
Introducción a la industria 4.0

PID_00247285

Joan Melià Seguí
Pere Tuset Peiró

Tiempo mínimo de dedicación recomendado: 1 hora



Universitat
Oberta
de Catalunya

Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño general y la cubierta, puede ser copiada, reproducida, almacenada o transmitida de ninguna forma, ni por ningún medio, sea éste eléctrico, químico, mecánico, óptico, grabación, fotocopia, o cualquier otro, sin la previa autorización escrita de los titulares del copyright.

Índice

Introducción	5
1. Definición de <i>industria</i> y clasificación	6
2. Evolución histórica de la industria	9
3. Industria 4.0. ¿Evolución o revolución?	11
4. Arquitecturas de referencia de la industria 4.0	14
Bibliografía	15

Introducción

La industria es la actividad socioeconómica que transforma materias primas en productos, y lo hace utilizando fuentes de energía, maquinaria especializada y un conjunto de recursos humanos. La industria es uno de los motores de la economía, y las diferentes etapas o «revoluciones industriales» han marcado el paso de las sociedades que las han liderado. En la actualidad, los avances tecnológicos en campos como la integración electrónica, las comunicaciones y los procesos productivos están definiendo lo que desde diferentes sectores ya se denomina cuarta revolución industrial o industria 4.0. Esta revolución se caracteriza por la integración de diferentes tecnologías que permitirán un cambio de paradigma en el mundo industrial.

1. Definición de *industria* y clasificación

El concepto de *industria* se define como la actividad socioeconómica que tiene por objeto transformar materias primas en productos, ya sean semielaborados o elaborados, utilizando para ello fuentes de energía, maquinaria especializada y un conjunto de recursos humanos. La industria es uno de los motores de la economía de una sociedad moderna, y su actividad se suele organizar en forma de empresa. A su vez, las empresas se pueden clasificar según su ámbito de especialización.

A grandes rasgos, la actividad industrial se puede clasificar como *industria pesada*, *industria ligera* e *industria de servicios* en función del tipo de producto que genera.

En primer lugar, la **industria pesada** utiliza materias primas, máquinas especializadas y energía para crear productos semielaborados que son empleados como materias primas en industrias de otros sectores. Por ejemplo, las empresas de la industria siderúrgica se dedican a la transformación de metales, tales como el cobre o el aluminio, que posteriormente son utilizados por otras industrias.

Figura 1. Ejemplo de industria pesada: altos hornos para la fabricación de acero



Fuente: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hoogovens.JPG>

En segundo lugar, la **industria ligera** se encarga de transformar materias primas o productos semielaborados en productos orientados al consumo de personas y empresas de servicios. Por ejemplo, las empresas de la industria aeroespacial se dedican al diseño y

Recuerda

Es importante destacar que a lo largo de la asignatura utilizamos el concepto de *industria* en el sentido amplio de la palabra. Es decir, consideramos industria tanto la transformación de materias primas en productos semielaborados como la prestación de servicios a otras empresas.

Nota

Los productos semielaborados son aquellos que se venden a otras empresas para su utilización en otro proceso industrial. En cambio, los productos elaborados son aquellos que se venden a clientes finales, ya sea para su integración o para su uso final.

la construcción de aeronaves. Estas empresas utilizan productos semielaborados para la fabricación de las aeronaves.

Figura 2. Ejemplo de industria ligera: máquina para la impresión de etiquetas



Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pad_printing_machine.JPG

Finalmente, la **industria de servicios** utiliza materias primas y productos elaborados para prestar servicios a otras empresas. Por ejemplo, en el ámbito aeroportuario se utilizan vehículos desarrollados por empresas del sector aeroespacial, así como combustible elaborado por empresas de la industria petroquímica a partir de materias primas, para transportar personas o bienes.

Otra forma de clasificar las industrias es según el tipo de proceso que realizan para llevar a cabo la transformación de las materias primas en productos elaborados o semielaborados. A grandes rasgos, podemos dividir los procesos de producción industrial en *continuos*, *por lotes* o *discretos*, tal como se describe a continuación.

Los **procesos de fabricación continuos** son aquellos en los que las materias primas se transforman por medio de un flujo continuo y de manera secuencial sin interrupciones temporales. Un ejemplo de proceso continuo es la obtención de gas natural licuado a partir de la materia prima extraída de los pozos de reserva. En este proceso, se eliminan las impurezas y otros hidrocarburos no metálicos siguiendo diferentes pasos, tales como la condensación, la absorción y la mezcla con carbón activado, entre otros.

En cambio, los **procesos de fabricación por lotes** (del inglés, *batch*) son aquellos en los que las materias primas se procesan por conjuntos discretos y de manera secuencial sin interrupciones temporales. Un ejemplo de este tipo de procesos es la fabricación de pintura, en la que se realiza una *tirada de color* para producir un cierto volumen de pintura de un color determinado. Cada paso se lleva a cabo de manera consecutiva, y al completar la producción de un lote, la maquinaria se somete a un proceso de limpieza y configuración antes de proceder a la fabricación del siguiente.

ISA-88

Los procesos de fabricación por lotes se encuentran definidos en la norma ISA-88, que fue aprobada por la ISA en el año 1995 y adoptada por la IEC en 1997 bajo el estándar IEC 61512-1.

Finalmente, los **procesos de fabricación discretos** son aquellos en los que las materias primas se procesan por conjuntos discretos y de manera no secuencial. En el caso extremo, las materias primas se pueden procesar de manera unitaria y con interrupciones temporales que pueden ser del orden de días en función del volumen y su complejidad. Un ejemplo de este tipo de procesos es la fabricación de coches, en la que cada pieza que compone el vehículo se consigue a partir de la combinación de otras piezas, y el vehículo final se obtiene a partir del montaje de estas.

Habitualmente, los procesos de producción continuos y por lotes están asociados a procedimientos de transformación físico-químicos, en los que no es posible descomponer el producto final en sus materiales primos. En cambio, los procesos de producción discretos se relacionan con productos complejos, en los que el proceso se organiza en líneas de montaje que se encargan del ensamblaje de las piezas individuales para conformar el producto final.

A pesar de que todos los procesos de fabricación se basan en la división del trabajo y en la automatización en la medida de lo posible, comparando los diferentes procedimientos es fácil ver cómo cada método de producción presenta ventajas e inconvenientes. Por ejemplo, si comparamos la producción continua con la producción por lotes, vemos cómo esta última permite reducir los costes globales de maquinaria, pues con una sola línea de producción se pueden fabricar diferentes versiones del mismo producto. En cambio, la fabricación por lotes presenta ineficiencias temporales respecto a la producción continua, que se conocen como tiempos muertos y que derivan del cambio de producción (limpieza de la maquinaria, cambio de configuración, etc.).

Así pues, los sistemas de producción de una empresa se organizan según el proceso que realizan para transformar las materias primas en productos o productos semielaborados. En concreto, para cada producto o producto semielaborado, la empresa escogerá aquel método de fabricación que mejor se ajuste a las necesidades de la producción, teniendo en cuenta especialmente la estructura organizativa de la empresa y el sistema de costes del producto que se ha de fabricar.

ISA-95

La organización de los elementos de un proceso de producción, ya sea continuo, por lotes o discreto, está definida en la norma ISA-95. Esta norma determina una terminología que es la base para las comunicaciones entre proveedor y fabricante, y también proporciona modelos arquitectónicos y de gestión de la información para su aplicación en procesos de fabricación.

2. Evolución histórica de la industria

Históricamente, la industria ha sido causa y consecuencia al mismo tiempo del progreso de la humanidad en general y del de cada sociedad en particular. Por tanto, no se puede entender la sociedad actual sin entender la evolución de la industria a lo largo del tiempo y en los diferentes países. A su vez, la evolución de la industria no se puede comprender sin el desarrollo de los conocimientos científico-técnicos y de los procesos de innovación y emprendimiento ligados a estos.

Por un lado, los conocimientos científicos han permitido una mejor comprensión del mundo que nos rodea y de su funcionamiento. Por ejemplo, los trabajos científicos en el campo de la termodinámica a mediados del siglo XVII fueron claves para el desarrollo teórico y la posterior construcción del primer motor térmico, que permitía la conversión de energía calórica en energía mecánica mediante un proceso de combustión.

Por otro lado, la aplicación práctica de los conocimientos científicos ha posibilitado el desarrollo de tecnologías que nos permiten controlar el mundo que nos rodea. Por ejemplo, la aplicación de la teoría general de la relatividad, desarrollada por Albert Einstein a principios del siglo XX, es clave para la compensación temporal que permite el correcto funcionamiento de un sistema de posicionamiento global como el GPS (del inglés, *global positioning system*).

Finalmente, los procesos de innovación y emprendimiento son los que permiten hacer llegar a la sociedad los avances científico-técnicos en forma de producto o servicio. Siguiendo el ejemplo anterior, son muchas las empresas que actualmente ofrecen productos y servicios basados en el funcionamiento del GPS. Por ejemplo, empresas del sector logístico pueden optimizar las rutas de los vehículos en tiempo real en función de su posición y del estado del tráfico.

Así pues, a lo largo de la historia, la industria y la sociedad han ido pasando por diferentes etapas en función de los avances científico-técnicos. Hoy en día es ampliamente aceptado un modelo compuesto por tres revoluciones industriales marcadas por tres avances científico-técnicos destacados: la máquina de vapor, la electricidad y el microprocesador.

A continuación, repasamos brevemente las diferentes revoluciones industriales que ha vivido la sociedad y los hitos que han marcado su desarrollo.

Primera revolución industrial (1760-1840)

La primera revolución industrial tuvo lugar entre los siglos XVIII y XIX, básicamente en Europa y América, y permitió el paso de la producción manual a la mecanizada. Durante este periodo se evolucionó de una sociedad eminentemente rural y centrada en la agricultura a una sociedad urbana e industrializada. La aparición de la máquina de vapor impulsó el desarrollo del transporte (ferrocarril y embarcaciones) y de industrias como la textil.

Segunda revolución industrial (1870-1914)

La segunda revolución industrial tuvo lugar entre mediados del siglo XIX y principios del XX. La expansión de las industrias del acero y el petróleo, así como el uso de la electricidad, facilitaron un aumento en la productividad. Otros desarrollos tecnológicos de la segunda revolución industrial son el teléfono, la bombilla o el motor de combustión interna.

Tercera revolución industrial (1947-2010)

La tercera revolución industrial, que se produjo a partir de la segunda mitad del siglo XX, consistió en el paso del control de dispositivos mecánicos a través de la electrónica analógica a la electrónica digital y las telecomunicaciones en la era del silicio.

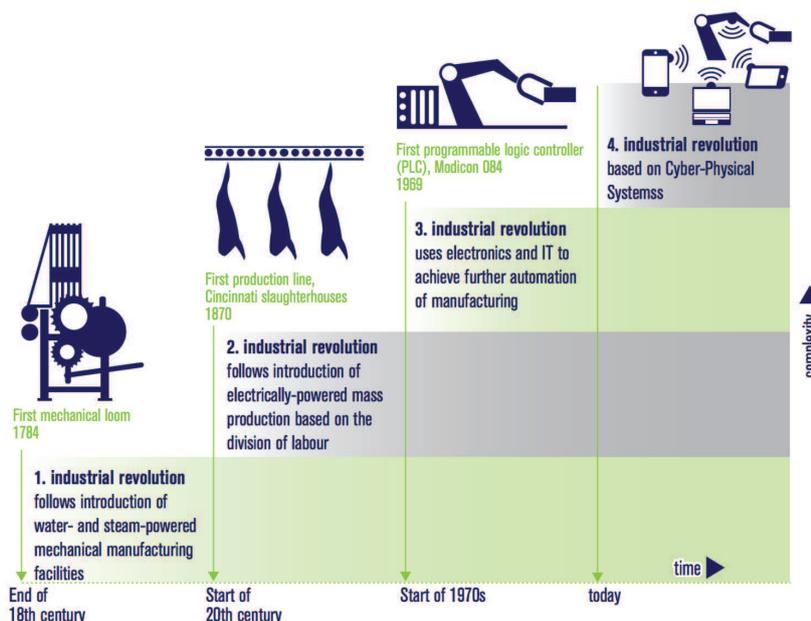
3. Industria 4.0. ¿Evolución o revolución?

Como hemos visto en el apartado anterior, el modelo clásico de evolución histórica de la industria está constituido por tres revoluciones industriales. La primera, entre el siglo XVIII y el XIX, se basó en la aplicación de la máquina de vapor. La segunda, entre mediados del siglo XIX y principios del XX, se basó en la aplicación de la electricidad y la división del trabajo. Finalmente, la tercera revolución industrial, desde mediados del siglo XX hasta la actualidad, se basa en la aplicación de las tecnologías digitales a la automatización de procesos.

Teniendo en cuenta esta evolución histórica y el contexto actual, muchos intelectuales y tecnólogos coinciden en que nos encontramos en un momento de cambio debido a la aplicación de las nuevas tecnologías digitales al ámbito industrial. Si bien estas tecnologías digitales, tales como el ordenador personal e internet, nacieron y evolucionaron como parte de la tercera revolución industrial y ya llevan varios años entre nosotros, su aplicación al ámbito de la industria supone un cambio sustancial en la manera en que se conciben, se diseñan, se fabrican y se venden los productos y servicios.

En este sentido, el concepto de *cuarta revolución industrial* o *industria 4.0* es relativamente nuevo. El primer documento que lo introdujo, en el 2013, fue *Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0*, del German Research Center for Artificial Intelligence (DFKI) [Kagermann y otros (2013)], en el que los responsables, además de utilizar el concepto de *cuarta revolución industrial* por primera vez, proponen la hoja de ruta que debe seguir la industria alemana para liderarla.

Figura 3. Las etapas de las cuatro revoluciones industriales



Fuente: *Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group*, 2013 [Kagermann y otros (2013)]

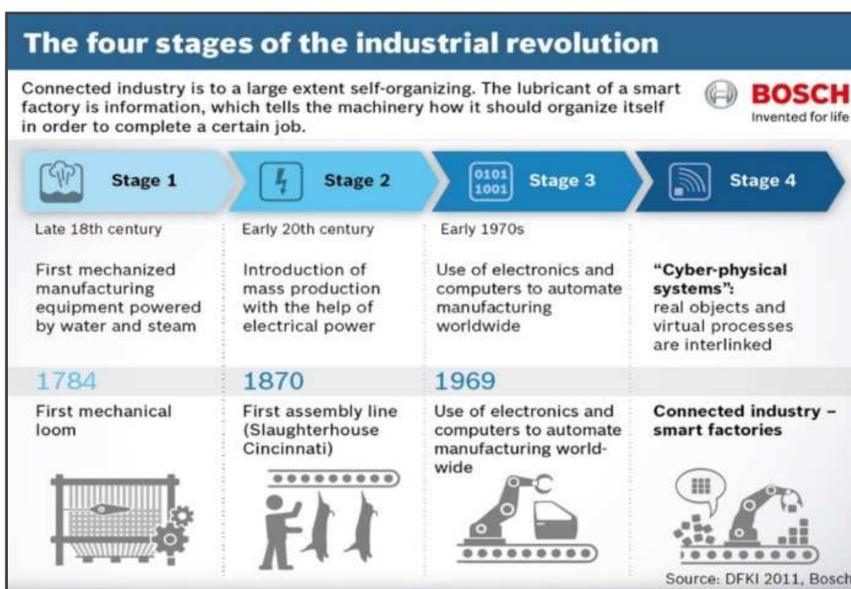
Así pues, en este documento del DFKI se propone de manera implícita un modelo de cuatro revoluciones industriales, en el que se considera que la cuarta revolución industrial forma parte de un proceso de evolución natural basado en la aplicación de las tecnologías digitales. De este modo, no se trata de una revolución provocada por una tecnología o un desarrollo concretos, como lo fueron las anteriores, sino más bien de una evolución basada en la combinación de diversas tecnologías que ya existen hoy en día.

En esta línea, Klaus Schwab, en el libro *La cuarta revolución industrial* [Schwab (2017)], expone que los motivos por los que el abanico de tecnologías que conforman la industria 4.0 está provocando una nueva revolución industrial son tres: la velocidad, el alcance y el impacto.

Si bien este modelo de cuatro revoluciones, inicialmente propuesto y con una mayor presencia en Europa, ha ido ganando aceptación a nivel internacional, no está aceptado universalmente ni es el único que se utiliza para describir la situación actual de la industria.

Por ejemplo, Jeremy Rifkin considera que la tercera revolución sigue vigente porque se continua utilizando el mismo modelo energético [Rifkin (2011)], basado en los combustibles fósiles. Por su parte, Chris Anderson piensa que las dos primeras revoluciones forman parte de una única revolución industrial clásica, y que la tercera y la cuarta son la nueva revolución industrial, cuya base son las nuevas tecnologías y los sistemas ciberfísicos [Anderson (2010)]. Finalmente, Peter Marsh considera que estamos entrando en la quinta revolución, ya que para este autor, la primera revolución industrial debe dividirse en dos para dar entidad a la aplicación de la máquina de vapor al transporte.

Figura 4. La visión de Bosch sobre las etapas de la Revolución Industrial



Fuente: Bosch y *Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group*, 2013. [Kagermann y otros (2013)]

De hecho, en algunos casos incluso se habla de una única revolución industrial con cuatro etapas. Por ejemplo, la visión de Bosch sobre el modelo planteado por la DFKI [ved Kagermann y otros, (2013)] describe una única revolución industrial de cuatro etapas (ved figura 4).

Independientemente del nombre y del número de etapas que se utilizan para referirse a este proceso de transformación tecnológica de la industria, lo que parece claro es que la aplicación de las nuevas tecnologías digitales al ámbito industrial supone un cambio sustancial en la manera en que se conciben, se diseñan, se fabrican y se venden los productos y servicios, tal como veremos más adelante.

4. Arquitecturas de referencia de la industria 4.0

Diferentes países y regiones del mundo también han presentado iniciativas similares, e intentan posicionarse para ser competitivos en el nuevo escenario que se plantea. En el año 2017 existen dos arquitecturas de referencia en el marco de la denominada cuarta revolución industrial, y cada una de ellas está apoyada por sus organizaciones respectivas. Por un lado, existe la ya citada iniciativa alemana denominada i4.0 Plattform y propulsora de la arquitectura RAMI 4.0 (Reference Architecture Model Industrie 4.0), y por otro lado, tenemos el Industrial Internet Consortium, que desde Estados Unidos propone la arquitectura de referencia IIRA (Industrial Internet Reference Architecture).

Desde Alemania, la i4.0 Plattform propone la arquitectura RAMI 4.0 (Reference Architecture Model Industrie 4.0), dinamizada en torno a la Feria de Hannover, que se celebra cada año en el mes de abril. En la pasada edición, se presentó la norma DIN 91.345, que convierte a RAMI en estándar. Con la voluntad de internacionalizar el estándar más allá del ámbito alemán, recientemente se ha anunciado su extensión a la norma internacional IEC / PAS 63088 [Comissió Indústria 4.0 (2016)].

Si desde Alemania se propone la i4.0 Plattform, desde Estados Unidos la organización Industrial Internet Consortium presenta la arquitectura de referencia IIRA (Industrial Internet Reference Architecture) con el objetivo de servir no solo a Estados Unidos, sino a nivel global. Si bien el documento oficial está disponible en su web, aún no está formalizada por una organización internacional de normalización [Comissió Indústria 4.0 (2016)]. La aportación más relevante de la IIRA es el diagrama de dominios funcionales, que se visualiza en forma de tabla y que incluye los dominios de negocio, operaciones, información, aplicación y control.

De este modo, uno de los retos de la industria 4.0 será la armonización y la estandarización de las diferentes arquitecturas para crear un único estándar. Actualmente, existe un grupo de trabajo que se dedica a impulsar la armonización de las dos arquitecturas y que ya ha publicado documentos de mapeo entre ambas.

i4.0 Plattform

<http://www.plattform-i40.de>

Industrial Internet Consortium

<http://www.iiconsortium.org>

Industrial Internet Consortium

«Plattform Industrie 4.0 and Industrial Internet Consortium agree on cooperation»:
<http://www.iiconsortium.org/press-room/03-02-16.htm>

Bibliografía

Anderson, C. (2010). «The new industrial revolution». *Wired* (vol. 18, n.º 2).

Enginyers de Catalunya (2016). *Comissió Indústria 4.0*. Documento de trabajo. Marco de referencia sobre la industria 4.0. Informe técnico.

Kagermann, H.; Helbig, J.; Hellinger, A.; Wahlster, W. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. Securing the future of german manufacturing industry. Final report of the Industrie 4.0 Working Group*. Informe técnico.

Rifkin, J. (2011). *The third industrial revolution: how lateral power is transforming energy, the economy, and the world*. Macmillan.

Schwab, K. (2017). *The fourth industrial revolution*. Penguin UK.