



Industria 4.0 y transformación digital: nuevas formas de organización del trabajo

Juan Antonio Torrecilla García

*Profesor de Organización de Empresas.
Escuela de Ingenierías Industriales. Universidad de Málaga*

Carmen Pardo Ferreira

*Profesora de Organización de Empresas.
Escuela de Ingenierías Industriales. Universidad de Málaga*

Juan Carlos Rubio Romero

*Catedrático de Organización de Empresas.
Escuela de Ingenierías Industriales. Universidad de Málaga*

Extracto

La denominada Cuarta Revolución Industrial exige profundos cambios en las organizaciones empresariales para su permanencia en el mercado. Dada la confluencia de las numerosas tecnologías que supone la Industria 4.0, el proceso es complejo y afecta de lleno a la organización del trabajo. Ello supone la aparición de nuevos perfiles profesionales y la eliminación de otros, como consecuencia de las nuevas formas de organización del trabajo. Probablemente se reducirán los trabajos de tipo manual, aunque aparecerán nuevos perfiles de alta cualificación, incrementándose el trabajo colaborativo, la flexibilidad en el tiempo de trabajo, la participación y la transparencia de los resultados del trabajo individual, aunque también es posible una mayor precarización de ciertos puestos de trabajo, como está sucediendo especialmente en el caso de la *gig-economy*. Estas nuevas formas de organización del trabajo suponen afrontar el reto de anticiparse a las posibles situaciones de riesgos que permitan tomar las medidas preventivas oportunas.

Palabras clave: Industria 4.0; digitalización; organización del trabajo; seguridad y salud laboral.

Fecha de entrada: 14-05-2019 / Fecha de aceptación: 14-05-2019

Cómo citar: Torrecilla, J. A., Pardo, C. y Rubio, J. C. (2019). Industria 4.0 y transformación digital: nuevas formas de organización del trabajo. *Revista de Trabajo y Seguridad Social. CEF, número extraordinario 2019*, 27-54.



Industry 4.0 and digital transformation: new forms of work organization

Juan Antonio Torrecilla García

Carmen Pardo Ferreira

Juan Carlos Rubio Romero

Abstract

The Fourth Industrial Revolution requires profound changes in business models and organizations in order to ensure their stay on the market. However, due to the confluence of the numerous technologies in the Industry 4.0, the transformation process is complex and concerns the change in the work organization. This entails the emergence of new job profiles and the elimination of others resulting from the new forms of work organization. Probably manual works will be reduced, although new highly qualified profiles will appear, increasing collaborative work, flexibility in working time, participation and transparency in the results of individual work, although a greater proletarianization of the work is also possible in certain jobs, as is happening especially in the case of the gig-economy. From the perspective of the occupational risks prevention, these new forms of work organization involve the search for the best way to face the challenge that poses the anticipating the possible risk situations and taking the appropriate preventive actions.

Keywords: Industry 4.0; digitization; work organization; occupational health & safety.

Citation: Torrecilla, J. A., Pardo, C. y Rubio, J. C. (2019). Industry 4.0 and digital transformation: new forms of work organization. *Revista de Trabajo y Seguridad Social. CEF, extraordinary number 2019*, 27-54.





Sumario

1. Industria 4.0
 2. Transformación digital
 3. La Cuarta Revolución Industrial y su impacto en la organización del trabajo en la economía digital
 4. Algunas reflexiones sobre la seguridad y salud laboral y la Industria 4.0
 5. Conclusiones
- Referencias bibliográficas

1. Industria 4.0

El tejido empresarial vive unos momentos de intenso cambio, de profunda transformación debida no solo a motivos coyunturales, sino a motivos estructurales como la globalización de los mercados, la evolución tecnológica y, especialmente, la digitalización que trasciende de la mera incorporación de nuevas herramientas basadas en las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en las estructuras y en los procesos organizativos. La digitalización de las empresas supone una transformación de las organizaciones por la necesidad de adaptarse al nuevo contexto económico denominado, por consultoras alemanas en la feria CeBIT de 2013 en Hannover (Garrell y Guilera, 2019), como Economía 4.0 o Industria 4.0. Este nuevo contexto económico es definido por Pérez, Solana y Trigueros (2018) como aquel entorno económico, empresarial y social producido por la llegada y evolución de un conjunto de diversas tecnologías que a su vez están relacionadas con internet y que se complementan entre sí. Entre dichas tecnologías podríamos destacar por su importancia las recogidas en la tabla 1.

Tabla 1. Principales tecnologías implicadas en la digitalización de las empresas

Tecnología	Descripción
<i>Big data</i>	Esta tecnología la podemos describir en función de las denominadas «Vs del <i>big data</i> »: volumen, velocidad y variedad. Volumen: la Cuarta Revolución Industrial se caracteriza por la generación de un gran volumen de datos. La tecnología <i>big data</i> permite el tratamiento y uso de grandes volúmenes de datos, convirtiendo los datos en información con el objetivo último de facilitar la toma de decisiones. Velocidad: esta segunda propiedad del <i>big data</i> supone que la velocidad de acceso a los datos, así como la velocidad de su tratamiento y visualización, son clave para la toma de decisiones en momentos críticos. Las tecnologías anteriores carecían de dicha capacidad. Variedad: esta tecnología ha permitido superar los problemas y las limitaciones de las aplicaciones informáticas tradicionales en el tratamiento de grandes volúmenes de datos procedentes de muy diferentes fuentes como son: clientes, proceso productivo, redes sociales, competencia, etc.



Tecnología	Descripción
▶ <i>Big data (cont.)</i>	Esta variedad de datos no es solo respecto a las fuentes de procedencia, sino también respecto a su tipología: estructurados y no estructurados. Los estructurados serían aquellos almacenados en bases de datos, mientras que en los no estructurados se incluyen aquellos como: los procedentes de sensores dispuestos en los diferentes dispositivos; correos electrónicos; textos de páginas web, de documentos, de redes sociales, de artículos, etc.; imágenes; audios; etc.
<i>Blockchain</i> o cadena de bloques	Es una base de datos distribuida en una red interconectada de ordenadores y cifrada, donde los datos se estructuran o agrupan formando los llamados bloques, que están vinculados y encriptados para facilitar la seguridad y privacidad de las transacciones, económicas o no, en las redes que conforman dichos bloques. Otra gran ventaja es que dota de capacidad a los usuarios de la red para participar en el proceso sin necesidad de la intervención de un actor externo o institución central que valide o medie en la transacción o en las cosas que se adquieren. Esta tecnología nació a raíz de la aparición del <i>bitcoin</i> , pero su irrupción propicia las transacciones de cualquier naturaleza y no solo financieras. Numerosos expertos consideran que revolucionará el entorno digital tal y como lo conocemos actualmente.
<i>Cloud computing</i> o computación en la nube	Se denomina «nube» al espacio de almacenamiento disponible en la memoria permanente de un servidor para el uso de los usuarios. Dicho espacio, gratuito o no, puesto a disposición de los usuarios, permite principalmente el almacenamiento y procesamiento de datos, así como el uso de aplicaciones informáticas que estén previamente instaladas. Por lo que constituye la prestación de un servicio por parte de la propiedad del servidor en un entorno totalmente virtual. Permitiendo a los diferentes usuarios acceder en cualquier momento y desde cualquier ubicación física.
Fabricación aditiva o fabricación por adición	Tecnología aplicada a la producción de unidades, que previamente han sido diseñadas para su fabricación mediante esta técnica, utilizando para ello materiales como pueden ser polímeros, metales, etc. Consistente en la superposición de diferentes y sucesivas capas hasta terminar el producto deseado. Es decir, el producto final se fabrica capa a capa de forma superpuesta. Ello supone una gran ventaja pues se optimiza la producción reduciendo los tiempos de fabricación y se minimizan los desperdicios, pues solamente se emplea la materia prima necesaria en cada capa.



Tecnología	Descripción
▶ Impresión 3D	Tecnología que permite, mediante una impresora denominada «3D», fabricar piezas o prototipos a partir de su previo diseño digital en un ordenador. Revoluciona los procesos productivos, pues posibilita la fabricación de determinadas piezas, prototipos o productos con solo tener dicha impresora, lo que se traduce en una notable reducción de costes y de tiempo. Y a la vez cada unidad podrá ser totalmente personalizada según los parámetros que definan los usuarios o clientes destinatarios de las piezas o prototipos. En el ámbito empresarial potencia, favorece y revoluciona el lanzamiento de nuevos productos o la incorporación de nuevas innovaciones a los productos ya existentes, mediante la fabricación de prototipos de forma rápida, económica y sobre todo de forma autónoma sin revelar las estrategias a terceras empresas que se necesitaran si no se posee dicha tecnología o los suficientes recursos.
Inteligencia artificial (IA)	Tecnología que dota a los autómatas y robots de capacidad para la toma de decisiones. Es dotar de inteligencia a las máquinas para que les permitan: captar información del entorno donde deben actuar; procesar dicha información para analizarla y razonar; aprender de las continuas experiencias afrontadas; resolver problemas cada vez más complejos; etc. Es una tecnología que revolucionará cualquier ámbito del ser humano.
<i>Internet of things</i> (IoT) o internet de las cosas	Esta tecnología permite a múltiples dispositivos, ubicados en los procesos productivos o en cualquier ámbito o espacio, recoger información mediante el uso de sensores y enviarla mediante internet a otros dispositivos para la toma de decisiones, su análisis, etc. Es la conexión de las cosas a través de la red de redes para que interactúen y faciliten las realizaciones de funciones que hasta entonces tenían que ser desempeñadas por personas.
Realidad aumentada	Permite introducir elementos u objetos virtuales sobre la imagen que percibimos de la realidad. Esta tecnología facilita a partir de la captación de imágenes de la realidad poder trabajar con ellas introduciendo sobre ella cualquier elemento diseñado de forma virtual. De tal forma que podemos apreciar, valorar o estudiar cómo quedará la actual realidad si llevamos a cabo su transformación mediante la incorporación del elemento virtual a dicha realidad. Permite recrear de forma digital cómo se transformará la realidad con la incorporación de nuevos objetos que aún no existen. Minimiza los costes y anticipa el resultado final de forma inmediata y personalizada, permitiendo elegir entre diferentes resultados según los parámetros que se quieran alcanzar, sin necesidad de fabricar o incorporar dicho objeto o elemento.



Tecnología	Descripción
▶ Realidad virtual	Construye un entorno totalmente virtual donde el usuario puede interactuar con él, todas las veces que lo requiera y en diferentes contextos o situaciones, permitiendo la adquisición y desarrollo de experiencias que de otra forma difícilmente viviría fuera de la propia realidad. Con el objetivo último de dar posibles soluciones a problemas que pudieran darse en la realidad presente o futura. Lo que permite, por ejemplo, adquirir conocimientos, habilidades y actitudes de forma acelerada, personalizada y masiva a unos costes muy bajos.
Ciberseguridad o seguridad en la red	Facilitadora de ofrecer protección en los sistemas informáticos. Tecnología desarrollada para que los sistemas sean más seguros frente a posibles ataques que pretendan objetivos delictivos o fraudulentos.
5G	Facilitará una más rápida comunicación, potenciando el desarrollo de internet de las cosas, la toma de decisiones mediante inteligencia artificial, etc. El salto es cualitativo y cuantitativo en el empleo de la tecnología de la comunicación inalámbrica o móvil denominada «5G» (quinta generación). Salto cualitativo en cuanto permite y potencia el uso de tecnologías que precisaban de comunicaciones instantáneas para su implementación y desarrollo con casi ninguna cadencia en el tiempo de comunicación. Es el caso de internet de las cosas, la robótica, la telemedicina, la inteligencia artificial, etc. Pensemos, por ejemplo, en una intervención de neurocirugía realizada con el apoyo de múltiples expertos ubicados en diferentes países, pero cada uno muy cualificado para resolver cuestiones puntuales que aparecen de forma inesperada y de las que ellos son especialistas muy reconocidos y específicos. Y donde el retraso en las comunicaciones pudiera ser vital o crítico para pasar de la vida a la muerte del paciente. Y salto cuantitativo por cuanto los tiempos y cantidad de datos o información de transferencia son muy superiores respecto a las anteriores tecnologías 1G, 2G, 3G y 4G. Otro aspecto es que se podrán conectar multitud de dispositivos a la vez frente a las limitaciones anteriores. En resumen, constituirá una auténtica revolución en las telecomunicaciones actuando de elemento catalizador respecto al desarrollo y uso de otras tecnologías.
Robots y robots colaborativos	Tecnología dirigida a la automatización de procesos productivos, donde los robots permiten y desarrollan actividades de forma más precisa y/o a un menor coste que una persona. Además también desempeñan actividades peligrosas, penosas o tediosas, liberando a los trabajadores de ellas.



Tecnología	Descripción
Robots y robots colaborativos (cont.)	<p>En la Industria 4.0 destaca el uso de un tipo concreto de robot denominado «robot colaborativo» o «cobot», cuya principal característica es la interacción con las personas para la realización conjunta de tareas en los procesos de las empresas. El empleo de cobots para la realización de trabajos supone un incremento de la eficiencia, una disminución de los costes en los procesos, un aumento de la productividad y de la calidad, así como la ejecución de las tareas en un menor tiempo. En este sentido, los cobots suponen una serie de ventajas frente al uso de robots tradicionales; de entre ellas se destacan las siguientes: la movilidad, pues los robots se instalan en una ubicación fija para la realización de tareas repetitivas, mientras los cobots, mucho más ligeros y adaptativos, permiten su desplazamiento y su integración en diferentes procesos, incluso en la fabricación de lotes pequeños; la interacción con humanos, pues los robots no están programados para relacionarse con las personas de su entorno, a diferencia de los cobots, cuya principal característica es el trabajo colaborativo para la ejecución de tareas conjuntas de forma más eficiente, donde la automatización no se puede alcanzar al 100%; espacio compartido, ya que los robots necesitan de más espacio para su instalación sin ser compartido con humanos y teniendo que poner protecciones de seguridad, mientras los cobots comparten el espacio con los trabajadores, pues sus sensores les permiten ejecutar tareas de forma conjunta sin riesgo para las personas y además necesitan de menor espacio físico y de ningún elemento tipo jaula que los aisle del entorno; programación intuitiva, pues los robots industriales necesitan de una compleja programación frente a los cobots cuya programación e interfaz es más intuitiva.</p>

Fuente: elaboración propia a partir de Martín, Moreno, Alias y García (2018).

Este conjunto de nuevas tecnologías que van evolucionando y creciendo en número tiene como característica que posibilita y favorece la interconexión de personas y cosas, generando un importante volumen y flujo de datos para su agrupamiento, almacenamiento y análisis. Este conjunto de acciones es de gran importancia a nivel empresarial en ámbitos como la toma de decisiones, la interacción automatizada entre máquinas, predecir el diseño de productos demandados por potenciales clientes, etc.

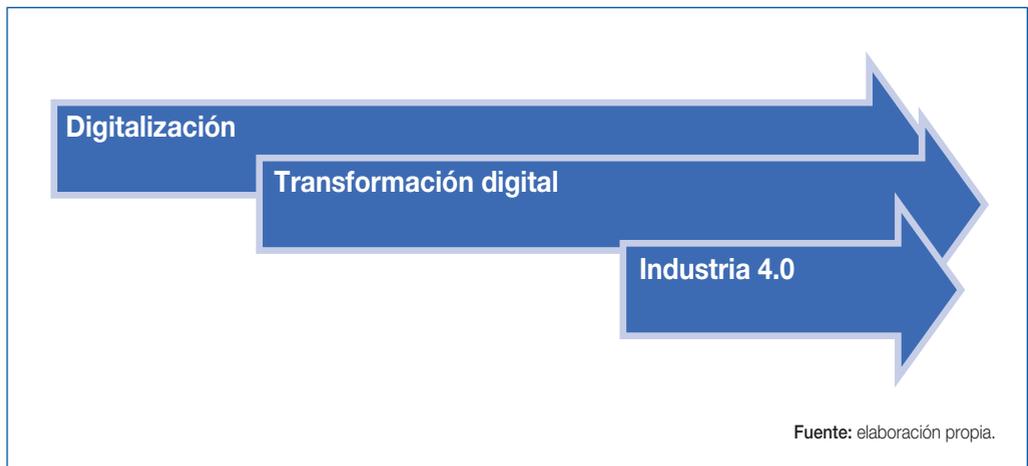
En consecuencia, las organizaciones «entienden la digitalización como una necesidad, por lo que aparece una actitud de impulsarla en los distintos ámbitos de la empresa» teniendo que invertir los recursos necesarios para su implementación, según el Observatorio Vodafone de la Empresa (2017). Como resultado de lo anterior, el proceso de digitalización

en las empresas crece y gana en complejidad (Block *et al.*, 2015; Waschneck, Altenmüller, Bauernhansl y Kyek, 2017).

2. Transformación digital

Este proceso de digitalización o transformación digital, como se denomina en muchos ámbitos, por su envergadura e impacto sobre las organizaciones, constituye uno de los principales retos a los que se enfrentan las empresas de todos los sectores. No obstante, a nivel de la organización empresarial es necesario distinguir entre el proceso de la digitalización y el proceso-resultado de la transformación digital. Ambos conceptos se usan para explicar los cambios surgidos a lo largo de este proceso, aunque es necesario vincular la transformación digital con los entornos organizativos de manera más estratégica que la digitalización operativa o funcional.

Figura 1. Proceso de digitalización



Como el resultado, pero muchas veces también como el punto de partida, emerge la Industria 4.0, que moldea un nuevo panorama para las empresas.

El impacto de la Industria 4.0 se está produciendo a una velocidad sin precedente y generando cambios en todos los ámbitos de la sociedad: relaciones laborales, estructuras económicas, empresariales, etc. (Aguilera, 2016). Dichos cambios conllevan la aparición de nuevos entornos y relaciones basadas en datos. Esta afluencia masiva de datos constituye la base del nuevo modelo macro y microeconómico, donde la adquisición de capacidades digitales transformará los sectores y los mercados.

Esta situación supone un fenómeno que ha transformado el entorno general y específico en el cual operan las empresas (Hinings, Gegenhuber y Greenwood, 2018). Lo que exige a nivel macroeconómico y microeconómico que dichas organizaciones deban adaptarse para sobrevivir en el nuevo y cambiante entorno de la economía digital (Koch y Windsperger, 2017).

Por otro lado, ello también supone una fuente de oportunidad no exenta de riesgos, pues la transformación digital está posibilitando la aparición de nuevas líneas de negocios relacionadas con sectores tradicionales y nuevos (Fernández y Urbiola, 2018). Por dicha razón es necesario conocer y mejorar el grado de digitalización de las empresas para poder diseñar estrategias cuyos objetivos sean la transformación digital y la adquisición y mantenimiento de ventajas competitivas.

Por otro lado, las capacidades necesarias para afrontar la transformación digital por parte de las empresas dependerán de su grado previo de digitalización, a nivel operativo y funcional, pero también de las capacidades de generación, absorción o implantación de cambios tecnológicos y organizativos por parte de sus equipos humanos.

En este sentido es clave para el éxito de las empresas el identificar, desarrollar y potenciar las capacidades digitales necesarias de los recursos humanos para afrontar los retos de permanecer en el mercado y obtener rentabilidades presentes y futuras (Sousa y Rocha, 2019).

Otro aspecto clave es la capacidad de absorción y de asimilación por parte de las empresas del nuevo conocimiento externo disponible en el entorno.

Esta capacidad de absorción de conocimiento se describe como la habilidad de una organización para diseñar un conjunto de procesos organizativos y estratégicos mediante los cuales permiten a las empresas adquirir, asimilar, transformar y explotar el conocimiento incorporado desde el exterior a la organización (Camisón y Forés, 2014). Dicho concepto abarca a su vez cuatro tipos de dimensiones o capacidades que se describen en la tabla 2.

Tabla 2. Dimensiones de la capacidad de absorción del conocimiento externo

Tipo de capacidad	Concepto
Capacidad de adquisición	Es la capacidad de las organizaciones empresariales para identificar, valorar, seleccionar y adquirir conocimiento externo clave para el desarrollo de sus actividades (Lane y Lubatkin, 1998; Zahra y George, 2002).
Capacidad de asimilación	Es la capacidad de las empresas para estudiar, procesar, interpretar, internalizar y clasificar el conocimiento externo absorbido del entorno (Szulanski, 1996; Zahra y George, 2002).



Tipo de capacidad	Concepto
▶ Capacidad de transformación	Es la capacidad de la empresa para crear y perfeccionar los procesos internos que permiten y ayudan a incorporar y combinar el conocimiento ya existente en la organización con el nuevo conocimiento externo transferido y absorbido. El objetivo fundamental es cómo adecuar el nuevo conocimiento externo a la situación actual y necesidades de la empresa (Zahra y George, 2002). En consecuencia con lo anterior, la capacidad de transformación puede suponer la eliminación o permanencia del conocimiento existente o su combinación con el nuevo conocimiento exterior adquirido pero de una forma disruptiva e innovadora (Van den Bosch <i>et al.</i> , 1999).
Capacidad de aplicación o explotación	Es la capacidad de la organización empresarial para emplear y aplicar el nuevo conocimiento exterior adquirido con objetivos comerciales (Lane y Lubatkin, 1998). También se puede contemplar dicha capacidad de aplicación o explotación como aquella capacidad organizativa que facilita a las organizaciones absorber el nuevo conocimiento externo adquirido, asimilado y transformado a sus procesos y rutinas internas con el objetivo principal de perfeccionar y ajustar los procesos, rutinas y conocimiento existente, así como de desarrollar nuevas operaciones y capacidades en las empresas (Zahra y George, 2002).

Fuente: elaborado a partir de Camisón y Forés (2014).

Por otro lado, las empresas con mayor capacidad de absorción tienden a ajustar su organización interna a los cambios en su entorno, tienden a explorar más oportunidades y soluciones, y a potenciar la innovación para alcanzar dichas oportunidades (Scuotto, Del Giudice y Carayannis, 2017).

En el contexto del escenario descrito hasta ahora, un elemento primordial y catalizador es el rol del equipo de dirección de la empresa en todo el proceso de transformación digital. Por lo tanto, para que la transformación digital sea efectiva, los directivos deben ejercer su liderazgo, pues los cambios tecnológicos discurren a una velocidad diferente que la que suelen desarrollar las múltiples empresas para adaptar sus procesos y su propia cultura. En este sentido, el estilo de dirección debe propiciar como elementos favorecedores de la transformación digital: minimizar la incertidumbre que aparece en todo proceso de cambio y gestionar el riesgo que se asume; desarrollar políticas de motivación del personal; impulsar y desarrollar la capacidad de innovación de la organización; fomentar el trabajo colaborativo; la identificación de aquellas competencias necesarias para la recualificación de los recursos humanos; promover el necesario cambio cultural organizacional y lograr la implicación de todo el equipo humano en dicho proceso, etc. (Mahou y Díaz, 2018).

En contraposición con lo anterior y actuando como barreras que frenan la transformación digital de las empresas se pueden destacar las siguientes: el grado de resistencia al cambio por parte de toda o parte de la organización; la falta de competencias directivas, pues son quienes deben iniciar el proceso de cambio; la percepción de un elevado coste de cambio de tipo económico, psicológico, etc.; la incertidumbre procedente de la propia legislación que en ocasiones va por detrás de los cambios del entorno; la falta de un socio tecnológico o *partner*; la ausencia de visión de la dirección empresarial y en consecuencia la no definición de objetivos claros, etc. (Pérez *et al.*, 2018).

3. La Cuarta Revolución Industrial y su impacto en la organización del trabajo en la economía digital

En relación con el concepto de organización del trabajo, esta se ocupa de cómo se planifica, organiza y gestiona, a través de los procesos de producción, el diseño del trabajo, la asignación de tareas, los procedimientos, las instrucciones, la comunicación, las responsabilidades, los estilos de gestión y supervisión, la planificación temporal de tareas, el ritmo del trabajo, el desarrollo de la carrera, los procesos de toma de decisión, y las relaciones interpersonales e interdepartamentales (European Observatory of Working Life, 2019).

Como cualquier proceso de cambio en las organizaciones, la transformación digital, sin lugar a dudas, impactará en dicha organización del trabajo, así como sobre otros factores de la organización y del modelo de negocio, como la productividad individual y colectiva de las empresas (OCDE 2015; Arntz, Gregory y Zierahn, 2016), aunque el estudio de la afeción a los modelos de organización de las empresas de la denominada economía digital es difícil de acometer por los múltiples factores que inciden en mayor o menor grado sobre la alteración y la modificación de la cadena de valor (Mahou y Díaz, 2018). Según estos autores, los factores principales son:

- La desaparición de barreras de entrada para nuevos competidores.
- La aparición de nuevos competidores ya adaptados al entorno digital.
- La reducción de la cuota de mercado.
- La salida del mercado de empresas líderes en su sector.
- La dimensión de las diferentes empresas, pues no es lo mismo en una empresa naciente que en otra ya consolidada en el mercado; y la cultura empresarial dominante en la organización.

Este conjunto de variables explicativas del cambio de modelo organizacional ha generado que las empresas deban adaptar su organización a las exigencias del entorno de la Economía 4.0, lo que ha supuesto que deban ser: más flexibles y rápidas para gestionar e

impulsar los cambios necesarios en el modelo de negocio y de producción; más innovadoras buscando alcanzar y mantener ventajas competitivas; más propensas a la robotización de aquellas tareas rutinarias y repetitivas; y más inclinadas a la contratación de personal con altas cualificaciones digitales.

Volviendo a la organización del trabajo, ¿cómo afecta la digitalización a la organización del trabajo en la economía digital? Tenemos que indicar que este nuevo escenario digital ha generado numerosos cambios organizativos del trabajo a nivel interno, haciendo que muchos puestos de trabajo queden obsoletos y, por tanto, destinados a desaparecer (Weber, 2016). Al mismo tiempo, ha generado nuevos puestos de trabajo, con nuevas competencias y aptitudes (Susskind y Susskind, 2016). Por otro lado, Bonekamp y Sure (2015) matizan que disminuirán los puestos de baja cualificación, a la vez que se verá incrementada la contratación de trabajadores con altos niveles de cualificación. Mientras otros autores (Susskind y Susskind, 2016) argumentan que el proceso de transformación digital de la empresa no eliminará los puestos de trabajo, sino que los redefinirá dentro y fuera de las organizaciones. Según la Fundación Hans Böckler (HBS, 2015), incluso con tareas sujetas a la automatización, no disminuirán los trabajos desempeñados por personas, sino que se dará su recalificación para desarrollar nuevas funciones de mayor impacto estratégico. Según Jansen (2017), estas nuevas fórmulas de organización empresarial y de organización del trabajo generarán cambios en el mercado de trabajo. En este sentido, Weber (2016) destaca la creciente aparición de forma continuada de nuevos perfiles profesionales. Según el World Economic Forum, es de esperar que para 2022 el 50 % de las compañías estudiadas vean reducida su fuerza de trabajo a tiempo completo. Asimismo, el estudio realizado entre empresas que emplean a más de 15 millones de trabajadores concluye que la distribución de tareas entre humanos y máquinas, que en 2018 se estima en 71-29 %, en 2022 cambiará a una distribución de 58-42 %. Por último, el Forum indica que se espera que se reduzcan en 0,98 millones los puestos de trabajo existentes, al mismo tiempo que se creen 1,7 millones de nuevos puestos de trabajo (World Economic Forum, 2018).

Como consecuencia de lo anterior, este proceso genera incertidumbre en las empresas por la dificultad de prever las exigencias de las competencias necesarias a tener en cuenta en los procesos relacionados con el reclutamiento, la captación, selección y contratación de trabajadores con nuevos perfiles profesionales. Por consiguiente, hay que tener muy presente que un entorno digital, especialmente 4.0, por definición no estático, está en continuo movimiento y en permanente cambio, pues la tecnología no para de avanzar. Ello conlleva diseñar las estrategias necesarias para que los recursos humanos estén siempre capacitados para operar en la economía digital. La supervivencia de la empresa en el mercado implica una permanente tarea de aprendizaje y de adquisición de conocimientos, habilidades y actitudes relacionadas con la digitalización por parte de los recursos humanos, que conllevará la definición de las competencias necesarias (Haefner y Panuwatwanich, 2017). En este sentido, Lorenz, Rübmann, Strack, Lasse Lueth y Bolle (2015) señalan que será necesaria la capacitación específica de los trabajadores actuales y la selección de trabajadores con nuevos perfiles más estrechamente relacionados con los ámbitos tecnoló-

gicos emergentes. Al mismo tiempo también aparecerán nuevos modelos para optimizar la asignación de las tareas y, por lo tanto, esto conllevará cambios en el desempeño de los puestos de trabajo (Brettel, Friederichsen, Keller y Rosenberg, 2014). Lógicamente, como consecuencia de esta transformación y de los consiguientes cambios en la organización del trabajo, se verán afectadas las condiciones laborales de los trabajadores (Hirsch-Kreinsen, Ittermann & Niehaus, 2015).

Un ejemplo de las transformaciones provocadas por la Industria 4.0 es la aparición del trabajo colaborativo entre los humanos y los robots, los llamados «cobots» (Thoben, Wiesner y Wuest, 2017; Bonini, Prenesti, Urru y Echelmeyer, 2015). Se trata de nuevas formas de compartir las tareas entre máquinas y hombres para realizar operaciones complejas o penosas más rápidamente y con menor impacto en las personas (Christiennin y Augustsson, 2016; Waschneck *et al.*, 2017). No se trata de una simple interacción robot-hombre, sino que las máquinas, inteligentes, deben ser capaces de interpretar las emociones humanas facilitando dicha interacción (Izquierdo, Ramírez, Bustamante, Pons y González, 2018). Las máquinas además deben estar preparadas para responder ante cualquier disfunción y deben poseer capacidad de monitorizar su entorno y enviar información para determinar si es necesaria o no una intervención adicional (Zhang, Qian, Lv y Liu, 2017; Tantik y Anderl, 2017). Esto requerirá, por lo tanto, una planificación más cuidadosa de las tareas y conocer mejor las limitaciones de los equipos y de las personas. Estos cambios marcan la reorganización tanto de los procesos como del entorno del lugar de trabajo con el objetivo de eliminar las barreras necesarias entre humanos y robot por motivos de seguridad. Por otro lado, para trabajar en este entorno colaborativo es necesario motivar a los trabajadores, puesto que se requerirá de la flexibilidad de los mismos si se quiere conseguir una colaboración efectiva, por lo que la formación al respecto será fundamental como ya se ha dicho (Moniri, Valcarcel, Merkel y Sonntag, 2017).

Coherentemente con lo anteriormente explicado, la Industria 4.0 y las tecnologías que confluyen con ella, surgidas en el marco de la Cuarta Revolución Industrial, abarcan un amplio abanico de enfoques (Qin y Cheng, 2017) que superan los iniciales paradigmas de la interconectividad y de la fabricación digital automatizada, tal como ha sido señalado por Kagermann, Lukas y Wahlster (2011) con el objetivo de aumentar la eficiencia de la producción, así como su flexibilidad mediante su autocontrol, produciéndose el intercambio automatizado de datos entre los componentes o elementos de la cadena de valor de la empresa (Bauernhansl, ten Hompel & Vogel-Heuser, 2014; Hirsch-Kreinsen *et al.*, 2015). Incluyen como se ha visto en la tabla 1: *big data*, internet de las cosas, sistemas cibernéticos, redes informáticas, robótica y robótica colaborativa, inteligencia artificial, simulaciones informáticas, etc. (Hermann, Pentek y Otto, 2016; Wanyama, 2017; Xu, Xu y Li, 2018), y ocupan en la actualidad un lugar destacado tanto en las publicaciones de ámbito científico (Muhuri, Shukla y Abraham, 2019; Janmajaya, Shukla, Abraham y Muhuri, 2018; Laengle *et al.*, 2017; Yu, Xu, Pedrycz y Wang, 2017) como en las no académicas, de carácter empresarial (Danjou, Rivest y Pellerin, 2017). Así, los enfoques estratégicos y operativos de la Industria 4.0 son en la actualidad de interés en la academia y en la in-

dustria. Sin embargo, para una correcta aproximación a cualquier aspecto concreto relacionado con Industria 4.0 es necesaria una adecuada delimitación epistemológica de los conceptos y del campo de estudio, dada la convergencia del considerable número de tecnologías y métodos (Liao, Deschamps, Loures y Ramos, 2017; Muhuri *et al.*, 2019), y esto es aún una necesidad.

Un estudio interesante encontrado en la bibliografía al respecto es el realizado por la Fraunhofer Institute for Industrial Engineering IAO (2014), en el que a partir de 518 entrevistas a directores industriales en Alemania, llegaban entre otras conclusiones a las siguientes:

- La implantación de la Industria 4.0 reducirá el número de trabajos manuales simples.
- Incrementará el número de trabajos de dirección y gestión.
- Incrementará la flexibilidad en el tiempo de trabajo.
- La participación de los empleados será más dinámica, por un lado más difícil por el nivel de libertad, y por otro más fácil por el uso de las TIC (más de la mitad de los entrevistados indicaron esto).
- Los resultados del trabajo serán más transparentes, aunque los trabajadores participarán, rechazarán, aspectos individualizados de la medición del desempeño (más de la mitad de los entrevistados indicaron esto).

Un caso particular de impacto en la organización del trabajo que está provocando la digitalización a partir de la aparición de nuevos modelos de negocio surgidos mediante el desarrollo de plataformas digitales intensivas en información de tipo colaborativas que están provocando la mercantilización del ámbito laboral es la denominada «*gig-economy*». Estas plataformas, con escaso personal, ponen en contacto al consumidor con el prestador de servicios, que pasa de ser un trabajador por cuenta ajena a un trabajador autónomo con sus desventajas y ventajas.

De acuerdo con el Foro Económico Mundial (2019), este modelo de negocio se basa en cuatro factores:

- División del trabajo. Dividir el trabajo en microtarefas, en tareas individuales de corta duración.
- Empleo de *crowdsourcing*. Implica contratar a varios profesionales para garantizar poder cubrir la demanda en todo momento.
- Contratación *on demand*. Contratando a los profesionales en el tiempo exacto y por la duración concreta del servicio.

- Consideración de los profesionales como trabajadores autónomos. Cada trabajador debe tener sus propios medios, asumiendo los costes de la actividad y teniendo libertad para determinar no solo su horario, sino su interés en trabajar.

Como se ha indicado, el impacto en el mercado de trabajo se irá intensificando en el futuro, aunque es difícil de prever. No obstante, el World Economic Forum, siguiendo la actual tendencia en el mercado laboral de clasificar los perfiles profesionales según su «estabilidad» dentro de las organizaciones, presenta en su último informe de 2018 los resultados que se incluyen en la tabla 3, donde la primera columna recoge los perfiles profesionales que no están siendo afectados por la transformación digital y en consecuencia serán los más estables, en la segunda columna aparecen los nuevos perfiles profesionales que emergen con las nuevas tecnologías y el entorno digital 4.0, y finalmente recoge en la tercera columna los perfiles redundantes o susceptibles de ser sustituidos por máquinas o procesos automatizados y que en consecuencia irán paulatinamente desapareciendo.

Estos perfiles redundantes, amenazados por la digitalización de la empresa, dependerán del grado y de la estrategia elegida por la empresa en su proceso de transformación digital. Así, la transformación digital requerida en el entorno de la Economía 4.0 dependerá de: la disponibilidad de recursos financieros, humanos y materiales; la dimensión de la empresa; el sector de actividad; el tipo de gerencia y, por tanto, su visión de futuro y su capacidad y flexibilidad ante el cambio; etc.

Tabla 3. Clasificación de perfiles estables, nuevos y redundantes en la Economía 4.0

Perfiles estables	Nuevos perfiles	Perfiles redundantes
Directores generales y de operaciones	Analistas y científicos de datos	Empleados de entrada procesamiento de datos
Desarrolladores de <i>software</i> y aplicaciones	Especialistas en inteligencia artificial y aprendizaje automático	Empleados de contabilidad, asesorías y notarías
Analistas de <i>software</i>	Especialistas en <i>big data</i>	Secretarios administrativos y ejecutivos
Analistas de datos y analistas científicos	Especialistas en transformación digital	Instaladores y operarios de fábrica
Profesionales de ventas y <i>marketing</i>	Profesionales de ventas y <i>marketing</i> de nuevos productos	Trabajadores de información al cliente y servicio al cliente
Representantes de ventas	Especialistas en nuevas tecnologías	Directivos de administración y de servicios comerciales
Especialistas en recursos humanos	Especialistas en desarrollo organizacional en entornos digitales	



Perfiles estables	Nuevos perfiles	Perfiles redundantes
<p>▶</p> <p>Asesores financieros y de inversión</p> <p>Profesionales expertos en base de datos y redes IT</p> <p>Especialistas en logística y cadena de suministro</p> <p>Especialistas en gestión de riesgos</p> <p>Analistas de seguridad de la información</p> <p>Analistas de gestión y organización</p> <p>Ingenieros en electrónica</p> <p>Especialistas en desarrollo organizacional</p> <p>Operadores de plantas de procesamiento químico</p> <p>Profesores universitarios y de educación superior</p> <p>Funcionarios de cumplimiento de normas</p> <p>Ingenieros de energía y petróleo</p> <p>Especialistas en robótica</p> <p>Operadores de refinerías de petróleo y gas natural</p>	<p>Desarrolladores de <i>software</i> y aplicaciones de lenguajes de programación emergentes</p> <p>Operarios de servicios de tecnologías de la información</p> <p>Especialistas en la automatización de procesos</p> <p>Profesionales de la innovación</p> <p>Analistas de seguridad de la información</p> <p>Especialistas en comercio electrónico y redes sociales</p> <p>Expertos en experiencia de usuario y <i>human-machine</i></p> <p>Diseñadores de interacción e interfaces</p> <p>Especialistas en capacitación y desarrollo</p> <p>Especialistas en robótica e ingenieros de mecatrónica</p> <p>Especialistas en cultura organizativa y gestión de personas</p> <p>Técnicos de la información al cliente y servicio al cliente</p> <p>Diseñadores de servicios y soluciones «en la nube»</p> <p>Especialistas en estrategia y <i>marketing</i> digital</p>	<p>Contables y auditores de cuentas</p> <p>Responsables de gestión de almacén y de inventario</p> <p>Empleados del servicio postal</p> <p>Analistas financieros</p> <p>Cajeros y vendedores de entradas</p> <p>Mecánicos y reparadores de maquinaria</p> <p><i>Telemarketers</i></p> <p>Instaladores y reparadores de electrónica y telecomunicaciones</p> <p>Cajeros de bancos y empleados de seguros</p> <p>Conductores de maquinaria de carga y descarga</p> <p>Agentes de ventas y compras</p> <p>Trabajadores de ventas puerta a puerta</p> <p>Vendedores y agentes comerciales</p> <p>Empleados de estadística, finanzas y seguros</p> <p>Abogados</p>

Fuente: elaborado a partir de World Economic Forum (2018).

En relación con lo anterior, para entender la importancia de dicha clasificación, podemos observar la distribución de estos perfiles para los años 2018 (véase figura 2) y 2022 (véase figura 3) según la proyección realizada por World Economic Forum.

Figura 2. Distribución de los perfiles estables, nuevos y redundantes en la Economía 4.0 para el año 2018

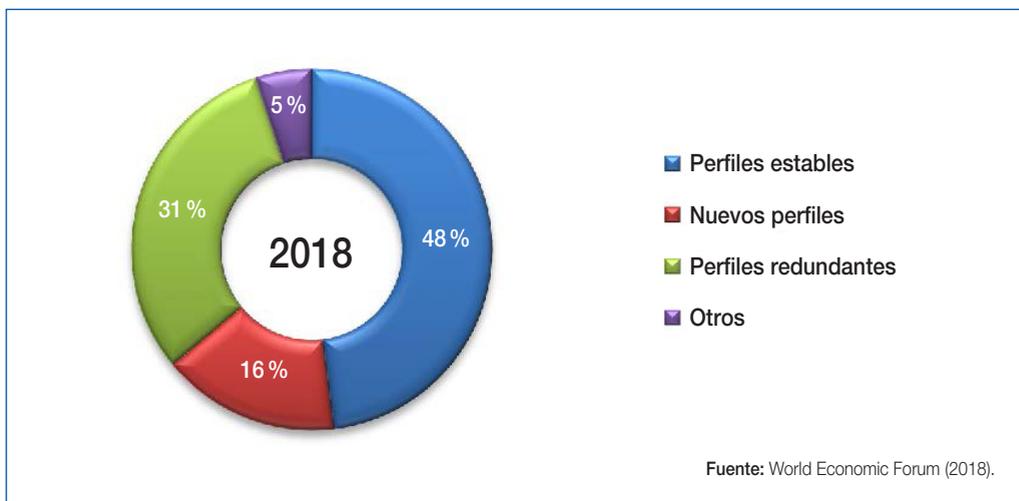
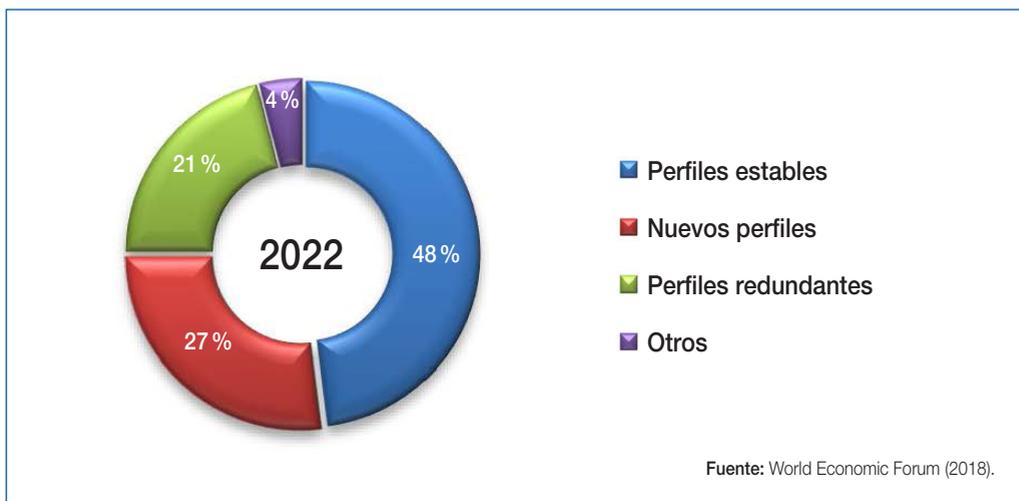


Figura 3. Distribución de los perfiles estables, nuevos y redundantes en la Economía 4.0 para el año 2022



En las figuras 2 y 3 podemos resaltar la previsión de crecimiento de nuevos perfiles profesionales alcanzando un 11 % en el año 2022 respecto al año 2018. Por otro lado se aprecia la supresión del 10 % de los empleos redundantes, que son los considerados obsoletos o tendentes a ser automatizados. En consecuencia, aquellos profesionales con perfiles redundantes deberán adquirir nuevas habilidades y competencias más acordes con las exigencias

del mercado. Tomando de partida estas competencias, las empresas deberán determinar en qué situación se encuentran, qué áreas deben desarrollar para evolucionar hacia la empresa digital y qué competencias deben adquirir sus profesionales, siendo las tecnologías de mayor probabilidad de implantación en las empresas las que definen las nuevas categorías profesionales que demandarán las empresas en el mercado laboral para adaptarse a la evolución de la economía digital.

Por otro lado, el informe de CC.OO. titulado «La digitalización y la Industria 4.0. Impacto industrial y laboral» (CC.OO., 2017) resume los resultados de otros trabajos que realizan previsiones sobre el impacto en el mercado de trabajo. Se incluyen a continuación en las tablas 4 (ETUI 2016) y 5 (Caixabank 2013).

Tabla 4. Impacto de la economía digital en el mercado de trabajo

Empleos con mayor riesgo de automatización/digitalización	Empleos con menor riesgo de automatización/digitalización	Nuevos empleos
Trabajo de oficina y tareas administrativas	Educación. Artes y medios de comunicación	En lo alto de la escala Analistas de datos, mineros de datos, arquitectos de datos
Venta y comercio	Servicios jurídicos	Desarrolladores de <i>software</i> y aplicaciones
Transporte, logística	Gestión, gestión de recursos humanos Negocio	Especialistas en redes, inteligencia artificial, etc.
Industria manufacturera	Algunos aspectos de los servicios financieros	Diseñadores y productores de nuevas máquinas inteligentes, robots e impresoras 3D
Construcción	Proveedores de servicios de salud	Especialistas en <i>marketing</i> digital y comercio electrónico
Algunos aspectos de los servicios financieros	Trabajadores informáticos, ingenieros y científicos	La parte baja de la escala Los esclavos de las galeras, galeotes digitales (trabajadores de la entrada de datos o del filtro) y otros «mecánicos turcos» que bajan en las plataformas digitales



Empleos con mayor riesgo de automatización/digitalización	Empleos con menor riesgo de automatización/digitalización	Nuevos empleos
Algunos tipos de servicios (traducción, consultoría fiscal, etc.)	Algunos tipos de servicios (trabajo social, peluquería, cuidado de belleza, etc.)	Los conductores de Uber, los empleos casuales o «raros» (reparaciones, mejoras del hogar, cuidado de animales domésticos, etc.) en la economía colaborativa

Fuente: CC.OO. (2017).

Tabla 5. Impacto de la economía digital en el mercado de trabajo

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

Fuente: CC.OO. (2017).

En lo que la mayor parte de autores parece coincidir es en que por el momento se está produciendo una precarización de los trabajos que requieren menos cualificación, al mismo tiempo que se incrementa el número de puestos de alta cualificación.

4. Algunas reflexiones sobre la seguridad y salud laboral y la Industria 4.0

La transformación de los activos físicos en digitales dentro de los ecosistemas productivos de las empresas en la Industria 4.0 necesariamente conlleva nuevos desafíos para la seguridad y salud laboral. La evolución de los sistemas automatizados de producción y predominancia de la digitalización y virtualización empuja a las empresas industriales hacia nuevas soluciones de seguridad y salud laboral más sostenibles, pero también modulares y flexibles (Romero *et al.*, 2018), con el fin último de adelantarse a los posibles sucesos no deseados, permitiendo tomar las decisiones preventivas oportunas con la antelación suficiente (Rubio, 2005).

Los trabajadores de los entornos vinculados a la Industria 4.0 están expuestos no solamente a nuevas tecnologías que en sí conllevan nuevos riesgos, sino que se ven implicados en la toma de decisiones, de nuevas responsabilidades y de nuevas dinámicas requeridas por las interfaces humano-máquina. Estas últimas constituyen en sí las nuevas fuentes de riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores estando estrechamente ligadas al grado de automatización de las tareas y del estrés psicosocial (Leso, Fontana & Iavicoli, 2018). Sin embargo, los procedimientos actuales para la evaluación del estrés mental aún no están adaptados al nuevo entorno de trabajo industrial modificado de la Industria 4.0 (Bamberg y Mohr, 2016).

El rediseño de equipos, la optimización de recursos, la eliminación de desperdicios y el aumento del rendimiento y flexibilidad se convierten en objetivos de las organizaciones que implantan la fabricación inteligente (Brettel *et al.*, 2014), todos ellos aspectos que conllevan riesgos de naturaleza psicosocial además de otros posibles para los trabajadores (Palazzeschi, Bucci & Di Fabio, 2018). Por tanto, existe la necesidad de un nuevo enfoque holístico donde la gestión de personas en su vertiente organizativa, pero también de gestión de conocimiento y competencias, se alinee con los procesos y enfoques de la Industria 4.0 (Hecklau, Galeitzke, Flachs and Kohl, 2016; Kinzel, 2017).

Brocal y Sebastián (2015) señalan que los procesos avanzados de fabricación generarán riesgos emergentes cuya detección está muy limitada con la aplicación de las herramientas convencionales de análisis de riesgos actuales. Para abordar este problema, los autores proponen que se desarrollen nuevos modelos de análisis de riesgos capaces de monitorizar todos los riesgos para la seguridad y salud laboral, convencionales y emergentes.

Una visión innovadora y diferencial requiere también los denominados «Cyber-Physical Systems» (CPS) respecto a la ergonomía en las organizaciones implicadas (Schatz, 2014). En esta materia, Siemieniuch y Sinclair (2014) y Siemieniuch, Sinclair & Henshaw (2015) debaten que la seguridad y salud laboral en la Industria 4.0 y los CPS exigen poner el foco en el análisis de la ergonomía y el factor humano. Los autores ponen de relieve la necesidad de reducir los efectos indeseables de la Industria 4.0 incluyendo en el diseño de las nuevas

metodologías para la seguridad y salud laboral a los ingenieros y ergonomistas expertos en nuevos sistemas digitales. En el contexto de los CPS puede ser necesario asumir mayor confianza en las aplicaciones *software*, los dispositivos autónomos y en la monitorización en tiempo real, lo que afectará al lugar que ocupan las personas, pasando de controladores de tareas automatizadas a ser controlados por el propio ecosistema digital (Pinzone *et al.*, 2018).

En línea con lo anterior, otros autores plantean el desafío relacionado con el uso de robots (robots colaboradores) y la relación que tienen estos en el desempeño de tareas difíciles y peligrosas (Beetz *et al.*, 2015; Romero *et al.*, 2018). Destacan la importancia de desarrollar robots inteligentes que reconozcan acciones que podrían causar lesiones o amenazar la seguridad de los trabajadores. El adecuado enfoque de la seguridad y salud laboral tendrá que incluir una programación compleja de los robots que les permitan razonar y comprender las intenciones de los trabajadores en su proximidad, aunque no solo por razones de seguridad. Así, el trabajo colaborativo con robots afectará en múltiples facetas a los trabajadores, en relación con las distancias interpersonales, la diferente percepción del riesgo, etc.

Es lógico asumir, por otra parte, que las aplicaciones de la Industria 4.0 se están extendiendo a los propios equipos y medios para hacer prevención de riesgos laborales. El uso de dispositivos inteligentes de protección personal (por ejemplo, sensores de detección en EPI y EPC conectados con sistemas centrales automatizados) ha modificado los métodos de trabajo y ha agregado una mayor complejidad a los procesos de producción (Podgórski, Majchrzycka, Dąbrowska, Gralewicz & Okrasa, 2017). Los autores creen necesario plantear un nuevo paradigma de seguridad y salud capaz de gestionar los riesgos de manera más personalizada y dinámica. Nadeau & Landau (2017) recalcan la importancia del diseño de sistemas que integren soluciones operativas centradas en la reducción de riesgos en su origen. Así, las tecnologías y, en general, el enfoque de la Industria 4.0 representan oportunidades de desarrollo de las estrategias eficaces de la prevención en entornos de fabricación industrial. La automatización de procesos y el apoyo en la toma de decisiones inherentes a los ámbitos de interrelación entre personas y máquinas ofrecen oportunidades para la gestión de los riesgos laborales (Lira y Borsato, 2016). Según Vogl, Weiss & Helu (2016), las tecnologías como el *big data* o el *machine learning* facilitan el análisis predictivo de forma más rápida, autónoma y en tiempo real. Este hecho permite mejorar la seguridad de las personas a lo largo del proceso de fabricación y augura un impacto positivo sobre el rendimiento y la sostenibilidad de los sistemas industriales. Mattsson, Partini & Fast-Berglund (2016), por su lado, enfatizan que el internet de las cosas y el *big data* plantean enormes oportunidades para analizar y utilizar la información que circula en una fábrica planteando posibles vías para mejorar el rendimiento y la prevención de accidentes al automatizar la monitorización de las condiciones ambientales del lugar de trabajo y de las propias funciones vitales de los trabajadores (frecuencia cardíaca, tensión, etc.). Upasani, Bakshi, Pandhare & Lad (2017) plantean un enfoque integral del mantenimiento preventivo en la Industria 4.0 vinculado a la seguridad de las personas y basado en la descentralización de las decisiones operativas y estratégicas. Otros autores analizan el rol de las redes de sensores inteligentes integrados en los sistemas que previenen accidentes en entornos industriales autónomos

(Palazón, Gozalvez, Maestre & Gisbert, 2013) y de las plataformas tecnológicas comunes capaces de monitorizar el funcionamiento y el rendimiento de todas las redes, conectando los sensores al control remoto para detectar peligros de manera efectiva y continua en el lugar de trabajo (Gisbert *et al.*, 2014). Otros autores también reconocen el valor de las tecnologías de producción inteligente como posible factor de mejora de los sistemas de seguridad y salud laboral. Para Kuschnerus, Bilgic, Bruns & Musch (2015), el uso de sistemas cibernéticos facilita la adaptación de los sistemas industriales a las condiciones ambientales cambiantes gracias a la toma de decisiones autónomas.

De crucial importancia será el aumento de la complejidad y el incremento de los accidentes de tipo sistémico, lo que sin duda terminará por evidenciar la obsolescencia de los modelos de accidentes que venimos utilizando, tales como los lineales simples o no, como los modelos de Heinrich o Reason. Esto conllevará el afianzamiento de modelos más realistas, que no consideran que los accidentes sean fenómenos causales sino emergentes, tales como la ingeniería de la resiliencia. De especial dificultad será el necesario rediseño integral de la normativa exigible.

En la Industria 4.0 debería, en vista de los estudios publicados, tenerse en consideración las estrategias de la seguridad y salud laboral, pues los inconvenientes pueden convertirse en factores de riesgo emergentes que podrían conducir a lesiones o enfermedades laborales. Este deterioro del desempeño de las políticas de prevención en el entorno laboral es por tanto una de las amenazas de la implantación del paradigma de Industria 4.0 (Almada-Lobo, 2016; Leso *et al.*, 2018).

5. Conclusiones

La Cuarta Revolución Industrial basada en la fabricación/producción/prestación de servicios inteligente y colaborativa está afectando y afectará aún más conforme se incrementa el proceso a la economía y por supuesto a los modelos de negocio y empresariales. La organización del trabajo será afectada igualmente, ya lo está siendo. Si bien a nivel de célula de trabajo lo más evidente es la mayor interacción colaborativa hombre-máquina, a niveles más macro la afección se producirá a otros niveles, aumentando la flexibilidad en el tiempo de trabajo, exigiendo una formación adaptativa continua, mejorando la participación y flexibilidad, pero también destruyendo empleos de baja cualificación al mismo tiempo que incrementando empleos de mayor cualificación. Estos cambios suponen un verdadero reto para la seguridad y salud laboral, que precisará de nuevos modelos de accidente, nuevos métodos y herramientas, así como nuevos modelos de gestión.

Referencias bibliográficas

- Aguilera Navarro, I. (2016). *Lo que estaba por llegar ya está aquí: secretos de la transformación digital inteligente*. Madrid: La Esfera de los Libros.
- Almada-Lobo, F. (2016). The Industry 4.0 revolution and the future of manufacturing execution systems (MES). *Journal of Innovation Management*, 3(4), 16-21.
- Arntz, M., Gregory, T. y Zierahn, U. (2016). The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis. *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, 189.
- Bamberg, E. y Mohr, G. (2016). Psychologisches Wissen für die Praxis: Gefährdungsbeurteilungen im Arbeits- und Gesundheitsschutz. *Psychologische Rundschau*, 67, 130-134.
- Bauernhansl, T., ten Hompel, M. & Vogel-Heuser, B. (2014). *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung, Technologien, Migration*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Beetz, M., Bartels, G., AlbuSchaffer, A., Balint-Benczedi, F., Belder, R., Bebler, D., ... & Worch, J. H. (2015). Robotic agents capable of natural and safe physical interaction with human co-workers. In IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems, 7354310, 6528-6535.
- Block, C., Freith, S., Kreggenfeld, N., Morlock, F., Prinz, Ch., Kreimeier, D. y Kuhlenkötter, B. (2015). Industry 4.0 as a socio-technical area of tension-holistic view of technology, organization and personnel. *Zeitschrift fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 110(10), 657-660.
- Bonekamp, L. y Sure, M. (2015). Consequences of Industry 4.0 on human labour and work organisation. *Journal of Business and Media Psychology*, 6(1), 33-40.
- Bonini, M., Prenesti, D., Urru, A. y Echelmeyer, W. (2015). Towards the full automation of distribution centers. In 4th IEEE International Conference on Advanced Logistics and Transport.
- Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M. y Rosenberg, M. (2014). How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: an industry 4.0 perspective. *International Journal of Information and Communication Engineering*, 8(1), 37-44.
- Brocal Fernández, F. y Sebastián Pérez, M. A. (2015). Analysis and modeling of new and emerging occupational risks in the context of advanced manufacturing processes. *Procedia Engineering*, 100, 1150-1159.
- Camisón Zornoza, C. y Forés Julián, B. (2014). Capacidad de absorción: antecedentes y resultados. *Economía Industrial*, 391, 13-22.
- CC.OO. (2017). *La digitalización y la Industria 4.0. Impacto industrial y laboral*. Recuperado de <<http://www.industria.ccoo.es/4290fc51a3697f785ba14fce86528e1000060.pdf>> (consultado el 10 de mayo de 2019).
- Christiernin, L. G. y Augustsson, S. (2016). Interacting with industrial robots: a motion-based interface. In Proc. Workshop Adv. Visual Interfaces, 310-311.
- Danjou, C., Rivest, L. y Pellerin, R. (2017). Industrie 4.0: des pistes pour aborder l'ère du numérique et de la connectivité. Centre facilitant la recherche et l'innovation dans les organisations (CEFRIO). Recuperado de <http://www.cefrio.qc.ca/media/upload/Industrie_4.0_Rapport_20170322.pdf> (consultado el 10 de mayo de 2019).
- European Observatory of Working Life. (2019). Work Organisation. Recuperado

- de <<https://www.eurofound.europa.eu/es/observatories/eurwork/about-eurwork/work-organisation>> (consultado el 10 de mayo de 2019).
- Fernández de Lis, S. y Urbiola Ortún, P. (2018). Transformación digital y competencia en el sector financiero. *ICE, Revista de Economía*, 905, 73-82.
- Fraunhofer Institute for Industrial Engineering IAO. (2014). Industry 4.0 -A revolution in work organization. How automation and digitization will change production. Recuperado de <https://www.ingenics.com/assets/downloads/en/internal/Industrie40_Studie_Ingenics_IAO_en_VM_Print.pdf> (consultado el 10 de mayo de 2019).
- Garrell, A. y Guilera, LL. (2019). *La Industria 4.0 en la sociedad digital*. Barcelona: Marge Books.
- Gisbert, J. R., Palau, C., Uriarte, M., Prieto, G., Palazón, J. A., Esteve, M., ... y González, A. (2014). Integrated system for control and monitoring industrial wireless networks for labor risk prevention. *Journal of Network and Computer Applications*, 39(1), 233-252.
- Haeffner, M. y Panuwatwanich, K. (2017). Perceived Impacts of Industry 4.0 on Manufacturing Industry and Its Workforce: Case of Germany. In International Conference on Engineering, Project and Product Management. Cham, Springer.
- HBS. (2015). *Digitale Arbeitswelten im europäischen Vergleich*. Hans-Böckler-Stiftung.
- Hecklau, F., Galeitzke, M., Flachs, S. and Kohl, H. (2016). Holistic approach for human resource management in Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 54, 1-6.
- Hermann, M., Pentek, T. y Otto, B. (2016). Design principles for Industrie 4.0 scenarios. Proc. Ann. Hawaii Int. Conf. Syst. Sci., 7427673, 3928-3937.
- Hinings, B., Gegenhuber, T. y Greenwood, R. (2018). Digital innovation and transformation: An institutional perspective. *Information and Organization*, 28(1), 52-61.
- Hirsch-Kreinsen, H., Ittermann, P. & Niehaus, J. (2015). *Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen*. Baden-Baden: Nomos Edition Sigma.
- Izquierdo, J., Ramírez, R. A., Bustamante, M. R., Pons, J. L. y González, J. E. (2018). Emotion recognition for semi-autonomous vehicles framework. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 1-8.
- Janmajaya, M., Shukla, A., Abraham, A. y Muhuri, P. (2018). A scientometric study of neurocomputing publications (1992-2018): An aerial overview of intrinsic structure. *Publications*, 6(3), 1-22.
- Jansen, W. (2017). *New business models for the knowledge economy*. London: Routledge.
- Kagermann, H., Lukas, W. D. y Wahlster, W. (2011). *Industrie 4.0: Mit dem internet der dinge auf dem weg zur 4. industriellen Revolution*. *VDI Nachrichten*, 13.
- Kinzel, H. (2017). Industry 4.0-Where does this leave the Human Factor? *Journal of Urban Culture Research*, 70.
- Koch, T. y Windsperger, J. (2017). Seeing through the network: Competitive advantage in the digital economy. *Journal of Organization Design*, 1(6), 1-30.
- Kuschnerus, D., Bilgic, A., Bruns, F. & Musch, T. (2015). A hierarchical domain model for safety-critical cyber-physical systems in process automation. In IEEE International Conference on Industrial Informatics, 7281773, 430-436.
- Laengle, S., Merigó, J. M., Miranda, J., Słowiński, R., Bomze, I., Borgonovo, E., ... y Teunter, R. (2017). Forty years of the

- European Journal of Operational Research: A bibliometric overview. *European Journal of Operational Research*, 3(262), 803-816.
- Leso, V., Fontana, L. & Iavicoli, I. (2018). The occupational health and safety dimension of Industry 4.0. *La Medicina del Lavoro*, 110(5), 327-338.
- Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E. D. F. R. y Ramos, L. F. P. (2017). Past, present and future of Industry 4.0-a systematic literature review and research agenda proposal. *International Journal of Production Research*, 12(55), 3609-3629.
- Lira, D. N. y Borsato, M. (2016). Dependability modeling for the failure prognostics in smart manufacturing. *Advances in Transdisciplinary Engineering*, 4, 885-894.
- Lorenz, M., Rübmann, M., Strack, R., Lasse Lueth, K. y Bolle, M. (2015). *Man and Machine in Industry 4.0: How Will Technology Transform the Industrial Workforce Through 2025?* The Boston Consulting Group.
- Mahou Fernández, A. L. y Díaz Pérez de Lama, S. (2018). La cuarta revolución industrial y la agenda digital de las organizaciones. *Economía Industrial*, 407, 95-104.
- Martín, L., Moreno, A., Alías, S. y García, A. (2018). La organización extendida, una nueva forma de crear ecosistemas digitales. Caso Barrabés, Biz. *Economía Industrial*, 408, 41-53.
- Mattsson, S., Partini, J. & Fast-Berglund, Å. (2016). Evaluating four devices that present operator emotions in real-time. *Procedia CIRP*, 50, 524-528.
- Moniri, M. M., Valcarcel, F. A. E., Merkel, D. y Sonntag, D. (2017). Human gaze and focus-of-attention in dual reality human-robot collaboration. In 12th International Conference on Intelligent Environments, 238-241.
- Muhuri, P. K., Shukla, A. K. y Abraham, A. (2019). Industry 4.0: A bibliometric analysis and detailed overview. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 78, 218-235.
- Nadeau, S. & Landau, K. (2017). Towards Dynamic and Adaptive Allocation of Staff in a Digital-organized Production Context: An Innovative Perspective from Work Science. *Journal of Ergonomics*, 7(4), 1-4.
- Observatorio Vodafone de la Empresa. (2017). *Pymes. Estudio sobre el estado de digitalización de las empresas y Administraciones públicas españolas*. Recuperado de <<https://www.observatorio-empresas.vodafone.es/wp-content/uploads/2017/09/Informe-deDigitalizacion-Pymes-VodafoneEmpresas.pdf>> (consultado el 10 de mayo de 2019).
- Palazón, J. A., Gozalvez, J., Maestre, J. L. & Gisbert, J. R. (2013). Wireless solutions for improving health and safety working conditions in industrial environments. In IEEE 15th International Conference on eHealth Networking, Applications and Services, 6720736, 544-548.
- Palazzeschi, L., Bucci, O. & Di Fabio, A. (2018). Re-thinking Innovation in Organizations in the Industry 4.0 Scenario: New Challenges in a Primary Prevention Perspective. *Frontiers in Psychology*, 9.
- Pérez, D., Solana, P. y Trigueros, S. (2018). Economía del dato y transformación digital en PYMEs industriales: retos y oportunidades. *Economía Industrial*, 409, 37-46.
- Pinzone, M., Albè, F., Orlandelli, D., Barletta, I., Berlin, C., Johansson, B. & Taisch, M. (2018). A framework for operative and social sustainability functionalities in Human-Centric Cyber-Physical Production Systems. *Computers & Industrial Engineering*.

- Podgórski, D., Majchrzycka, K., Dąbrowska, A., Gralewicz, G. & Okrasa, M. (2017). Towards a conceptual framework of OSH risk management in smart working environments based on smart PPE, ambient intelligence and the Internet of Things technologies. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 1(23), 1-20.
- Qin, S. F. y Cheng, K. (2017). Future digital design and manufacturing: Embracing industry 4.0 and beyond. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 5(30), 1047-1049.
- Romero, D., Mattsson, S., Fast-Berglund, Å., Wuest, T., Gorecky, D. & Stahre, J. (2018). Digitalizing Occupational Health, Safety and Productivity for the Operator 4.0. In IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems (pp. 473-481). Springer, Cham.
- Rubio Romero, J. C. (2005). *Métodos de evaluación de riesgos laborales*. Madrid: Díaz de Santos.
- Schatz, B. (2014). The role of models in engineering of cyber-physical systems-challenges and possibilities. In H. Giese, M. Huhn, J. Philipps & B. Schätz (Eds.), *Modellbasierte entwicklung eingebetteter systeme*. Proceedings of the Dagstuhl-Workshops MBES 2014, Munich.
- Scuotto, V., Del Giudice, M. y Carayannis, E. G. (2017). The effect of social networking sites and absorptive capacity on SMES' innovation performance. *The Journal of Technology Transfer*, 2(42), 409-424.
- Siemieniuch, C. E. & Sinclair, M. (2014). Ergonomic issues arising from the Next Manufacturing Revolution. In international conference on Ergonomics and Human Factors, Southampton.
- Siemieniuch, C. E., Sinclair, M. A. & Henshaw, M. J. (2015). Global drivers, sustainable manufacturing and systems ergonomics. *Applied Ergonomics: Human Factors in Technology and Society*, 51, 104-119.
- Sousa, M. J. y Rocha, A. (2019). Skills for disruptive digital business. *Journal of Business Research*, 94, 257-263.
- Susskind, R. E. y Susskind, D. (2016). *The future of the professions: How technology will transform the work of human experts*. Oxford: Oxford University Press.
- Tantik, E. y Anderl, R. (2017). Integrated data model and structure for the asset administration shell in Industrie 4.0. *Procedia CIRP*, 60, 86-91.
- Thoben, K. S., Wiesner, S. y Wuest, T. (2017). «Industrie 4.0» and smart manufacturing-A review of research issues and application examples. *International Journal of Automation Technology*, 11(1), 4-19.
- Upasani, K., Bakshi, M., Pandhare, V. & Lad, B. K. (2017). Distributed maintenance planning in manufacturing industries. *Computers & Industrial Engineering*, 108, 1-14.
- Vogl, G. W., Weiss, B. A. & Helu, M. (2016). A review of diagnostic and prognostic capabilities and best practices for manufacturing. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 1(30), 79-95.
- Wanyama, T. (2017). Using industry 4.0 technologies to support teaching and learning. *International Journal of Engineering Education*, 2(33), 693-702.
- Waschneck, B., Altenmüller, T., Bauernhansl, T. y Kyek, A. (2017). Production scheduling in complex job shops from an industrie 4.0 perspective: a review and challenges in the semiconductor industry. CEUR Workshop Proceedings 1793.
- Weber, E. (2016). Industry 4.0: Job-producer or employment-destroyer? MPRA Paper, 68615.
- World Economic Forum. (2018). Future of Jobs Survey 2018. Recuperado de <http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_



[of_Jobs_2018.pdf](#)> (consultado el 10 de mayo de 2019).

- Xu, L. D., Xu, E. L. y Li, L. (2018). Industry 4.0: state of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 8(56), 2941-2962.
- Yu, D., Xu, Z., Pedrycz, W. y Wang, W. (2017). Information sciences 1968-2016: A retros-

pective analysis with text mining and bibliometric. *Information Sciences*, 418-419, 619-634.

- Zhang, Y., Qian, C., Lv, J. y Liu, Y. (2017). Agent and cyber-physical system based self-organizing and self-adaptive intelligent shopfloor. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 2(13), 737-747.