero.

Podemos priorizar en base a distintos criterios; presupuesto, recursos necesarios, etc. Mi recomendación es hacerlo, siempre que sea posible, atendiendo al valor que le proporcionamos al cliente al alcanzar ese objetivo.

### **5. DESCRIBIR LOS RECURSOS NECESARIOS**

Nuestra organización necesitará destinar recursos de diversa índole para realizar cada una de las acciones de la tabla anterior y así cumplir con nuestros objetivos. En una primera aproximación, como puede ser la presentación del proyecto a nuestros superiores, podemos exponer los recursos necesarios de forma global (Ejemplo: Elaboración de una APP). Más adelante, si la dirección está interesada en su ejecución podremos bajar un escalón más introduciendo costes y desglosando las actividades o hitos de la tarea en cuestión (siguiendo con el ejemplo: Contratar servicio Cloud, Diseño de pantallas del App, Programación, etc.).

Tendremos que distinguir entre:

- Recursos Humanos (internos o externos).
- Máquinas y equipos

- Instalaciones / reformas.
- Tecnología

Aunque habría que hacer lo mismo para todos los puntos anteriores, **a partir de ahora nos centraremos únicamente en el punto Tecnología:**

## 6. USAR LA MEJOR TECNOLOGÍA EN CADA CASO

Para conocer qué tecnologías debemos aplicar en cada tarea a realizar. Tenemos que trasladarnos de nuevo al futuro e imaginar un cuadro de mando sobre el que se proyecta toda la información que necesitamos para realizar de la forma más eficiente nuestro trabajo.

Podemos pedirle al responsable de cada área que haga el mismo ejercicio con objeto de conocer cómo le gustaría a él ver su parte y recopilar ideas para el cuadro general.

Para ello, debemos distinguir entre:

- Datos procedentes de los clientes.
- Datos de nuestros partners /proveedores.
- Datos de los procesos internos.

## 7. RECOGER LOS DATOS NECESARIOS

### 7.1 DE LOS CLIENTES

Sin duda la mejor opción es el uso del IoT en nuestros productos para recopilar datos de nuestros clientes bien directamente o bien a través de un APP. En caso de no ser posible lo anterior (debemos poner todo nuestro ingenio para conseguirlo), nos queda la posibilidad desarrollar una APP de forma aislada o solicitar los datos que necesitemos a través de nuestra Web.

### 7.2. DE NUESTROS PARTNERS / PROVEEDORES

La opción más recomendable para este caso es usar una Plataforma en la nube para intercomunicar nuestra organización con nuestros partners o proveedores que proporcione a cada uno de ellos los datos que necesite de los otros.

### 7.3. DATOS DE LOS PROCESOS INTERNOS

En este caso hay que desglosar qué datos de nuestros procesos son los que son utilizados para la creación de nuestro cuadro de mando y si no están accesibles estudiar qué infraestructuras utilizaremos para interconectar los dispositivos que los producen. La arquitectura de los mismos debe ser centralizada (Data Centric) con objeto de que no haya duplicaciones del mismo dato y suele resultar complicado. Disponemos de tecnologías como:

- Redes Wireless
- Cloud Computing
- Dispositivos IoT
- Sistemas MES & MOM
- Autómatas Programables

y nuestros ERP y CRM si disponemos de ellos.

### 8. OPERAR CON ELLOS Y PUBLICARLOS

Una vez dispongamos de todos los datos necesarios para montar nuestro cuadro de mando, estamos en disposición de determinar su volumen, frecuencia, las necesidades de tiempo real y las operaciones que hay que realizar con ellos para convertirlos en información. Dependiendo de las necesidades que surjan, utilizaremos el mejor protocolo para interconectarlos, unas herramientas de Big Data u otras para manipularlos e Inteligencia Artificial si queremos tomar decisiones basados en ellos.

### 9. VISUALIZARLOS DESDE CUALQUIER LUGAR

Por último, debemos ser capaces de presentar la información necesaria para la toma de decisiones en cualquiera de nuestros dispositivos; ordenador, tablet o móvil. Para ello utilizaremos herramientas software que nos permitan crear intuitivos dashboards en nuestro cuadro de mando global.

Independiente de cuál sea nuestra estrategia, esta práctica guía, nos proporciona una visión global de cómo será nuestra organización futura al estar centrada en el cliente y expone los conocimientos necesarios para comenzar a aplicar la metodología anterior y poder **“Caminar con éxito hacia la industria 4.0”**.

**“El éxito futuro de nuestra organización consiste  
en estar preparados para llegar los primeros**

**DONDE EL CLIENTE QUIERA”**

**Joaquín Carretero**

#### **AGRADECIMIENTOS**

Quisiera agradecer a la Cámara de Comercio de Valencia el apoyo que he recibido tanto en la difusión como en la maquetación de esta Guía. Un apoyo que comenzó el día en que contactamos y que se ha mantenido activo durante las veintitrés semanas que ha durado este apasionante proyecto.

Durante este periodo he podido comprobar, en primera persona, la gran labor que esta institución ejerce, difundiendo y ayudando a las empresas valencianas en su camino hacia la Transformación Digital.