



Industria 4.0

Cómo las tecnologías digitales transforman los procesos de la producción en las empresas

Resultados de una encuesta en diez países europeos



Industria 4.0

Cómo las tecnologías digitales transforman los procesos de la producción en las empresas

Resultados de una encuesta en diez países europeos

Redactado en marzo de 2022
por el Handelsblatt Research Institute

Autores:
Dennis Huchzermeier
Dr. Sven Jung
Dr. Frank Christian May
Thomas Schmitt

Contenido

6 1 Introducción

8 2 La transformación digital de la producción

- 9 2.1 Fabricación por adición
- 11 2.2 Realidad aumentada, mixta y virtual
- 12 2.3 Análisis de macrodatos
- 12 2.4 Cadena de bloques (*blockchain*)
- 13 2.5 Computación en la nube y computación frontera
- 14 2.6 El gemelo digital
- 14 2.7 El Internet de las cosas
- 16 2.8 Inteligencia artificial
- 18 2.9 Robótica

19 3 Industria 4.0. Resultados de una encuesta en diez países europeos

- 19 3.1 Método del estudio
- 20 3.2 La transformación digital de la producción
 - 20 3.2.1 Dimensiones de la «Industria 4.0»
 - 21 3.2.2 Estado de la transformación digital
 - 24 3.2.3 Desafíos ante la transformación digital de la producción
 - 26 3.2.4 Principal responsable de la transformación digital de la producción
 - 27 3.2.5 Valoración de las ventajas de la Industria 4.0
- 28 3.3 Tecnologías futuras
 - 28 3.3.1 Relevancia esperada de las tecnologías innovadoras para la producción futura y su implementación
 - 31 3.3.2 Criterios de decisión al seleccionar ofertantes de tecnología
- 33 3.4 El Internet de las cosas: posibilidades de aplicación
- 37 3.5 Realidad aumentada: posibilidades de aplicación
- 39 3.6 Inteligencia artificial: posibilidades de aplicación
- 42 3.7 Cambio en los procesos
- 43 3.8 Interpretación de los resultados

45 4 Ejemplos tomados de la práctica

52 5 Conclusión

1 Introducción

La transformación digital tiene su origen en el área de la prestación de servicios. Allí fue donde se empezó a usar para la interacción con clientes privados tecnologías tales como plataformas digitales o chatbots. Luego, en particular en países como Alemania, en los que la producción industrial tiene un papel de gran peso en el conjunto de la economía, se pasó de ahí a impulsar con fuerza desarrollos tendentes a digitalizar en las empresas también la producción.

En el contexto de la transformación digital de la industria –y, en particular, de la fabricación– se ha hablado con frecuencia de la «cuarta revolución industrial». Tras la primera revolución industrial que advino con la mecanización a finales del siglo XVIII, le siguió a principios del siglo XX la segunda: la fabricación en serie, condicionada especialmente por el uso de la energía eléctrica. En la década de 1970, dentro de una tercera revolución industrial, la producción experimentó una amplísima automatización, hecha posible gracias al uso más intensivo de ordenadores.

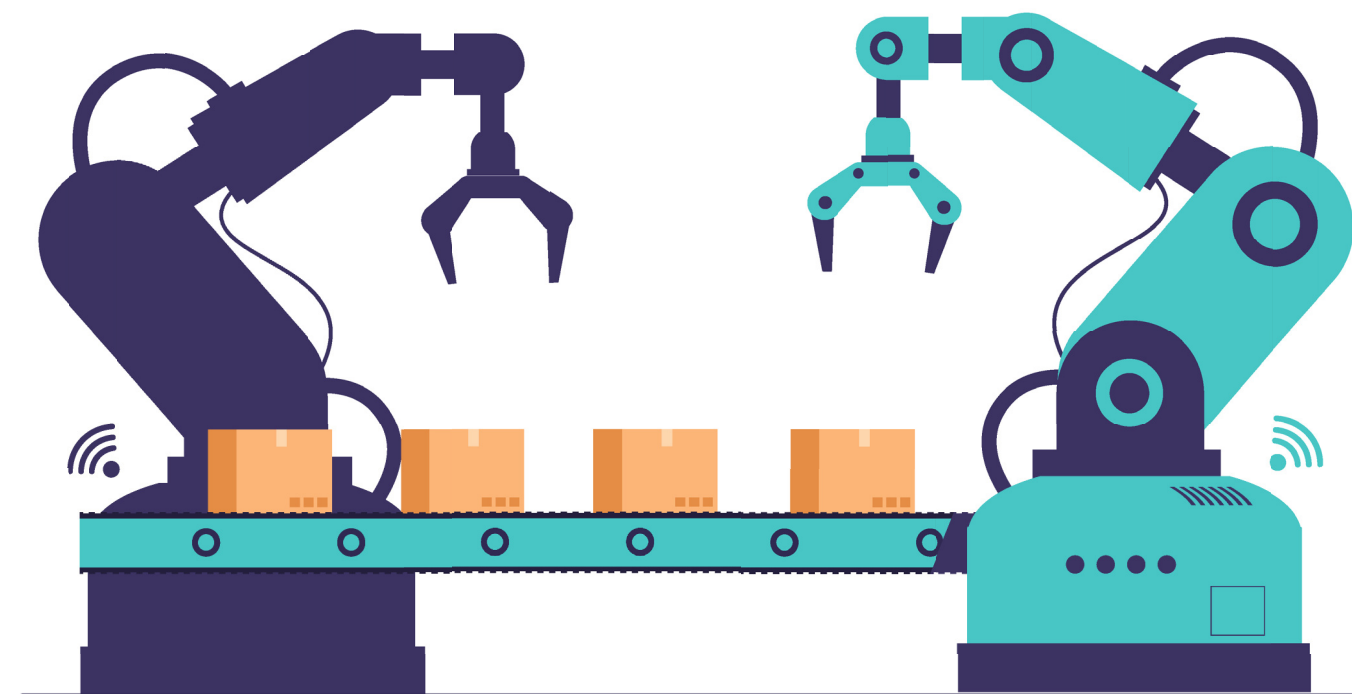
Ahora, la digitalización es el punto de partida para la cuarta revolución, por lo que en este contexto también suele hablarse de la «Industria 4.0» (en inglés *Industry 4.0*). Para empresas con actividades de producción, la transformación digital promete ventajas económicas tales como ahorros de costes o beneficios potenciales, pero va también vinculada con una reestructuración integral

de los procesos internos y de las cadenas de suministro.

La Industria 4.0, en esa medida, es una cuestión clave dentro de la transformación digital de la economía. Simultáneamente, el tema se halla en estrecha conexión con *Logistics 4.0* y *Work 4.0*, a los que el Handelsblatt Research Institute y TeamViewer dedicaron ya su atención en dos informes precedentes. Sin logística interna no resulta posible la producción en las empresas, puesto que es imprescindible mover elementos y productos entre los distintos puntos del proceso productivo. Además, en la transformación digital de la producción el empleo de tecnología lleva aparejado un cambio de los procedimientos operativos que trae consigo modificaciones en los procesos laborales del personal implicado.

Dicha interrelación y el rol económico fundamental de la Industria 4.0 motivan que se dedique al tema el presente informe. Aquí, un pilar básico de nuestro estudio es una encuesta a empresas realizada en diez países europeos. De ella se puede extraer un punto de vista «europeo» de la Industria 4.0, al tiempo que ofrece la oportunidad de identificar diferencias nacionales específicas, como, por ejemplo, si las empresas españolas han seguido avanzando en la transformación digital del área de producción, o si también marchan por un camino distinto al de las empresas polacas.

Para una exposición más gráfica del tema, el informe se cierra con ejemplos de aplicación concretos tomados de la práctica. En ellos se puede apreciar así qué caminos han emprendido ya las empresas tendentes a digitalizar la producción. Pero, en cualquier caso, hay que empezar examinando qué puede significar teóricamente la Industria 4.0.



2 La transformación digital de la producción

La transformación digital de la producción va aparejada con el cambio de numerosos procesos en el interior de las empresas, incluidos procesos que van más allá de las instalaciones donde se fabrica. A modo de ejemplo: con la Industria 4.0 cambian también los procedimientos laborales del personal.

El punto de partida para la transformación es siempre, en cualquier caso, la implementación de nuevas tecnologías digitales. Gracias a la conexión y la autorregulación, los procesos productivos se vuelven cada vez más digitales y más autónomos. Métodos de fabricación tradicionales se funden con tecnologías modernas y con el análisis de datos en tiempo real, haciendo así que aparezca la fábrica inteligente. Cuanto más datos y más información sean intercambiados y evaluados, de forma tanto más inteligente podrán operar los sistemas. Maquinaria e instalaciones van a mostrar cada vez más la facultad de optimizar de manera autónoma sus procedimientos a lo largo de toda la cadena de creación del valor.

La Industria 4.0, así pues, trae consigo abundantes ventajas para las empresas. Entre ellas encontramos ante todo incrementos de la eficiencia, reducciones de costes y ahorros de recursos. Los procesos se vuelven más inteligentes, flexibles y rápidos, lo cual conlleva más automatización y, como consecuencia, incremento de la productivi-

dad, menos costes de fabricación y operativos, mejor escalabilidad y más sostenibilidad en la fabricación. Con menos esfuerzo y otra interacción humana, las empresas podrán producir y entregar más productos dotados de calidad más alta. La causa radica en el proceso productivo, marcado por la autooptimización y las decisiones autónomas del sistema. Ello va aparejado con una utilización optimizada de la maquinaria. Así resulta posible reducir notoriamente el uso de recursos y, asimismo, el almacenamiento necesario de materias primas y piezas de repuesto. Gracias al control de calidad en tiempo real hay menos productos que descartar. La Industria 4.0 permite una mejor trazabilidad del proceso de fabricación. Con ello los procesos empresariales se hacen más planificables, a la vez que se reducen los tiempos de parada de la maquinaria. Este último resultado obedece, entre otros factores, a la optimización del mantenimiento.

Además, la labor del personal se vuelve más segura y menos fatigosa, ya que las tareas monótonas y peligrosas pueden ser asumidas por robots y máquinas. En el entorno productivo del futuro, las empresas, por otra parte, van a poder individualizar cada vez más sus productos, permitiendo al cliente elegir entre una diversidad de opciones, y esa es una necesidad cada vez más importante. La mayor flexibilidad de la

producción ofrece desde productos en serie con más variaciones hasta diseños de caso único con tamaño de lote 1.

De este modo, no solo se transforman los métodos de producción, sino que también pueden surgir productos y modelos de negocio nuevos. Dichos potenciales se basan en una serie de tecnologías con carácter fundamental, algunas de las cuales pasamos a esbozar.

2.1 Fabricación por adición

La fabricación por adición, denominada también impresión 3D, es el método de fabricación en que se elabora productos añadiendo o acoplado material capa a capa. En el proceso solo se utiliza material allí donde es necesario para la elaboración del producto; en otras palabras: se obtiene una forma próxima al resultado final. Por esta vía resulta posible «imprimir» cualquier objeto independientemente de su forma. Ya no hacen falta moldes complejos ni herramientas; basta con el juego de datos digital.

En la fabricación por adición se puede optar por distintos materiales. En la actualidad están especialmente difundidos metales como el aluminio o el titanio, plásticos y cerámica. Más allá de ello, la fabricación por adición posibilita también emplear materiales como aleaciones con componente no metálico (por ejemplo sobre base de níquel o titanio).

Entre las ventajas más importantes de la fabricación por adición está la flexibilidad en la producción. En contraste con la mayoría de procedimientos fabriles tradicionales, en

los que para cada geometría nueva se precisa herramientas y moldes específicos, la impresión 3D permite abordar directamente en cada caso concreto modificaciones en el diseño del producto. Es posible realizar estas modificaciones casi en cualquier momento, sin que la producción se vea retrasada por fastidiosos periodos dedicados a desarrollar y elaborar instrumental. Con ello, la elaboración de los productos tiene sentido económicamente desde el mismo tamaño de lote 1. Esta mayor flexibilidad trae consigo asimismo más libertad en el diseño y, de este modo, una creación de productos más individualizada y personalizada. Al reducirse el consumo de material y las necesidades de almacenaje, la producción gana notoriamente en eficiencia.

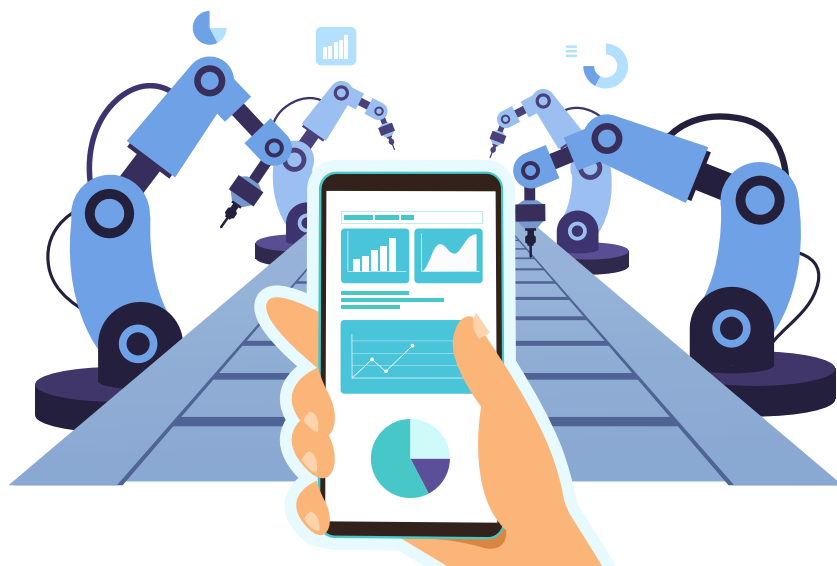
El empleo de la fabricación por adición permite también tener listos elementos constructivos complejos en un único paso de trabajo. Antes, hacía falta primero producir piezas sueltas y, a continuación, ensamblarlas para obtener así el elemento constructivo propiamente dicho. En esa medida, las empresas ahora ahorran tiempo y dinero.

Durante mucho tiempo los dispositivos 3D sirvieron solo para crear prototipos. Esta sigue siendo hoy un área básica del empleo de la fabricación por adición. Las empresas, en efecto, siempre están construyendo y mejorando prototipos a fin de elaborar productos mejores y subsanar errores. Si para ello pueden recurrir *in situ* a la impresión 3D empleando materiales propios, el proceso entero se agiliza y, ante todo, rebaja sus costes frente a la colaboración con proveedores externos. Por lo demás, la impresora 3D no ocupa espacio en las líneas de pro-

ducción, lo cual evita tiempos de parada y costes elevados.

La producción en series pequeñas es otro campo en el que la fabricación por adición tiene gran importancia. Aquí, puede contribuir a reducir los costes para fabricar productos con un total de piezas de pequeño a mediano, pues hace superflua la confección de instrumental y moldes bastante caros. Además, la impresión 3D ha demostrado su gran relevancia para la producción a demanda, por la razón de que permite imprimir piezas directamente *in situ*, con el efecto de que se puede reducir el almacenaje. Tal situación influye asimismo en la producción de piezas de repuesto. Ya no es necesario ni almacenar repuestos, ni dar por hechos unos tiempos de espera largos. Gracias a la impresión 3D, es más rápido volver a poner en funcionamiento una máquina estropeada, evitando interrupciones en la producción. También se ve reducida la dependencia respecto a proveedores externos, lo que supone una ventaja considerable sobre todo con vías y tiempos de suministro largos. A fecha de hoy, de la impresora 3D

salen no solamente prototipos, series pequeñas y repuestos, sino que también está introducida ya en la fabricación de series grandes. En comparación con métodos tradicionales como el moldeo por inyección, de cara a la fabricación en serie de formas sencillas el empleo de la impresión 3D puede resultar claramente más lento y costoso. Sin embargo, a fecha de hoy, en algunas áreas de empleo la utilización de métodos de fabricación por adición resulta ya factible también en la fabricación a gran escala gracias a los avances técnicos. Si se adquieren conocimientos especializados de tecnologías y métodos de impresión 3D, se utiliza hardware menos costoso y también mejora la escalabilidad, la fabricación en serie puede aprovechar también las ventajas de la impresión 3D. Y ello trae consigo, también para la producción en serie, tiempos más rápidos de comercialización, flexibilidad para reconvertir instalaciones y productos elaborados a medida. En el caso ideal, la impresión 3D se integra en la maquinaria ya existente.



2.2 Realidad aumentada, mixta y virtual

Por realidad aumentada (RA) se entiende una ampliación del mundo real con aspectos complementarios, o bien la incorporación de los mismos a la visión sobre el mundo real, mediante terminales portátiles tales como teléfonos móviles, tablets o gafas electrónicas –también denominadas «gafas inteligentes»–. Utilizando texto, gráficos, imágenes o vídeo, la RA puede superponer otra visión del mundo real, de modo que los usuarios vean ante sí objetos reales o virtuales, pudiendo interactuar con ellos. Si se trata de informaciones sobre un proceso relevantes en los aspectos contextual o temporal, sirven a los usuarios para ejecutar acciones manuales.

En la industria, la RA puede emplearse de diversas maneras. En primer término, la RA sirve como método de formación rápido y sin complicaciones, mediante instrucciones de trabajo virtuales que indican al respectivo ejecutante los pasos y maniobras debidos. De este modo se puede enseñar al personal el manejo de máquinas, o guiarlo a través de distintos procedimientos de trabajo, como por ejemplo labores de mantenimiento rutinarias y reparaciones o durante un montaje. La asignación de informaciones en pequeñas dosis las hace fácilmente asimilables, y la tasa de error baja enormemente. La información y las instrucciones de trabajo aparecen proyectadas directamente en las gafas de RA mientras se está junto a la máquina, de modo que al técnico le quedan ambas manos libres para las tareas necesarias. En el mantenimiento periódico de las instalaciones, muchas veces complejas, son de ayuda los manuales

digitales. Así puede prescindirse de la consulta minuciosa de documentación escrita. También es posible integrar directamente en el proceso la tarea de documentar. De este modo, el trabajador, por ejemplo, puede grabar comentarios hablados para que se transformen en una nota de texto (la función denominada «*speech to text*»), o bien quedan grabadas imágenes en la cámara integrada en el terminal. Si ya está llevada a cabo la integración, esos informes serán enviados entonces automáticamente al sistema.

La RA fomenta también trabajar en colaboración independientemente de la situación espacial. Así, si no hay ningún experto en el lugar, un técnico local puede recibir ayuda remota. Mediante videochats es posible recabar opiniones de expertos y llevar a cabo una solución cooperativa de problemas. El experto estará viendo exactamente lo que tiene delante el técnico local.

La realidad mixta (RM) funciona en principio como la RA, pero con la posibilidad de crear virtualmente objetos en 3D, indicaciones e instrucciones y asimismo colocarlos en el espacio tanto definitivamente como por un espacio de tiempo prolongado. Así, el técnico puede tener en su campo visual tanto la máquina como las instrucciones. Además, otro personal o expertos externos podrán usar las marcas realizadas. Los objetos se quedan siempre en el lugar prefijado, incluso aun cuando el técnico ya no esté presente. Con ello las labores de reparación se aceleran en gran medida.

En la realidad virtual (RV), el usuario vive la realidad en la copia generada por ordenador. El sistema de RV es un mundo creado por medios artificiales completamente aparte del mundo externo; está dotado de imagen y, en su caso, también de sonido. Este mundo puede ser experimentado a través de grandes pantallas de proyección, en salas especiales o a través de las gafas correspondientes.

En el proceso productivo, los sistemas de RV, al actuar en aislamiento respecto al mundo externo, tienen una utilidad nada más que limitada. El recurso tiene campos de aplicación en la simulación para fines formativos y de adiestramiento, así como para crear prototipos virtuales y para la configuración de producto.

Mediante sistemas de RA/RM/RV se puede reducir tiempos de fabricación y tasas de error. Facilitan el trabajo, llevan a una resolución de tareas más rápida y reducen la tasa de accidentes. Además, sirven para capacitar al personal o impartirle formación sin complicaciones y sin limitaciones temporales.

2.3 Análisis de macrodatos

Los datos son la arteria que mantiene con vida la fábrica digital gracias a la posibilidad de transformarlos en saber y conocimientos. Precisamente la creciente interconexión de las instalaciones productivas trae consigo cantidades ingentes de datos, estructurados unos, otros sin estructurar, y es necesario procesarlos a alta velocidad. Los conocimientos resultantes ayudan a opti-

mizar la producción, y de ahí el significativo papel que asumen en la Industria 4.0 las aplicaciones para macrodatos.

Los datos obtenidos de los dispositivos interconectados proceden de toda la cadena de creación del valor y se extienden a lo largo de todo el ciclo de vida del producto. Son la base para los análisis de macrodatos. Pero ese valor añadido para las empresas no surge hasta que no estén recogidos y evaluados como corresponde. Los análisis de macrodatos permiten combinar, cotejar y procesar los datos más diferentes llegados del proceso de fabricación. Entre ellos encontramos datos de sensores obtenidos en el proceso productivo tales como temperatura, presión, tasas de flujo o vibración, y también datos geolocalizados como el emplazamiento de dispositivos y las rutas, más datos generales de las instalaciones como intervalos de mantenimiento o descripción de momentos críticos. Un procesamiento innovador de la información es el único método para reconocer en los juegos de datos correlaciones, patrones, tendencias y preferencias con valor real a partir de los cuales sea posible tomar decisiones importantes para el proceso productivo.

2.4 Cadena de bloques (blockchain)

Aunque la tecnología de cadena de bloques estuvo en principio centrada en aplicaciones para el sector financiero, se está comprobando que también puede crear valor añadido en algunas áreas de la Industria 4.0. Con ella resultan posibles nuevos modelos de negocio y formas organizatorias

y procedimientos de trabajo innovadores. Al poderse garantizar un estándar de seguridad más elevado, la cadena de bloques permite utilizar muchos más datos procedentes de la fabricación. La capacidad de la cadena de bloques para documentar datos sensibles de procesos tales como mediciones específicas, características de producto o calidad de materiales, que quedan disponibles con carácter irreversible y de forma segura, transparente y demostrable para todos los participantes, permite generar una base de confianza entre las distintas partes con intereses diversos. La cadena de bloques sirve de almacén descentralizado de datos que, no siendo posible su modificación posterior, se conservan siempre ahí disponibles para todos los participantes. Así es posible documentar para todos los participantes, empezando desde la elaboración del contrato, datos sobre producción, envasado y entrega. De este modo, la cadena de bloques se convierte en una «red o plataforma de la confianza», trayendo consigo más automatización en la producción. Aquí, las cadenas de bloques pueden contener, por ejemplo, información para identificar productos, módulos de montaje o componentes. Con ello se posibilita un control de calidad continuo dentro del proceso de la producción, y las empresas pueden asegurarse de que saldrán de ellas exclusivamente piezas y productos impecables, gracias a que con la cadena de bloques los errores se detectan y subsanan a tiempo. Además, en la producción la cadena de bloques puede permitir que la compra de materias primas y la venta de productos terminados corran directamente a cargo de la maquinaria empleada, en un proceso en gran medida independiente de interacciones humanas. En

consecuencia, si se usa cadena de bloques los procedimientos de producción pueden intensificar su automatización y se crean modelos de negocio nuevos.

2.5 Computación en la nube y computación frontera

Mediante la computación en la nube (*cloud computing*), la fábrica inteligente tiene a su disposición una infraestructura informática virtual y escalable. El empleo de plataformas en la nube hace posible para las empresas conseguir acceso a datos, procesos, aplicaciones y espacio de almacenaje desde un centro virtual de computación, la nube, pudiendo entonces prescindir de crear por sí mismas una infraestructura informática física compleja y costosa. Por esta razón, la nube es la plataforma en la que gestionar aplicaciones industriales de software. Permite, además, interconectar sistemas e instalaciones independientemente de su emplazamiento. Al ser fácil adaptarlas y rápido hacer cambios en ellas, las plataformas basadas en la nube ofrecen un alto grado de flexibilidad y escalabilidad.

Todos los datos recogidos en la *smart factory* pueden ser almacenados y procesados en la nube, siendo posible consultarlos desde cualquier lugar. La computación en la nube permite centralizar el almacenamiento de datos llegados de distintos entornos de producción cada uno con sus propios componentes y fuentes de origen. Además, en la nube se pueden emplear herramientas de análisis que reúnen y evalúan los diferentes datos. Los datos sobre la producción pueden ser procesados en la nube en tiempo

real, convirtiéndose así en una base directa para las decisiones.

Como en el proceso de fabricación hay que procesar volúmenes ingentes de datos, con frecuencia en tiempo real, la computación en la nube no es siempre la solución óptima. Donde más apropiadas resultan las soluciones en la nube es en aplicaciones que necesiten un ancho de banda pequeño para la transmisión, pues las conexiones a la red más rápidas suelen llevar aparejados más costes. Los grandes volúmenes de datos, que, por otra parte, tienen que ser procesados con menor tiempo de latencia –el tiempo que necesitan los datos para ir desde un dispositivo hasta un servidor situado en Internet y regresar luego al dispositivo–, precisan una solución más efectiva. Lo dicho se aplica ante todo a aplicaciones usadas en planta, en las que con frecuencia hace falta reaccionar rápido o también en tiempo real. Para eludir el tiempo de transmisión de los datos a la nube y de vuelta desde la nube, se ha revelado ventajosa la computación frontera o *edge computing*. En ella, los datos son procesados de forma descentralizada, directamente en su lugar de origen, lo cual reduce la ruta de la transmisión, dando como resultado un tiempo de procesamiento muy bajo, inferior a un segundo. Los datos no se procesan en un centro de computación situado lejos, sino en dispositivos frontera específicos, como pueden ser el sensor instalado en una máquina o un teléfono inteligente. A través de la computación frontera se activa una infraestructura descentralizada, antepuesta a la nube, que hace la transmisión de datos operativa en tiempo real.

2.6 El gemelo digital

Mediante un gemelo digital es posible crear una réplica digital fiel y detallada de los procedimientos productivos. El objetivo es entender mejor el proceso efectivo de fabricación y poder comprenderlo por dentro. En una réplica digital de la máquina o la instalación, se simula en tiempo real acciones partiendo de los datos empleados facilitados por sensores. Cuando es recomendable examinar posibles cuellos de botella, problemas o potenciales de mejora, la labor cotidiana no se ve afectada por ello. El gemelo digital permite replicar el ciclo de vida completo. De este modo resulta posible simular, predecir y mejorar el funcionamiento de la maquinaria. Y con ello se puede seguir optimizando procedimientos y el empleo del material, sin tener que abordar inversiones cuantiosas ni intervenir en el proceso efectivo. El ideal es poder detectar y prevenir problemas desde antes de comenzar la operación. Así es posible revisar también rutas de fabricación sin demasiado despliegue. Y ello trae consigo menos tiempos de parada no planificados y periodos de arranque más breves

2.7 El Internet de las cosas

Con el Internet de las cosas (IoT, *Internet of Things*) y, más en concreto en el contexto de la producción, el Internet industrial de las cosas (IIoT) se designa una red digital de todos los recursos físicos y digitales presentes en el proceso de fabricación, a los cuales se vincula entre sí mediante el uso de sensores con el fin de recopilar datos ope-

rativos continuos, analizarlos y aplicar esta información a la mejora de procesos. Con ello aumenta la transparencia en el interior de la empresa y se vuelve más fácil hacer un seguimiento de la productividad y la eficiencia. Siendo las máquinas más aptas que las personas para la tarea de recoger, comunicar y evaluar datos de manera precisa y consistente, los potenciales para el proceso de la producción son enormes. Como consecuencia de ello, el IIoT hace utilizables datos que llevan años en el entorno industrial. Tales datos pueden recopilarse en base de datos centralizada, desde la que proporcionan una visión general exhaustiva de la planta, al tiempo que posibilitan comparaciones con otros emplazamientos del grupo empresarial. En último término, el objetivo es lograr una producción autoorganizada optimizada a lo largo de toda la cadena de creación del valor.

A diferencia de lo que ocurre en otros ámbitos con el Internet de las cosas, la atención central en el IIoT no son consumidores y usuarios, sino procesos y procedimientos industriales, por más que ambos campos estén basados en conceptos y tecnologías idénticos tales como, por ejemplo, interconectividad, automatización, autonomía y datos en tiempo real. El IIoT sirve para controlar y supervisar tareas y procesos de producción. Para desarrollar esta labor se precisa, entre otros medios, una tecnología de sensores inteligente y precisa, que esté integrada en, por ejemplo, la maquinaria, los dispositivos, la infraestructura, los sistemas de energía y las conducciones. El control no tiene por qué realizarse *in situ*, sino que también puede ser remoto. Los objetos físicos y virtuales se interconectan a través

de plataformas del IIoT. Estas plataformas procesan y evalúan, a veces en tiempo real, datos originados en el proceso de la producción. Así se consigue más transparencia en el desarrollo total del mismo y también en toda la cadena de suministros; se vuelve posible automatizar, optimizar, predecir y racionalizar procedimientos. Así es posible detectar y subsanar con antelación posibles defectos y necesidades de mantenimiento.

Finalmente, la información procesada sirve como base para tomar decisiones basadas en datos, proceder a adaptaciones manuales o permitir que el proceso de la producción se controle de manera autónoma en todo o en parte. Asimismo resulta también posible detectar anticipadamente ineficiencias y problemas. Además, las soluciones mediante el IIoT permiten optimizaciones en la gestión de recursos, como por ejemplo reducir el consumo energético al detectar maquinaria ineficiente o incorporar al proceso energías renovables. También se puede dar un empleo más eficiente al agua y otros recursos. Por otra parte, la supervisión continua del estado y el rendimiento de maquinaria e instalaciones hace posible prevenir posibles averías mediante la puesta a punto en el momento oportuno. En este sentido, mediante el análisis de indicadores prefijados tales como temperatura, tensiones, niveles de llenado u oscilaciones se puede detectar desviaciones que apuntan a averías próximas o mermas en el rendimiento. La correspondiente alarma disparada por el sistema permite prevenir problemas. De cara a optimizar la cadena de suministro, es posible hacer un seguimiento integral del movimiento de materias primas y productos tanto intermedios como terminados,

y reaccionar en correspondencia en caso de dificultades y dilaciones. El sistema asegura una reposición sin lagunas en el suministro

2.8 Inteligencia artificial

Con la ayuda de la inteligencia artificial (IA) se puede llevar hasta un nivel nuevo la automatización industrial en el campo fabril. Tanto en la producción mediante maquinaria como en el entorno productivo, la IA puede utilizarse en las áreas más diversas, empezando por el desarrollo de producto y de procesos, siguiendo por la planificación de recursos y la adquisición, hasta terminar en puesta a punto y logística. Las máquinas controladas por IA abren opciones nuevas para configurar el proceso de la producción desde el momento en que adquieren conocimientos por sí mismas y controlan intuitivamente procesos que, por esa razón, van a requerir menos intervención humana. Con la IA, los procesos se vuelven aptos para aprender por sí mismos, optimizarse y responder a cambios. Si se combinan datos de maquinaria estructurados con datos sin estructurar tales como imágenes, vídeos y sonidos, es posible detectar a partir de ello patrones y correlaciones. Cuanto más elevada la capacidad de rendimiento cognitivo de la IA, tanto menos necesaria la intervención humana en los procedimientos.

El proceso de la producción en la Industria 4.0 genera en los sensores volúmenes de datos casi ilimitados, y la IA es la única opción para evaluarlos debidamente en tiempo real y aprovecharlos con efectos de optimización. Por esta vía se puede obtener conocimientos sobre el proceso de la pro-

de materias primas, evitándose con ello tiempos de inactividad en la producción.

ducción con los que jamás se había contado. Dentro de la producción, el empleo de IA ha encontrado abundantes aplicaciones en el campo de la automatización industrial. En efecto, la IA puede coordinar con autonomía procesos de fabricación, así como prestar apoyo a personas y robots en tareas de montaje difíciles. La utilización de IA da como resultado una fabricación más ágil y con mejor calidad, además de menos consumo de materiales y energía.

Con una interacción humana mínima, la utilización de IA, desde el punto de vista de los criterios de eficiencia y minimización de costes, permite supervisar, optimizar y controlar de manera autónoma, dentro de los límites definidos del sistema, tanto fases concretas de procesos como procesos complejos en toda su integridad. Las máquinas pueden aprender de manera autónoma situaciones complejas y, dentro del marco que se les haya prefijado, actuar por sí mismas anticipando o, también, interviniendo en la operación en curso.

Resulta posible descubrir aspectos ocultos hasta la fecha y detectar y subsanar problemas y anomalías que van perfilándose dentro del proceso de fabricación, y ello gracias a la aptitud de la IA para responder en tiempo real a circunstancias imprevistas y cambiantes. La supervisión en tiempo real ofrece abundantes ventajas, entre ellas sub-

sanar cuellos de botella en la producción, hacer el seguimiento de tasas de productos defectuosos y cumplir fechas de entrega a clientes.

Otra aplicación de la IA para el proceso de la producción es el mantenimiento predictivo (predictive maintenance). A través de los sensores de la maquinaria, interconectada, se recogen abundantes datos de estado. A continuación, los algoritmos pueden reconocer determinados patrones en los datos de la maquinaria, haciendo posibles así predicciones sobre estados futuros. Hasta hoy, lo usual era deducir una necesidad de mantenimiento a partir de los datos basándose en reglas (por ejemplo, al sobrepasarse un valor nominal), pero con la IA se vuelve posible un análisis más veloz de los datos junto con pronósticos más exactos sobre eventuales necesidades de actuación. En principio, cualquier parada de las máquinas no planificada lleva aparejados unos costes considerables. Para evitarlos, en el marco del mantenimiento preventivo se puede supervisar la maquinaria e instalaciones de producción y realizar el mantenimiento preventivamente. De este modo se actúa de manera proactiva para llevar a cabo reparaciones antes de que aparezca la avería, con lo cual se maximizan los tiempos operativos. Además, el mantenimiento preventivo posibilita fijar fechas de mantenimiento individualizadas para cada máquina o componente. Predecir cuándo ha de realizarse el mantenimiento o reparación permite aumentar considerablemente la duración útil de instalaciones, maquinaria e instrumental.

Además, en la producción mediante maquinaria sucede que la complejidad creciente

de los procesos de fabricación puede traer consigo configuraciones de maquinaria erróneas, más posibilidad de fallos y, en consecuencia, trabajo de repaso y más consumo de recursos. De ahí la ventaja esencial que supone un control de calidad rápido, exacto y, en consecuencia, económico mediante IA. Con ayuda del reconocimiento inteligente de imágenes con que van equipados sistemas de autoprendizaje, el análisis de los datos operativos coteja de manera automatizada los estados real e ideal de los productos. Como consecuencia, es posible detectar y corregir defectos de calidad anticipadamente. Para ello hace falta que estén intervencionalizados todos los sistemas relacionados con la producción, tales como la supervisión de estados, la planificación de la producción y la calidad de procesos. En el caso ideal se podría seguir procesando los resultados en tiempo real de modo que el proceso de producción pueda reaccionar al instante. Así podría reducirse notoriamente o eliminarse el surgimiento de productos finales defectuosos.

Además, la IA puede asumir muchas labores monótonas dentro de procesos rutinarios de fabricación o montaje, y asimismo encargarse de órdenes sencillas mediante comandos de voz. Los sistemas inteligentes de transporte sin conducción humana interconectados y controlados por IA suponen también una mejora enorme del proceso de la producción.

2.9 Robótica

Tradicionalmente, la tarea de los robots era ejecutar cometidos de rutina repetitivos. El enfoque exigía una programación compleja de las instalaciones productivas, aparte de no ofrecer apenas capacidad de adaptación a circunstancias cambiantes. Gracias a los nuevos desarrollos tecnológicos y el empleo de IA, los robots móviles autónomos (AMR) requieren labores de programación notoriamente menores. En el proceso de la producción se recurre a AMR con el objetivo de minimizar las labores manuales. Puede tratarse de dispositivos diferentes en cuanto a tamaño, funciones, capacidad de desplazamiento, movilidad e inteligencia. Así, se les da aplicación desde en la automatización de procesos asistida mediante robots hasta en los drones. Se desplazan de manera autónoma y solventan tareas sin ayuda humana. La visión artificial hace posible para los AMR procesar informaciones visuales de la planta fabril tales como obstáculos, personal o espacio transitable. Con dicha información, el AMR puede desplazarse por sí mismo por el recinto y ejecutar tareas también por sí mismo o con una intervención humana mínima. Por esta vía se puede automatizar tareas muy diversas sin tener que invertir en una infraestructura de transporte, por ejemplo en raíles. Dado que los AMR permiten una planificación de rutas dinámica, son capaces de elegir con flexibilidad la mejor ruta dentro de unos límites prefijados y a continuación rodear los obstáculos. Pueden comunicarse tanto con el personal como con otras partes de las instalaciones de producción.

Los AMR pueden aprender de su entorno y tomar decisiones independientes. A diferencia de las personas, no necesitan pausas y pueden solventar con calidad constante tareas que las personas no pueden o no quieren asumir. Las tareas monótonas son el campo de aplicación para el que resultan más apropiados, dejando al personal campo libre para tareas más creativas. Además, su utilización en labores peligrosas protege al personal y mejora la seguridad en la empresa. Los AMR pueden asumir tareas en los campos más diversos, tales como preparación de pedidos, empaquetado, clasificación, montaje, transporte, y casi siempre sin que importe el peso ni el tamaño.

Por regla general, las empresas llevan ya décadas utilizando robots industriales. Normalmente estaban separados del personal mediante jaulas para evitar accidentes, ya que aquellos robots no podían reaccionar frente al entorno y, por tanto, no registraban eventuales obstáculos. Con sensores mejorados y si se utiliza la IA, los robots son capaces hoy de colaborar «codo con codo» y cooperar en las actividades desarrolladas.

3 Industria 4.0. Resultados de una encuesta en diez países europeos

3.1 Método del estudio

Durante el periodo de 29 de octubre a 14 de noviembre de 2021, la entidad de prospección de mercados YouGov llevó a cabo, por encargo del Handelsblatt Research Institute y TeamViewer, una encuesta on line en la que respondió un total de 4.531 personas con capacidad de decisión en empresas. Dicha encuesta constituye la base para la parte empírica del presente informe. La encuesta se realizó en diez países europeos: Dinamarca, Alemania, Francia, Italia, Países Bajos, Noruega, Polonia, Suecia, España y el Reino Unido.

Así, y junto a conocimientos sobre la transformación digital de la producción en un contexto «paneuropeo», el estudio permitió conocer también divergencias entre países concretos respecto al promedio «paneuropeo».

La exposición de resultados que sigue está centrada en la imagen «europea» conjunta, para lo cual los resultados de los distintos diez países se presentan agregados. La exposición se complementa, en cualquier caso, al señalarse a diferencias entre los distintos países.

El tema de la encuesta es la Industria 4.0. En las preguntas se tratan los aspectos siguientes:

- Dimensiones relevantes del concepto Industria 4.0
- Estado de la transformación digital en el área de producción de las empresas
- Desafíos de la transformación digital de la producción
- Responsabilidad básica de digitalizar la producción
- Ventajas de la Industria 4.0
- Imagen de determinadas tecnologías futuras: qué influencia determinante se espera de ellas en la producción en el futuro; su utilización actual o planificada en las empresas.
- Posibilidades de aplicación del Internet de las cosas
- Posibilidades de aplicación de realidad aumentada
- Posibilidades de aplicación de la inteligencia artificial
- Transformación de los procesos productivos en la planta

Dado este interés central de la encuesta, resulta relevante únicamente para empresas en las que los procesos de producción desempeñen –al menos en parte– un papel significativo. Por ello, los resultados que siguen

3.2 Transformación digital de la producción

3.2.1 Dimensiones de la Industria 4.0

El concepto Industria 4.0 vivió su primera presentación pública en el año 2011 en el marco de la Feria de Hannover. La idea procedía de Henning Kagermann y Wolfgang Wahlster, de la Academia Alemana de Ingeniería, y de Wolf-Dieter, del Ministerio Federal de Cultura e Investigación. En su origen, el tema concreto era la digitalización de la producción en el sentido de una «cuarta revolución industrial».

Tras ello el término tuvo difusión internacional y por un momento se convirtió en sinónimo de la digitalización genérica de empresas, sin referencia concreta a la producción. Por ello, Industria 4.0 y la idea que está detrás pueden abarcar más ámbitos fuera del mero empleo de tecnologías nuevas en el proceso de producción.

En consonancia, también la mayor parte de las empresas europeas ve en el término Industria 4.0 un planteamiento multidimensional. En ningún modo, pues, se trata solamente de interconexión, empleo de tecnología, utilización de datos o de digitalización de los procesos productivos.

se basan en las afirmaciones obtenidas por muestreo aleatorio de 1.452 empresas de los diez países europeos elegidos en los casos en que así sucede.

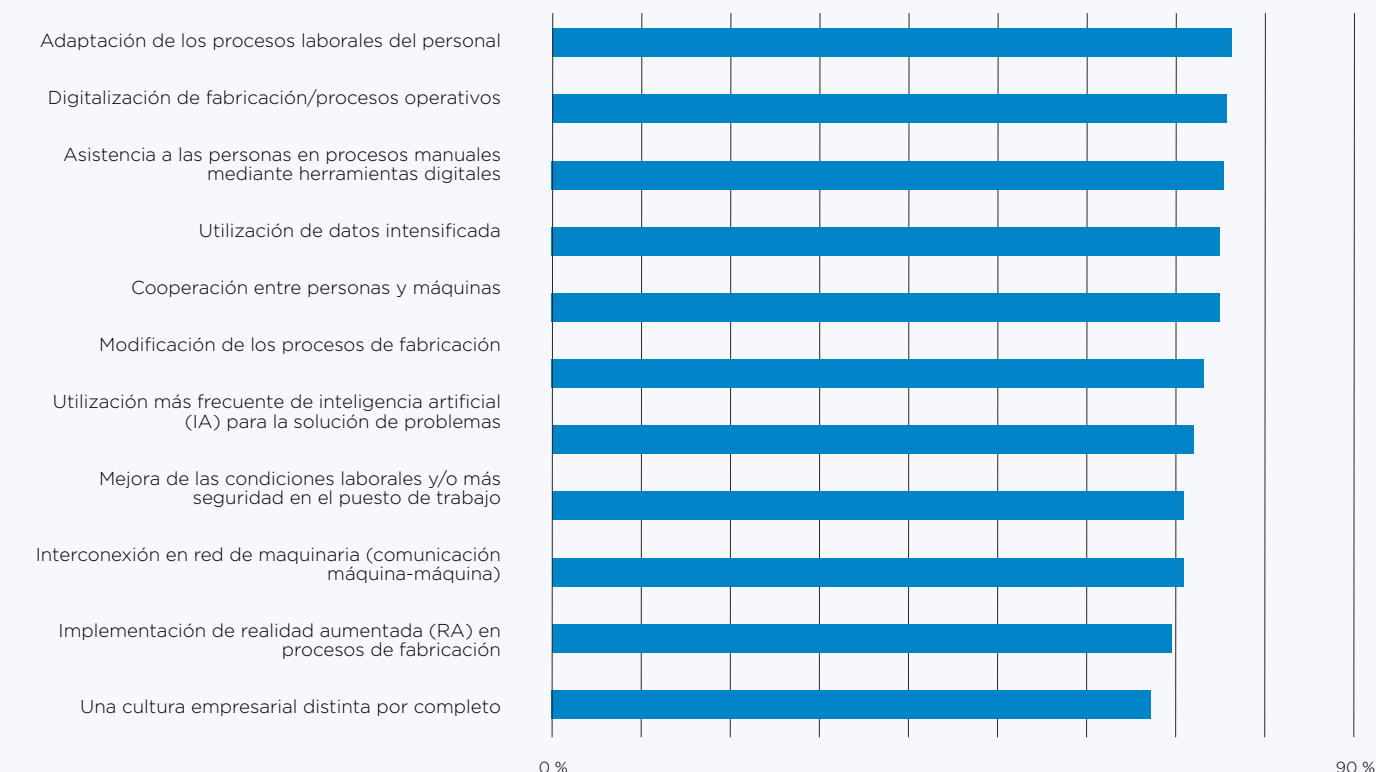
En efecto, para en torno al 70 por ciento de las empresas en Industria 4.0, junto a los aspectos mencionados, va incluido también el empleo de la realidad aumentada (RA) y la inteligencia artificial (IA) (véase figura 1). Se trata en conjunto de una transformación muy amplia que, mucho más allá, la mayoría de las personas con capacidad de decisión empresarial encuestadas ven vinculada a un reajuste de los procesos laborales que conlleva la cooperación de personas y máquinas y la asistencia a los trabajadores mediante tecnología en los procedimientos manuales.

En opinión de más del 70 por ciento de los responsables empresariales europeos, esta transformación trae como resultado mejores condiciones laborales, más seguridad en el puesto de trabajo y una cultura empresarial completamente distinta.

Dicha comprensión multidimensional de la Industria 4.0 puede apreciarse en principio en todos los diez países europeos estudiados. En todas sus facetas, este punto de vista, en cualquier caso, aparece particularmente difundido en las empresas de Alemania, Italia, España y Polonia.

Fig. 1: Aspectos esenciales del concepto Industria 4.0

Porcentaje de los responsables empresariales encuestados (más bien) de acuerdo en que se trata de un aspecto esencial, en %



Aparte de lo dicho, los resultados muestran que son más bien empresas de cierto tamaño junto con las que ya están avanzadas en

la transformación digital las que vinculan con el término Industria 4.0 todos los aspectos objeto de nuestra encuesta.

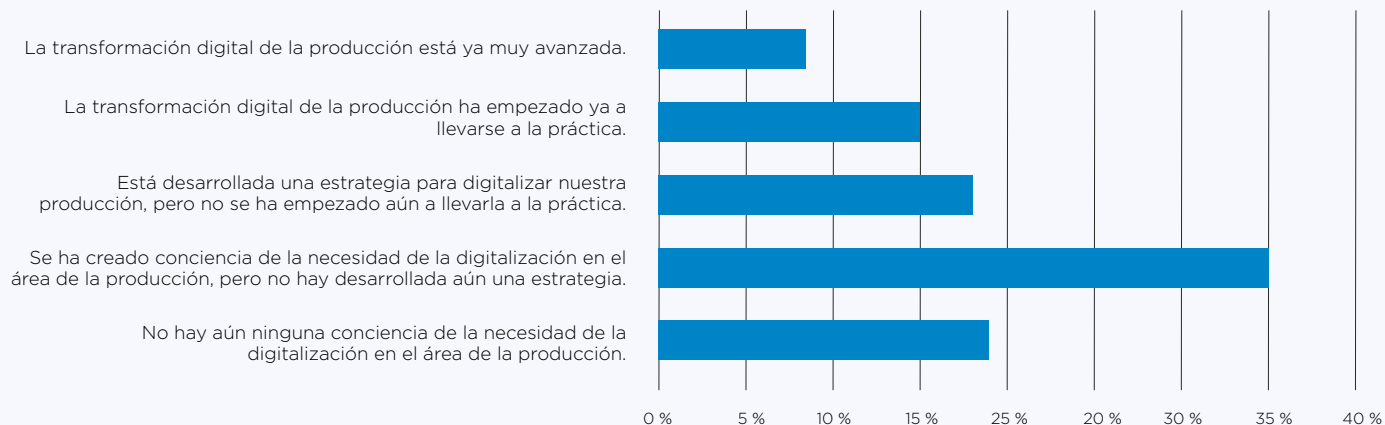
3.2.2 Estado de la transformación digital

Gran parte de las empresas encuestadas se encuentra aún muy al comienzo de la transformación digital de su proceso de producción. Menos de un cuarto de las personas encuestadas señala que en su empresa se haya empezado ya la transformación digital (véase figura 2). Según declaraciones propias, más de la mitad de las empresas no cuenta ni siquiera con una estrategia para digitalizar su producción. Entre ellas,

por tanto, y en las circunstancias dadas, la transformación digital se compone de medidas aisladas sin que estén regidas por una idea principal que las recapitule. Así pues, no resulta tampoco sorprendente que solo una décima parte de las empresas encuestadas declare haber avanzado ya camino en la transformación.

Fig. 2: *Status quo* en las empresas en referencia a la transformación digital de la producción

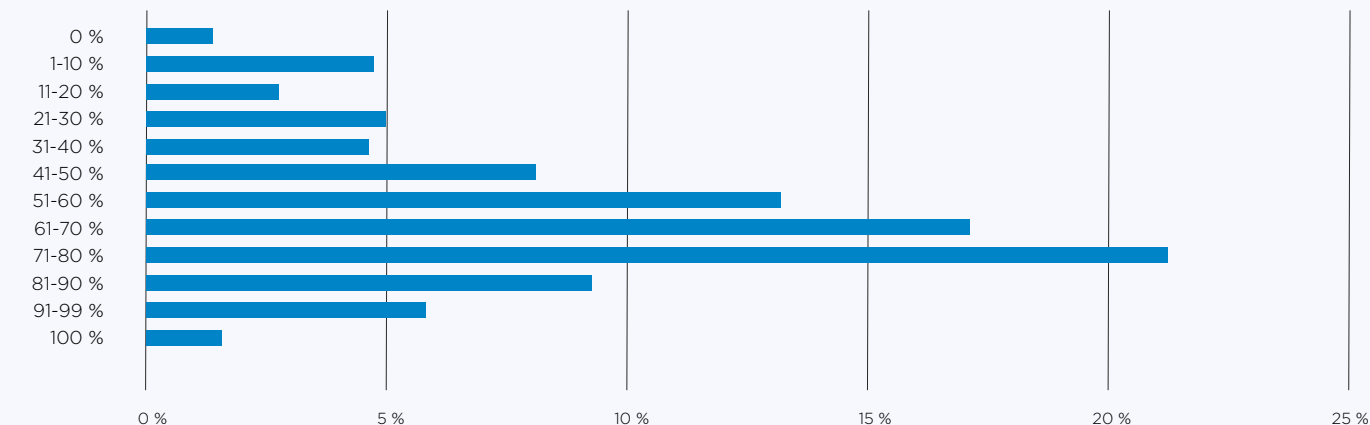
Porcentaje de los responsables empresariales encuestados, en %



Resto hasta 100 %: no sabe/no contesta

Fig. 3: Progreso de la transformación digital de la producción en las empresas

Porcentaje de los responsables empresariales encuestados, en %



Resto hasta 100 %: no sabe/no contesta
Escala de 0 % (= no se ha dado ningún paso en la digitalización) a 100 % (= se ha avanzado tanto como es posible tecnológicamente)

La digitalización de la producción está ya más avanzada en el caso de empresas de cierto tamaño. Así, la proporción de empresas que ya han comenzado la transformación digital va aumentando junto con el tamaño de la entidad, aunque tampoco encontramos un incremento continuo. Sin duda en la Industria 4.0 se ve más que el mero empleo de tecnologías nuevas (véase capítulo 3.2.1), que, en cualquier caso, constituyen un aspecto importante de la misma. Y la implementación de dichas tecnologías exige recursos financieros y de personal, con los que tienden más a contar las empresas de más tamaño.

En la comparación por países se comprueba que las empresas de España, Suecia, los Países Bajos, Italia y Alemania ya han seguido avanzando más en la transformación digital de la producción. Aquí, por ejemplo, han empezado ya con la digitalización respectivamente el 29 (España), el 27 (Suecia, Países Bajos) y el 26 por ciento (Italia, Alemania). Algo rezagadas aparecen las em-

presas francesas (19 por ciento) y británicas (16 por ciento).

En conjunto, estos resultados permiten afirmar que en el campo de la digitalización de la producción queda aún espacio que recorrer. En este campo, el progreso va todavía por detrás de lo que sucede en la logística. Al echarse de menos en gran medida un concepto estratégico integral, no puede tampoco concluirse de inmediato que exista una laguna en la digitalización, ya que una estrategia sería el fundamento para una transformación con éxito sostenible.

Una imagen mucho más positiva arroja el *status quo* en el tema Industria 4.0 cuando las empresas indican en una escala de 1 a 100 cómo valoran el estado actual de la digitalización en el área producción (véase figura 3). El promedio por país ronda el 60 por ciento. Solo en alrededor de un cuarto de las empresas encuestadas el progreso aquí queda por debajo del 50 por ciento. Dicho resultado podría también estar in-

dicando que las ambiciones con vista a una transformación digital más amplia de los procesos productivos no pasan de moderadas.

Mientras que en empresas con hasta 5.000 personas en plantilla se da una conexión positiva entre el tamaño de la entidad y la digitalización que se percibe, la correlación deja de estar tan clara en empresas de más tamaño.

Al comparar entre sí los diez países estudiados, se comprueba que las empresas de España, Italia, Polonia y Alemania siguen ya avanzando desde su propio punto de vista, siendo los promedios por países el 65 por ciento (España), el 64 por ciento (Italia) y el 63 por ciento (Polonia y Alemania), con lo que superan el promedio total aunque solo ligeramente. El estado en que se percibe la digitalización en el área de la producción es más bajo en las empresas del Reino Unido (46 por ciento) y Dinamarca (46 por ciento).

Los resultados apreciados en figura 2 y figura 3 muestran dos puntos de vista dife-

rentes sobre el estado de la digitalización en el área empresarial de la producción. Tomando como base la escala porcentual, la mayoría de las empresas se perciben a sí mismas «relativamente bastante avanzadas», lo cual, en todo caso, no se refleja tampoco en la presencia de ningún hito concreto como pudiera ser una estrategia. En las circunstancias dadas, las empresas tienen de sí mismas una imagen más positiva en la escala porcentual, por más que, en general, no hayan hecho de momento demasiado ni mucho menos porque en su situación concreta no pueden o no quieren hacerlo. En esa medida, cada empresa sitúa el listón a una altura distinta.

Y aunque, tomándose como base su propio punto de vista, hayan avanzado ya bastante en la escala, les queda aún bastante trabajo por delante. La razón está en que, desde el punto de vista económico, parece plausible que los esfuerzos para progresar en la transformación digital intensifiquen su exigencia según se vaya avanzando más en la transformación.

3.2.3 Desafíos ante la transformación digital de la producción

Ante la transformación digital de la producción, las empresas se encuentran con desafíos que podrían retrasar su avance. Son desafíos relacionados, por ejemplo, con el personal, o también con las condiciones marco.

Según lo ven las personas encuestadas con decisión empresarial en Europa, la transformación digital de la producción es en primer término una cuestión de recursos. En todo caso, en torno a un tercio de los encuestados señala el esfuerzo en materia de tiempo y costes como el mayor desafío en la digitalización de la producción (véase figura 4). Tal estimación es independiente del tamaño de la empresa. También se ve ahí el mayor desafío en el caso de empresas

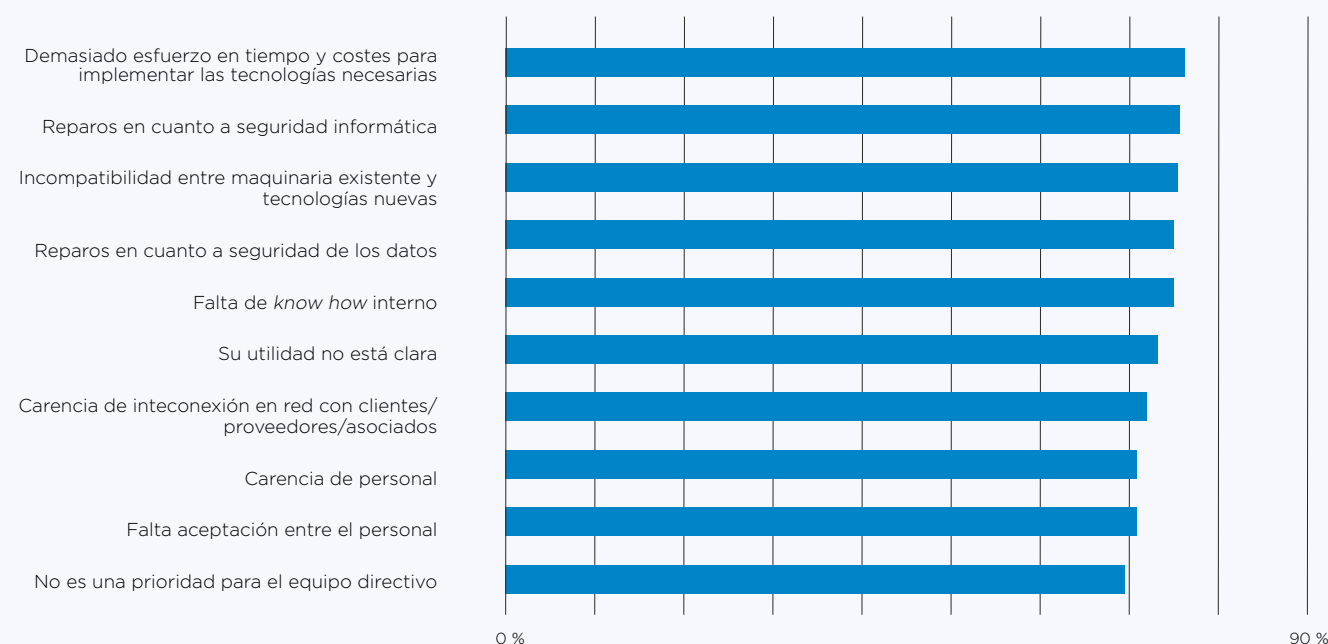
grandes que en caso de duda tendrían a su disposición más recursos.

Además, otro desafío está en el tema de la seguridad informática. Con la vista puesta en cuestiones como el análisis de macrodatos o el IoT, los datos y la creciente interconexión en red van a tener en el futuro cada vez más importancia en el proceso de la producción. Con ello aumenta el riesgo de ciberataques, por lo que resultan esenciales unas medidas de seguridad preventivas. Y para cerca del 30 por ciento de los responsables encuestados, la preocupación en materia de seguridad informática es un factor de la transformación digital que los inquieta mucho.

Fig. 4: Grandes desafíos de la transformación digital de la producción en las empresas

Porcentaje de los responsables empresariales encuestados, en %

Posibilidad de elegir varias respuestas



Resulta interesante que la cuestión cobre más importancia ahora que la digitalización está ya más avanzada. Las empresas que en el momento actual, y según propias declaraciones, están empezando a tomar conciencia de la relevancia de la Industria 4.0 o a desarrollar una estrategia consideran que el mayor desafío está en el esfuerzo en cuanto a tiempo y costes. En empresas que ya han iniciado su transformación o están muy avanzadas en ella, es mayor la proporción de responsables que menciona la preocupación por la seguridad informática como un desafío importante.

Por lo demás, en la mayoría de los casos no sucede que haya que instalar desde cero una producción digitalizada, sino que se desarrollan -transformándolos digitalmente- sistemas ya existentes. Por ejemplo, se interconecta mediante software la maquinaria de que se dispone. En este caso, las circunstancias pueden traer consigo alguna incompatibilidad entre la tecnología antigua y la nueva. Ahí radica, en opinión de las empresas europeas, otro desafío a la hora de digitalizar la producción.

Por su parte, son menos las empresas que consideran un obstáculo esencial para la transformación digital de la producción las carencias de personal, la falta de aceptación entre los empleados o que no constituya una prioridad de los equipos directivos.

Otro aspecto interesante, por otro lado, es la cuestión de la utilidad. Tan solo la quinta parte de las personas responsables de empresas europeas piensa que la falta de claridad sobre la utilidad de la producción digitalizada sea un problema importante

para la transformación. En las empresas más avanzadas en esta materia, muestra dicha opinión tan solo una décima parte. La inseguridad acerca de las ventajas concretas de la transformación digital, por tanto, no debería ser un impedimento para ninguna empresa, pues se trata de una cuestión que suele irse aclarando según avanzan los cambios.

El orden de prioridad de los desafíos es relativamente similar en una comparación por países, si bien los puestos en la clasificación no son siempre los mismos. En cambio, el conjunto de las cuestiones que los responsables empresariales consideran relevante sí es igual en casi todos los países. Entre los desafíos más importantes, no obstante, los puntos de interés central difieren. En Dinamarca, Francia, Italia, Polonia y España, el esfuerzo en tiempo y costes está entre las dificultades más mencionadas por las personas con capacidad de decisión en las empresas. En cambio, en Alemania, los Países Bajos y Suecia aparecen aquí las preocupaciones por la seguridad informática. Un tercio de las personas encuestadas del Reino Unido ve el mayor desafío en la incompatibilidad entre la tecnología antigua y la nueva; en Noruega se trata de la carencia de conocimientos prácticos dentro de la empresa.

Si examinamos los desafíos más importantes desde el punto de vista de las empresas, llama la atención que se trate en primer término de cuestiones dentro de la propia área de influencia que en principio es posible abordar incrementando el esfuerzo inversor. No se ven carencias en cuanto a convicción ni buena disposición.

3.2.4 Principal responsable de la transformación digital de la producción

La transformación digital de la producción es un proyecto empresarial con gran calado y de larga duración. Implementar tecnologías nuevas va asociado con un intenso esfuerzo inversor. En vista de dicho esfuerzo y de la gran relevancia de la transformación digital, es comprensible que el tema Industria 4.0 suela ser en las empresas «cosa del jefe».

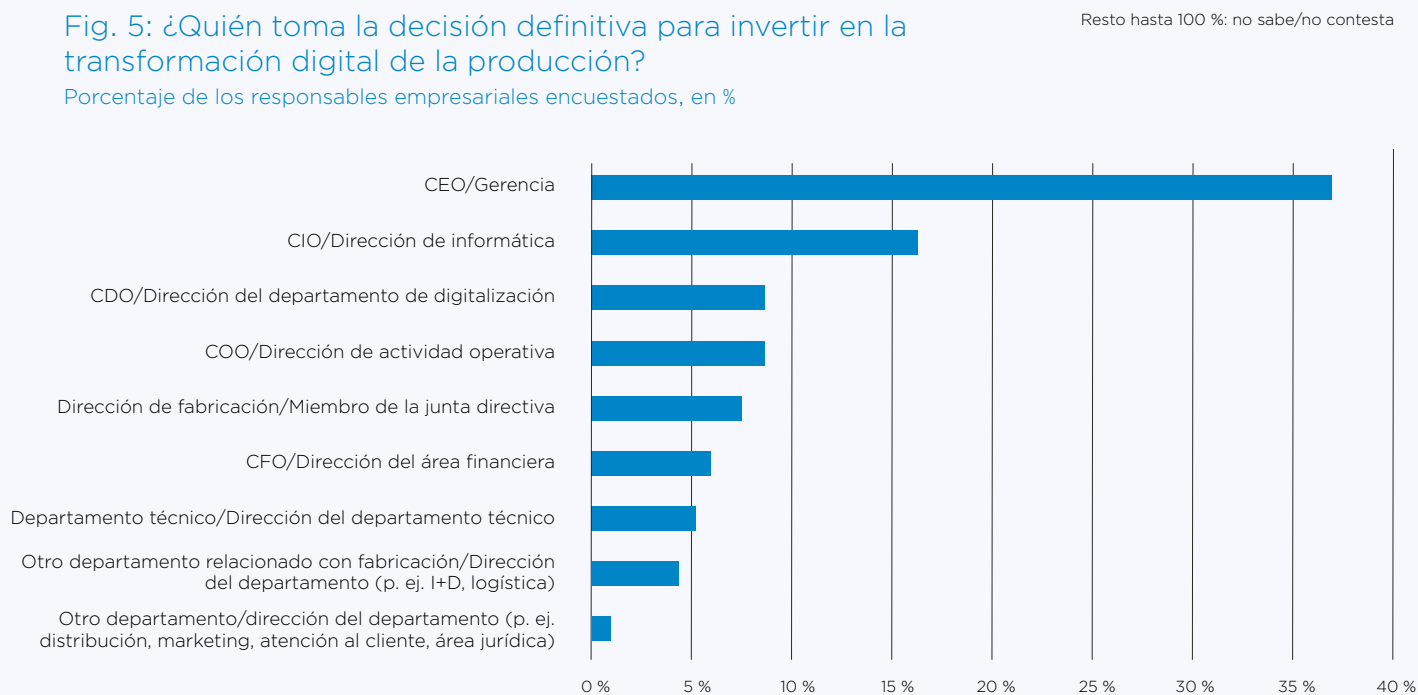
Así se demuestra también en las empresas europeas encuestadas: en casi dos quintas partes de las mismas, es el CEO o la junta directiva quien tiene en sus manos la decisión definitiva sobre la inversión en aplicaciones para la Industria 4.0 (véase figura 5). Tal es el caso en particular en empresas danesa, suecas y británicas.

Ciertamente, el CEO es también quien lleva aquí la batuta en Alemania, España y los Países Bajos. Pero en muchas empresas de estos países la decisión definitiva le corresponde también al CIO.

En algo más de tres cuartas partes de las empresas encuestadas, la decisión relativa a inversiones para la transformación digital de la producción está a cargo del nivel directivo supremo. La Industria 4.0, pues, no es en estas empresas ningún «pequeño proyecto», sino antes bien algo que marcará la imagen futura de la entidad y posee relevancia estratégica. Pero de esta manera este nivel supremo de las empresas y su manera de enfocar la transformación digital son la clave de cara a si el cambio en el área de la producción va a recibir impulso y en qué medida lo recibe.

Fig. 5: ¿Quién toma la decisión definitiva para invertir en la transformación digital de la producción?

Porcentaje de los responsables empresariales encuestados, en %



3.2.5 Valoración de las ventajas de la Industria 4.0

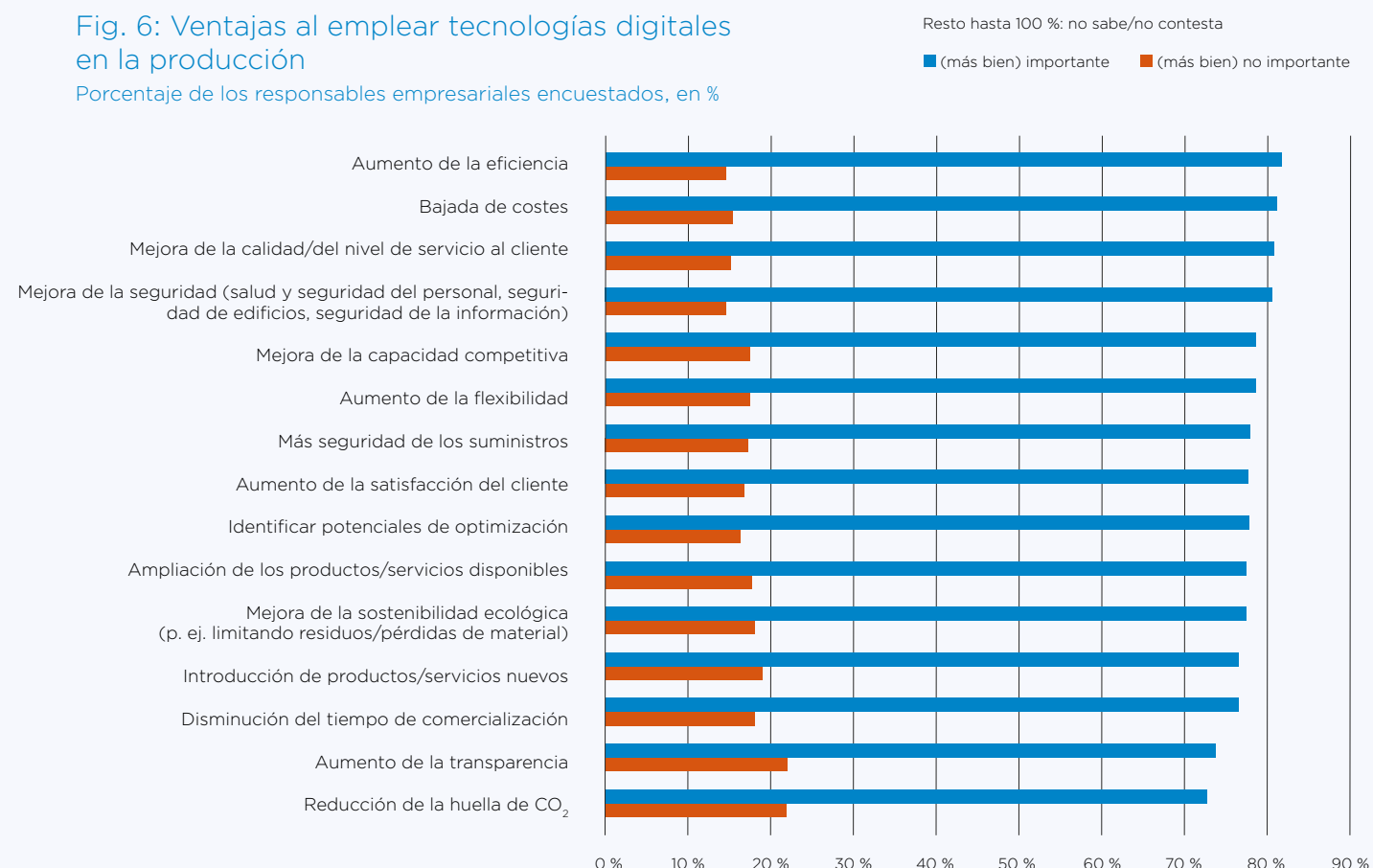
La transformación digital de la producción no está sucediendo en las empresas por el mero interés en las nuevas tecnologías, sino que va ligada a ventajas y expectativas de utilidad concretas. En efecto, los objetivos más importantes que las empresas europeas encuestadas persiguen con el cambio en dirección a la Industria 4.0 hacen referencia al aspecto económico (véase figura 6). Con casi un 82 por ciento, la mayoría de las empresas considera como ventaja principal el aumento en la eficiencia resultante de emplear en la producción tecnologías innovadoras. Otra ventaja importante está en la reducción de costes. Junto a estos puntos de carácter económico se citan asimismo

como aspectos importantes de la Industria 4.0 la mejora de la calidad y el nivel de atención y de la seguridad. Con esta última se hace referencia tanto a la salud y la seguridad del personal y la seguridad de edificios, como a la seguridad en el manejo de información.

Frente a ello, son algunas menos las empresas que estiman como posibles ventajas importantes la mejora de la huella de CO₂ y el aumento de la transparencia. Son en primer término, por tanto, expectativas de rentabilidad las que mueven a las empresas a emplear tecnologías digitales.

Fig. 6: Ventajas al emplear tecnologías digitales en la producción

Porcentaje de los responsables empresariales encuestados, en %



3.3 Tecnologías futuras

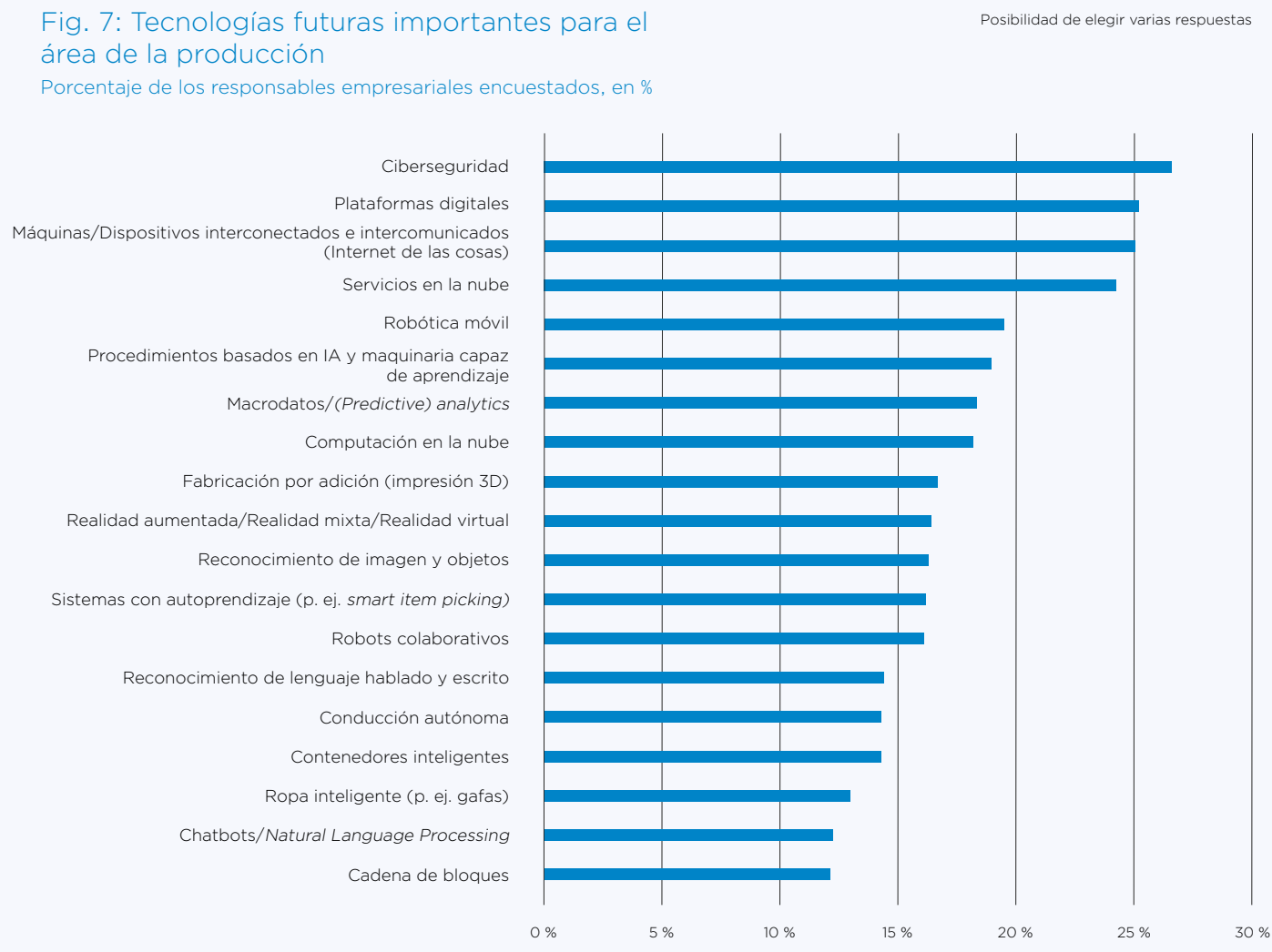
La transformación digital de la producción abarca esencialmente cambios en los procesos, y ello desde los procedimientos que se desarrollan directamente en la maquinaria hasta los comportamientos laborales del personal. El punto de partida para estos cambios es el empleo de nuevas tecnologías digitales. Con nuevas aplicaciones, nuevas maneras de solucionar problemas y nuevos modelos de

negocio, los procesos van a cambiar en las empresas. Para transformar la producción están disponibles diversas tecnologías, que, desde la perspectiva de las empresas, pueden tener distinto grado de relevancia y que, por lo demás, están ya implementadas en diferente medida.

3.3.1 Relevancia esperada de las tecnologías innovadoras para la producción futura y su implementación

Fig. 7: Tecnologías futuras importantes para el área de la producción

Porcentaje de los responsables empresariales encuestados, en %



Según lo ve la mayoría de las empresas europeas encuestadas –algo más de una cuarta parte–, para la Industria 4.0 tiene especial importancia la cuestión de la ciberseguridad (véase figura 7). También muestran especial relevancia por otro lado las plataformas digitales, el Internet de las cosas y los servicios en la nube. En torno a una cuarta parte de las empresas de los diez países estudiados considera dichas tecnologías pilares básicos para la transformación digital en el área de la producción. A través del espectro tecnológico entero se muestra que las empresas que no han dejado de avanzar en la transformación son las que dan más peso a las tecnologías correspondientes.

Tendencialmente menos significativas, en cambio, se muestran las tecnologías cadena de bloques, chatbots y ropa inteligente, situadas en los tres últimos puestos de los 19 que componen la lista. Así, por ejemplo, mientras que no tantas empresas consideran las gafas inteligentes una tecnología importante para la producción, la opinión cambia tratándose de las aplicaciones que llevan asociadas –realidad aumentada (RA), realidad mixta (RM) y/o realidad virtual (RV)–. Estas tres últimas ocupan el diez lugar de las 19 respuestas posibles.

En una imagen de conjunto de todas las tecnologías resulta que es en España, Italia y Polonia donde las empresas les conceden más relevancia que en los demás países y, con ello, reciben una estimación dentro del promedio (véase figura 8). Por debajo del mismo, en cambio, se estima su relevancia en el Reino Unido y en Dinamarca y Suecia. Aparte, y en divergencia del resultado agregado, asumen un papel algo más relevante

estas tecnologías:

- en Alemania el reconocimiento de patrones (imagen/objeto y lenguaje hablado/escrito),
- en España los robots colaborativos,
- en Italia los sistemas capaces de autoaprendizaje,
- en Suecia el reconocimiento de imágenes/objetos,
- en Noruega la ropa inteligente.

Según lo estiman las empresas encuestadas, las diferentes tecnologías no solo tendrán distintas presencias en la producción del futuro. Sino que también disfrutaran de distinto grado de actualidad ya hoy o van a estar implementadas en un futuro cercano en distinta medida. En cualquier caso, entre ambos aspectos se muestra cierta conexión: las tecnologías consideradas más importantes son también las que ya están siendo más utilizadas. Por ejemplo, servicios en la nube y computación en la nube, ciberseguridad y plataformas digitales se están utilizando ya para la producción en más empresas que otras tecnologías innovadoras (véase figura 9). De cualquier modo, aquí se aprecia todavía gran potencial para nuevas implementaciones. Así, por ejemplo, servicios en la nube y ciberseguridad se han utilizado ya alguna vez en cerca de la mitad de las empresas encuestadas que las consideran respectivamente una tecnología importante para la producción en el futuro.

Fabricación por adición, robótica móvil,

Fig. 8: Tecnologías futuras importantes para el área de la producción – Comparativa por países

Porcentaje de los responsables empresariales encuestados, en %

Destacado: porcentaje por encima del promedio nacional europeo

	Ø	DE	UK	FR	ES	IT	DK	SE	NO	NL	PL
Ciberseguridad	27 %	25 %	14 %	24 %	28 %	32 %	25 %	19 %	23 %	35 %	34 %
Plataformas digitales	25 %	26 %	20 %	17 %	29 %	27 %	29 %	24 %	23 %	32 %	29 %
Máquinas/Dispositivos interconectados e intercomunicados (Internet de las cosas)	25 %	22 %	24 %	23 %	30 %	31 %	17 %	21 %	23 %	28 %	25 %
Servicios en la nube	24 %	23 %	16 %	21 %	27 %	24 %	16 %	24 %	19 %	31 %	33 %
Robótica móvil	19 %	17 %	14 %	21 %	25 %	19 %	11 %	19 %	19 %	17 %	26 %
Procedimientos basados en IA y maquinaria capaz de aprendizaje	19 %	19 %	17 %	19 %	26 %	22 %	9 %	14 %	23 %	13 %	18 %
Macrodatos/(Predictive) analytics	18 %	22 %	18 %	18 %	24 %	21 %	11 %	5 %	14 %	17 %	18 %
Computación en la nube	18 %	15 %	18 %	17 %	26 %	19 %	10 %	12 %	18 %	21 %	19 %
Fabricación por adición (impresión 3D)	17 %	20 %	15 %	16 %	25 %	14 %	9 %	16 %	11 %	12 %	16 %
Realidad aumentada/Realidad mixta/Realidad virtual	16 %	17 %	10 %	19 %	22 %	20 %	9 %	14 %	11 %	10 %	17 %
Reconocimiento de imagen y objetos	16 %	21 %	12 %	14 %	17 %	21 %	15 %	20 %	7 %	13 %	15 %
Robots colaborativos	16 %	16 %	8 %	21 %	22 %	17 %	10 %	12 %	14 %	16 %	13 %
Sistemas con autotrendizaje (p. ej. smart item picking)	16 %	19 %	11 %	14 %	19 %	20 %	14 %	15 %	12 %	17 %	15 %
Reconocimiento de lenguaje hablado y escrito	14 %	18 %	9 %	18 %	14 %	15 %	3 %	11 %	14 %	15 %	16 %
Contenedores inteligentes	14 %	14 %	14 %	16 %	18 %	15 %	6 %	13 %	12 %	14 %	14 %
Conducción autónoma	14 %	14 %	7 %	13 %	19 %	16 %	6 %	15 %	19 %	8 %	19 %
Ropa inteligente (p. ej. gafas)	13 %	10 %	8 %	14 %	19 %	17 %	2 %	5 %	25 %	9 %	16 %
Chatbots/Natural Language Processing	12 %	13 %	8 %	15 %	18 %	11 %	7 %	8 %	7 %	13 %	12 %
Cadena de bloques	12 %	13 %	10 %	9 %	18 %	11 %	6 %	11 %	9 %	14 %	16 %

chatbots, inteligencia artificial, macrodatos y cadena de bloques cuentan con un potencial especialmente grande a corto y medio plazo, puesto que son muchas las empresas que quieren implementar dichas tecnologías en los próximos de uno a dos años.

Sin ningún calendario concreto han plani-

3.3.2 Criterios de decisión al seleccionar ofertantes de tecnología

A menudo, a la hora de implementar las tecnologías nuevas las empresas echan

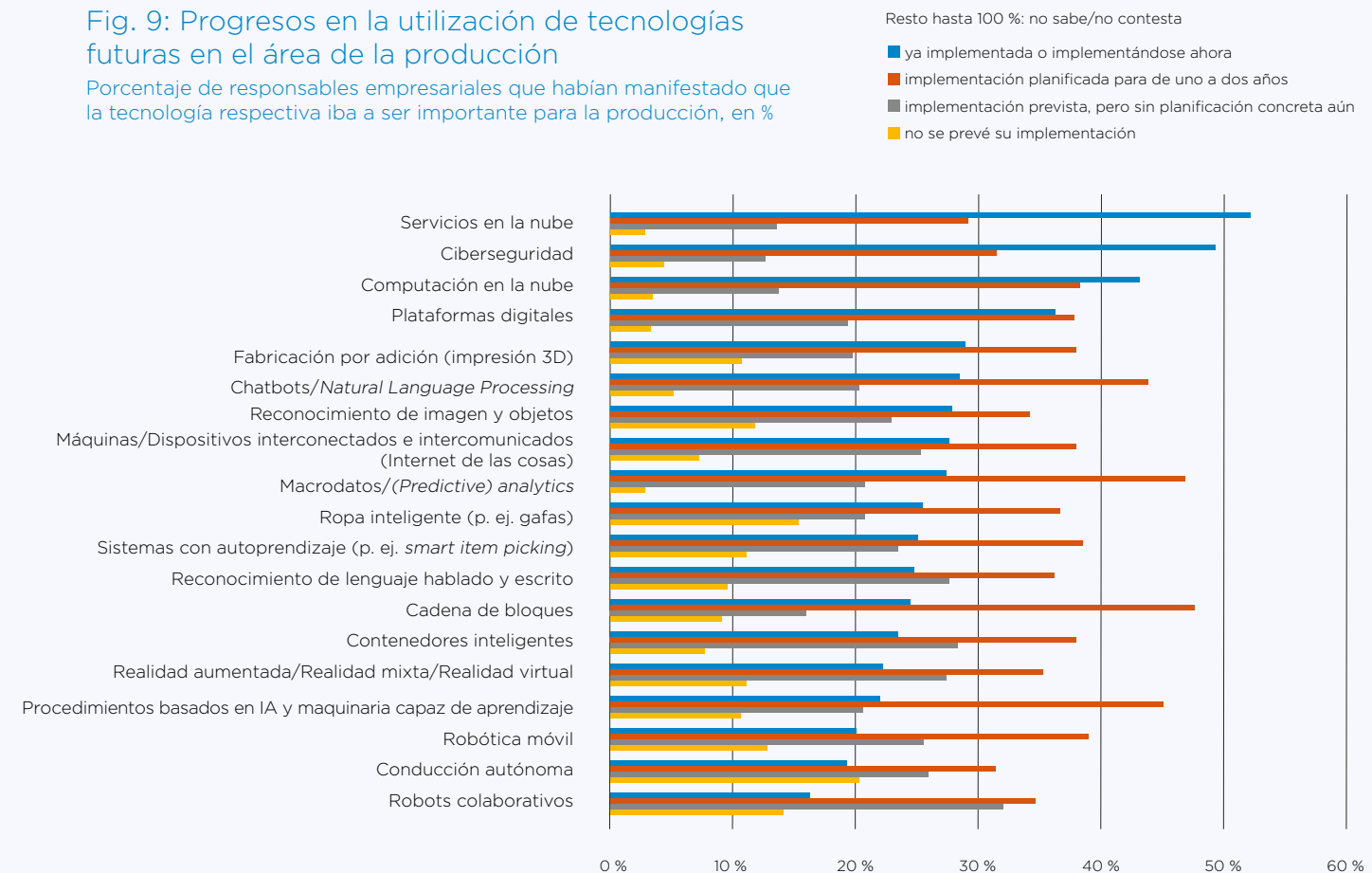
ficado relativamente muchas empresas la implementación de conducción autónoma, contenedores inteligentes, reconocimiento de lenguaje hablado/escrito, RA/RM/RV y robots colaborativos, con lo cual el mercado para estas tecnologías podría crecer de medio a largo plazo.

mano de ofertantes externos. En caso de que haya una serie de ofertantes tecnoló-

Posibilidad de elegir varias respuestas

Fig. 9: Progresos en la utilización de tecnologías futuras en el área de la producción

Porcentaje de responsables empresariales que habían manifestado que la tecnología respectiva iba a ser importante para la producción, en %



gicos, las empresas en caso de duda están obligadas a decidirse por alguno concreto. Como fundamentos para decidirse entran en consideración distintos criterios. En algunas empresas el factor determinante puede ser el precio. A su vez, otras atienden en primer término a la calidad o el alcance de prestaciones de las aplicaciones. También pueden resultar determinantes las referencias del ofertante.

Para la mayoría de las empresas europeas encuestadas –más de una quinta parte–, el criterio principal para elegir a un ofertante de tecnología es una política de precios flexible y simple (véase figura 10). No se trata aquí en primer término de que los

precios sean lo más bajos posible, sino que sean fáciles de comprender y, por otra parte, la oferta sea adaptable con flexibilidad a cada necesidad concreta. Igual importancia revisten los aspectos de seguridad y la disponibilidad de asesoramiento y asistencia y la prestación de servicios profesionales.

Aparecen ciertas diferencias en algunos tipos de empresa. Así, para las empresas más pequeñas tienen especial importancia los precios y el tema asesoramiento. Y ello en las circunstancias dadas se debe a que disponen de relativamente menos recursos financieros y, en razón de sus capacidades limitadas de personal, de relativamente menos conocimientos prácticos.

Fig. 10: Criterios de decisión importantes al seleccionar ofertantes de tecnología
 Porcentaje de los responsables empresariales encuestados, en %

Posibilidad de elegir varias respuestas

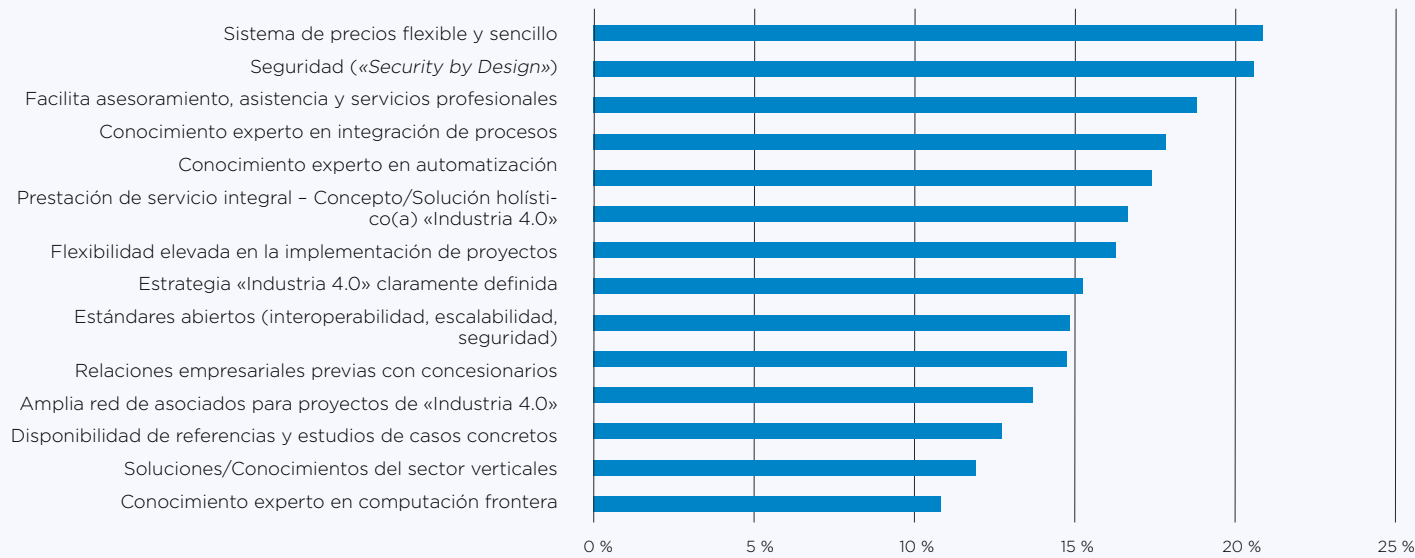


Fig. 11: Criterios de decisión importantes al seleccionar ofertantes de tecnología - Comparación por países
 Porcentaje de los responsables empresariales encuestados, en %
 Destacado: porcentaje por encima del promedio nacional europeo

Posibilidad de elegir varias respuestas

	∅	DE	UK	FR	ES	IT	DK	SE	NO	NL	PL
Sistema de precios flexible y sencillo	21 %	16 %	18 %	19 %	18 %	20 %	32 %	22 %	32 %	29 %	20 %
Seguridad («Security by Design»)	21 %	21 %	15 %	23 %	17 %	19 %	34 %	21 %	21 %	23 %	18 %
Facilita asesoramiento, asistencia y servicios profesionales	19 %	18 %	11 %	21 %	24 %	23 %	17 %	14 %	14 %	9 %	24 %
Conocimiento experto en integración de procesos	18 %	14 %	15 %	17 %	15 %	26 %	14 %	13 %	26 %	19 %	19 %
Conocimiento experto en automatización	17 %	11 %	15 %	15 %	21 %	19 %	17 %	12 %	19 %	27 %	21 %
Prestación de servicio integral - Concepto/Solución holístico(a) «Industria 4.0»	17 %	20 %	15 %	15 %	21 %	19 %	9 %	9 %	11 %	12 %	21 %
Flexibilidad elevada en la implementación de proyectos	16 %	17 %	15 %	10 %	16 %	21 %	13 %	19 %	16 %	21 %	18 %
Estrategia «Industria 4.0» claramente definida	15 %	16 %	9 %	14 %	20 %	18 %	6 %	9 %	16 %	17 %	18 %
Estándares abiertos (interoperabilidad, escalabilidad, seguridad)	15 %	17 %	15 %	14 %	16 %	13 %	17 %	14 %	11 %	12 %	16 %
Relaciones empresariales previas con concesionarios	15 %	18 %	13 %	15 %	15 %	10 %	3 %	12 %	18 %	17 %	22 %
Amplia red de asociados para proyectos de «Industria 4.0»	14 %	16 %	2 %	19 %	18 %	15 %	1 %	9 %	16 %	11 %	14 %
Disponibilidad de referencias y estudios de casos concretos	13 %	14 %	9 %	13 %	19 %	13 %	7 %	8 %	14 %	8 %	15 %
Soluciones/Conocimientos del sector verticales	12 %	12 %	8 %	12 %	15 %	14 %	5 %	6 %	4 %	15 %	16 %
Conocimiento experto en computación frontera	11 %	13 %	5 %	15 %	11 %	15 %	5 %	7 %	11 %	6 %	9 %

En empresas que ya han avanzado más en la transformación digital de la producción, la seguridad, en primer lugar, es más decisiva que los precios; en segundo lugar –y a diferencia de las demás empresas–, buscan más una red de asociados en materia de Industria 4.0 y también flexibilidad a la hora de implementar proyectos. Para los ofertantes de tecnología, lo dicho significa que no solo tienen que ser «buenos» en este y aquel criterio, sino en toda una serie de ellos si quieren que su oferta sea considerada por el mayor número posible de empresas distintas.

Un criterio fundamentalmente con menos peso para las empresas es el de las referen-

cias disponibles y los ejemplos de buen hacer. De ahí pueden resultar también buenas oportunidades en el mercado para empresas principiantes o que acaban de llegar de otros campos.

En una comparativa por países aparecen algunas diferencias (véase figura 11). En las empresas italianas, por ejemplo, lo más importante es el conocimiento experto en el área de la integración de procesos. En las empresas holandesas, el conocimiento experto en el campo de la automatización. Y por su parte las empresas polacas conceden más valor que las de otros países a contar con relaciones empresariales previas con los concesionarios.

3.4 El Internet de las cosas: posibilidades de aplicación

En torno al 78 por ciento de las empresas europeas ven en principio posibilidades de aplicar en la producción el Internet de las cosas (IoT) (véase figura 12). Así es aun cuando, en el momento presente, nada más que el 30 por ciento de ellas ha empezado a interconectar en red máquinas y objetos (véase figura 9). Por lo tanto, sigue existiendo un gran potencial de mercado para aplicaciones en el IoT. Polonia, España, Italia, Alemania y los Países Bajos muestran unos valores de aceptación

altos por encima del promedio. Y entre los países que prevén en cualquier caso el potencial del IoT en la producción destacan claramente Alemania y España. Por el contrario, en el Reino Unido y Francia, así como en los países escandinavos (Dinamarca, Noruega, Suecia) queda aún labor de convencimiento por hacer, puesto que aquí las personas responsables de las decisiones se muestran más bien escépticas en cuanto a las aplicaciones del IoT en la producción.

Fig. 12: Posibilidades de aplicación del IoT en la producción, en comparativa por países
 Porcentaje de los responsables empresariales encuestados, en %
 Destacado: porcentaje por encima del promedio nacional europeo

Resto hasta 100 %: no sabe/no contesta

	∅	DE	UK	FR	ES	IT	DK	SE	NO	NL	PL
Hay posibilidades de aplicación en cualquier caso	36 %	50 %	25 %	34 %	49 %	40 %	17 %	34 %	26 %	31 %	31 %
Hay posibilidades de aplicación parcialmente	42 %	34 %	33 %	40 %	41 %	49 %	29 %	31 %	37 %	50 %	59 %
No hay posibilidades de aplicación	13 %	10 %	24 %	20 %	5 %	8 %	24 %	20 %	21 %	12 %	6 %

Qué utilidad se espera de la producción interconectada en red es un dato que tiende a ser más alto cuanto mayor sea la empresa (véase figura 13). Así, un 48 por ciento sobrado de las empresas europeas con al menos 250 personas en plantilla se muestra de acuerdo con la afirmación de que las posibilidades para aplicar el Internet de las cosas están ya dadas en cualquier caso, pero la proporción no llega apenas al 28 por ciento en el caso de empresas pequeñas y medianas. Tal discrepancia podría deberse a que las empresas mayores manejan por regla general procesos de producción más complejos, en los que la interconexión en

red de maquinaria, personas y productos puede rendir más utilidad por su coordinación.

Entre las empresas que por principio conceden valor al IoT en la producción, aparecen en primer plano como aplicaciones ganadoras de esta tecnología en toda Europa la automatización de procesos de pedidos, la comunicación máquina a máquina y análisis predictivo/mantenimiento predictivo (véase figura 14). En todo caso, existen diferencias entre países en cuanto al orden de prioridades. En España, Italia, el Reino Unido y los Países Bajos, los responsables empresa-

Fig. 13: Posibilidades de aplicación del IoT en la producción según tamaño de la empresa
Porcentaje de los responsables empresariales encuestados, en %

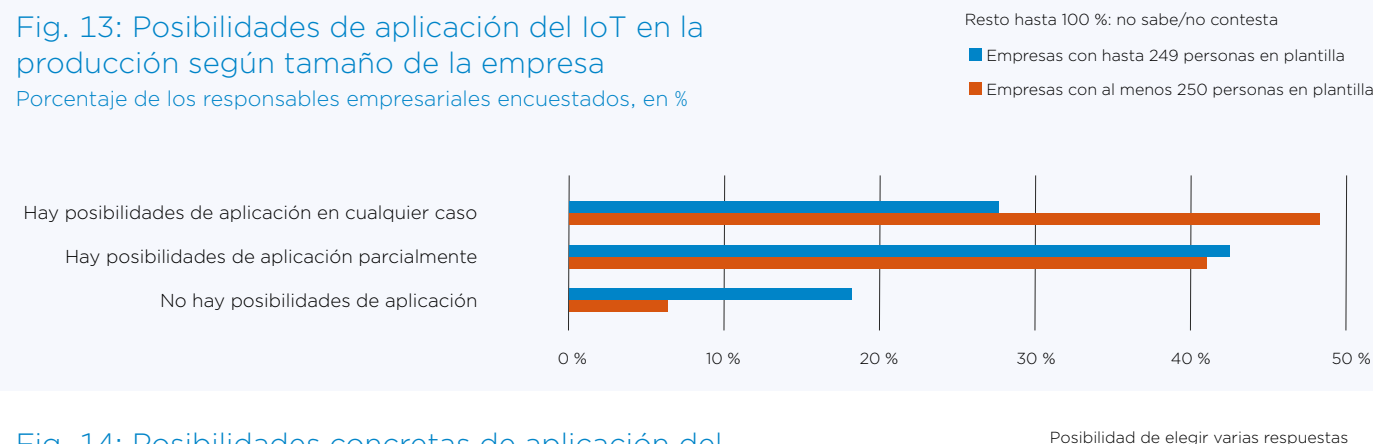


Fig. 14: Posibilidades concretas de aplicación del IoT en la producción

Porcentaje de responsables empresariales encuestados que ven en principio posibilidades para aplicar el IoT en su producción, en %

Destacado: porcentaje por encima del promedio nacional europeo

	∅	DE	UK	FR	ES	IT	DK	SE	NO	NL	PL
Automatización de los procesos de pedido	37 %	33 %	35 %	31 %	41 %	39 %	38 %	35 %	28 %	42 %	41 %
Comunicación máquina-máquina (comunicación M2M)	33 %	33 %	44 %	23 %	37 %	44 %	25 %	29 %	36 %	33 %	28 %
Análisis predictivo/Mantenimiento predictivo	32 %	32 %	37 %	26 %	41 %	34 %	40 %	18 %	25 %	34 %	26 %
Un único panel de control con información sobre todas las instalaciones fabriles	31 %	33 %	29 %	32 %	36 %	32 %	28 %	18 %	33 %	25 %	32 %
Control remoto de maquinaria	31 %	24 %	24 %	31 %	29 %	36 %	43 %	31 %	25 %	30 %	35 %
Utilización de robótica móvil	26 %	27 %	19 %	23 %	28 %	31 %	20 %	25 %	19 %	26 %	30 %
«Gemelos digitales» para simular procesos de fabricación	24 %	24 %	27 %	22 %	29 %	19 %	13 %	36 %	25 %	22 %	24 %
Utilización de vehículos autónomos	22 %	28 %	25 %	20 %	21 %	25 %	10 %	16 %	14 %	26 %	19 %

riales mencionan un número de utilidades distintas que supera el promedio.

Dos tercios de las empresas europeas están utilizando ya una o más plataformas del IoT. De ellas, la mayoría afirma echar mano de aplicaciones de ofertantes externos (véase figura 15). En claramente menos casos se elige el camino de desarrollos propios. Como ganadores en el empleo de plataformas del IoT aparecen España, Polonia, Italia y Alemania. Según declaran las mismas empresas, la producción está particularmente poco interconectada hasta la fecha en Dinamarca y en el Reino Unido, además

de en Suecia y Noruega. Tal circunstancia concuerda con el escepticismo que caracteriza en dichos países a los responsables empresariales en cuanto a posibilidades de aplicación del IoT en la producción, tal como queda documentado en la figura 12 (véase página 33). La difusión de las plataformas del IoT, además, es dependiente del tamaño de las empresas. Mientras que en los países europeos estudiados casi el 85 por ciento de las empresas con al menos 250 personas en plantilla utiliza una o más plataformas del IoT, más del 40 por ciento de las pequeñas y medianas empresas con menos de 250 personas en plantilla declara

Fig. 15: Utilización de plataformas del IoT en la empresa
Porcentaje de los responsables empresariales encuestados, en %
Destacado: porcentaje por encima del promedio nacional europeo

	∅	DE	UK	FR	ES	IT	DK	SE	NO	NL	PL
Uso de una plataforma del IoT desarrollada internamente	20 %	30 %	15 %	25 %	20 %	20 %	7 %	18 %	9 %	20 %	15 %
Uso de la plataforma del IoT de un proveedor externo	35 %	35 %	16 %	30 %	53 %	40 %	20 %	24 %	35 %	27 %	48 %
Uso de varias plataformas del IoT	12 %	11 %	10 %	11 %	8 %	18 %	6 %	8 %	12 %	15 %	17 %
Ningún uso de plataformas del IoT	27 %	21 %	43 %	30 %	16 %	20 %	56 %	36 %	35 %	32 %	12 %

Fig. 16: Utilización de plataformas del IoT según tamaño de la empresa
Porcentaje de los responsables empresariales encuestados, en %

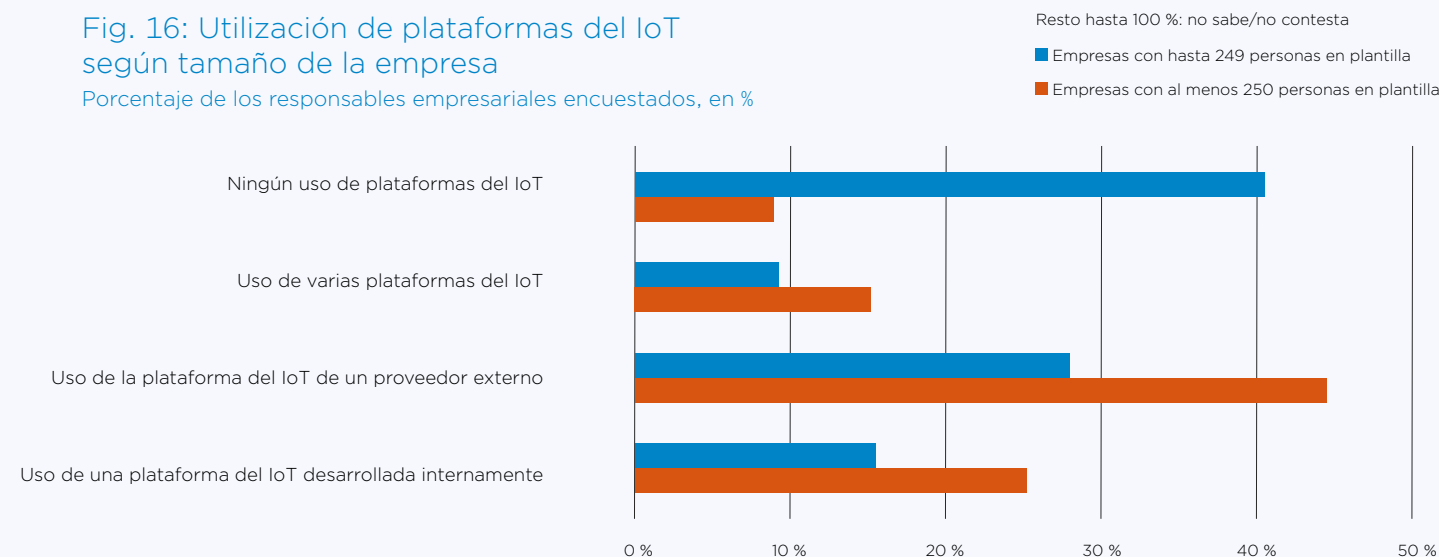
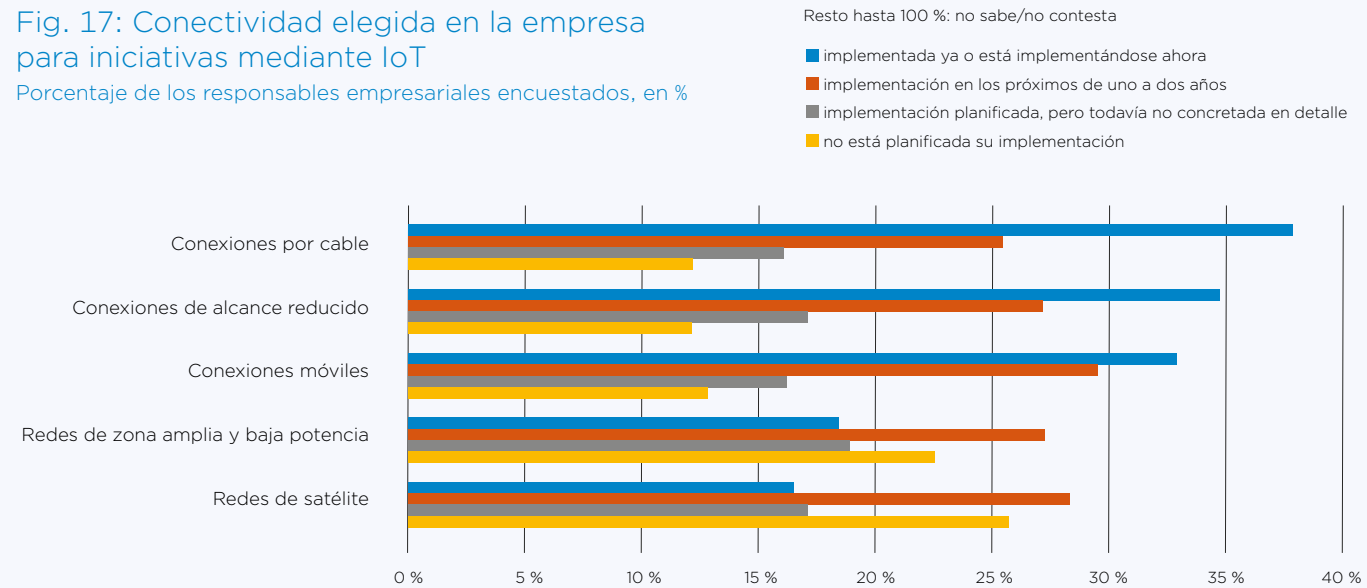


Fig. 17: Conectividad elegida en la empresa para iniciativas mediante IoT
 Porcentaje de los responsables empresariales encuestados, en %



no tener en funcionamiento ninguna (véase figura 16).

En referencia a la conectividad para sus iniciativas con el IoT, las empresas europeas apuestan en este momento sobre todo por conexiones mediante cableado (por ejemplo fibra de vidrio), seguidas por conexiones inalámbricas con alcance reducido (por ejemplo Bluetooth, WLAN, ZigBee) y redes de telefonía móvil (por ejemplo 4G o 5G) (véase figura 17). Se trata de un hallazgo sorprendente desde el momento en que

hoy se está hablando del estándar de telefonía móvil 5G como el principal soporte del IoT; podría apuntar a debilidades existentes en la infraestructura de telefonía móvil. La razón está en que para la producción resultan decisivas la disponibilidad y la estabilidad de las redes.



3.5 Realidad aumentada: posibilidades de aplicación

Más del 70 por ciento de las empresas europeas prevén posibilidades potenciales de empleo en la producción para la realidad aumentada (RA) (véase figura 18). En todo caso, a fecha de hoy solo menos de la cuarta parte de ellas tiene implementadas efectivamente en su fabricación aplicacio-

nes de RA, RV o RM (véase figura 9). Se le atribuyen para el futuro unas oportunidades por encima del promedio en España, Italia, Polonia y Alemania, mientras que se muestran más bien reacias las empresas británicas y de los países escandinavos (Dinamarca, Suecia, Noruega).

Fig. 18: Posibilidades de aplicación de la realidad aumentada en la producción, comparativa por países

Porcentaje de los responsables empresariales encuestados, en %
 Destacado: porcentaje por encima del promedio nacional europeo

	Ø	DE	UK	FR	ES	IT	DK	SE	NO	NL	PL
Hay posibilidades de aplicación en cualquier caso	30%	42%	17%	34%	36%	29%	10%	28%	19%	19%	35%
Hay posibilidades de aplicación parcialmente	40%	36%	27%	34%	51%	53%	29%	29%	35%	46%	46%
No hay posibilidades de aplicación	23%	18%	41%	26%	11%	15%	37%	34%	32%	28%	16%

La estimación de la RA tiende a aumentar tanto con el tamaño de la empresa (véase figura 19) como, también, con los avances ya consumados de la digitalización en la producción (véase figura 20). Tal tenden-

cia apunta, por una parte, a las ventajas de escala que trae consigo la utilización y, por otra, a efectos de la curva del aprendizaje al manejar tecnologías digitales nuevas.

Fig. 19: Posibilidades de aplicación de la realidad aumentada según tamaño de la empresa

Porcentaje de los responsables empresariales encuestados, en %

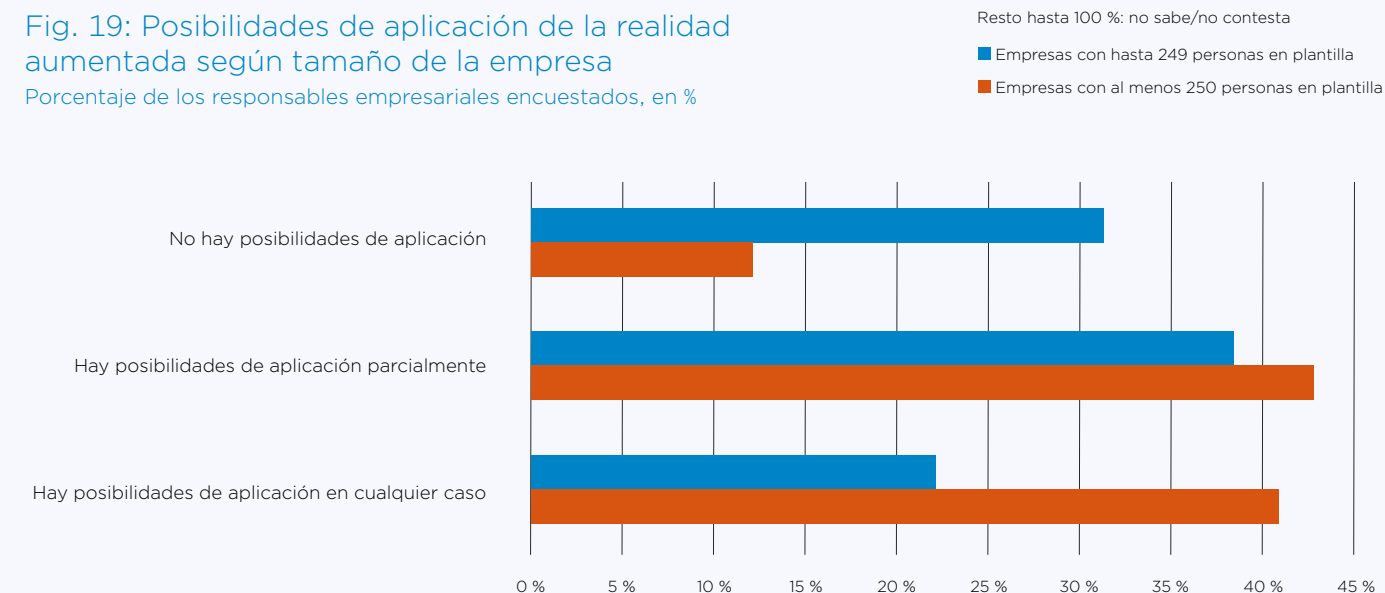
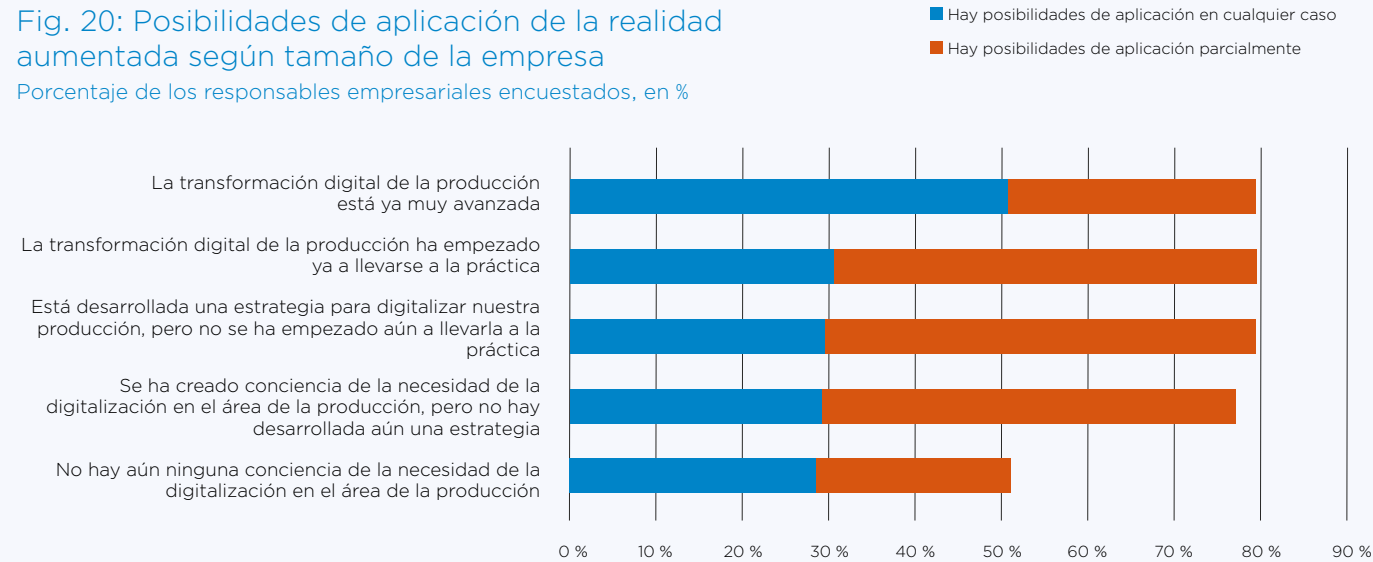


Fig. 20: Posibilidades de aplicación de la realidad aumentada según tamaño de la empresa

Porcentaje de los responsables empresariales encuestados, en %



Como posibilidades principales de aplicación aparecen mencionadas en toda Europa el aseguramiento de la calidad, la prestación de servicios de montaje, mantenimiento y reparación y la optimización de los procesos de fabricación (véase figura 21). Llama la atención que los responsables empresariales fijan prioridades diferentes en los distintos países. Así, en las empresas británicas que, al menos en parte, prevén

para la RA posibilidades de uso en la producción, el primer plano lo ocupan la formación e integración de personal, mientras en Francia encontramos la asistencia remota para contar con ayuda experta sin limitaciones espaciales, en Alemania, España y Suecia la prestación de servicios de montaje, mantenimiento y reparación, y en Italia la optimización de los procesos de fabricación (véase figura 22).

Fig. 21: Ejemplos de aplicación de la realidad aumentada en el área de producción de la propia empresa

Porcentaje de responsables empresariales encuestados que ven en principio posibilidades para aplicar la AR en su producción, en %

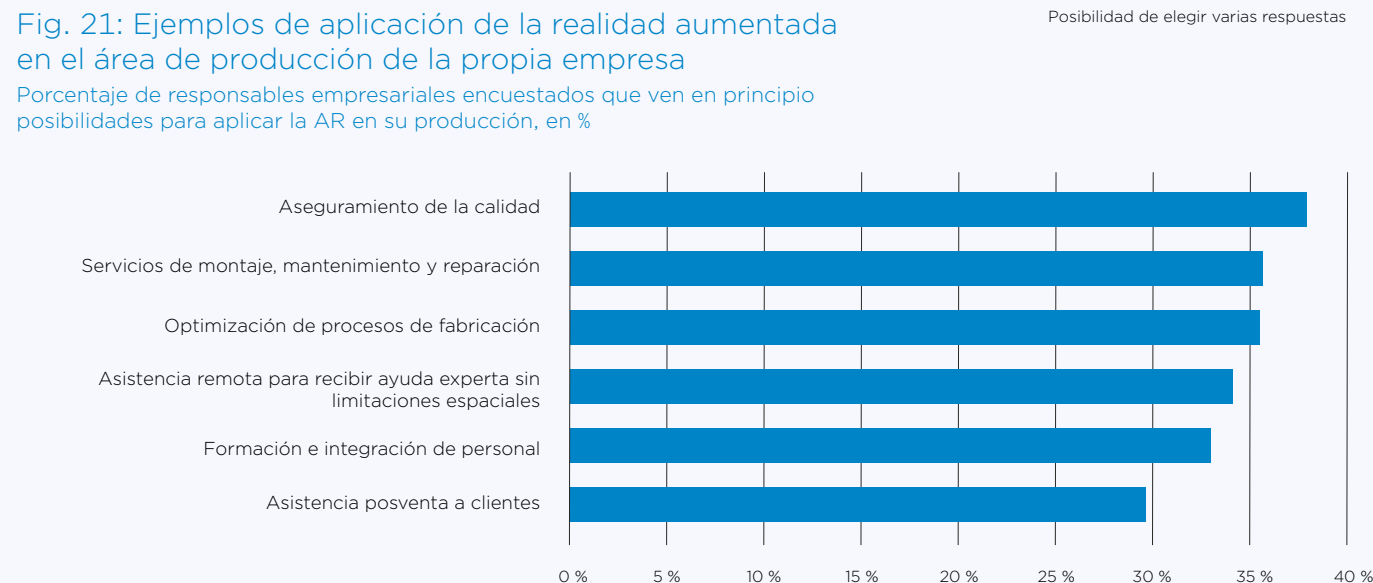


Fig. 22: Posibilidades de aplicación de la realidad aumentada en el área de la fabricación, comparativa por países

Porcentaje de responsables empresariales encuestados que ven en principio posibilidades para aplicar la AR en su producción, en %

Destacado: porcentaje por encima del promedio nacional europeo

	∅	DE	UK	FR	ES	IT	DK	SE	NO	NL	PL
Aseguramiento de la calidad	38 %	39 %	41 %	28 %	33 %	41 %	44 %	37 %	48 %	51 %	41 %
Servicios de montaje, mantenimiento y reparación	36 %	42 %	27 %	31 %	43 %	33 %	29 %	45 %	19 %	24 %	39 %
Optimización de procesos de fabricación	36 %	32 %	20 %	32 %	37 %	42 %	32 %	33 %	26 %	48 %	38 %
Asistencia remota para recibir ayuda experta sin limitaciones espaciales	34 %	35 %	39 %	40 %	36 %	34 %	41 %	31 %	13 %	20 %	32 %
Formación e integración de personal	33 %	34 %	43 %	31 %	33 %	36 %	21 %	33 %	29 %	28 %	35 %
Asistencia posventa a clientes	30 %	24 %	37 %	25 %	23 %	29 %	35 %	39 %	39 %	42 %	35 %

La discrepancia entre las utilidades actuales y previstas de la RA en la producción puede explicarse del modo siguiente: en las circunstancias dadas no todos los usuarios potenciales están todavía convencidos del potencial de negocio; el plus de ingresos de las posibilidades de aplicación probable-

mente no supera (aún) los costes. O puede ocurrir también que las herramientas ofertadas actualmente no estén aún desarrolladas lo suficiente, requieran demasiado asesoramiento y/o no sean lo bastante conocidas debido a opacidades en el mercado.

3.6 Inteligencia artificial: posibilidades de aplicación

En el conjunto de toda Europa, en torno al 73 de los responsables empresariales reconoce el potencial de la inteligencia artificial (IA) para el proceso de fabricación en su empresa (véase figura 23). Con un 88 por

ciento se sitúan en cabeza las personas encuestadas en Polonia, seguidas por España (87 por ciento), Italia (82 por ciento) y Alemania (74 por ciento). Frente a ello, en Dinamarca y en el Reino Unido más de un

Fig. 23: Posibilidades de aplicación de la inteligencia artificial en la producción, comparativa por países

Porcentaje de los responsables empresariales encuestados, en %

Destacado: porcentaje por encima del promedio nacional europeo

	∅	DE	UK	FR	ES	IT	DK	SE	NO	NL	PL
Hay posibilidades de aplicación en cualquier caso	30 %	38 %	24 %	32 %	36 %	34 %	13 %	29 %	16 %	23 %	32 %
Hay posibilidades de aplicación parcialmente	42 %	36 %	25 %	39 %	51 %	48 %	31 %	36 %	39 %	47 %	57 %
No hay posibilidades de aplicación	21 %	22 %	41 %	24 %	9 %	14 %	43 %	25 %	33 %	23 %	9 %

Resto hasta 100 %: no sabe/no contesta

Fig. 24: Posibilidades de aplicación de la inteligencia artificial según tamaño de la empresa

Porcentaje de los responsables empresariales encuestados, en %

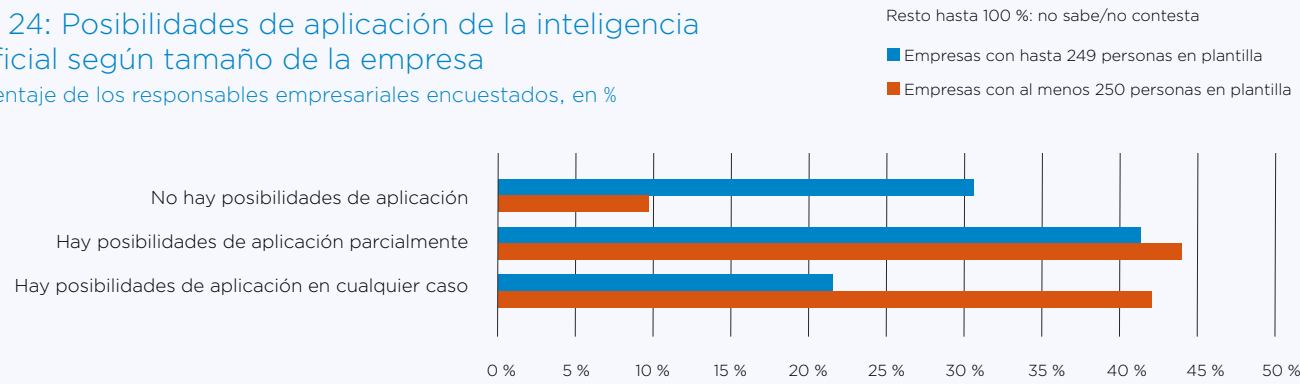


Fig. 25: Posibilidades de aplicación de la inteligencia artificial según tamaño de la empresa

Porcentaje de los responsables empresariales encuestados, en %

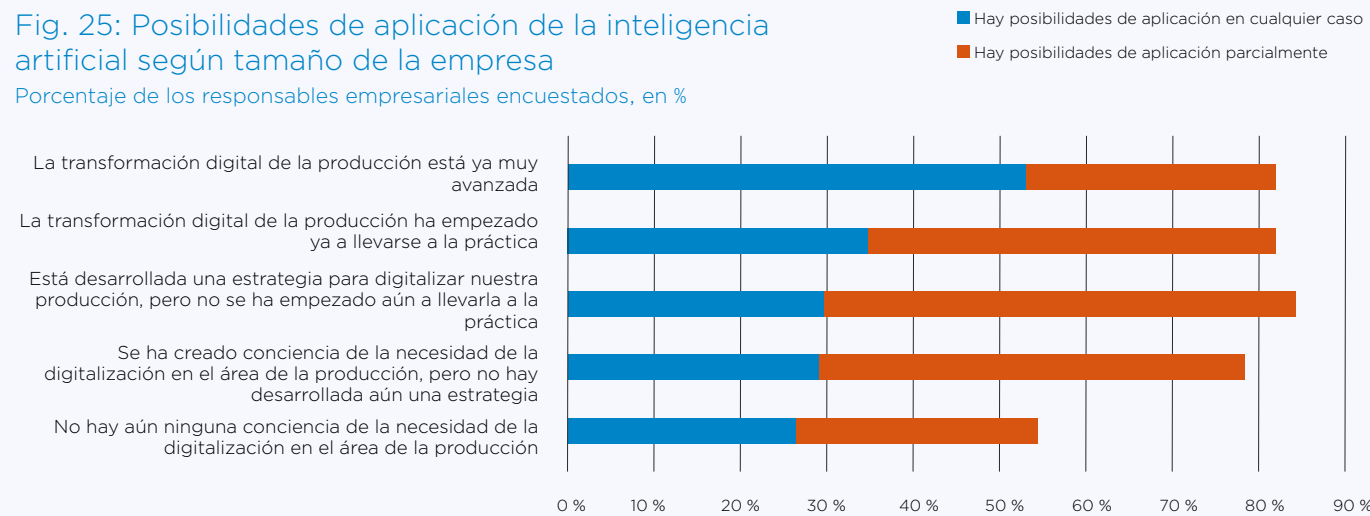
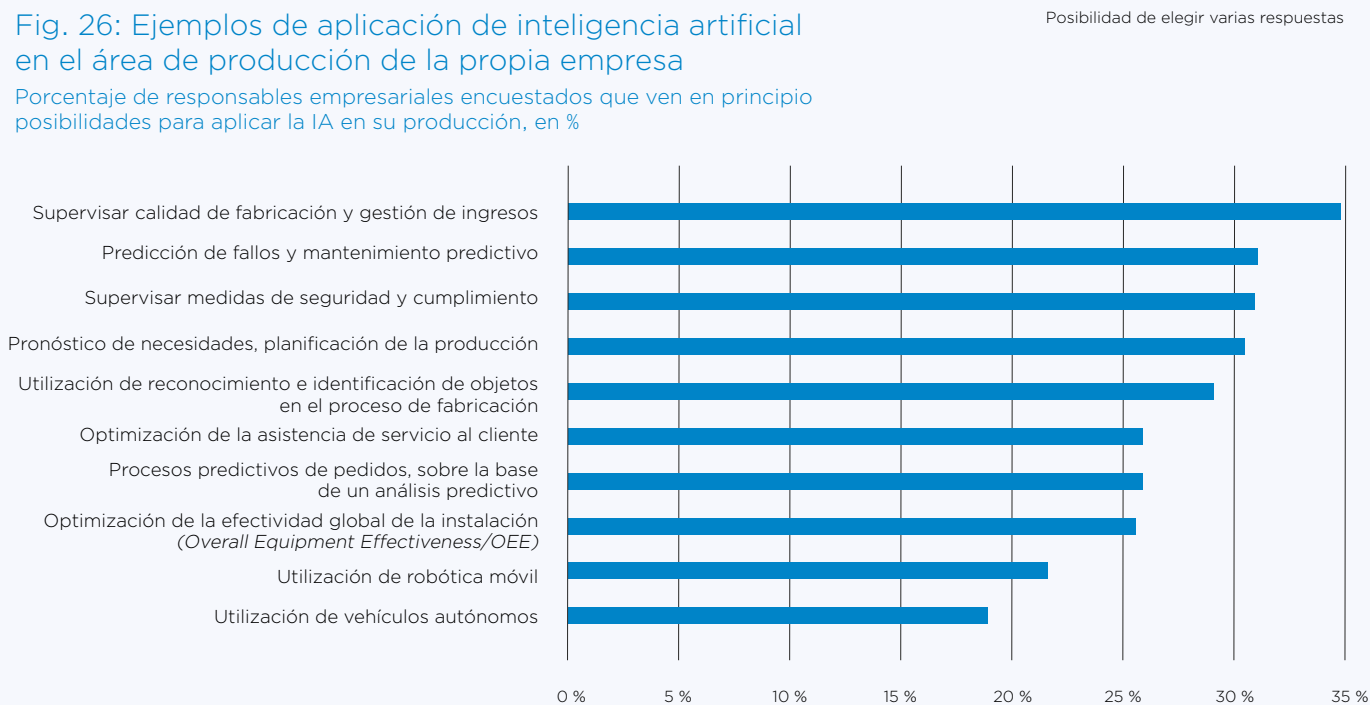


Fig. 26: Ejemplos de aplicación de inteligencia artificial en el área de producción de la propia empresa

Porcentaje de responsables empresariales encuestados que ven en principio posibilidades para aplicar la IA en su producción, en %



40 por ciento respectivamente no concibe ninguna posibilidad de aplicar la IA en su proceso de producción.

La estimación de la IA tiende a aumentar tanto con el tamaño de la empresa (véase figura 24) como, también, con los avances ya consumados de la digitalización en la producción (véase figura 25).

Las empresas con posibilidades para aplicar en su proceso de producción la inteligencia artificial mencionan sobre todo los siguientes campos, en cada caso con valores de aceptación por encima del 30 por ciento: supervisión de calidad de fabricación y gestión de ingresos, predicción de fallos y mantenimiento predictivo, supervisión de medidas de seguridad y cumplimiento, y pronóstico de necesidades y planificación de la producción (véase figura 26).

En la comparación por países, aparecen puntos de interés centrales parcialmente diferentes en cuanto a las posibles aplicaciones de la IA en el proceso productivo. Así, por ejemplo, las empresas italianas y francesas priorizan el pronóstico de necesidades y la planificación de la producción, mientras que en el Reino Unido se alza con el primer puesto la utilización del reconocimiento e identificación de objetos (véase figura 27).

Los algoritmos para IA o en su caso para machine learning (ML) necesitan un volumen enorme de datos operativos. Ante la cuestión de cuál va a ser en el futuro el método preponderante para almacenarlos y procesarlos, más de dos tercios de las empresas europeas eligen una solución *in situ*, o bien en la memoria central (37 por ciento), por ejemplo en el centro de computación propio, o bien en una memoria fron-

Fig. 27: Posibilidades de aplicación de inteligencia artificial en el área de la fabricación, comparativa por países

Posibilidad de elegir varias respuestas. Porcentaje de responsables empresariales encuestados que ven en principio posibilidades para aplicar IA en su producción, en %

Destacado: porcentaje por encima del promedio nacional europeo

	∅	DE	UK	FR	ES	IT	DK	SE	NO	NL	PL
Supervisar calidad de fabricación y gestión de ingresos	35 %	31 %	28 %	29 %	35 %	37 %	42 %	34 %	29 %	49 %	38 %
Predicción de fallos y mantenimiento predictivo	31 %	36 %	31 %	23 %	31 %	35 %	50 %	21 %	19 %	33 %	32 %
Supervisar medidas de seguridad y cumplimiento	31 %	30 %	24 %	28 %	31 %	29 %	29 %	34 %	32 %	38 %	36 %
Pronóstico de necesidades, planificación de la producción	31 %	29 %	31 %	30 %	33 %	37 %	24 %	18 %	32 %	28 %	30 %
Utilización de reconocimiento e identificación de objetos en el proceso de fabricación	29 %	29 %	37 %	28 %	30 %	36 %	24 %	21 %	23 %	25 %	27 %
Optimización de la asistencia de servicio al cliente	26 %	22 %	19 %	23 %	24 %	28 %	37 %	32 %	19 %	30 %	29 %
Procesos predictivos de pedidos, sobre la base de un análisis predictivo	26 %	31 %	28 %	24 %	25 %	28 %	18 %	25 %	29 %	26 %	21 %
Optimización de la efectividad global de la instalación (Overall Equipment Effectiveness/OEE)	26 %	26 %	24 %	28 %	30 %	26 %	29 %	18 %	19 %	20 %	22 %
Utilización de robótica móvil	22 %	17 %	13 %	21 %	22 %	25 %	26 %	18 %	32 %	17 %	26 %
Utilización de vehículos autónomos	19 %	21 %	15 %	19 %	19 %	18 %	18 %	21 %	23 %	20 %	17 %

tera (30 por ciento). Tan solo las personas responsables de Dinamarca, con un 32 por ciento, prefieren apostar por la nube o el almacenamiento fuera de la empresa (véase figura 28).

Fig. 28: Almacenamiento y procesamiento de datos operativos para ser usados en el futuro en algoritmos de IA/ML

Porcentaje de los responsables empresariales encuestados, en %

	∅	DE	UK	FR	ES	IT	DK	SE	NO	NL	PL
Almacenaje local en frontera (directamente en los dispositivos o en un servidor frontera)	30 %	39 %	15 %	34 %	41 %	33 %	15 %	22 %	25 %	25 %	26 %
Almacenaje local central (centro de computación propio, sala de servidores)	37 %	43 %	26 %	32 %	44 %	36 %	24 %	31 %	40 %	32 %	51 %
En la nube/Fuera de la empresa	19 %	9 %	21 %	20 %	10 %	20 %	32 %	24 %	19 %	32 %	15 %

Resto hasta 100 %: no sabe/no contesta

3.7 Cambio en los procesos

Aunque en la transformación digital de la producción la atención está centrada sin duda en la implementación de tecnologías digitales, sus finalidades en cualquier caso van más allá de la mera utilización de aplicaciones nuevas. En efecto, aquí también cambian tanto los procedimientos laborales del personal como los procesos productivos en conjunto. La situación trae consigo asimismo una combinación nueva o reajustada de requisitos de cualificación para el personal activo en el área de la producción.

En torno al 77 por ciento de las empresas espera que, en el marco de la transformación digital de la producción, las competencias informáticas y las *soft skills* van a tener cada vez más importancia para quienes trabajan directamente en este campo (véase figura 29). Valores de aceptación casi igual de altos obtienen las afirmaciones de que en el futuro el personal va a trabajar cada

vez más «codo con codo» con máquinas y robots (75 por ciento) y de que es probable que ejecute por sí mismo los procesos en menor medida, ocupándose más bien de controlarlos y supervisarlos (74 por ciento). En cierta contradicción con ello aparece la expectativa de que tampoco va a cambiar tanto la situación para la mayor parte del personal en las fábricas; así lo manifiesta hasta un 61 por ciento de las personas con responsabilidad en empresas europeas.

Por lo que puede apreciarse, el sector patronal percibe sin duda el cambio en los procesos condicionado por la digitalización, pero parte de que la mayoría de la plantilla puede solventarlo sin demasiado esfuerzo de adaptación.

Fig. 29: Almacenamiento y procesamiento de datos operativos para ser usados en el futuro en algoritmos de IA/ML

Porcentaje de responsables empresariales encuestados (más bien) de acuerdo con la afirmación respectiva, en %

Destacado: porcentaje por encima del promedio nacional europeo

	∅	DE	UK	FR	ES	IT	DK	SE	NO	NL	PL
Competencias informáticas y <i>soft skills</i> van a ser cada vez más importantes para el personal de fabricación.	77 %	80 %	66 %	77 %	79 %	78 %	72 %	67 %	79 %	78 %	79 %
En el futuro el personal trabajará más «codo con codo» con máquinas y robots.	75 %	79 %	64 %	76 %	75 %	80 %	68 %	65 %	77 %	76 %	82 %
En el futuro, es verosímil que el personal no ejecute directamente procesos de fabricación, sino que los controle y supervise.	74 %	76 %	59 %	76 %	80 %	77 %	56 %	62 %	68 %	79 %	81 %
Bajo la idea «Industria 4.0» estamos dando en nuestra empresa a los procesos de la producción una organización completamente nueva.	64 %	69 %	42 %	70 %	73 %	76 %	32 %	40 %	63 %	55 %	78 %
Para la mayoría del personal de fabricación no va a cambiar demasiado.	61 %	63 %	47 %	61 %	70 %	65 %	40 %	48 %	53 %	65 %	72 %
Destrezas manuales y conocimientos técnicos van a ser cada vez menos importantes para el personal de fabricación.	60 %	67 %	40 %	62 %	76 %	64 %	38 %	44 %	53 %	58 %	65 %

3.8 Interpretación de los resultados

En la encuesta sobre la Industria 4.0 –como ocurría ya en el estudio sobre Logística 4.0– se comprueba que los avances de la transformación digital en el área de la producción de las empresas encuestadas muestran un gran margen de variabilidad.

Aquí, en la transformación podría estar influyendo más de lo que parece qué desafíos se identifican como tales. Muy probablemente, el esfuerzo en tiempo y costes va a amortiguar el avance de la transformación en las empresas con poca potencia financiera.

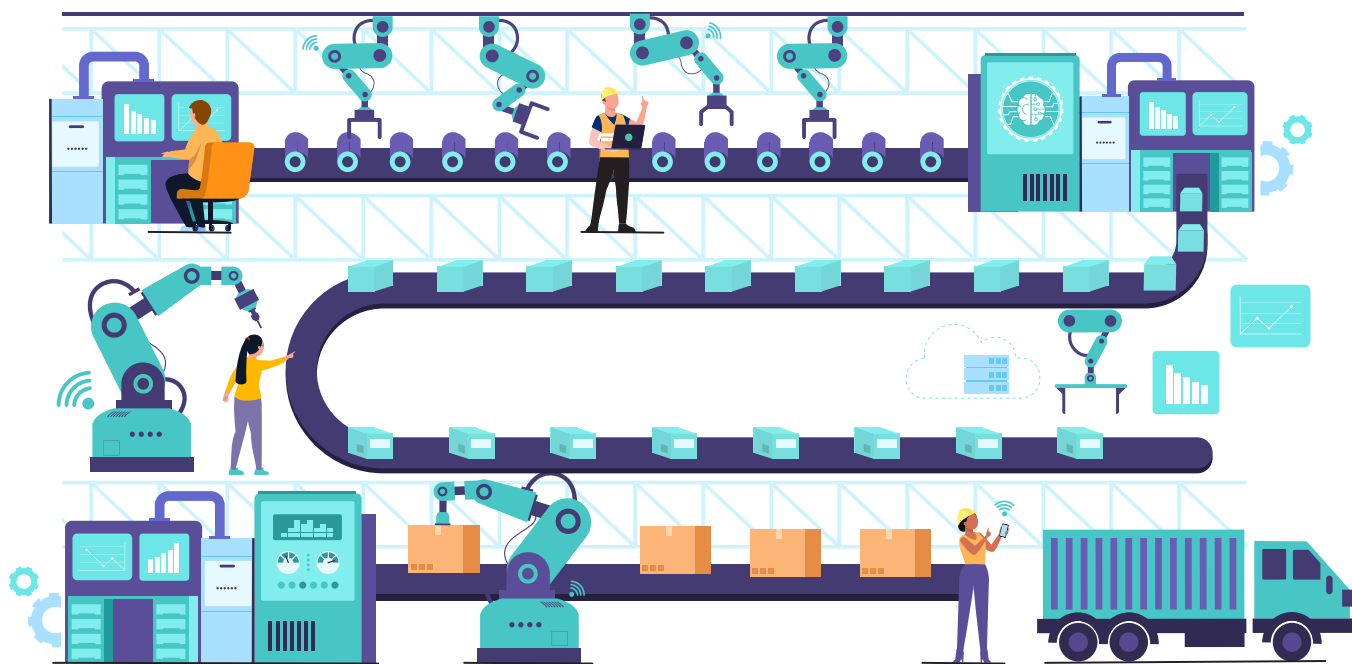
En las tres aplicaciones que hemos estudiado más de cerca se muestra lo siguiente: en términos totales, la proporción de empresas que ya están utilizando en su proceso de producción el Internet de las cosas, la reali-

dad aumentada o la inteligencia artificial es menor que la de empresas que en principio conciben posibilidades para aplicar dichas tecnologías. Por lo tanto, el mercado sigue encontrándose en su fase expansiva.

En las circunstancias dadas, algunas empresas no están convencidas de los beneficios económicos de las herramientas disponibles en el mercado, pese a ser en principio receptivas respecto a la utilización de tecnologías digitales en su proceso de producción. Las expectativas puestas en la transformación digital son especialmente elevadas en Polonia, Italia y España, mientras que en el Reino Unido y en los países escandinavos (Dinamarca, Suecia, Noruega) la tendencia muestra que queda por hacer una labor de convicción más intensa.

Además, aparecen diferencias notorias en referencia al tamaño de la empresa: así, las empresas de más tamaño, a partir de 250 personas en plantilla, perciben posibilidades para aplicar IoT, RA o IA en más medida que las empresas pequeñas y medianas. La razón de ello podría hallarse en que junto con el tamaño empresarial tiende también a aumentar la relevancia y el grado de complejidad de los procesos de fabricación. Pues, aunque la producción también tenga su importancia para las empresas pequeñas y medianas encuestadas, es quizá más fácil de abarcar en una imagen clara y tiene menos complejidad que en las grandes empresas.

Que el valor otorgado a las ventajas de las aplicaciones digitales muestre también la tendencia a incrementarse junto con los avances de la transformación digital en la propia empresa podría estar señalando a efectos de la curva del aprendizaje: cuanto más experiencia con las nuevas tecnologías, tanto más se valora la utilidad potencial que pueden añadir. Lo mismo podría también aplicarse en general a la transformación digital de la producción.



4 Ejemplos tomados de la práctica

Muchas son las empresas que tienen implementadas ya aplicaciones para la Industria 4.0 con diferentes alcances. Están siendo utilizadas, en efecto, tecnologías como la inteligencia artificial o la realidad aumentada. Cómo funcionan en concreto tales aplicaciones es un punto que nos lo aclaran los siguientes ejemplos tomados de la práctica.

AGCO/Fendt

AGCO, empresa de tecnología agrícola, ha implantado una nueva infraestructura digital en su planta de Asbach-Bäumenheim, donde se fabrican cabinas y capotas de la marca Fendt para todos los vehículos agrícolas de su grupo empresarial. De este modo, por ejemplo, el proceso digital de calidad queda asegurado mediante el uso de tablets y la instalación de pantallas en el puesto de trabajo. En vez de formularios se utiliza ahora una app fácil de manejar para móvil. Cuando el personal detecta un fallo, lo fotografía con el móvil; el fallo queda documentado, se le da la clasificación que corresponda y es enviado directamente al área causante. Soluciones digitales como esta mejoran la labor de documentación, a la vez que permiten una configuración flexible del proceso en caso de modificaciones en el producto.

Otro elemento esencial de la planta es una planificación digital integral y su simulación mediante un gemelo digital. Basada en modelos 3D de las instalaciones, dotación

y productos, emplea una aplicación de RV para simular procesos de trabajo. Además, un sistema troncal MES (Manufacturing Execution System) se ocupa de gestionar los datos en todo momento, de modo que todo el personal de la planta acceda a la misma fuente de información unificada. Se evita así el almacenamiento de datos redundantes. Como la maquinaria y los sistemas que fabrica AGCO tienen como objetivo principal un uso flexible, muchos tractores de Fendt son ejemplares únicos configurados por el cliente. Para hacerlo posible, se emplea en la planta un sistema de montaje de alta flexibilidad, que permite que todas las series y modelos de tractores puedan fabricarse en variantes de equipamiento distintas y, así, se pueda dar una respuesta rápida y flexible a lo que exija el mercado en cada momento.

La planta se encarga también de pintar piezas que han sido montadas en otras plantas del grupo AGCO. A fin de minimizar errores humanos y, en consecuencia, el descarte de productos fabricados, la planta está equipada con una instalación de pintado inteligente. Para evitar mezclas de colores equivocadas o confusiones entre pinturas en polvo y líquidas, ya durante la misma recepción de las piezas se escanea el encargo y el número de piezas correspondiente, que el personal visualiza mediante gafas de datos. A través de una interfaz, los datos son transmitidos al control de instalaciones «FendtView», que es propiedad de la empresa.

El control, siguiendo reglas, revisa el número de programa y el color para impedir posibles errores, como podría ser mezclar dos colores en un mismo proceso de pintado.

BASF

El grupo químico BASF utiliza mantenimiento preventivo para, por ejemplo, predecir el estado funcional de sus equipos. Mediante sensores se recogen datos en tiempo real sobre estados operativos, que a continuación se analizan con un software especial. El objetivo es predecir el momento óptimo para medidas de puesta a punto, con el fin de reducir reparaciones y paradas no planificadas y optimizar la armonización de los procesos de mantenimiento y producción.

Además, BASF pretende interconectar sus cadenas de suministro internas con las de sus clientes, a fin de incrementar la fiabilidad de las entregas y reducir costes a lo largo de toda la cadena de suministro. Los clientes aportan por vía digital información específica sobre los suministros que precisan. Por su parte, BASF evalúa en una plataforma digital datos mundiales de transporte y los vincula con, por ejemplo, predicciones meteorológicas y otras noticias. De este modo puede responder con más rapidez a acontecimientos que afectan a la cadena de suministro, reduciendo los retrasos.

En su área Investigación, BASF ha creado un laboratorio digital. Allí recurre a dispositivos inteligentes capaces de realizar mediciones de manera autónoma que a continuación documentan automáticamente los datos. A través de una nube pueden com-

partirse entonces con otros dispositivos.

El proyecto «Kraftwerk 4.0» optimiza la producción de energía de la planta central de BASF en Ludwigshafen; se trata de la mayor área química continua del mundo y dispone de tres plantas propias de energía. Las necesidades energéticas del complejo corresponden más o menos a las necesidades para el consumo privado de Suiza. La generación de energía, por tanto, debe efectuarse con las menores capacidades de reserva que sea posible. En cualquier caso, para poder planificar mejor las compras adicionales de energía, se procedió a automatizar el pronóstico de necesidades -tanto para la producción como para la compra adicional-, reconfigurándolo mediante una herramienta de análisis basada en macrodatos que toma en consideración el historial de la demanda, los datos meteorológicos y los precios actualizados de la energía. Así pues, tan pronto se inicia una nueva operación con algún cliente, se calculan las nuevas demandas para las plantas energéticas. Con este método se ha logrado incrementar la exactitud del pronóstico desde un punto entre el 70 y el 80 por ciento hasta el 95 por ciento.

Desde hace unos años, BASF posee además un superordenador denominado «Curiosity», con el que lleva a cabo diversas simulaciones para optimizar productos y para generar innovaciones. De este modo se puede, por ejemplo, calcular las interacciones de productos fitosanitarios con el suelo y su penetración en las aguas subterráneas. Se trata de simulaciones medioambientales complejas que las autoridades requieren para el registro de productos fitosanitarios,

y que ahora pueden calcularse en horas y no en años.

Benzinger

La empresa Benzinger es un fabricante de tornos y fresadoras, utilizados principalmente en los sectores óptica, mecánica de precisión, tecnología médica, dental, electrónica y sistemas de control, tecnología de fluidos y de almacenaje y en los proveedores de la industria automovilística, viajes aéreos y espaciales, y en relojería y joyería. La empresa ofrece todo lo necesario en un solo paquete: desde la labor de ingeniería, la construcción e instalación de las máquinas herramienta en instalaciones específicas del cliente, hasta el servicio posventa.

La mayor parte de sus máquinas, dotadas de vida útil larga, no estaba diseñada para acceder a Internet cuando fue entregada, por lo que no es susceptible sin más de ser empleada en el campo de la Industria 4.0. Como respuesta a ello, Benzinger puso en marcha un programa de modernización a

fin de incorporar en los tornos y fresadoras que ya estaban entregados comunicación hombre-máquina, interconexión digital en red y controles inteligentes. Ahora, un «Smart Panel» permite a los clientes acceder desde cualquier lugar y con seguridad a sus documentos (planos, documentación de las máquinas, plan de equipamiento, etc.), les recuerda tareas de mantenimiento pendientes y facilita también tanto al fabricante como a asociados de servicio técnico un acceso limitado y administrable al control de la máquina.

Con ello, Benzinger, mediante más eficiencia y tiempos de respuesta más rápidos, ha mejorado el mantenimiento de una maquinaria que ya era antigua. Antes, en caso necesario había que montar una laboriosa conexión a Internet a través de un portátil externo. Ahora ya no hace falta gracias al módulo IoT incorporado. Es una herramienta apta para el 70 de los equipamientos existentes de este fabricante. En cuanto a casi todos sus clientes habituales, obtienen también la posibilidad de incrementar



notoriamente su propia eficiencia. La razón está en que la digitalización de la maquinaria antigua permite también subsanar errores con rapidez y prontitud, sin que sea necesario cambiar el parque disponible. El módulo, por otra parte, no requiere línea fija de Internet, sino que la conexión se activa a través de un canal seguro encapsulado y solamente mientras dure la sesión de mantenimiento remoto. Por si no fuera suficiente así, la RA permite guiar a clientes lejanos a través de la reparación. Al ofrecer estas posibilidades, Benzinger no solo está introduciendo nuevos modelos de servicio técnico, sino que incrementa la satisfacción de los clientes y refuerza su fidelidad con una oferta posventa completamente orientada al cliente.

Bosch

Hace ya unos 20 años, la empresa tecnológica Bosch introdujo su propio «Bosch Production System» (BPS). El BPS es escalable, con lo que resulta apto para volúmenes de fabricación pequeños o grandes. Su objetivo es incrementar la creación de valor y evitar el despilfarro. La finalidad puede ahora alcanzarse aún mejor al combinar el BPS con tecnologías Industria 4.0. Las aplicaciones de la Industria 4.0, en efecto, permiten captar datos de procesos hasta el mínimo detalle. Tanto las divergencias respecto al valor nominal como los potenciales de optimización se detectan rápidamente. La base para ello es un desarrollo propio, el Nexeed Industrial Application System.

Basándose en Nexeed, la filial de Bosch BSH Hausgeräte GmbH puede supervisar y optimizar fácilmente la producción. El soft-

ware recoge datos de las distintas máquinas y asume una labor de armonización. Si los valores de temperatura o presión divergen respecto a la norma, se informa automáticamente a un empleado, que puede iniciar las medidas correspondientes. Así se mitiga tiempos de parada, interrupciones en la producción y los daños subsiguientes.

En su planta de Bamberg y en las plantas asociadas en otros países, Bosch ha automatizado por completo las líneas de fabricación de componentes para motores de gasolina y gasóleo y para pilas de combustible, y las ha equipado con el Nexeed Manufacturing Execution System. De este modo se hace posible cotejar datos de las líneas en toda la red de fabricación, en todas las plantas y países, y llevar a cabo las mejoras que correspondan. El sistema cuenta con información sobre el estado y la capacidad funcional de todos los componentes fabricados. Cuando, una vez concluida la respectiva fase de producción, un producto queda por debajo o por encima del límite de tolerancia establecido, la aplicación dispara una alarma. La información está disponible para el personal en todas las plantas de la red de fabricación. De este modo, al surgir algún problema en alguna planta se puede saber si ha habido antes problemas similares en esa planta o en otra. En caso afirmativo, el personal comprueba cómo lo resolvieron sus compañeros, ahorrándose así tiempo a la hora de subsanarlo. Un sistema similar al de las plantas de Homberg, Feuerbach y Bamberg es el que ha introducido Bosch en su red de fabricación de sistemas reguladores de frenado ABS/ESP, compuesta por once emplazamientos en todo el mundo y dirigida desde la planta

central de Blaichach. La productividad de estas instalaciones lleva así incrementándose desde 2012 en más del 20 por ciento anual.

Asimismo Bosch, tratándose de una empresa fabril con gran necesidad de energía, intenta cumplir las exigencias para una producción compatible con el clima y sostenible y repensar su gestión energética. Dentro de esta estrategia para la sostenibilidad, la empresa ha desarrollado su Energy Efficiency Toolbox, que muestra todos los campos relevantes para la fabricación, ofreciendo así una especie de mapa de la demanda y el consumo energéticos para lograr una gestión eficiente de la energía. La Energy Efficiency Toolbox es una amalgama de métodos de diagnóstico que muestra potenciales de optimización y cómo incrementar la eficiencia energética. En la Toolbox están recogidos datos de 1.200 proyectos de distintas plantas de Bosch, y sobre esa base se realizan los cálculos. La recogida de datos se efectúa mediante la instalación de sensores y módulos de comunicación en las instalaciones; los datos sobre energía son enviados directamente a sistemas informáticos de rango superior. Allí son vinculados a las distintas fases de proceso y productos. El resultado son unas cifras clave que indican necesidades de actuación y posibilidades de optimización. Para ello se utiliza un software inteligente de gestión energética. Gracias al empleo de la Energy Efficiency Toolbox, Bosch alcanzó en el año 2020 la neutralidad de CO₂ en el conjunto de la empresa con sus más de 400 instalaciones en todo el mundo.

Claas

El fabricante de maquinaria agrícola Claas ha creado en su planta en la localidad francesa de Le Mans los requisitos para fabricar tractores cada vez más complejos y, pese a ello, configurables de manera individualizada. Para tal fin, hubo que replantear muchos procesos complejos en la línea de producción. Al planificar la planta, el uso de la RV permitió observar digitalmente cómo se desarrollaban los procesos, incluso con modelos de tractor que no se han llegado aún a fabricar. Para automatizar la producción fue esencial la introducción de los denominados Automated Guided Vehicles (AGV). Se trata de vehículos portantes autónomos que se encargan de transportar a todas las estaciones de montaje los tractores que están en producción, de manera automática y sin conductor. En la planta se encuentran en funcionamiento 40 AGV, capaces de mover una carga de hasta 20 toneladas. Además, mediante la nueva infraestructura de logística se hizo más espaciosa todas las plazas de montaje y, con ello, menos susceptibles a errores, pues se pone en la cinta transportadora solamente las piezas que van a necesitarse de inmediato. De este modo, la capacidad productiva del conjunto de la planta se incrementó en torno a un 30 por ciento.

Ford

El fabricante automovilístico Ford está introduciendo soluciones mediante RA para el mantenimiento y la reparación de sus vehículos; con ellas presta asistencia a los mecánicos dentro de su red municipal de concesionarios. Los mecánicos cuentan

así con la ayuda de un empleado del Technical Assistance Center (TAC) de Ford, un equipo de expertos centralizado que colabora en todo el mundo en el diagnóstico de fallos con todo el personal técnico de los concesionarios de Ford y Lincoln. A través de llamadas de vídeo bidireccionales con gafas inteligentes, los especialistas del TAC pueden ver exactamente lo mismo que el mecánico local. El personal del TAC puede así prestar ayuda muy concreta, señalando sus indicaciones en tiempo real directamente en el campo visual del mecánico. Las indicaciones se realizan, por ejemplo, mediante comentarios en pantalla y marcas en la imagen en directo o en manuales e instrucciones de reparación. Por lo demás, los especialistas tienen también la opción de compartir su propia pantalla con los mecánicos y grabar la sesión de cara a la garantía de calidad. El empleo de esta solución mediante RA ayuda a Ford a subsanar fallos con más rapidez, lo cual a su vez influye positivamente en la promesa de servicio posventa que Fords hace a sus clientes.

Leitner

La empresa Leitner es un líder mundial en el desarrollo y construcción de instalaciones de transporte funicular. Actuando como parte del grupo empresarial High Technology Industries (HTI), construye funiculares no solo en montañas, sino también en poblaciones.

Para lograr la rentabilidad, Leitner apuesta por las innovaciones. Este enfoque influye tanto en los productos propios como en los procesos. Así, por ejemplo, los polos para rotor, utilizados profusamente en el sistema

de tracción funicular, se fabrican de modo completamente automatizado por medio de robots dentro de una unidad de producción. En ella, el robot asume todos y cada una de las 20 fases de la fabricación, tarea en la que es supervisado mediante procesamiento de imágenes -con la ayuda de cámaras de alta resolución-. Los sensores utilizados recogen y evalúan, por ejemplo, dimensiones tales como anchura y altura. Si hay divergencia respecto a las tolerancias admisibles, los polos afectados son declarados fallidos y un sistema automatizado los retira del proceso de fabricación.

Los funiculares de Leitner tienen alta complejidad técnica. Para que el cliente tenga el menor gasto posible en el mantenimiento periódico y en las reparaciones, Leitner recurre a soluciones de mantenimiento remoto basadas en RA. Desde su central de servicio técnico en Sterzing, unos 100 técnicos expertos prestan atención remota a los más de 2.500 funiculares repartidos por todo el mundo. Los expertos se conectan de inmediato con el equipamiento afectado, pudiendo así comprobar rápidamente causas de fallos típicas y, en su caso, ajustar las configuraciones. De este modo, los clientes -da igual su localización- tienen disponible la asistencia todo el año las 24 horas del día.

Por otra parte, el personal del cliente puede también hacer marcas y dibujos *in situ* mediante RA para ayudar a los especialistas de Leitner, tan lejanos. En el proceso, los ordenadores de Leitner están conectados con los móviles locales, de modo que el especialista ve la instalación con la misma imagen que el técnico del funicular. Es frecuente que en esta operación ni siquiera sea

necesario detener el funicular. Las barreras lingüísticas no tienen aquí la menor importancia. En caso necesario, tras esta primera consulta inmediata de reparación puede concertarse también una cita personal de servicio técnico.

thyssenkrupp

En sus diversas áreas de negocio, la empresa thyssenkrupp tiene en funcionamiento toda una serie de soluciones que pueden clasificarse dentro del término clave Industria 4.0. Así, por ejemplo, thyssenkrupp ha digitalizado la producción de su planta en Hohenlimburg, donde están interconectados en red los procesos de los proveedores, la planta y los clientes. La producción de material previo en las instalaciones del proveedor se controla remotamente, de manera que ya con el material previo resulte posible tener en cuenta si el cliente desea fechas de entrega a corto plazo. A la inversa, la interconexión en tiempo real permite también a los clientes intervenir en la producción en la planta, fijando por sí mismos en el sistema informático cuándo debe fabricarse su encargo. Además, pueden decidirse cambios hasta poco antes de empezar la fabricación. Para este fin, thyssenkrupp ha desarrollado una app propia a través de la cual los clientes hacen sus pedidos, pudiendo especificarlos más hasta poco antes de empezar la fabricación. Esta interconexión ha permitido, por ejemplo, reducir los costes de almacenaje.

Para la producción de árboles de levas en la planta de Ilsenburg, Thyssenkrupp ha empleado aplicaciones de la Industria 4.0 como escáneres de código de barras o de

código de matriz y lectores RFID; con su ayuda mezcla el mundo físico con las redes de datos situadas en el ciberespacio, generando así un «sistema ciber-físico» con el fin de crear una fábrica inteligente. En el proceso, los árboles de levas y los equipamientos para producirlos se encuentran en intercomunicación permanente. Cada árbol recibe una identidad propia y tiene que presentarse con ella en cada máquina por la que pase. De este modo, la instalación sabe si el producto tiene el estado correcto y está autorizado su montaje en ella o, por ejemplo, falta una fase previa del proceso.

A través de una plataforma del IIoT que es un desarrollo escalable propio, Thyssenkrupp Material Services permite la intercomunicación entre maquinaria de los fabricantes y generaciones más diversos, haciendo así posibles aplicaciones como puede ser el mantenimiento predictivo. El objetivo es automatizar procesos y darles una configuración más eficiente a lo largo de la cadena de suministro entera. La plataforma posibilita tanto el intercambio de datos y la intercomunicación entre las máquinas entre sí, como también entre ellas y los sistemas informáticos. Por esta vía se puede planificar de manera óptima y flexible procedimientos entre distintos emplazamientos repartidos por todo el mundo, así como armonizarlos entre sí. Además, la plataforma permite un análisis de los datos ya que no se limita a recopilarlos, sino que también los analiza y los deja en condiciones de ser consultados.

4 Conclusión

Diez años lleva ya hoy la Industria 4.0 definiendo la actividad manufacturera. En este tiempo, muchas empresas han impulsado la transformación digital de su producción. Cuál es el resultado puede apreciarse en los ejemplos tomados de la práctica que se exponen en el presente estudio. Las empresas, al digitalizar sus procesos de producción, experimentan, por ejemplo, un incremento de la productividad y la eficiencia, así como una reducción de costes. Esas son también las ventajas que resultan especialmente importantes en opinión de las empresas según nuestra encuesta a 1.452 personas con capacidad de decisión de diez países europeos.

Al mismo tiempo, en todo caso, la encuesta revela asimismo que la Industria 4.0 sigue arrojando una imagen muy heterogénea si contemplamos todo el panorama empresarial en el que se ha realizado la encuesta. Junto a ejemplos pioneros, coexisten empresas que se hallan aún totalmente al comienzo de la transformación digital. En estos casos rezagados, sigue faltando incluso en ciertas circunstancias una conciencia de la importancia de la Industria 4.0, o bien el esfuerzo en tiempo o en financiación –tal es, según declaraciones propias, el mayor desafío –les parece (todavía) demasiado alto.

Pero, por más que muchas empresas estén remisas aún, no van a poder pasar por alto durante mucho tiempo la transformación digital de la producción si es que quieren mantenerse con éxito en el mercado. La Industria 4.0 es una de las claves para conservar a largo plazo la capacidad competitiva. Es la única manera de que las empresas sigan teniendo también en el futuro procesos de producción que, además de rentables y sostenibles, se adapten de modo óptimo a las exigencias de los clientes.

Más allá de ello, la cuestión es también tener en cuenta que la Industria 4.0 hace referencia a todas las cadenas de creación de valor en la producción de bienes.

Pero se trata aquí de cadenas que son interempresariales en múltiples aspectos. Por ello, la transformación digital de tan solo algunos eslabones de la cadena de creación del valor no basta para hacer realidad por completo los potenciales de la Industria 4.0. En la práctica, para las empresas que no implementen la transformación digital de su producción esto significa que, en circunstancias determinadas, no podrán por ejemplo formar parte de la cadena de creación del valor como proveedores, ya que se habría vuelto imposible su incorporación a los procesos interconectados en red de las demás empresas asociadas.



Handelsblatt
RESEARCH INSTITUTE

El **Handelsblatt Research Institute (HRI)** es una entidad de estudios independiente, que forma parte del Handelsblatt Media Group. Elabora estudios científicos por encargo de clientes tales como empresas, inversores, asociaciones, fundaciones y organismos estatales. Para ello, elabora sus resultados combinando la competencia científica de un equipo formado por 30 economistas, científicos/as sociales y naturales e historiadores/as con formación periodística.

Trabaja en colaboración con una red de asociados/as y especialistas. Además, el Handelsblatt Research Institute ofrece servicios de *desk research*, análisis de empresas competidoras y prospección de mercados.

Idea, labor de investigación, diseño:
Handelsblatt Research Institute
Toulouser Allee 27
40211 Düsseldorf
www.handelsblatt-research.com

Autores: Dennis Huchzermeier, Dr. Sven Jung, Dr. Frank Christian May, Thomas Schmitt
Maquetación: Isabel Rösler, Ilka Schlegtendal

Düsseldorf, marzo 2022

Fuente de los gráficos: Freepik