

Industria 4.0: la transformación digital de la industria

José Luis del Val Román,
Facultad de Ingeniería de la Universidad de Deusto

Industria 4.0

El término **industria 4.0** se refiere a un nuevo modelo de organización y de control de la cadena de valor a través del ciclo de vida del producto y a lo largo de los sistemas de fabricación apoyado y hecho posible por las **tecnologías de la información**.

El término industria 4.0 se utiliza de manera generalizada en Europa, si bien se acuñó en Alemania. También es habitual referirse a este concepto con términos como "Fábrica Inteligente" o "Internet industrial". En definitiva se trata de la aplicación a la industria del modelo "**Internet de las cosas**" (**IoT**). Todos estos términos tienen en común el reconocimiento de que los procesos de fabricación se encuentran en un proceso de **transformación digital**, una "revolución industrial" producida por el avance de las tecnologías de la información y, particularmente, de la **informática y el software**.

La cuarta revolución industrial

En la primera Revolución Industrial, entre los siglos XVIII y XIX, se mecanizaron los procesos de producción, transformando la economía agraria y artesanal en otra liderada por la industria.

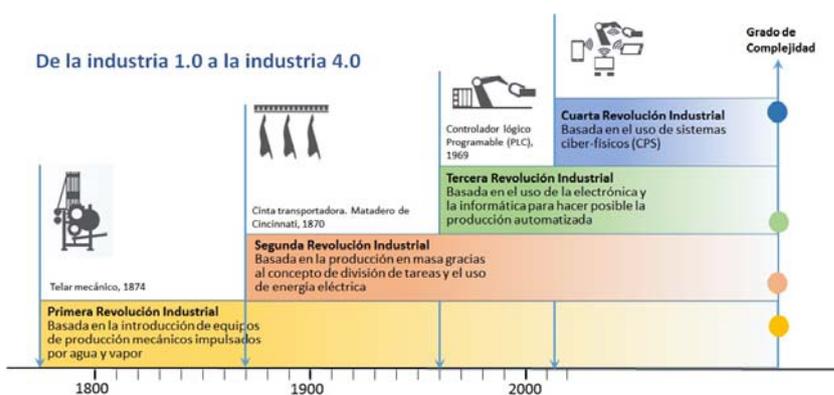


Figura 1. La cuarta revolución industrial

La segunda transición, en el siglo XX, trajo la producción en serie, con la aparición de fábricas y líneas de montaje que permitieron fabricar productos para el gran consumo.

El final del Siglo XX trae una nueva transformación. El despliegue de la

electrónica y la informática en los procesos industriales permitió automatizar las líneas de producción y que las máquinas reemplazaran a las personas en tareas repetitivas.

Dos décadas de vertiginosos avances en la tecnología de Internet han producido un impacto radical en la economía y en la sociedad.

La convergencia de las tecnologías de la información con la sensorica y la robótica están transformado la internet tradicional (información y personas) en internet de las cosas (IoT). Y este nuevo escenario aplicado a la industria ha producido un impacto disruptivo en ésta, abriendo un escenario de enormes oportunidades basado en el aprovechamiento de la informática.

La industria 4.0 en Europa

La globalización de la economía ha ejercido una gran presión sobre la industria europea y su competitividad y el resultado ha sido el traslado en las últimas décadas la producción a países asiáticos.

Aunque en los últimos cinco años se ha producido una tendencia de recuperación de la industria en Europa, el resultado es insuficiente. Tras la crisis del 2007 hay consenso sobre la importancia de la industria para la economía europea. La industria tiene un gran efecto multiplicador: impulsa la innovación tecnológica y genera puestos de trabajo cualificados, estables y bien remunerados. Pero la influencia de la fabricación va mucho más allá de la contribución directa al PIB (13%) y el empleo (10% del total).

El sector de servicios se beneficia de la demanda generada por la industria: por cada euro producido por la industria en la UE, 34 céntimos proceden de otros sectores. Por ello, la UE se ha fijado el objetivo de aumentar el peso de la industria en el PIB europeo del 15,3% al 20% en 2020.

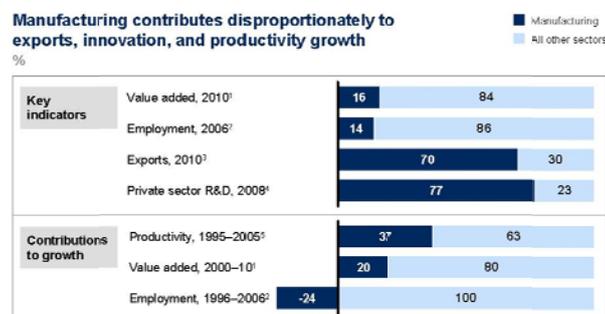


Figura 2. Contribución del sector industrial

Muchos países disponen de estrategias para situar sus industrias en un nivel que les permita competir globalmente. La más destacada es la iniciativa alemana “Industria 4.0”, pero Dinamarca, Estados Unidos, Reino Unido o Corea del Sur también desarrollan sus estrategias de fabricación inteligente.

Pero la industria no sólo es la influencia del marco económico lo que obliga a transformar la industria: las necesidades del cliente han cambiado. Los nuevos mercados se basan en la **personalización** y la creación de **nuevos productos y servicios innovadores**. Los clientes exigen calidad a sus productos, pero están más dispuestos a pagar por la **experiencia** o el **servicio** más que por el producto en sí. Por ello es una necesidad añadir al producto servicios nuevos, experiencia individualizada, capacidad de actualización, lo que pasa por añadir informática (**software y conectividad**) a cualquier producto.

Esta cuarta revolución industrial se desencadena debido al impacto disruptivo de las tecnologías digitales aplicadas a los modelos de negocio de la industria.



Figura 3. Contribución del sector industrial

La inteligencia de la nueva fábrica es el resultado de la convergencia de las tecnologías de la información, su unión en un “ecosistema digital” con otras tecnologías industriales y el desarrollo de nuevos procesos de organización. Por ello, la informática y sus profesionales serán elementos clave en el escenario de industria 4.0 que permita a la industria europea recuperar su competitividad.

Los pilares de la inteligencia en Industria 4.0

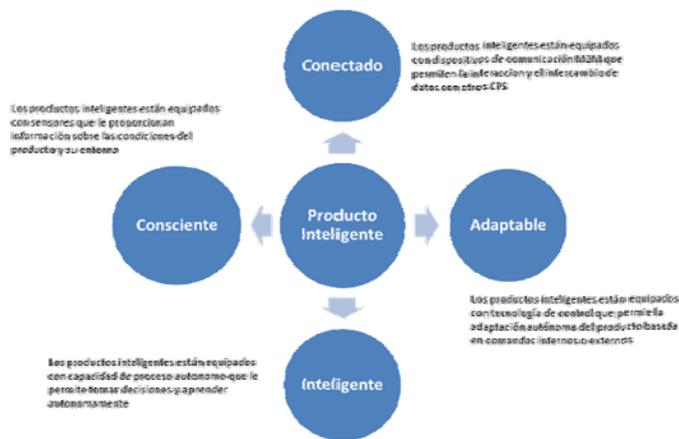


Figura 4. El producto inteligente

Los productos inteligentes se caracterizan por disponer de electrónica, software embebido y conectividad lo que, en conjunto, le dotan de nuevas características, capacidades y funciones. Se les denomina **sistemas ciber-físicos (CPS)** y son los “habitantes” del ecosistema de la Internet de las cosas (IoT). La conectividad les proporciona capacidad de **comunicación máquina a máquina (M2M)** e interacción con humanos. El software les permite **auto-gestionarse** y tomar **decisiones descentralizadas**. Equipados con **sensores** captan información sobre su entorno y sobre su propio uso y estado, datos que pueden proporcionar a quien lo fabricó o gestiona su servicio.

Estos mismos elementos se aplican no sólo a los productos sino a las máquinas que los fabrican, los **sistemas de producción ciber-físicos (CPPS)**, que conforman la “Fábrica Inteligente”. Son máquinas con gran capacidad de comunicación M2M que ofrecen **personalización, adaptación al entorno** y a **tareas nuevas**. Gracias a su autogestión, productos y máquinas inteligentes se vuelven invisibles a los operadores y sólo precisan atención cuando precisan mantenimiento. Además, la comunicación M2M les permite auto-configurarse para adaptar su funcionalidad en tiempo real a las necesidades del cliente a lo largo de su ciclo de vida. Con ello se hace posible mejorar la experiencia del usuario, intensificar la interacción con el cliente y generar nuevos servicios añadidos (clave todo ello de los nuevos mercados a los que debe enfrentarse la industria).

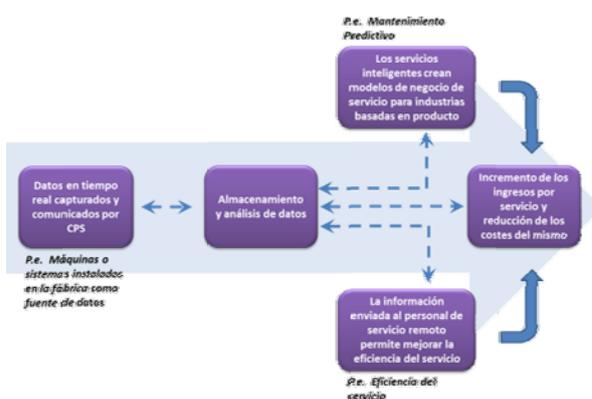


Figura 5. El servicio inteligente

Soluciones inteligentes

Los **productos inteligentes** se caracterizan por disponer de electrónica, software embebido y conectividad lo que, en conjunto, le dotan de nuevas características, capacidades y funciones. Se les denomina **sistemas ciber-físicos (CPS)** y son los “habitantes” del ecosistema de la Internet de las cosas (IoT). La conectividad les proporciona capacidad de **comunicación máquina a máquina (M2M)** e interacción con humanos. El software les permite

Los **servicios inteligentes** permiten ofrecer servicios innovadores y establecer nuevos modelos de negocio, por ejemplo modelos de pago por uso o servicio. La comunicación con el fabricante, la recogida de grandes cantidades de datos y su análisis es la base para generar nuevas ofertas de servicios y optimizar los modelos existentes. Los modelos analíticos aplicados a esos datos (**Big Data**) pueden automatizar la toma de decisiones. Por ejemplo, predecir el momento en que un

sistema requerirá mantenimiento. Los fabricantes podrán aprovechar combinaciones innovadoras de servicios inteligentes para incrementar su creación de valor, aguas arriba o abajo de la cadena de valor.

Innovación inteligente

La conectividad permite extender la innovación a toda la empresa apoyándose en la información que fluye desde y hacia la fábrica. Apoyándose en soluciones informáticas como comunidades virtuales o herramientas PLM ("Product Life Management") colaborativas, los procesos de innovación se abrirán a socios y clientes, potenciándose la orientación al cliente de la industria. La colaboración con clientes y socios acelerará el flujo de innovación y reducirá los tiempos de comercialización.

La **innovación a lo largo del Ciclo de Vida** del producto inteligente y conectado combina la capacidad analítica de las herramientas informáticas con los datos, cada vez más ricos, proporcionados por el producto inteligente a lo largo de su ciclo de vida. Combinando los datos recogidos del producto inteligente (CPS), de las máquinas (CPPS) y de los clientes se tomarán decisiones para optimizar la fabricación, los servicios y la experiencia del cliente. En la base de todo ello estarán sistemas PLM avanzados, interconectados y con sistemas de análisis y visualización potentes e intuitivos.

Cadenas de suministro inteligentes

Las cadenas de suministro inteligentes estarán altamente automatizadas e integradas y, de nuevo, serán posibles gracias a la integración del software y las comunicaciones en la industria.

En lugar de la integración horizontal habitual en la industria hoy, la colaboración entre empresas en la Industria 4.0 se basará en configuraciones "ad-hoc" para ofrecer soluciones a medida de cada cliente. Usando **redes de colaboración ágiles** la industria puede aprovechar las oportunidades de un mercado globalizado de habilidades y capacidades. Por ejemplo, un fabricante podrá decidir con flexibilidad qué externalizar o hacer "in house", podrá trabajar con proveedores de servicios de ingeniería a través de plataformas CAD compartidas o asignar órdenes de producción al proveedor con más capacidad libre disponible en cada momento.

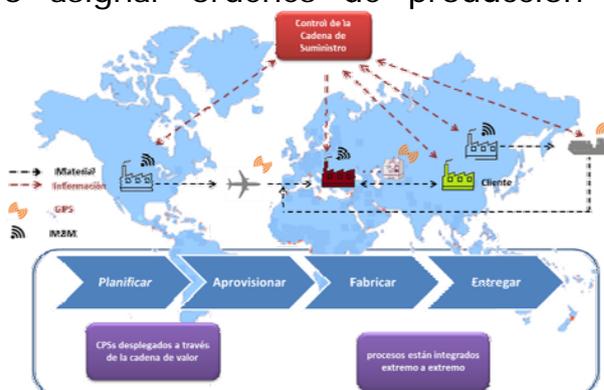


Figura 6. La cadena de suministro conectada

Industria 4.0. Para gestionar la creciente complejidad de las cadenas de suministro, los flujos físicos se replican en plataformas digitales.

La base para estas redes son entornos de producción y plataformas de ingeniería conectadas en red junto con interfaces entre empresas. También en este aspecto la base es la informática y el software será decisivo y buena muestra de ello es el liderazgo de SAP en el impulso de la industria 4.0.

La **cadena de suministro conectada** es otra pieza central en toda estrategia de

Esta imagen virtual de la red de suministro se crea a través de materiales y piezas etiquetadas con RFID. A lo largo de la cadena de suministro, los CPS generan datos en tiempo real sobre su posición y estado. Esta digitalización permite automatizar los procesos de la cadena de suministro e identificar al producto a lo largo del proceso de producción permitiendo al fabricante ser más sensible a cambios en los pedidos. La visibilidad de los movimientos de la red de suministro proporciona transparencia. Permite reconocer ineficiencias y riesgos, aumentarla robustez y la capacidad de respuesta a incidencias, incrementar la fiabilidad y disminuir los costes.

La fábrica inteligente

La fábrica inteligente es el cuarto pilar de la industria 4.0. Está formada por unidades de producción inteligentes (CPPS) vinculadas al ecosistema de fabricación, del que conocen su estado y limitaciones. Como cada módulo es capaz de obtener la información que necesita, la fábrica se convierte en una red de agentes que toman decisiones optimizadas a nivel local. La producción podría organizarse según un modelo de oferta-demanda donde la capacidad de los sistemas es la oferta y la demanda surge de las órdenes que deben atenderse. Cada CPPS podría decidir su programa de producción (en base a su tiempo de procesamiento, las fechas de entrega u objetivos de beneficio o sostenibilidad).

Este Control de Producción descentralizado ofrece la posibilidad de fabricar cada producto de manera individual sin costes adicionales y con fechas de entrega de gran fiabilidad. Además, la captura masiva de datos relacionados con la producción y su análisis permitirán alcanzar niveles desconocidos hasta el momento de productividad y calidad del producto.

Tecnologías Básicas en que se sustenta la industria 4.0

Las tecnologías clave en que se sustenta la industria 4.0 son las que componen el curriculum del ingeniero en informática lo que le hace el profesional más capacitado para liderar esta revolución.

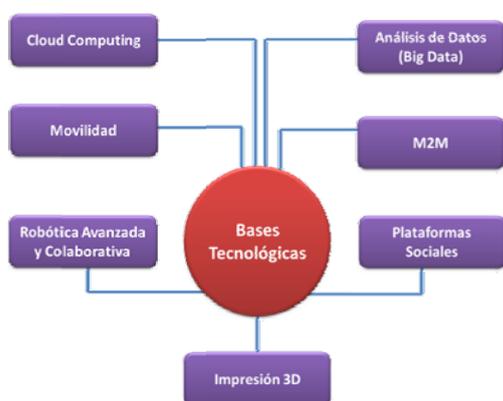


Figura 7. Bases tecnológicas de la industria 4.0

Comunicaciones móviles

Las tecnologías móviles, **internet móvil**, son la base de IoT. El etiquetado de objetos y la comunicación M2M permiten un entorno de producción conectado en el que sistemas y productos se comunican entre sí. Con ello se hace posible la captura de datos, la coordinación de los CPPS y el despliegue de servicios remotos. Y todo ello en tiempo real y de manera ubicua.

La nube (Cloud Computing)

La nube comprende aplicaciones e infraestructuras ofrecidas como servicio a través de redes públicas o privadas, a menudo en modelo de pago por uso. Los productos y sistemas inteligentes (CPS y CPPS) generarán enormes cantidades de datos a almacenar y procesar que deben ser accesibles on-line desde cualquier

lugar. La nube permite este flujo de datos sin fronteras y elimina la necesidad de inversión en infraestructuras para incrementar la capacidad, permitiendo una flexibilidad sin precedentes.

Análisis de Datos (Big Data)

Con un número creciente de productos (CPS) y sistemas inteligentes (CPPS) en las fábricas y el mercado, la cantidad de datos de que dispondrán los fabricantes se multiplicará. Su análisis permitirá identificar patrones e interdependencias, analizar los procesos y descubrir ineficiencias e incluso predecir eventos futuros. Con ello se abrirán nuevas oportunidades, no sólo de mejora de la eficiencia, sino de descubrimiento de servicios para el cliente, al que se conocerá mucho mejor.

Comunicación Máquina a Máquina (M2M)

La comunicación M2M es la tecnología básica de la "Internet de las cosas" (IoT). Hace referencia a tecnologías que permiten el intercambio de información entre los productos y sistemas inteligentes que constituyen el entorno Industria 4.0. Además, con esta información es posible construir una réplica virtual de la fábrica física, lo que permitirá simular no sólo productos sino procesos de fabricación completos. La forma de uso más evidente de comunicación M2M estará en la conexión de sistemas intra-empresa también será factor clave en la colaboración inter-empresas.

Plataformas sociales

Las plataformas sociales han transformado nuestra vida cotidiana a través de la comunicación instantánea, global y de uno-a-muchos. La comunicación en los entornos industriales se verá enormemente mejorada con una interacción más dinámica de contenido enriquecido que favorezca la colaboración y la innovación. Por otro lado las redes sociales "clásicas" facilitarán la fabricación bajo demanda y proporcionará gran cantidad de información sobre los clientes.

La impresión 3D (fabricación aditiva).

Hace referencia a la producción de objetos tridimensionales a partir de modelos virtuales. Aunque su uso industrial es escaso, la fabricación aditiva eliminará las desventajas en eficiencia de la producción de productos personalizados. Permitirá la creación rápida de prototipos y una fabricación altamente descentralizada: el modelo del producto podría enviarse al sitio de "impresión" más cercano al cliente eliminando pasos intermedios.

Robótica avanzada y colaborativa

La mejora de la inteligencia artificial junto con una nueva sensorica ha permitido crear robots cada vez más autónomos, flexibles y cooperativos. Con el tiempo, van a interactuar unos con otros y trabajarán con seguridad junto a los seres humanos, aprendiendo de ellos ofreciendo una gama de capacidades muy superiores a las utilizadas en la fabricación de hoy en día.

Realidad aumentada

Los sistemas basados en la realidad aumentada se encuentran actualmente en su infancia, pero en el futuro, permitirán proporcionar a los trabajadores información en tiempo real para mejorar la toma de decisiones y los procedimientos de trabajo. Por ejemplo, los trabajadores podrán recibir instrucciones para una reparación y visualizarla haciendo uso de dispositivos como gafas de realidad aumentada con lo que se incrementará la eficiencia y la seguridad.

Seguridad

Con el aumento de la conectividad y el uso de protocolos de comunicación estándar, la necesidad de proteger los sistemas industriales críticos y las líneas de fabricación de las amenazas a la seguridad aumenta dramáticamente. Como resultado, serán necesarias comunicaciones seguras y fiables, así como sofisticados de gestión de identidades y acceso de las máquinas y los usuarios.

Nuevas competencias y empleo

Parece claro que tanto el número total de puestos de trabajo como la estructura del empleo en la industria europea cambiará.

Aunque la automatización podría dar lugar inicialmente a una reducción de puestos de trabajo no es evidente una reducción global del empleo industrial. La experiencia indica que el aumento en la productividad del trabajo tiende a conducir a nuevos puestos de trabajo (por ejemplo en la fabricación de robots, en la creación de sistemas virtuales industriales o en nuevos servicios industriales o post-industriales). Por otro lado, dado que el valor del servicio y la innovación se imponen al coste laboral se crearán nuevos puestos de trabajo, principalmente vinculados a nuevas tecnologías o diseño de productos y servicios. Un estudio reciente de la ITIF cuantifica el aumento en unos 150.000 empleos en el sector industrial, solamente en los EE.UU.

También debe esperarse un cambio en la demanda del profesional de la Industria 4.0. El número del personal semi-cualificado irá en descenso y se crearán nuevos puestos de trabajo de alta cualificación sobre todo vinculados a tecnologías de la información. La industria, que ya se enfrenta a cierta escasez en la oferta de profesionales altamente cualificados en el sector de la informática precisará que la demanda y la formación universitaria se ajuste mejor a los requisitos de la industria 4.0 proporcionando ingenieros en informática con conocimientos en las tecnologías digitales que están en la base del nuevo modelo industrial.