

---

# LA INDUSTRIA 4.0: EL ESTADO DE LA CUESTIÓN

**RAÚL BLANCO**

Ayuntamiento de L'Hospitalet de Llobregat

**JORDI FONTRDONA**

Generalitat de Catalunya

**CARMEN POVEDA**

Cámara de Comercio de Barcelona

La industria 4.0 se ha convertido en una corriente principal de la economía industrial, especialmente durante el último año. Este término, que nació a principios de la década en Alemania para dar nombre al proceso de transformación digital de la industria, está actualmente muy presente en ferias, congresos o publicaciones de la mayoría de subsectores que

conforman la industria. A veces, esta presencia responde a verdaderos cambios productivos, pero a menudo se convierte en un simple elemento de promoción comercial.

Este monográfico se ha escrito con la voluntad de situar el concepto y el estado de la cuestión en la realidad económica y social actual. Por eso, se establecen como objetivos del artículo explicar qué es la Industria 4.0, cómo transformará los lugares de trabajo y las necesidades formativas de las personas y, finalmente, mostrar la percepción real que tienen las empresas y el grado de aplicación de las tecnologías que componen la Industria 4.0 en el tejido industrial catalán.

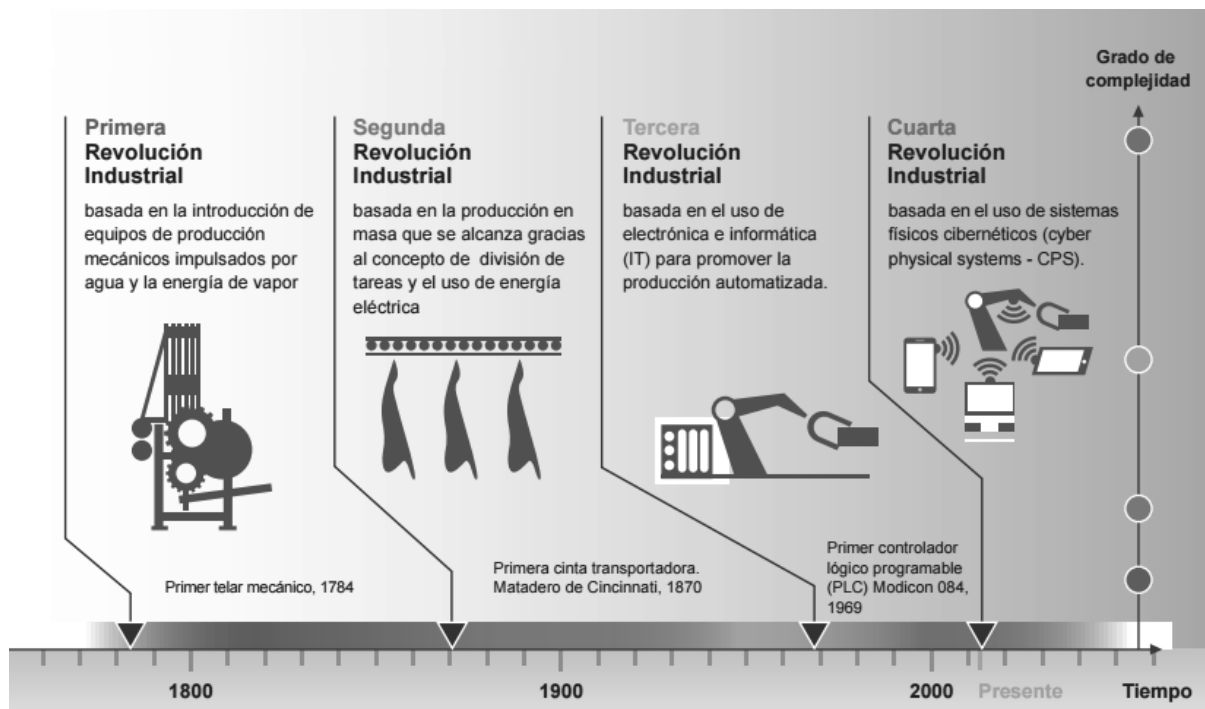
## MARCO CONCEPTUAL ↓

Industria 4.0 es un término que fue utilizado por primera vez por el Gobierno alemán y que describe una organización de los procesos de producción basada en la tecnología y en dispositivos que se

comunican entre ellos de forma autónoma a lo largo de la cadena de valor (Smit et. al. 2016). Este fenómeno representa un cambio tan grande que también se denomina como la cuarta revolución industrial.

En esta nueva etapa, los sensores, las máquinas, los componentes y los sistemas informáticos estarán conectados a lo largo de la cadena de valor, más allá de los límites de las empresas individuales. Estos sistemas conectados podrían interactuar entre ellos usando protocolos estándar basados en Internet y analizar los datos para prever errores, configurarse ellos mismos y adaptarse a posibles cambios. Dicho de otro modo, las tecnologías digitales permiten la vinculación del mundo físico (dispositivos, materiales, productos, maquinaria e instalaciones) con el digital (sistemas). Esta conexión habilita que dispositivos y sistemas colaboren entre ellos y con otros sistemas para crear una industria inteligente, con producción descentralizada y que se adapta a los cambios en tiempo real. En este entorno, las barreras entre las personas y las máquinas se difuminan.

FIGURA 1  
DE LA INDUSTRIA 1.0 A LA INDUSTRIA 4.0



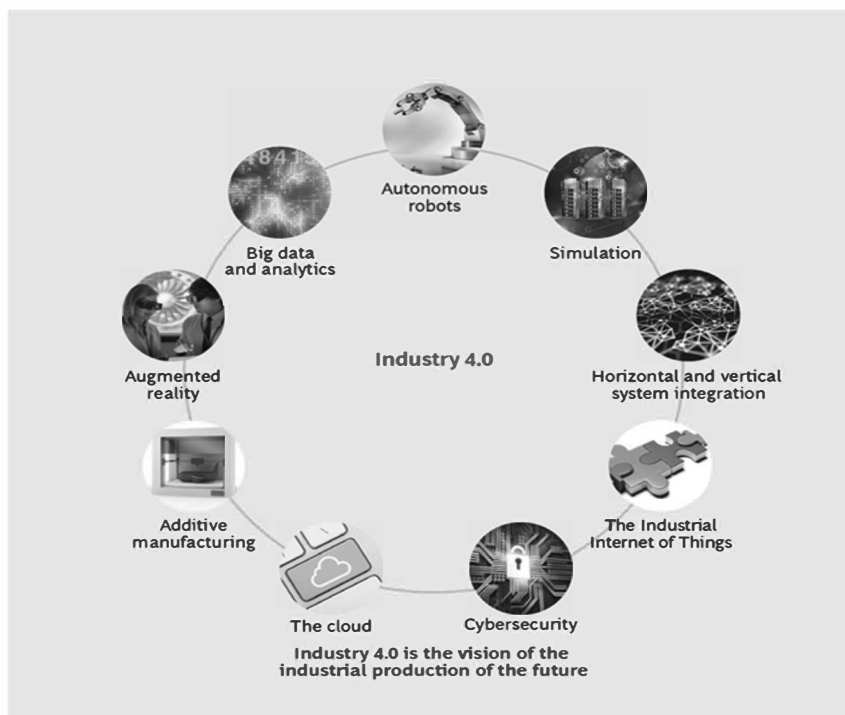
Fuente: DFKI (2011)

Las nueve tecnologías sobre las que se fundamenta la Industria 4.0 ya se están utilizando actualmente en las empresas manufactureras pero de forma aislada. Con esta nueva revolución, las cadenas de valor se transformarán en un flujo completamente integrado, automatizado y optimizado que mejorará la eficiencia y cambiará la relación tradicional entre proveedores, productores y clientes, así como entre personas y máquinas.

Las tecnologías son las siguientes:

- *Big data and analytics*: consiste en el análisis de conjuntos de datos que, por su volumen, su naturaleza y la velocidad a que tienen que ser procesadas, superan la capacidad de los sistemas informáticos habituales. En el contexto de la Industria 4.0, los análisis de datos masivos (sistemas y equipos de producción, sistemas de gestión de proveedores, etc.) se convertirán en estándares para apoyar a la toma de decisiones en tiempo real.
- Robots autónomos: los robots se están volviendo cada vez más autónomos, flexibles y cooperativos, de forma que podrán interactuar entre ellos y trabajar de forma segura junto a los humanos y aprender de ellos. Estos robots serán más baratos: Sirkin et. al. (2015), de Boston Consulting Group, prevén que los precios de los robots y del software caigan un 20% durante la próxima década. También tendrán una gama de posibilidades más grande que los actuales (se prevé un incremento de prestaciones del 5% anual). Esto hará que haya muchas más tareas en las que la sustitución de mano de obra por robots sea rentable, de forma que los autores prevén que el crecimiento anual del número de robots pase del 2-3% actual al 10% durante la próxima década.
- Simulación: las simulaciones en 3D, que actualmente están extendidas en la fase de ingeniería, se utilizarán también en algunas operaciones en las plantas de producción. Permitirán reproducir el mundo físico en un modelo virtual que puede incluir máquinas, productos y personas y permite a los operadores hacer pruebas y optimizar la programación de una máquina en el mundo virtual antes de ponerla en práctica.
- Integración horizontal y vertical de sistemas: los fabricantes, los proveedores y los clientes estarán estrechamente enlazados por los sistemas informáticos, facilitando cadenas de valor verdaderamente automatizadas. Y lo mismo pasará entre los departamentos de una empresa, como ingeniería, producción y servicios.
- Internet de las cosas industrial (Internet of things, IoT): cada vez más dispositivos estarán enriquecidos con informática incrustada y conectados por medio de tecnologías estándar. Esto permite a los dispositivos de campo comunicarse e interactuar entre ellos y con los controladores centrales. Tam-

FIGURA 2  
LAS NUEVE TECNOLOGÍAS QUE ESTÁN TRANSFORMANDO LA PRODUCCIÓN INDUSTRIAL



Fuente: Ruessmann - BCG (2015)

bién descentraliza el análisis y la toma de decisiones y permite respuestas en tiempo real.

- **Ciberseguridad:** el aumento de la conectividad que representa la Industria 4.0 incrementa dramáticamente la necesidad de proteger los sistemas industriales críticos y las líneas de producción contra las amenazas informáticas. También hay que mejorar la protección de la propiedad intelectual, los datos personales y la privacidad.
- **La nube:** cada vez más, las tareas relacionadas con la producción requerirán más intercambio de datos. Al mismo tiempo, las tecnologías en la nube mejorarán y conseguirán tiempo de reacción de apenas algunos milisegundos. Como resultado, se irán traspasando trabajos informáticos a la nube y facilitarán que más servicios informáticos se dediquen a la producción. Incluso los sistemas que controlan los procesos podrán estar basados en la nube.
- **Fabricación aditiva:** la impresión en tres dimensiones, además de hacer prototipos y componentes individuales como actualmente, se extenderá a producir pequeños lotes de productos personalizados y esto permitirá reducir las materias primas, los stocks y las distancias de transporte.
- **Realidad aumentada:** un operario equipado con gafas de realidad aumentada puede, por ejemplo, recibir instrucciones de reparación de una máquina en el propio puesto de trabajo. También

hay aplicaciones en el campo de la formación. En el futuro, las empresas harán un uso mucho más extendido para facilitar a los trabajadores información en tiempo real para mejorar la toma de decisiones y los procedimientos de trabajo.

Por su parte, el World Economic Forum (2016) se adhiere a esta idea de una cuarta revolución industrial y añade los adelantos en la genética, la nanotecnología y la biotecnología, entre otros. Además, afirma que los sistemas inteligentes (casas, fábricas, granjas, redes y ciudades) permitirán afrontar un amplio abanico de problemas que van desde la gestión de las cadenas de suministro hasta el cambio climático. Al mismo tiempo, el auge de la economía colaborativa permitirá a las personas monetizarlo todo, desde una casa desocupada hasta el coche.

A las tecnologías mencionadas se pueden añadir los adelantos en la obtención de nuevos materiales y, en especial, los sistemas informáticos integrados de ingeniería de materiales (ICME en inglés). Entre los nuevos materiales destacan los nano-materiales (aquellos que tienen propiedades morfológicas más pequeñas que un micrómetro en al menos una dimensión) y el grafeno (una lámina de carbono de un solo átomo de grosor, transparente, flexible, ligera, resistente). El grafeno es un excelente conductor de la electricidad y el sensor de luz más rápido que hay en el mundo (Koppens, 2016). Sus aplicaciones serán múltiples, cuando se encuentre la manera de producirlo a gran escala, y pueden revolucionar buena parte de la in-

dustria, por ejemplo, para el tratamiento del big data o datos masivos.

Otros autores, como Brynjolfsson et. al. (2014), no hablan de cuarta revolución industrial sino de segunda era de las máquinas. La primera era empezó con la máquina de vapor, mientras que la segunda tiene como protagonistas los ordenadores y el mundo digital, que pueden llevar a una economía global de la abundancia en la que se espera un crecimiento sin precedentes. Mientras en la primera era de las máquinas los avances tecnológicos complementaban al hombre, que era quien mantenía la capacidad de decisión y el control del trabajo, en la segunda, a menudo son las máquinas las que toman decisiones más eficientes, mientras que la parte humana ligada a la producción pierde importancia.

El punto en común de los diferentes enfoques expuestos es la transformación digital de la industria, la cual, como se expone en un informe del Ministerio de Industria, Energía y Turismo (2014), genera beneficios, tanto para el proceso productivo, como para el producto y el modelo de negocio:

- La aplicación de las tecnologías mencionadas a los procesos productivos los hará más eficientes (optimización de recursos energéticos o de materias primas y reducción de costes) y flexibles (acortamiento de plazos y personalización de productos).
- La incorporación de las tecnologías mencionadas a los productos ya existentes mejorará sus funcionalidades y permitirá la aparición de nuevos productos. Es el caso, por ejemplo, de los tejidos inteligentes o de la integración de la electrónica y de los componentes digitales al automóvil, que ya representan el 45% del valor del producto.
- La Industria 4.0 posibilita la aparición de nuevos modelos de negocio, como por ejemplo los servicios de coche compartido, gracias a la incorporación de sensores a los vehículos, o la economía colaborativa.

La Industria 4.0, además de ventajas, también implica unos retos, que el Ministerio esquematiza en los siguientes:

- Para el proceso productivo: adaptarse a la hiperconectividad del cliente; gestionar la trazabilidad multidimensional de extremo a extremo; gestionar la especialización por medio de la coordinación de ecosistemas industriales de valor; garantizar la sostenibilidad a largo plazo.
- Para las fases del proceso productivo:
  - Diseño: usar métodos colaborativos para potenciar la innovación.
  - Fabricación: combinar flexibilidad y eficiencia; gestionar series y tiempos de respuesta más cortos.

- Logística: adoptar modelos logísticos inteligentes.
- Distribución y atención al cliente: adaptarse a la transformación de canales y aprovechar la información para anticipar las necesidades del cliente.
- Para el producto: ofrecer productos personalizados y adaptar la cartera de productos al mundo digital.
- Para el modelo de negocio: generar nuevos modelos de negocio gracias a la combinación de los retos descritos.

Por su parte, un estudio hecho por encargo del Parlamento Europeo (Smit et. al. 2016) afirma que la Industria 4.0 sólo tendrá éxito si se dan ciertos requisitos: estandarización de sistemas, plataformas y protocolos; cambios en la organización del trabajo para adaptarse a los nuevos modelos de negocio; seguridad digital y protección del know-how; disponibilidad de trabajadores debidamente formados; investigación y desarrollo; y una red legal común dentro de la Unión Europea para apoyar la propagación de la Industria 4.0 dentro del Mercado Interior.

También hay que tener en cuenta las trabas que hay para una extensión rápida y masiva de la Industria 4.0 entre el tejido productivo. Desde el punto de vista de las empresas, las dificultades son inversamente proporcionales a la dimensión de la compañía, de forma que las PYMES, a menudo, desconocen los avances de la tecnología y, por lo tanto, no tienen suficiente concienciación sobre la disrupción que puede provocar la Industria 4.0 en el mercado. Además, acostumbran a tener un acceso más difícil a la financiación necesaria para las inversiones que la transformación digital requiere, aparte de que los medios productivos de la industria tienen una rigidez que hace difícil su adaptación a los cambios. Aparte, las PYMES a menudo tienen poca independencia estratégica. Por este motivo, el sector público puede jugar un papel en la creación de un ecosistema que facilite la transición de las empresas pequeñas y medianas hacia la Industria 4.0.

Desde el punto de vista del sector público, las trabas pueden venir del entorno regulador, el cual tendría que establecer las bases y los límites operables (por ejemplo, en el tratamiento de datos personales), así como de la adaptación de los sistemas formativos, tanto de formación profesional como universitaria, para dar respuesta a la demanda prevista de nuevos perfiles relacionados con la Industria 4.0. Con responsabilidad compartida con las empresas, también hay que superar trabas derivadas de la falta de estandarización para que permita desarrollar sistemas interoperables. La estandarización es uno de los desafíos más grandes para la implantación a gran escala de la Industria 4.0 (Smit 2016).

FIGURA 3  
INDUSTRIA 4.0 EN LA UE. ANÁLISIS DAFO

<p><b>Fortalezas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremento de la productividad, de la eficiencia (recursos), de la competitividad y de los ingresos.</li> <li>• Aumento de los puestos de trabajo de alta calificación y muy remunerados.</li> <li>• Mejora de la satisfacción del cliente y nuevos mercados: incremento de la personalización de los productos y de su variedad.</li> <li>• Mayor flexibilidad y control de la producción.</li> </ul>	<p><b>Debilidades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de adaptación tecnológica: pequeñas disrupciones pueden tener impactos grandes.</li> <li>• Dependencia de un abanico de factores de éxito: estándares, coherencia del entorno, oferta laboral con las habilidades apropiadas, inversión en I+D.</li> <li>• Costes de desarrollo y puesta en marcha.</li> <li>• Pérdida potencial de control sobre la empresa.</li> <li>• Puestos de trabajo semi-formados.</li> <li>• Necesidad de importar mano de obra formada e integrar los inmigrantes.</li> </ul>
<p><b>Oportunidades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reforzamiento de la posición de Europa como líder en industria manufacturera y otros sectores.</li> <li>• Desarrollo de nuevos mercados punteros para productos y servicios.</li> <li>• Contrapunto a la demografía negativa de la UE.</li> <li>• Disminución de las barreras de entrada para algunas PYMES para participar en nuevos mercados y nuevas cadenas de suministro.</li> </ul>	<p><b>Amenazas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciberseguridad, propiedad intelectual, privacidad de los datos.</li> <li>• Trabajadores, PYMES, sectores y economías nacionales sin conciencia y/o medios para adaptarse a la Industria 4.0 y que quedarán atrás.</li> <li>• Volatilidad de las cadenas de valor globales y vulnerabilidad hacia ellas.</li> <li>• Adopción de la Industria 4.0 por parte de los competidores extranjeros que neutralicen las iniciativas europeas.</li> </ul>

Fuente: Smit *et al.* (2016)

### APROXIMACIÓN A LAS CONSECUENCIAS DE LA INDUSTRIA 4.0 ↓

Smit *et al.* (2016), en un estudio para el Parlamento Europeo, realizan un análisis DAFO que resume las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades de la Industria 4.0 en la UE (figura 3).

En resumen, la Industria 4.0 facilitará procesos más rápidos, flexibles y eficientes para producir bienes de calidad a costes reducidos, es decir, incrementará la productividad. Ruessmann (2015) ha estimado, para la industria alemana, que, durante los próximos 5-10 años, la productividad aumentará entre un 5% y un 8% adicional debido a la extensión de la Industria 4.0. Si se considera la ganancia de productividad en costes de conversión (es decir, excluyendo el coste de los materiales), podría llegar a ser de entre el 15% y el 25%. Estas mejoras serían todavía más altas en los sectores de maquinaria mecánica (20-30%) y de alimentación y bebidas (20-30%) (en costes de conversión).

Asimismo, se estima que el aumento de la demanda de nuevos equipos y aplicaciones por parte de las empresas y de una amplia variedad de productos personalizados por parte de los consumidores generará unos ingresos adicionales de unos 30.000 millones de euros por año (aproximadamente un 1% del PIB alemán).

Además, se estima que la adaptación de los procesos productivos a la Industria 4.0 requerirá unas inversiones en la industria alemana de unos 250.000 millones de euros en los próximos diez años (aproximadamente un 1-1,5% de los ingresos de la industria).

Todo ello impulsará la innovación, facilitará el respeto por el medio ambiente (ahorrando materias primas y generando menos residuos) y mejorará la seguridad en el trabajo puesto que no se expondrá los trabajadores a tareas y materiales peligrosos.

Para que todo esto sea posible, hace falta una mejora de las infraestructuras tecnológicas (especialmente la banda ancha fija y móvil) para que puedan soportar todo el volumen de datos que tendrá que circular por ellas. En el ámbito europeo, hay que avanzar también en la creación de un mercado único digital que incremente los beneficios potenciales de las empresas y de los individuos. Asimismo, el Estado podría adaptar la legislación para dar más facilidades a la creación de empresas y start-ups y velar más para que las primeras empresas en llegar no abusen de un poder de mercado excesivo que impida la entrada a los competidores.

Parece bastante evidente que los efectos de la Industria 4.0 expuestos hasta aquí harán que las empresas industriales (tanto de bienes de equipo como otras) tengan que establecer un programa de prioridades para incorporarse a esta revolución, definir el modelo de negocio que quieren seguir, establecer cambios organizativos, adaptar la fuerza de trabajo, desarrollar alianzas estratégicas, etc.

### Impacto sobre el empleo

Los efectos de la Industria 4.0 que más se han estudiado y que más debate generan, sin embargo, son los que tienen que ver con el empleo. Siguiendo a Canals (2016), la automatización provoca un efecto sustitución: destruye puestos de trabajo en determinados sectores y empleos. Pero también existe el efecto complementariedad: hay puestos de trabajo en los que la automatización complementa las tareas del trabajador, por lo que incrementan la productividad y la remuneración. Más allá de estos dos efectos, la innovación tecnológica expande la frontera de producción: con los mismos recursos, se puede producir más. De este modo, las sucesivas revoluciones industriales han comportado crecimiento económico y aumento de rentas a largo plazo. Sin embargo, a corto plazo, los



**FIGURA 4**  
**PROFESIONES Y RIESGO DE AUTOMATIZACIÓN**

Profesión	Grupo de riesgo	Probabilidad (%)
Médicos de familia	Bajo	0,42
Compositores, músicos, cantantes	Bajo	4,45
Economistas	Medio	43,00
Analistas financieros	Medio	46,00
Transportistas (coches, taxis, furgonetas)	Medio	56,78
Empleados de contabilidad	Alto	97,00
Operadores de telemarketing	Alto	99,00

Fuente: Morron (2016), a partir de datos de Frey y Osborne (2013) y del INE

trabajadores de la primera revolución industrial que no perdieron el trabajo no vieron aumentar el salario real durante décadas, a pesar de que su productividad mejoró de forma sustancial.

Hay estudios de impacto optimistas, como el del Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research (2015), que afirma que el uso de robots industriales no tiene un efecto negativo significativo en los puestos de trabajo sino que parece que su efecto positivo sobre la productividad y el incremento de ventas puede estimular el crecimiento del empleo. Es más, afirma que las empresas que utilizan robots industriales durante el proceso de manufactura muestran una tendencia más baja a deslocalizar su producción fuera de Europa.

Otro enfoque optimista lo aportan Lorenz et. al. (2015), de Boston Consulting Group, quienes afirman también que las mejoras de productividad evitan deslocalizaciones e incluso crean empleo. Sobre esta base, los autores estiman que el escenario más probable de cara al 2025 sería un crecimiento adicional del PIB del 1% anual debido a la Industria 4.0, lo que haría que esta digitalización de la industria llegara al 50% del total. Esto generaría una pérdida de 610.000 puestos de trabajo en toda la cadena de producción, que se vería compensada con un aumento de 960.000 puestos en I+D y TIC, lo que daría un crecimiento neto de empleo de 350.000 personas.

Ruessmann (2015), de Boston Consulting Group, estima el incremento de empleo, también en Alemania, en un 6% en diez años, tasa que podría llegar al 10% en el caso del sector de maquinaria mecánica. Sin embargo, advierte que se necesitarán habilidades diferentes a las actuales. A corto plazo, los trabajadores poco cualificados que hacen tareas simples y repetitivas se verán desplazados, mientras que se demandarán más especialistas en software, en TIC y en mecatrónica. Smit (2016) afirma que las habilidades de la fuerza de trabajo en la UE para la Industria 4.0 son desiguales según los Estados Miembros, lo que trae a una concentración creciente en los centros (regiones) más avanzados y a una competencia entre ellos.

Aun así, también hay estudios menos optimistas. Morron (2016) alerta que la automatización se puede extender a cualquier tarea no repetitiva, como la conducción de vehículos o el diagnóstico médico, por lo que multiplica su impacto negativo. El avance tecnológico es de tal magnitud que McKinsey (2015) estima que el 45% de las tareas existentes en los EE.UU. podrían ser automatizadas hoy mismo, si bien hay que tener en cuenta que un puesto de trabajo comprende múltiples tareas.

Asimismo, Frey et. al. (2013) han calculado la probabilidad que cada profesión, en los Estados Unidos, pueda ser automatizada. Morron adapta su metodología a España para 485 profesiones, un extracto de las cuales se puede ver en la figura 4. Las menos afectadas son las que requieren habilidades exclusivas del ser humano, como la creatividad, la motivación, la innovación, la cooperación, la intuición, la capacidad de comunicar y emprender, la persuasión y la originalidad. Por ejemplo, puestos de trabajo de los sectores de salud, educación, servicios sociales y arte.

Por grupos, Morron estima que el 43% de los puestos de trabajo existentes en la actualidad tienen un riesgo elevado (con una probabilidad superior al 66%) de poder ser automatizados a medio plazo, mientras que el resto quedan repartidos, a partes iguales, entre el grupo de riesgo medio (entre el 33% y el 66%) y bajo (inferior al 33%). Sin embargo, advierte que hace falta no confundir la destrucción de profesiones con la desaparición de puestos de trabajo puesto que hay la posibilidad de reorientar la naturaleza del trabajo y liberar a los trabajadores para que se puedan dedicar a nuevas actividades en las que desarrollen todo su potencial, como ya hicieron la aspiradora o la lavadora en el ámbito doméstico. Los robots tienen una gran capacidad lógica y de gestión del big data, pero la inspiración, la intuición y la creatividad quedan lejos de su alcance.

Por su parte, el World Economic Forum (2016) afirma que, si no se toman medidas, los gobiernos tendrán que enfrentarse a un desempleo cada vez más grande y, por lo tanto, una base de consumidores cada vez más pequeña. Se prevé una destrucción neta de

5 millones de puestos de trabajo (7 millones destruidos y 2 millones creados).

Aparte de la desaparición de tareas, un problema importante que puede generar la Industria 4.0 es el aumento de la desigualdad a corto plazo puesto que los trabajadores con trabajos que sean más fácilmente automatizables verán reducido su salario medio. Entre ellos no hay sólo los que hacen tareas repetitivas sino profesionales con conocimientos intermedios y salarios medios. Simultáneamente, una nueva clase de élites formada por inversores y emprendedores se distanciará cada vez más de la masa de trabajadores (Brynjolfsson et. al., 2014). Un aumento de la desigualdad podría provocar una infrainversión en educación por una parte de la población, lo que acabaría repercutiendo en un menor crecimiento agregado, salvo que las políticas públicas garanticen el acceso a una educación de calidad de los colectivos más desfavorecidos. Otras medidas serían: propiciar que los trabajadores puedan convertirse en accionistas (Mestres, 2016) o cortar la vinculación entre trabajo y medios de subsistencia con una renta universal, de forma que el ingreso de la sociedad se divida para que todo el mundo tenga garantizado un nivel de vida digno (Bauman, 2016).

Al mismo tiempo, se espera que en 2020 sea más difícil encontrar especialistas en la mayoría de los sectores, especialmente en los roles relacionados con la informática y las matemáticas (World Economic Forum, 2016). Más de una tercera parte de las competencias de la mayoría de empleos estará formada por habilidades que actualmente no se consideran cruciales, especialmente en la industria y en los servicios financieros.

Por todo ello, la mayor parte de autores recomiendan innovar en políticas de empleo y en formación, tanto por parte de los poderes públicos como de las empresas. Hay que repensar el sistema educativo e incentivar la formación continua con una colaboración estrecha entre el sector público y las empresas para que la oferta se adapte a la demanda, tal y como ya hacen los sistemas de formación profesional dual que hay en Alemania, Dinamarca y Austria.

## FORMACIÓN PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL

### La formación profesional

La relación entre la Industria 4.0 y la formación profesional se puede analizar desde dos vertientes. Por un lado, la digitalización masiva, tal y cómo se ha comentado, ya ha empezado a modificar las formas de producción, de interacción y de distribución de una forma más automatizada y descentralizada, por lo que se están reformulando muchos puestos de trabajo y, por lo tanto, la demanda de los perfiles profesionales necesarios para desarrollarlos. Muchos de estos lugares están directamente vinculados a la formación profesional, especialmente a las familias de fabricación mecánica; de electricidad y electrónica; de instalación y mantenimiento y de informática y comunica-

ción. Hace falta, por lo tanto, que la oferta de titulaciones se adecúe a las nuevas demandas de perfiles profesionales que genera la industria.

Por otro, la Industria 4.0 puede modificar las metodologías de aprendizaje en la FP. La producción de prototipos automatizados, la incorporación de las impresoras 3D, los software de simulación de la producción, etc. pueden contribuir a mejorar y a incentivar el aprendizaje *Learning by doing* promovido desde la Unión Europea y, a la vez, hacer que las especialidades industriales sean más alentadoras, interesantes y especialmente aplicables que otras más centradas en los conocimientos teóricos y/o de servicios.

Ante esto, ¿cuál es la situación actual de la formación profesional con relación a la Industria 4.0? El principal rasgo a destacar es el decalaje entre la oferta y la demanda de titulaciones. En cuanto a la oferta, a pesar de que la formación profesional se ha revalorizado en general y ha visto incrementar el número de plazas y de matriculaciones, los ciclos formativos más relacionados con la industria (electricidad y electrónica, fabricación mecánica e instalación y mantenimiento) han experimentado en los últimos años un mantenimiento o una disminución de las matriculaciones que, incluso, ha comportado el cierre de algunos ciclos. Aparte, hay que tener en cuenta que las especialidades industriales tienen poco atractivo para las chicas, de forma que representan sólo el 5% de las matriculaciones.

En contraste con esta disminución de la oferta de titulados en FP industrial, las empresas demandan cada vez más especialistas en mecatrónica, comunicaciones industriales, *big data & analytics*, diseño de interfaces, mantenimiento de robots específicos, diseño industrial en 3D y otras nuevos puestos de trabajo vinculados con las tecnologías basadas en la Industria 4.0.

Como consecuencia de este desfase entre oferta y demanda, hace falta, por un lado, fomentar las vocaciones industriales, sobre todo entre las mujeres y, por otro, adaptar los contenidos curriculares a la Industria 4.0. Las empresas demandan personas con unos perfiles profesionales bastante concretos y especializados, que puedan adaptarse a los cambios que el sector va generando, como por ejemplo la capacidad de adaptación de lenguajes de programación, el conocimiento práctico y real en sistemas operativos y dispositivos en red, la capacidad de analizar grandes cantidades de datos o la programación robótica. A pesar de que en los últimos años se han creado o adaptado algunas titulaciones, las empresas continúan pensando que los contenidos curriculares impartidos en el aula no están suficientemente adaptados para dotar a los futuros graduados de las competencias necesarias en materia de Industria 4.0. Otro aspecto que las empresas todavía encuentran flojo en los contenidos formales es la adquisición de las competencias transversales, cada vez más valoradas, como por ejemplo los idiomas, el trabajo en red, la adaptación a los cambios, la creatividad, la proactividad, la autogestión y la resiliencia.

Hay que tener en cuenta que la velocidad de adaptación del mundo educativo es diferente de la del productivo debido a varios factores: en primer lugar, la rigidez curricular establecida desde el Ministerio de Educación, así como la poca flexibilidad de las normativas y de la legislación académica. En segundo lugar, las dificultades para la formación continua o el reciclaje del profesorado puesto que, a pesar de existir medidas como las estancias de profesorado en empresas, la dificultad para sustituirlos en el aula hace que se utilicen poco. También hay que destacar la distancia que todavía hay entre los centros de formación profesional y las empresas.

Sin embargo, es importante destacar los puntos fuertes de la formación profesional con relación a la Industria 4.0, como por ejemplo la existencia cada vez mayor de profesorado emprendedor y proactivo o la proliferación de iniciativas de los centros y del profesorado que apuestan por desplegar en el aula herramientas que permiten trabajar con fabricación aditiva, realidad aumentada, simulación en 3D, Internet de las cosas, etc.

También es un punto fuerte la existencia de los llamados nativos digitales, la generación de jóvenes que, habiendo nacido después de 1990, ha crecido en un entorno tecnológico y digital normalizado y que puede ser más proclive a estudiar los ciclos formativos industriales.

### La formación universitaria

La revolución industrial 4.0 está abriendo nuevas oportunidades laborales y profesionales que serán cubiertas en la medida en que haya perfiles adecuados a estas necesidades. Por eso, la colaboración entre empresa y universidad toma mucha importancia, dado que este nuevo sector requerirá de perfiles que quizás hoy no existen, y por lo tanto hará falta un gran esfuerzo por parte de las entidades educativas. Se prevé que la Industria 4.0 comporte un cambio en la demanda de profesionales: el número de personal semi-calificado irá en descenso y se crearán nuevos puestos de trabajo de alta cualificación sobre todo vinculados a las tecnologías de la información. Analistas de datos, diseñadores de aplicaciones y de robótica, entre otros, son perfiles que las empresas, tecnológicas y no tecnológicas, están demandando cada vez más. La Unión Europea ha estimado que se crearán alrededor de 900.000 puestos de trabajo tecnológicos hasta el 2020. Esto supone una gran oportunidad para estudiantes, pero a su vez plantea un gran reto a la comunidad educativa por la falta de especialización de profesionales que puedan cubrirlos y la necesidad de formarlos a corto y medio plazo.

En España, según el informe «La digitalización: ¿Crea o destruye puestos de trabajo?» elaborado por Randstad Research, se estima que la digitalización generará 1,25 millones de puestos de trabajo en los próximos cinco años (hasta el 2022): 390.000 serán STEM —*Science, Technology, Engineering and Mathematics*—, 689.000

corresponden a puestos de trabajo inducidos que los apoyarán; y 168.000 serán trabajos indirectos. Esta investigación concluye que para cada puesto de trabajo creado en alta tecnología, se crean entre 2,5 y 4,4 adicionales en el resto de sectores económicos. Es decir, las políticas que potencian el empleo STEM tienen repercusiones positivas que afectan a numerosas actividades, incluidas las no STEM. Además, el empleo STEM es más resistente a las recesiones y genera niveles de productividad más elevados. Lo que más preocupa es que el número de estudiantes matriculados en carreras STEM ha bajado en más de 65.000 en los últimos siete años en España. En términos relativos, ha pasado de representar el 30% del total de estudiantes en 2009 al 26% en 2016. El descenso demográfico entre los matriculados también influye en este panorama laboral nada alentador: el número de jóvenes que accederá a esta formación superior disminuirá a un ritmo anual del 3,3% hasta 2021.

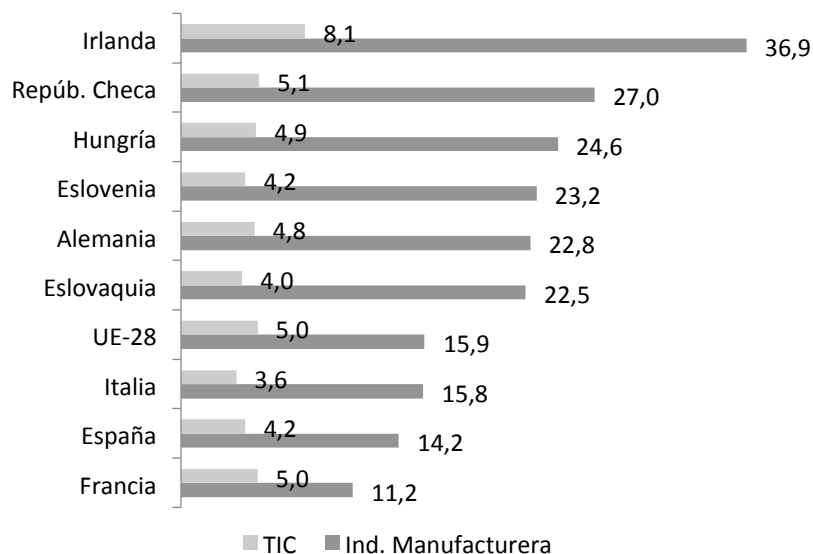
En el sector TIC, actualmente ya existe un problema entre la oferta y la demanda de profesionales. Mientras que la demanda crece de forma continua, las personas graduadas no crecen de forma proporcional, hecho que ocasiona un déficit de profesionales y vacantes que quedan sin cubrir. Tal y como se señala en un estudio de Adecco (2016), ya en 2015 en toda Europa hubo un déficit de 365.000 trabajadores en el ámbito de las TIC. Si se tiene en cuenta que hay un 60% menos de personas que estudian ingeniería informática de las que el mercado demanda, este déficit puede incrementarse hasta las 756.000 en 2020. La empresa de recursos humanos Randstad ha advertido que España será uno de los países europeos con más desajuste entre la formación de sus profesionales y las necesidades de las empresas.

Según datos recogidos por el Observatorio para el Empleo en la Era Digital, ocho de cada 10 jóvenes de entre 20 y 30 años encontrarán un trabajo relacionado con el ámbito digital en trabajos que aún no existen. Las 10 profesiones más solicitadas serán: ingeniero *smart factory*, *chief digital officer*, experto en innovación digital, *data scientist*, experto en *big data*, arquitecto experto en *smart cities*, experto en usabilidad, director de contenidos digitales, experto y gestor de riesgos digitales y director de marketing digital. Hoy el incremento de la demanda de algunos de estos empleos ya es una realidad. Según la consultora de selección de mandos intermedios, medios y directivos del Grupo Adecco, el trabajo más cotizado en 2016 ha sido el de *growth hacker* y el más buscado, el de especialista en *big data*.

Para estudiar cuál es la situación actual en nuestro país respecto a la oferta de graduados en aquellos campos que tendrán una mayor demanda en el futuro para cubrir las necesidades de la Industria 4.0, hemos hecho una comparativa a nivel europeo. Primero, hemos seleccionado aquellos países que tienen un mayor peso de la industria manufacturera en su economía.

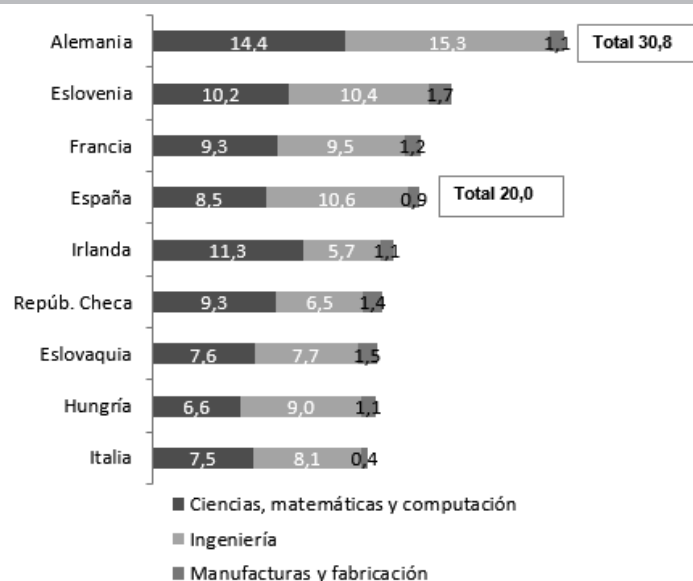


**FIGURA 5**  
PESO EN EL VAB DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA Y DEL SECTOR TIC (EN %). AÑO 2015



Fuente: Eurostat

**FIGURA 6**  
PORCENTAJE DE GRADUADOS EN CARRERAS STEM (SCIENCE, TECHNOLOGY, ENGINEERING AND MATHEMATICS). AÑO 2014

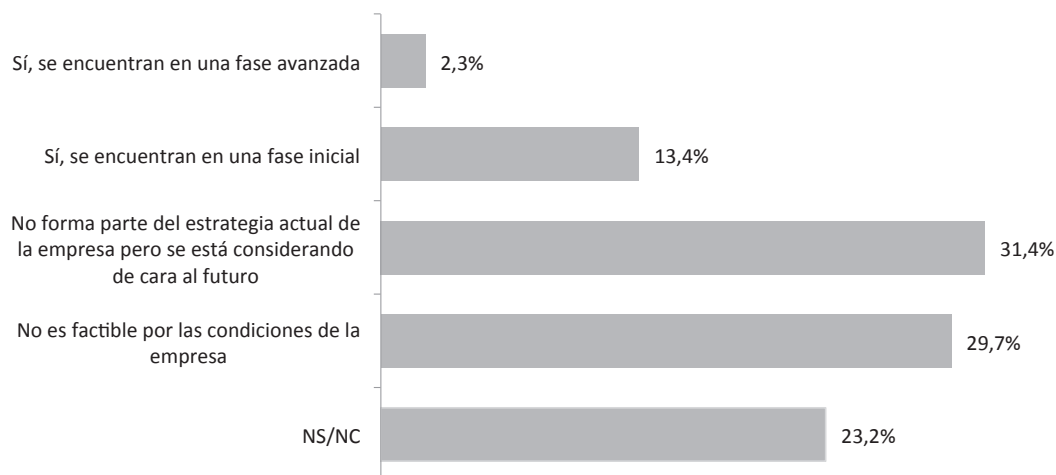


Fuente: Eurostat

Segundo, hemos mirado para estas economías cuál es el porcentaje de graduados en educación terciaria en los campos vinculados a la Industria 4.0, que son: 1) ciencia, matemáticas y computación, 2) ingeniería y manufactura; es decir, los llamados STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*). Y, finalmente, hemos hecho una simulación para España considerando Alemania como modelo en cuanto a porcentaje de graduados STEM respecto al total.

Los países seleccionados para hacer el análisis han sido aquellos que tienen un peso del sector industrial manufacturero superior al 20% del VAB total (6 en total), que son: Alemania, Irlanda y cuatro países del este de Europa (República Checa, Hungría, Eslovenia y Eslovaquia). Además, se han seleccionado tres países más de referencia en Europa: España, Italia y Francia. En la figura 5 se detalla el peso del sector manufacturero y también del TIC, un sector fundamental a tener en cuenta cuando hablamos de Industria 4.0.

FIGURA 7  
ADAPTACIÓN AL PARADIGMA DE LA INDUSTRIA 4.0



Fuente: Cámara de Comercio de Barcelona y Idescat. CLEM 2017/I

El segundo paso ha sido analizar, para este grupo de países, el porcentaje de graduados con estudios terciarios STEM respecto al total de graduados (figura 6). En España, en 2014 se graduaron 443.321 estudiantes, según Eurostat.

Del total de graduados STEM, 37.557 se graduaron en ciencias, matemáticas y computación (el 8,5% del total), 47.206 en ingeniería (el 10,6% del total) y 3.873 en manufacturas (0,9% del total). En total, el 20% de los graduados en España en 2014 lo hicieron en estas carreras (88.636). Este porcentaje está bastante lejos del 30,8% que supone en Alemania, es similar al de Francia, pero supera al de Irlanda, Italia y al de la mayoría de países del este de Europa más industrializados (cómo Rep. Checa, Eslovaquia y Hungría) (figura 6).

Si el objetivo es lograr el mismo porcentaje de graduados STEM que Alemania, que lidera claramente la economía 4.0 aplicada a la industria —por lo tanto, que sean el 30% de los graduados totales—, en 2014 el número de titulados STEM tendría que haber sido un 54% superior, es decir, se tendrían que haber graduado 136.680 personas, 48.044 más de las actuales.

#### LAS EMPRESAS ANTE EL RETO DE LA INDUSTRIA 4.0

Conocer el grado de implantación de las tecnologías 4.0 en la industria es imprescindible para saber si se está aprovechando bastante este potencial, para poder prever su evolución futura y también para planificar políticas públicas de apoyo a la innovación. Con este objeto, la Cámara de Comercio de Barcelona y el Instituto de Estadística de Cataluña (Idescat) han realizado una encuesta al sector industrial que se enmarca dentro de la Encuesta de Clima Empresarial de Cataluña del primer trimestre de 2017. La encuesta se ha hecho a 554 empresas industriales, una muestra suficientemente representativa como para poder extrapolar los resultados al conjunto del sector industrial

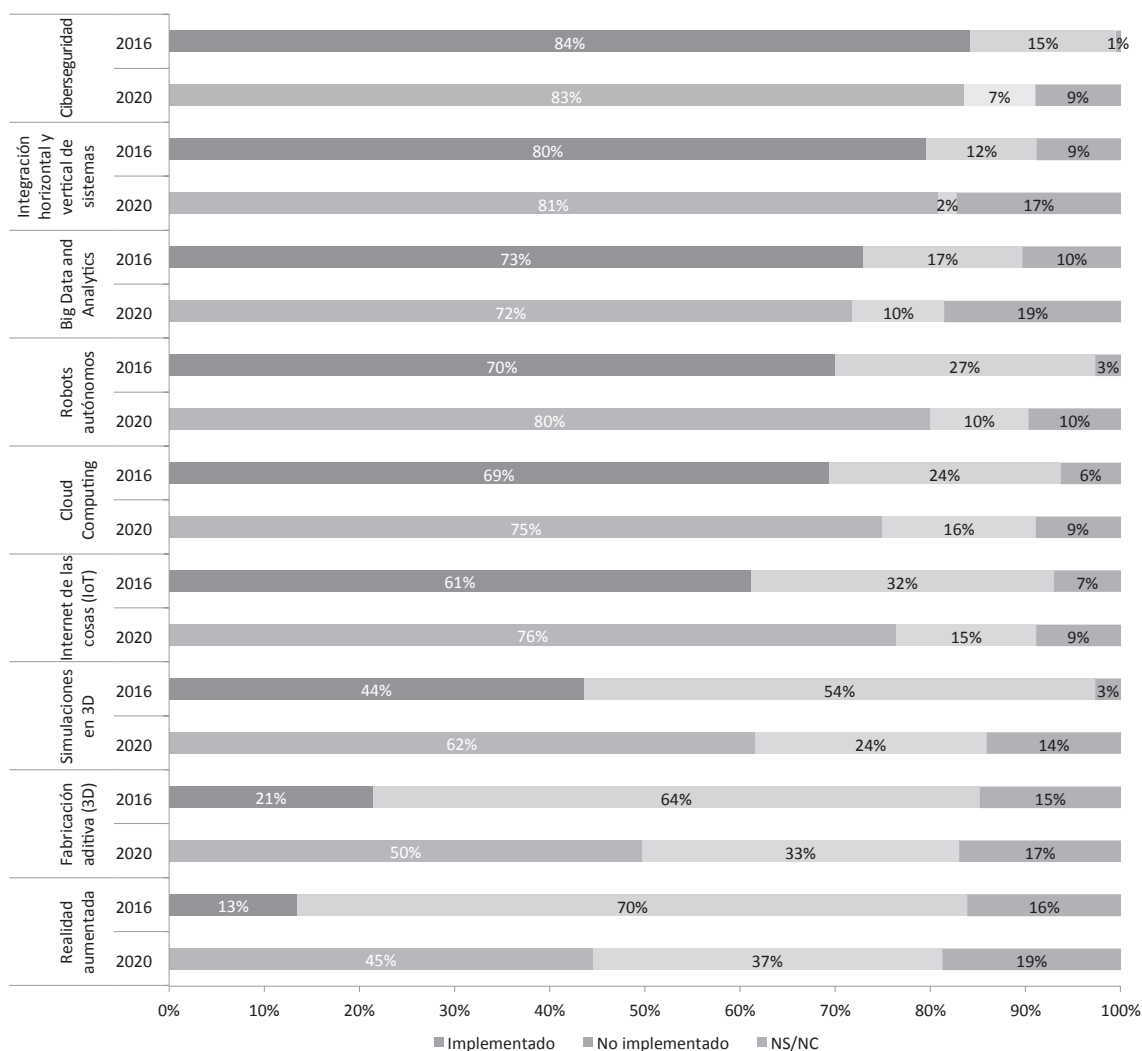
catalán (margen de error muestral del 4,1%). Hay que tener en cuenta que el 73% de las empresas de la muestra tienen hasta 49 trabajadores, el 16% tienen de 50 a 199, y el restante 12%, más de 200 trabajadores. Esta realidad del tejido empresarial industrial en nuestro país se tiene que tener muy presente a la hora de analizar los resultados de la encuesta dado que no está dirigida sólo a las grandes empresas, las cuales tienen más capacidad para hacer grandes inversiones en innovaciones tecnológicas.

La primera pregunta de la encuesta hace referencia al grado de adaptación del tejido industrial al nuevo paradigma 4.0. Los resultados muestran que el 15,7% de las empresas industriales ya están dentro del modelo de Industria 4.0, pero en diferentes fases de implantación. Sólo el 2,3% se encontrarían en una fase avanzada y el 13,4%, en una fase inicial. Por el contrario, el 31,4% de las empresas industriales dicen que esta adaptación no forma parte de su estrategia actual, pero se estaría considerando de cara al futuro, mientras que el 29,7% dice que no es factible por las condiciones de la empresa. Finalmente, un 23,2% no sabe/no contesta (figura 7).

Es importante señalar que de los resultados de la encuesta se obtiene que hay casi un tercio de empresas industriales con posibilidades de incorporarse a la transformación digital, un *target* que tendría que ser destinatario prioritario de las políticas de apoyo a la innovación en sus diferentes vertientes (información y asesoramiento, contacto con los centros de conocimiento y de I+D, apoyo financiero, etc.). También es destacable el alto porcentaje de empresas que no tienen información sobre qué es la Industria 4.0.

La segunda pregunta sólo se ha dirigido a este 15,7% de empresas industriales que ya está inmerso en la transformación digital 4.0 y lo que se quiere saber es su grado de implementación de las 9 tecnologías identi-

**FIGURA 8**  
IMPLEMENTACIÓN EN LAS EMPRESAS 4.0 DE DETERMINADAS TECNOLOGÍAS FACILITADORAS EN 2016 Y PREVISIÓN PARA EL AÑO 2020.



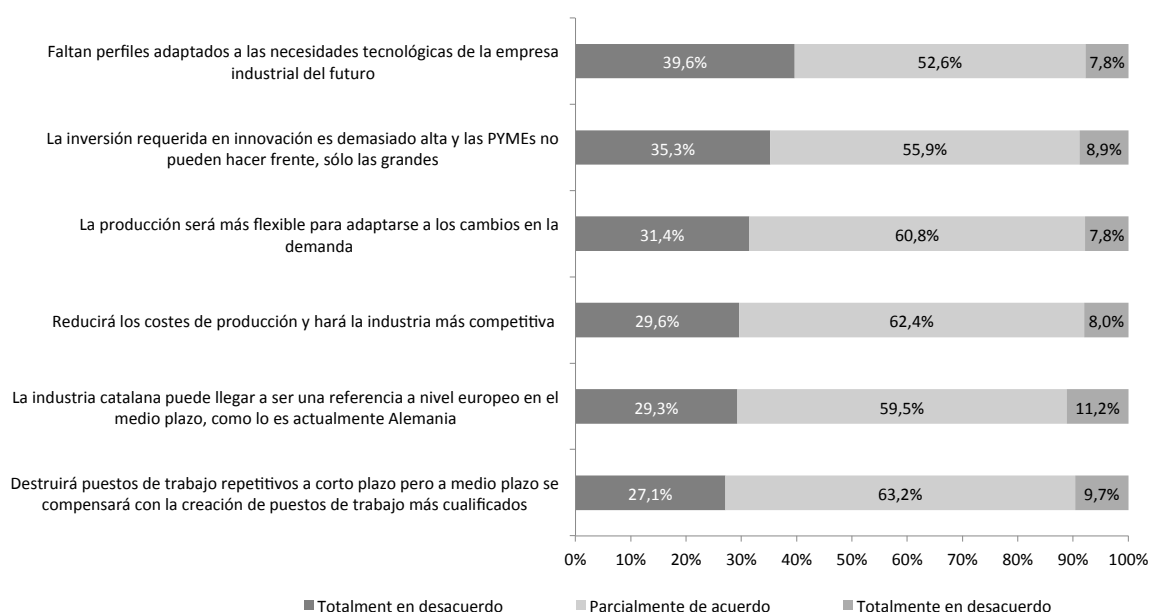
Fuente: Cámara de Comercio de Barcelona y Idescat. CLEM 2017/I

ficadas. Los resultados muestran que seis de las nueve tecnologías tienen un grado de implementación elevado, puesto que más de la mitad de las empresas encuestadas dicen que ya lo están implantando. En orden decreciente, las tecnologías con un grado de implementación más elevado son: la ciberseguridad (el 84% ya lo tienen), la integración horizontal y vertical de sistemas (el 80% lo hacen), el *big data analytics* (el 73% de empresas lo hacen), los robots autónomos (70%), el *cloud computing* (69%) y la Internet de las Cosas (IoT) (61%). Las restantes cuatro tecnologías tienen un grado de implantación inferior: las simulaciones en 3D las hacen el 44% de las empresas, la fabricación aditiva (impresión en 3D) sólo el 21% y la realidad aumentada es la menos extendida, con un porcentaje de aplicación del 13% (figura 8).

Tan interesante es conocer el grado de implantación de estas tecnologías actualmente como

saber cuál será el grado de implementación que las propias empresas prevén en un futuro cercano atendiendo a sus planes estratégicos. Los resultados muestran que, como es previsible, las tecnologías con un menor nivel de implementación en la actualidad son las que probablemente avanzarán más en los próximos cuatro años. Concretamente, éstas serán: la realidad aumentada, que pasará de aplicarse por el 13% de las empresas 4.0 al 45% en 2020, y la fabricación aditiva (impresión en 3D) que también se prevé que avance rápidamente desde el 21% actual hasta el 50% en 2020. Las otras dos tecnologías que se prevé que tendrán un desarrollo importante son las simulaciones en 3D (que pasarían del 44% al 62%) y el IoT (del 61% al 76%). El resto de tecnologías ya están mayoritariamente implantadas en las industrias 4.0 y, por lo tanto, su adelanto relativo será menor.

**FIGURA 9**  
**VALORACIÓN DE DETERMINADAS AFIRMACIONES SOBRE EL IMPACTO QUE PUEDE TENER LA IMPLEMENTACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0.**



Fuente: Cámara de Comercio de Barcelona y Idescat. CLEM 2017/I

El debate sobre el impacto de la digitalización de la industria está generando un debate intenso respecto a los efectos positivos / negativos que esta revolución puede generar, así como sobre las limitaciones que se pueden encontrar. Por eso, hemos querido conocer la opinión del conjunto de empresas industriales (no sólo de las que ya están implantando tecnologías 4.0) respecto a seis afirmaciones y hemos obtenido los resultados que se resumen a continuación (figura 9):

- La afirmación que ha recibido un mayor grado de consenso es que faltan perfiles adaptados a las necesidades tecnológicas de la empresa industrial tecnológica del futuro. Concretamente, el 40% de las empresas están de acuerdo con esta afirmación y el 53% está parcialmente de acuerdo.
- La segunda afirmación más apoyada es que la inversión requerida en innovación es demasiado alta y las pymes no la pueden afrontar, sólo las empresas grandes. El 35% de las empresas está totalmente de acuerdo con la afirmación y el 56% está parcialmente de acuerdo.
- La tercera es que la producción será más flexible para adaptarse a los cambios en la demanda. El 31,4% está totalmente de acuerdo con la afirmación.
- La cuarta también hace referencia a los beneficios de la introducción de la industria 4.0 y es el impacto positivo que tendrá sobre la reducción de los costes de producción y sobre la competitividad.

- Prácticamente el 30% de las empresas está totalmente de acuerdo con la afirmación «la industria catalana puede llegar a ser una referencia a nivel europeo a medio plazo, como lo es actualmente Alemania», pero también observamos que es en la afirmación donde el porcentaje de estar en desacuerdo es lo más elevado (11,2%).
- Finalmente, la afirmación que ha recibido un menor apoyo es que la Industria 4.0 destruirá puestos de trabajo repetitivos a corto plazo pero a medio plazo se compensará con la creación de puestos de trabajo más cualificados. Aquí el porcentaje que está totalmente de acuerdo baja al 27% y el que está en desacuerdo es el segundo más alto (9,7%).

## CONCLUSIONES

La Industria 4.0 generará una transformación tanto de oferta como de demanda. Las empresas industriales necesitarán contar con recursos propios o acceso a financiación para realizar estas inversiones y ser flexibles en los cambios. Los dos elementos pueden ser directamente proporcionales a la dimensión de la empresa. Igual que sucede de forma general en la inversión en I+D o en la implantación de la formación profesional dual, contar con pocas empresas medianas y grandes es un freno a la rápida incorporación de estas tecnologías. Por eso, la política pública tiene aquí un rol importante, puesto que tendrá que fomentar la dimensión empresarial y ayudar a crear un ecosistema de innovación robusto que facilite la transición de las empresas pequeñas y medianas hacia la Industria 4.0.

Más allá de las transformaciones productivas, los efectos más debatidos de la Industria 4.0 son los que tienen que ver con el empleo. La automatización provoca un efecto sustitución: destruye puestos de trabajo en determinados sectores y empleos. Pero también existe el efecto complementariedad: hay puestos de trabajo en los que la automatización complementa el trabajo humano, por lo que incrementan la productividad y la remuneración. Añadido a estos dos efectos, la innovación tecnológica expande la frontera de producción: con los mismos recursos, se puede producir más. De este modo, las sucesivas revoluciones industriales han comportado crecimiento económico y aumento de rentas a largo plazo. Sin embargo, a corto plazo, los trabajadores de la primera revolución industrial que no perdieron el trabajo no vieron aumentar el salario real durante décadas, a pesar de que su productividad mejoró de forma sustancial. Para hacer frente a las consecuencias de la digitalización industrial en el empleo, la formación continua de las personas será imprescindible, tanto a nivel de formación profesional como universitaria.

## BIBLIOGRAFÍA

- BAUMAN, Zygmunt *et al.* (2016): *Estado de crisis*. Ed. Paidós Ibérica.
- BARCELONA ACTIVA (2015): *Impacte i potencial de la impressió 3D en l'ocupació*. Oportunitats a Barcelona i Catalunya.
- BRYNJOLFSSON, Erik *et al.* (2014): *The Second Machine Age. Work, Progress and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. Ed. W.W. Norton & Company, Nova York.
- CANALS, Clàudia (2016): *Automatització: la por del treballador*. Informe mensual de febrer de 2016. CaixaBank Research.
- Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia CNMC (2016): *Nuevos modelos de prestación de servicios y la economía colaborativa*. Conclusiones preliminares de la CNMC.
- DFKI (2011): <http://m.eet.com/media/1201911/Industry-1-to-4-timeline.jpg>
- FONTRODONA, J. Y BLANCO, R. (2014): *Estat actual i perspectives de la impressió en 3D*. Artículos de economía industrial número 1. Departament d'Empresa i Ocupació. Generalitat de Catalunya.
- FRAUNHOFER INSTITUTE FOR SYSTEMS AND INNOVATION RESEARCH (2015): *Analysis of the Impact of Robotic Systems on Employment in the European Union*. European Commission. DG Communications Networks, Content & Technology.
- FREY, C. *et al.* (2013): *The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation?*, Document de treball.
- FUNDACIÓ BCN FORMACIÓ PROFESSIONAL (2017): *Els sectors econòmics emergents i la formació professional a la Regió Metropolitana de Barcelona*. Sector: Indústria 4.0. Observatori de l'FP a Barcelona.
- GUTIÉRREZ-DOMÉNECH, Maria (2016): *La ineludible metamorfosi del mercat de treball: com pot ajudar l'educació?* Informe mensual de febrer de 2016. CaixaBank Research.
- KOPPENS, Frank (2016): entrevista a *La Contra* de La Vanguardia del día 6 de febrer de 2016.
- LORENZ, Markus *et al.* (2015): *Man and Machine in Industry*

*4.0. How Will Technology Transform the Industrial Workforce Through 2025?* The Boston Consulting Group.

MATZLER, Kurt *et al.* (2014): *Adapting to the Sharing Economy*. MIT Sloan Management Review.

MCKINSEY & COMPANY (2015): *Four Fundamentals of Workplace Automation*. McKinsey Quarterly, noviembre de 2015.

MESTRES, Josep (2016): *Com aprofitar l'impacte positiu del canvi tecnològic en l'ocupació?* Informe mensual de febrer de 2016. CaixaBank Research.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO (2014): *Industria conectada 4.0. La transformación digital de la industria española*. Informe preliminar.

MORRÓN, Adrià (2016): *Arribarà la quarta revolució industrial a Espanya?* Informe mensual de febrer de 2016. CaixaBank Research.

RANSTAD RESEARCH (2016): *La digitalización: ¿crea o destruye empleo?*.

RIFKIN, Jeremy (2000). *La era del acceso*. Ediciones Paidós.

RUESSMANN, Michael *et al.* (2015): *Industry 4.0. The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. The Boston Consulting Group.

SANDER, Alison (2014): *The Rise of Robotics*. BCG Perspectives. The Boston Consulting Group.

SMIT, Jan *et al.* (2016): *Industry 4.0*. Directorate General for Internal Policies. European Parliament.

SIRKIN, Harold L. *et al.* (2015): *The Robotics Revolution. The Next Great Leap in Manufacturing*. The Boston Consulting Group.

SIRKIN, Harold L. *et al.* (2015-II): *Why Advanced Manufacturing Will Boost Productivity?* BCG Perspectives. The Boston Consulting Group.

TSUSAKA, Miki (2016): *Three Ways for Companies to Succeed in the Fourth Industrial Revolution*. BCG Perspectives. The Boston Consulting Group.

WORLD ECONOMIC FORUM (2016): *The Future of Jobs. Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*. Global Challenge Insight Report.

## WEBGRAFÍA

- Basque Industry 4.0*: <http://www.spri.eus/es/basque-industry-Building-our-industrial-strategy>;
- <https://www.gov.uk/government/consultations/building-our-industrial-strategy>
- Galicia Industria 4.0: <http://www.igape.es/es/ser-mais-competitivo/galiciaindustria4-0>
- High Tech Strategy 2020 in Germany: [https://www.bmbf.de/pub/HTS\\_Broschuere\\_eng.pdf](https://www.bmbf.de/pub/HTS_Broschuere_eng.pdf)
- Industrial Internet Consortium*: <http://www.iiconsortium.org/>
- Industrie de Futur*: <https://www.economie.gouv.fr/nouvelle-france-industrielle/accueil>
- Iniciativa Vanguard: <http://www.s3vanguardinitiative.eu/>
- Iniciativa ICT Innovations for Manufacturing SMEs (I4MS): <http://i4ms.eu>
- Iniciativa Smart Anything Everywhere: <https://smartanything-everywhere.eu/>
- Industry 4.0. The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. Boston Consulting Group (2015): [https://www.bcgperspectives.com/content/articles/engineered\\_products\\_project\\_business\\_industry\\_40\\_future\\_productivity\\_growth\\_manufacturing\\_industries/](https://www.bcgperspectives.com/content/articles/engineered_products_project_business_industry_40_future_productivity_growth_manufacturing_industries/)



La Industria Conectada 4.0: <http://www.industriaconectada40.gob.es/Paginas/Index.aspx>

*La Nouvelle France Industrielle*: <https://www.economie.gouv.fr/presentation-nouvelle-france-industrielle>

MENDOZA, Joan. Entrevista a El Periódico de Catalunya, 27 de maig de 2017: <http://www.elperiodico.com/es/noticias/entre-todos/joan-mendoza-tecnologia-puede-llegar-robarnos-libertad-por-gemma-tramullas-6064657>

Mercat Únic Digital Europeu: <http://www.consilium.europa.eu/es/policies/digital-single-market-strategy/>

Murcia Industria 4.0: <http://www.murciaindustria40.es/>

Observatori per a l'Ocupació en l'Era Digital: <http://feria-deempleo.es>

Pacte Nacional per a la Indústria: [http://accio.gencat.cat/cat/empresa-ACC10/premsa/noticies-notes-premsa/2016/160914\\_Pacte\\_Industria.jsp](http://accio.gencat.cat/cat/empresa-ACC10/premsa/noticies-notes-premsa/2016/160914_Pacte_Industria.jsp)

*Plattform Industrie 4.0*: <http://www.plattform-i40.de>

Red Extremeña de Prototipado y Fabricación Digital: <http://imprimalia3d.com/noticias/2016/10/26/008146/red-extreme-prototipado-fabricacion-digital>

*US National Advanced Manufacturing Portal*: <https://www.manufacturing.gov/>