

La fabricación abierta: ¿un camino alternativo a la industria 4.0? *

Fabricação aberta: um caminho alternativo para a indústria 4.0?

Open Manufacturing: An Alternative Path to Industry 4.0?

Raúl Tabarés Gutiérrez **

Desde comienzos de la década del 2010, el concepto de “Industria 4.0” ha ganado popularidad en Europa para referirse a un tipo de factoría automatizada, digitalizada, modulable y flexible, capaz de hacer frente a las necesidades de un ecosistema productivo cada más exigente y cambiante. Pese a que el término fue acuñado inicialmente por el gobierno alemán, este vocablo ha sido ampliamente aceptado en el Viejo Continente, desarrollándose programas de apoyo específicos en cada país, en concordancia con la estrategia de digitalización de la industria que promueve la Comisión Europea. Pero esta transición hacia la fábrica conectada enfrenta multitud de retos que están lejos de ser resueltos a corto plazo. Al mismo tiempo, podemos observar que una nueva cultura de fabricación está surgiendo al albor del “movimiento *maker*”, a través de espacios de producción emergentes como *makerspaces* y *fab labs*, los cuales producen itinerarios de desarrollo tecnológico alternativos. En esta contribución se explora el surgimiento de la “fabricación abierta” y su papel de cara al empoderamiento de la ciudadanía a través de la tecnología, ante la necesidad de anticiparse y prever las brechas digitales que muy probablemente produzca la Industria 4.0.

263

Palabras clave: DIY; apropiación social; cultura digital; movimiento *maker*

* Este artículo se enmarca en el proyecto OPENMAKER – *Harnessing the power of Digital Social Platforms to shake up makers and manufacturing entrepreneurs towards a European Open Manufacturing ecosystem*-, financiado por el programa de investigación de la Comisión Europea Horizon 2020, bajo el número de contrato 687941.

** Investigador en Fundación Tecnalia Research & Innovation, España. Correo electrónico: raul.tabares@tecnalia.com.

Desde o início da década de 2010 o conceito de “Indústria 4.0” ganhou popularidade na Europa para se referir a um tipo de fábrica automatizada, digitalizada, modulável e flexível, capaz de atender às necessidades de um ecossistema produtivo cada vez mais exigente e mutável. Embora o termo tenha sido inicialmente cunhado pelo governo alemão, essa palavra foi amplamente aceita no velho continente, desenvolvendo programas específicos de apoio em cada país, de acordo com a estratégia de digitalização da indústria promovida pela Comissão Europeia. Mas essa transição para a fábrica conectada enfrenta uma infinidade de desafios que estão longe de serem resolvidos em curto prazo. Ao mesmo tempo, podemos observar de que forma uma nova cultura de fabricação está surgindo no alvorecer do “movimento *maker*”, e através de espaços de produção emergentes como *makerspaces* e *fab labs*, os quais produzem itinerários alternativos de desenvolvimento tecnológico. Nesta contribuição explora-se o surgimento da “manufatura aberta” e seu papel diante do empoderamento da cidadania por meio da tecnologia, devido à necessidade de antecipar e prever as brechas digitais que a Indústria 4.0 provavelmente produzirá.

Palavras-chave: DIY; apropriação social; cultura digital; movimento *maker*

Since 2010, the “Industry 4.0” concept has gained popularity in Europe for framing a kind of automated, digitized, modular and flexible factory that can meet the needs of an increasingly changeable and challenging production ecosystem. Although the term was initially coined by the German government, the concept has been widely accepted in the rest of the continent and each Member State of the European Union has developed specific national programs aligned with the strategy of industrial digitization that is currently promoted by the European Commission. But this transition to the smart factory faces several challenges that are far from being solved in the short term. At the same time, we can observe that a new manufacturing culture is emerging due to the “maker movement”, thanks to emerging production spaces, such as makerspaces and fab labs, which are creating alternative technological development pathways. This paper explores the emergence of “open manufacturing” and its role in empowering citizenship through technology, trying to anticipate and prevent the digital divides that the Industry 4.0 is likely to produce.

Keywords: *DIY; social appropriation; digital culture; maker movement*

Introducción

Las revoluciones tecnológicas han producido históricamente grandes fuentes de riqueza y al mismo tiempo han generado dramáticas y profundas transformaciones sociales. Durante los últimos años hemos sido testigos de cómo nuevas tecnologías disruptivas como la robótica, los sistemas ciber-físicos, el Internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés), la inteligencia artificial (IA) y otras, están anticipando la transición a una nueva revolución industrial que redefinirá el papel de las fábricas en la economía y la sociedad durante el siglo XXI. La introducción de estas innovaciones de carácter digital radica en la necesidad imperante de las factorías de automatizar y monitorizar los procesos de producción para poder crear nuevos servicios de valor añadido que redunden en ventajas competitivas. La Comisión Europea (CE) está apoyando esta metamorfosis de la industria a través de lo que se conoce como “Industria 4.0”, un término acuñado originalmente en Alemania y que ha sido posteriormente adoptado en Europa, para referirse a un tipo de industria digital, flexible y conectada. El interés de la CE en evolucionar a hacia este tipo de factorías radica en asegurar la posición dominante del sector de la fabricación europeo en el panorama mundial, ante la creciente competitividad global y la incapacidad del viejo continente de hacer frente a las compañías estadounidenses en los nuevos mercados generados gracias a la popularización de la Web e Internet en la sociedad.

Pero esta transición hacia una industria 4.0 está llena de desafíos, incertidumbres e incógnitas que están lejos de ser resultados a corto plazo. Las sombras de desempleo masivo que proyectan la automatización de las factorías, los grandes desembolsos de capital necesarios para la adquisición y mantenimiento de tecnología, los nuevos conflictos que se pueden producir en las fábricas, así como las nuevas formas de alienación que traerán la incorporación de estas tecnologías, provocan una pléyade de dudas sobre la implantación efectiva de esta cuarta revolución industrial.

265

Al mismo tiempo, también observamos que un nuevo tipo de industria digital está surgiendo gracias a la emergencia de comunidades de innovación entusiastas de la tecnología y que se alejan de los paradigmas clásicos de I+D (Tabarés Gutiérrez, 2018). La irrupción del movimiento *maker* ha sido propiciada por el uso de tecnologías libres en el campo de la fabricación digital y la microelectrónica, la popularización de espacios como *makerspaces* y *fab labs* en numerosas ciudades, y el establecimiento de diversas plataformas digitales como infraestructuras de conocimiento en el tercer entorno (Echeverría, 1999). Todo ello ha contribuido a asentar una “fabricación abierta”, con unos valores diferentes a los de la tradicional. En esta contribución se aborda el papel de la fabricación abierta como una alternativa a la Industria 4.0 que pone en el centro al individuo, le empodera a través del aprendizaje y el uso de las nuevas tecnologías, y le dota de las herramientas necesarias para poder desarrollar artefactos e innovaciones que se alejan de enfoques tecnocentristas y deterministas.

1. La urgencia de una Industria 4.0

La economía europea siempre se ha caracterizado por un gran peso del sector de la fabricación, el cual emplea alrededor de 30 millones de personas, contribuye al 80%

de las exportaciones totales y representa alrededor del 16% del PIB de la CE (European Commission, 2013). Pero la crisis financiera que sucedió en 2008 supuso un duro revés para el sector, con una gran pérdida de empleos, principalmente entre trabajadores de baja cualificación. Esto, unido a la deslocalización cada vez mayor de plantas industriales debido a los costes laborales y una competitividad creciente por parte de países emergentes (especialmente en el sudeste asiático), hace peligrar la posición privilegiada del sector a nivel global. Además de esto, existe un consenso acerca de la emergencia de una nueva revolución industrial de la mano de diversas tecnologías disruptivas que provienen del fenómeno digital y que provocarán una transformación radical en la sociedad (Brynjolfsson y McAfee, 2014; Schwab, 2016). A pesar de todo esto, se prevé que la fabricación siga manteniendo un peso importante en términos de empleo en Europa en 2025 (EU Skills Panorama, 2014) y en este sentido, el desarrollo de factorías digitales, conectadas y flexibles es fundamental para consolidar este objetivo. La digitalización de la industria europea es uno de los horizontes que la Comisión Europea está impulsando a lo largo de diferentes políticas destinadas a modernizar las fábricas europeas y mejorar sus capacidades, para poder hacer frente a un ecosistema de producción más complejo y cambiante.

Por ello, desde 2010 un nuevo paradigma industrial se ha ido extendiendo por la mayoría de los estados miembros de la UE, denominado Industria 4.0. Este término es el que se utiliza para describir un ecosistema de producción mucho más automatizado, digitalizado y flexible. A pesar de que el término fue utilizado por primera vez en 2011 en la feria de Hannover Messe por un grupo de trabajo específico, el gobierno alemán ha utilizado este término para apoyar a sus fabricantes nacionales en la digitalización de sus procesos de producción (Verniere, Van der Straeten, Torfs, Venderlinden y Van den Kerkhof, 2017) y también como una forma de “marketing tecnológico” para hacer frente a la cada vez mayor competencia internacional. Este paradigma de industria digitalizada y conectada ha sido ampliamente aceptado por otros países a nivel europeo y cuenta con el respaldo de la CE. Uno de los informes publicados por el Parlamento Europeo define a la Industria 4.0 como “un término que se utiliza para definir un grupo de transformaciones rápidas en el diseño, producción, control y servicio de sistemas y productos fabricados” (Davies, 2015: 2).

Otros términos como smart factories, advanced manufacturing o industrial Internet of things también han coexistido o coexisten con el de Industria 4.0, pero han ido perdiendo popularidad en favor de éste, ya que cada vez es más aceptado en el Viejo Continente y fuera de él. Tenemos que aclarar que en países como Estados Unidos o Reino Unido, encontramos también otros términos para referirse a este paradigma de digitalización tales como “empresa conectada” o “cuarta revolución industrial” (Morrar, Arman y Mousa, 2017). Básicamente, las potencialidades de esta Industria 4.0 residen en las nuevas posibilidades que la digitalización de los procesos de producción puede aportar a las factorías, así como la introducción de un componente de descentralización en la toma de decisiones, a través de la conectividad entre máquinas y humanos en tiempo real. Esta nueva revolución industrial aspira a conectar digitalmente todo lo que gira alrededor de la factoría, tanto dentro como fuera de ella (proveedores, planta, distribuidores, intermediarios, productos, servicios

asociados), con el fin de conseguir una cadena de valor altamente integrada (Davies, 2015). Esta transformación de los procesos de producción en las factorías necesita a su vez de un apoyo político significativo; por ello la CE está impulsando diferentes acciones de investigación e innovación como el programa *Factories of the Future*, donde colaboran diferentes entes, tanto público como privados, del mundo de la academia, la industria y la administración pública.¹ Grandes inversiones se han promovido a través de este programa y más de 2000 organizaciones se han beneficiado de esta iniciativa, gracias a los cerca de 240 proyectos que se han financiado durante los últimos años (Pazin, 2017). Este esfuerzo de la CE está coordinado también con otras estrategias nacionales que distintos Estados miembros han desarrollado en sus países para apoyar a sus fabricantes nacionales.

Como se puede ver en la **Figura 1**, la mayoría de los países de la zona euro han desarrollado un programa específico dentro de su territorio para apoyar esta transición tecnológica de las empresas. Podemos entrever que en un futuro próximo se lanzarán nuevos programas y políticas a nivel nacional y europeo, aunque también debemos aclarar que la implementación efectiva de estos programas es muy dispar. En nuestro país, por ejemplo, solamente un 10% de las ayudas ofrecidas por el gobierno ha sido ejecutado (Bueno, 2017). Este hecho puede tener varias explicaciones, como pueden ser la falta de una cultura innovadora que promueva una actitud favorable hacia el cambio, la falta de conexión de las empresas con la I+D nacional e internacional, o la burocracia que ahuyenta a las empresas a pedir este tipo de ayudas (especialmente pequeñas y medianas empresas - pymes). Por todo ello, la digitalización de la industria tradicional es un gran desafío, ya que requiere de la colaboración de diferentes actores que no han estado presentes en el sector fabril tradicionalmente y requerirá de esfuerzos coordinados para tratar de promover estas dinámicas.

267

1. Se puede consultar más información sobre este programa de colaboración público-privada en el siguiente enlace: https://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/factories-of-the-future_en.html.

Figura 1. Iniciativas nacionales de Industria 4.0 en diferentes países de la UE



Fuente: European Commission, 2017a

268

Tenemos que recordar que el sector de la fabricación es de suma importancia de cara al empleo en Europa, con alrededor de 30 millones de puestos de trabajo directos y 60 millones de carácter indirecto (Pazin, 2017), además de que el 59% de estos empleos se distribuyen en pymes (European Commission, 2013). Estos datos ayudan a comprender la importancia de la fabricación en la agenda política europea y, sobre todo, destacar el grado de interconexión del sector con instituciones, empresas, universidades, centros de investigación y otros agentes. Por ello, las implicaciones políticas y sociales del devenir de la industria supera con creces a otros sectores. La CE, a través de algunos de sus representantes como Andrus Ansip, vicepresidente de la CE para el Mercado Único Digital, ha subrayado la necesidad de alinear las diferentes políticas nacionales, con el objetivo de apoyar la digitalización de la industria en reiteradas ocasiones:

“Felicito a los Estados Miembros que han comenzado sus diversas iniciativas nacionales, comprometiendo importantes recursos financieros y organizativos para digitalizar la industria europea. Do you una calurosa bienvenida a los recién llegados y animo a otros países a unirse a esta iniciativa. Esta plataforma europea es un ejemplo de una Unión Europea colaborativa y cohesionada. Este es un gran esfuerzo a nivel europeo, pero solo producirá resultados positivos si los Estados Miembros colaboran y apoyan a las comunidades de innovación en la industria que operan en sus diferentes regiones con el objetivo de impulsar la transformación digital” (European Commission, 2017a).

Esta declaración subraya la necesidad de establecer sinergias entre los diferentes Estados miembros de la Unión Europea y responde a la importancia social de la fabricación y el reto que supone su transformación a través de la digitalización. La necesidad de mejorar la competitividad de la industria europea y afianzar su papel en la economía global, se produce en un contexto de competitividad creciente del sector, pero particularmente de las economías emergentes del sudeste asiático y del papel cada vez más dominante de las factorías chinas. Otro motivo para llevar a cabo esta transformación es el peso que tiene el sector de la fabricación en la economía alemana, mucho mayor del que tienen países como Estados Unidos o Reino Unido, lo que, unido al dominio total de las compañías norteamericanas (Amazon, Apple, Facebook, Google y Microsoft, entre otros) en la nueva industria que ha propiciado Internet, hace sumamente difícil competir con este tipo de compañías en los nuevos mercados digitales. Esta es una de las razones que explican por qué Alemania y Europa han adoptado con urgencia esta estrategia de digitalización de la industria, de cara a afianzar la posición privilegiada de la fabricación europea a nivel mundial (Fuchs, 2018) y con el objetivo de generar nuevos empleos de calidad, contribuir a un aumento de las exportaciones y a la generación de riqueza en general, desde el fortalecimiento del sector.

Sin embargo, la digitalización de la industria no es un proceso acotado en el tiempo, ya que la introducción de las nuevas tecnologías digitales para monitorizar procesos industriales requiere de recursos y personal cualificado que puedan mantener, mejorar y actualizar los sistemas informáticos permanente y continuamente. Tecnologías disruptivas como el *big data*, la robótica colaborativa, el IoT, la IA, los sistemas ciber-físicos o la fabricación aditiva, redefinirán los procesos operativos de las factorías, creando nuevas oportunidades para maximizar la eficiencia, agilidad y flexibilidad en la fabricación, y añadiendo capas de información digital que mejorarán el funcionamiento de las máquinas (Keller, Rosenberg, Brettel y Friederichsen, 2014).

269

Pero la adopción de estas tecnologías por parte de la industria plantea una serie de retos que van más allá de su mera adquisición por parte de las empresas. La integración de estas nuevas tecnologías digitales en los procesos de fabricación implica una transformación compleja que requiere repensar el papel de las infraestructuras, los recursos, los procesos y las propias organizaciones.

2. Retos y desafíos de la Industria 4.0

La implantación del paradigma de la Industria 4.0 presenta varias problemáticas que están lejos de ser resueltas a corto plazo. La necesidad de acometer grandes inversiones para adquirir tecnología y hacerse cargo de su mantenimiento presenta grandes barreras de entrada a las pymes, y hay que recordar que el tejido industrial europeo se caracteriza por una gran presencia de este tipo de empresas (European Commission, 2013). Por ello, es muy probable que puedan verse forzadas a cooperar con el fin de compartir recursos y crear sinergias entre sus cadenas de valor (IEC, 2015), así como las grandes empresas se verán también obligadas a actuar en estas redes debido a la alta interconexión existente entre organizaciones en el sector. Las asimetrías que se pueden producir en los procesos de digitalización que afronten las

regiones puede ser otro de los problemas que dificulten el desarrollo de este nuevo paradigma industrial, ya que las desigualdades entre los Estados miembros pueden obstaculizar el potencial de una economía europea basada en los datos (European Commission, 2017a). En este sentido, cabe recordar que las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) han demostrado a lo largo de la historia su potencial para provocar brechas digitales en múltiples dimensiones (Di Maggio y Hargittai, 2001) y las administraciones deberán observar muy de cerca cómo evolucionan estos procesos a nivel regional y local con el fin de garantizar una industria digitalizada, pero también inclusiva en todo el continente.

Otra de las dificultades que se entrevén en el horizonte está relacionada con la introducción de tecnologías que favorecen la automatización en los puestos de trabajo en las factorías, con la consecuente obsolescencia de muchas de las habilidades actuales de los trabajadores de las plantas industriales. Por ello, muchos de los empleados que se encuentren en esta situación se verán abocados a incorporar nuevas habilidades de cara a mantener su empleabilidad en el sector. Estos fenómenos que en inglés se conocen como *de-skilling* y *re-skilling* tendrán que ser afrontados por parte de la administración y por las empresas, con una política activa de formación que pueda contrarrestar estos efectos adversos de la automatización sobre el empleo, al igual que ha sucedido en otras revoluciones industriales. A pesar de que existe una literatura cada vez más abundante sobre el futuro impacto de la digitalización y la automatización sobre el empleo, no existe un consenso sobre cuál será la cantidad aproximada de empleos que pueden verse afectados por esta transición (Winick, 2018). Podemos entrever que los empleos más susceptibles de verse afectados por esta revolución tecnológica serán los de baja y mediana cualificación, que tienen asociado un nivel de ingresos medios y que también fueron los más afectados en el siglo XIX (Frey y Osborne, 2013).

270

Sin embargo, existe al mismo tiempo un gran desafío para formar en la sociedad los recursos humanos necesarios para poder liderar esta nueva revolución tecnológica, ya que muchas de las tecnologías que abanderan esta transformación digital demandarán una alta especialización. Este es uno de los mayores problemas que se han identificado a día de hoy, ya que se estima que 9 de cada 10 empleos requerirán habilidades digitales y, de momento, un 44% de europeos de entre 16 y 74 años (unos 169 millones de personas) no posee habilidades digitales básicas (European Commission, 2017b). Este hecho contrasta con las necesidades específicas del sector, en el cual se prevén que varios cientos de miles de empleos con habilidades digitales puedan crearse en torno a 2020 (Gareis, Hüsing, Birov, Bludova, Schulz y Korte, 2014).

Como hemos visto en esta sección, la importancia de la fabricación para Europa es mayúscula, por varios factores. A pesar de que hay razones de peso para ser escéptico sobre una rápida transformación en la mayoría de los países que conforman la CE (acceso a financiación, falta de cultura innovadora, tamaño de las empresas, etc.), podemos observar el comienzo de una transición hacia un nuevo ecosistema de innovación dentro de la factoría, que proporcionará terreno firme para el desarrollo de una sociedad pos-industrial, donde la creación de servicios de valor

añadido asociados a la fabricación de productos será de carácter primordial. La fábrica es el lugar donde las ideas se convierten en productos tangibles (Sol, 2015), pero también sigue siendo el lugar donde sucede la lucha de clases. Por ello podemos entrever que esta transformación de los medios de producción provocará nuevos conflictos políticos y sociales, ya que la digitalización de la industria implica repensar por completo el rol de la industria en la sociedad y la economía.

3. La irrupción del movimiento *maker*

El “movimiento *maker*” es el término que acuñó Dale Dougherty para englobar a las personas que se apasionan con las tecnologías libres provenientes del *open hardware* y el *open software*, para crear nuevos artefactos o desarrollar proyectos colaborativos con un alto grado de innovación (Dougherty, 2012). Otros autores también se han referido a este fenómeno como “cultura *maker*” (Anderson, 2012; Smith, Fressoli, Abrol, Arond y Ely, 2017), con el fin de resaltar los valores que encierra esta nueva filosofía de empoderamiento ciudadano a través de la tecnología.

El origen del movimiento *maker* radica en la expiración de varias patentes, y su posterior popularización en la sociedad, en los campos de la fabricación digital y la IoT. Tecnologías como la microelectrónica, los microcontroladores, la impresión 3D y el diseño en 3D, en combinación con un régimen de producción social (Benkler, 2006) o peer to peer (P2P) y un énfasis en el aprendizaje informal (tanto *online* como *offline*) (Tabarés-Gutiérrez, 2016), han permitido que diversas comunidades de entusiastas de la tecnología hayan desarrollado innovaciones de muy diverso tipo, fuera de los modelos de innovación más clásicos (Lundvall, 1992). Podemos retrotraernos hasta la década de 1920, con el fenómeno de la radio pirata (Haring, 2008) o con el famoso *Tech Model Railroad Club* del MIT (Levy, 2010) para contextualizar cómo la filosofía *Do It Yourself* (DIY) (Kuznetsov y Paulos, 2010) y la ética *hacker* (Himanen, 2002) han estado presentes en la sociedad desde hace varias décadas, y cómo ahora estos movimientos parecen volver a resurgir con fuerza. El DIY engloba el diseño, el arte y las manualidades; sus límites son confusos, ya que no es fácil delimitar cada uno de estos campos. Algunos autores intentan definir el DIY como “cualquier creación, modificación o reparación de objetos sin la ayuda de profesionales remunerados” (Kuznetsov y Paulos, 2010: 1).

Como podemos observar, esta definición enfatiza los componentes de altruismo y amateurismo que están en el núcleo del movimiento *maker* (Dougherty, 2012) y que beben a su vez de la ética *hacker* (Himanen, 2002). Estas dos filosofías comparten la pasión por la tecnología y las potencialidades de ésta para cambiar el mundo y hacer de él un lugar más justo. Estos valores fueron los que también tenían los pioneros de la informática personal, Internet y la web, y los que caracterizaron a la contracultura norteamericana del siglo XX (Barbrook y Cameron, 1996). Esta nueva ola de empoderamiento personal a través de la tecnología está condicionada por lo que se conoce como *open hardware*: todas aquellas tecnologías que poseen un diseño abierto, que permiten desarrollar objetos y artefactos de forma que no requiera una producción en masa. Esto, unido al ya establecido *open software*, brinda caminos

alternativos para la I+D, a través del desarrollo de innovaciones que pueden satisfacer las necesidades de colectivos marginales o no convenientemente atendidas por la producción en masa.²

Pero la cultura *maker* también presenta diferencias con la cultura *hacker*, ya que, mientras la segunda está más preocupada por el código que se desarrolla, la primera está más preocupada por el diseño, la apariencia física y el funcionamiento de otros objetos físicos que se crean, reparan o modifican:

“Hoy nos encontramos en medio de una nueva cultura hacker (o cultura *maker*) que vuelve a reclamar un modelo de producción tecnológica como empoderamiento individual y que se aleja de la anterior en varios modos. Esta cultura *maker* se preocupa no sólo de Internet y otros artefactos digitales, sino también de artefactos físicos tales como diseños de *hardware*, sensores y conectores que fusionan el mundo digital y el físico. Si bien el movimiento anterior se enfocaba en el funcionamiento de la programación del *software* e Internet, este movimiento *maker* se preocupa de los diseños de *hardware* y el funcionamiento de la Internet de las Cosas” (Lindtner, 2014: 146).

272

Como argumenta Lindtner, los *makers* experimentan con la tecnología, al igual que los *hackers*, pero su alcance es mucho más amplio que los anteriores, ya que las nuevas tecnologías de código abierto permiten fusionar mundos físicos y virtuales (Gershenfeld, 2005) en artefactos que no tienen un diseño propietario. Es por esto que el surgimiento de diferentes iniciativas de código libre como Arduino, *Raspberry Pi* o *RepRap*, han supuesto una auténtica revolución, ya que han permitido a su vez desarrollar multitud de innovaciones de bajo coste por diferentes usuarios repartidos por todo el mundo. Estas plataformas de código abierto han asentado las bases para que multitud de innovadores anónimos pueda crear prototipos y desarrollar ideas que pueden mejorarse continuamente sin tener que disponer de una gran factoría o de acometer una producción en masa. La irrupción de la fabricación personal y la microelectrónica en la sociedad se ha producido por la apropiación social de estas tecnologías de código libre, pero también por la difusión de innumerables espacios dedicados a la cultura *maker* como son *makerspaces*, *fab labs* o *hackerspaces*.

Dichos espacios han experimentado un crecimiento notable en los últimos años y en ellos podemos encontrar impresoras 3D, escáneres 3D, kits de soldadura, cortadoras láser y otras herramientas que permiten llevar a cabo la fabricación de diversos objetos. Además, también ofrecen diferentes actividades tales como

2. Un ejemplo de esto último es el desarrollo de prótesis y órtesis en 3D para niños con algún tipo de discapacidad física que necesitan de estos recursos para llevar una vida normal. El hecho de que en el mercado generalista este tipo de soluciones sean de carácter propietario, hace que su precio sea inabordable para muchas familias sin los recursos necesarios. Por ello han surgido iniciativas como *Enabling the Future*, una red de apoyo internacional en la que diversos colectivos e individuos contribuyen al desarrollo de estas innovaciones para mejorar la calidad de vida de multitud de niños en todo el mundo. Más información en la dirección web: <http://enablingthefuture.org/>.

seminarios, cursos y talleres (Niaros, Kostakis y Drechsler, 2017) que están orientadas hacia el aprendizaje de dichas herramientas y que tratan de unir diferentes disciplinas STEAM (*science, technology, engineering, arts and mathematics*) en proyectos colaborativos que permiten empoderar a la ciudadanía a través de la tecnología. En dichos espacios, se alienta el uso de hardware y software libre, además de apoyarse en metodologías de aprendizaje colaborativo P2P.

Figura 2. Maker faire de Bilbao (2017)



Fuente: fotografía propia

Desde el surgimiento de la *Fab Lab Network*, allá por 2000 y de la mano de Neil Gershenfeld, que por aquel entonces era el director del *Centre for Bits and Atoms* (CBA) del MIT (Gershenfeld, 2005), multitud de fab labs han abierto sus puertas y a día de hoy superan la cifra de 1200 centros activos por todo el mundo.³ Otro tanto podemos decir de los *makerspaces*, con más de 1400 espacios declarados como activos en la wiki colaborativa de *Hackerspaces*.⁴ Dichos números dan una idea de la magnitud del fenómeno, el cual ha denotado un considerable crecimiento en los últimos años, también ayudado por el papel que juegan plataformas digitales como *Thingiverse*, que permiten descargar, cargar, documentar, compartir, debatir y aprender sobre diferentes proyectos, utilizando la web e Internet como infraestructura. El papel de este tipo de repositorios digitales ha sido crítico, ya que dichas plataformas hacen posible que diferentes usuarios de todo el mundo puedan replicar

3. Esta cifra se ha extraído del siguiente enlace: <https://www.fablabs.io/labs>.

4. Más información en: https://wiki.hackerspaces.org/List_of_Hacker_Spaces.

un proyecto realizado en otra parte del mundo o bien, compartir o mejorar un proyecto ya realizado, con otros usuarios de la plataforma a nivel mundial. Estas plataformas constituyen unas infraestructuras de conocimiento que son de incalculable valor para diferentes personas que participan del movimiento al compartir información y co-crear iniciativas gracias a estas infraestructuras. Este régimen de acceso a bienes culturales digitales que podríamos catalogar también como procomún digital (Gutiérrez, 2018) ha sido posible gracias al desarrollo del tercer entorno (Echeverría, 1999) y de comunidades auto-organizadas dentro de él, con intereses específicos y que trabajan en un régimen de producción social altruista (Benkler, 2006) para el mantenimiento de dichos recursos.

Por último, los eventos dedicados a ensalzar la cultura *maker* también han jugado un papel clave en la popularización del fenómeno. Las *maker faires* o ferias *maker* constituyen el evento de referencia para las comunidades *maker*, ya que ayudan a conectar a los diferentes espacios, colectivos e individuos que participan del fenómeno. Este tipo de eventos han sido impulsados desde 2006 por la revista *Make Magazine* (Sivek, 2011) para celebrar el movimiento *maker*, visibilizar a todos los proyectos que son desarrollados bajo esta filosofía y dar a conocer el fenómeno a la sociedad y otros agentes que normalmente no participan de él. Durante los últimos años, estos eventos se han vuelto muy populares con un gran éxito de público y atención de los medios, además de consolidarse en multitud de países. En nuestro país, por ejemplo, se han celebrado ferias *maker* en ciudades como Barcelona, Bilbao (**Figura 2**), León, Madrid o Santiago de Compostela.

274

4. La fabricación abierta

La irrupción y consolidación del movimiento *maker* (Anderson, 2012; Dougherty, 2012; Hatch, 2013), la popularización de la producción social entre iguales (P2P) (Benkler, 2006) y la creciente importancia de los procomunes digitales en la sociedad (Gutiérrez, 2018) han contribuido a propiciar formas alternativas de creatividad, innovación y producción tecnológica que se alejan de las políticas clásicas de I+D (Lundvall, 1992). Este fenómeno ha sido favorecido por la cada vez más común presencia de espacios colaborativos como *fab labs*, *makerspaces* y *hackerspaces* en áreas urbanas (Martelloni *et al.*, 2017; Niaros *et al.*, 2017; Tabarés-Gutiérrez *et al.*, 2018), al igual que por el creciente uso de plataformas digitales como *Thingiverse* y otros, permitiendo a múltiples individuos crear, compartir, re-mezclar y co-crear diferentes objetos tecnológicos y diseños que pueden ser monetizados (o no), a través de una variedad de modelos de negocio basados en comunidades de usuarios (Wolf y Troxler, 2016).

Como hemos visto anteriormente, esta consolidación de formas alternativas de desarrollo tecnológico responde a la evolución del movimiento DIY y la cultura *hacker*, que a través del movimiento *maker* ha visto aumentada sus posibilidades. Por ello, multitud de proyectos se han beneficiado de estas plataformas de código abierto y de las prácticas asociadas a su desarrollo, que permiten a infinidad de usuarios poder mejorar y contribuir a un proyecto ya establecido, sin tener que empezar de cero y poder seguir su desarrollo paso a paso. El movimiento *maker* se ha beneficiado enormemente por lo

que se conoce como diseño abierto (*open design* en inglés), que “se refiere ampliamente al diseño, desarrollo y distribución de productos y sistemas que se habilitan a través del acceso público y recursos de información compartidos” (Green *et al.*, 2017: 2).

Compartir información no es una idea nueva ya que fue uno de las mantras con los que surgió la web (Berners-Lee, 2000), pero desde la irrupción del fenómeno web 2.0 y el establecimiento de diversas plataformas orientadas a compartir información de todo tipo, hemos asistido a la creación de hábitos en nuestra sociedad que son impulsados por la cultura digital que ha ayudado a desarrollar Internet y la web. Sólo así se explica la irrupción de la economía colaborativa (Sundararajan, 2016) y otras prácticas similares que han sido impulsadas por el desarrollo de una cultura participativa dentro del tercer entorno (Echeverría, 1999).

La popularización del diseño abierto no sólo ofrece beneficios para los *makers*, sino también para los fabricantes tradicionales (Green *et al.*, 2017), ya que es una fuente continua de creatividad e innovación que se puede aplicar al desarrollo de nuevos productos o servicios. Además, el diseño abierto también permite la transformación de las estructuras organizativas de las empresas (Hamalainen y Karjalainen, 2017), algo que seguramente demandará la digitalización de la industria, para poder usar todo el potencial de las nuevas tecnologías en las factorías. Por otro lado, la irrupción de modelos de negocio asociados al diseño abierto, que son impulsados principalmente por *makers*, se caracterizan por incorporar componentes de innovación social como el hedonismo y el altruismo en su propuesta de valor, los cuales no han estado habitualmente en las empresas tradicionales (Troxler y Wolf, 2017; Wolf y Troxler, 2016), ya que suelen estar orientadas a intentar maximizar sus beneficios (Quintanilla, 2018).

275

Estas nuevas prácticas no se ciñen al movimiento *maker*. El surgimiento de nuevos fabricantes de bajo coste en China, que también utilizan prácticas P2P, ha demostrado su utilidad de cara a las empresas tradicionales (Silvia Lindtner, Greenspan y Li, 2015). Por ello, establecer un diálogo entre fabricantes y *makers* puede ser beneficioso para ambos, ya que los primeros pueden aportar a los segundos una actitud positiva ante la tecnología, la experimentación y una cultura proclive a la innovación (Tabarés Gutiérrez, 2018; Quintanilla, 2005). Dichos elementos pueden considerarse críticos de cara a la introducción favorable de las tecnologías digitales en las factorías. En este sentido, los *makers* pueden ayudar a los fabricantes tradicionales a abrazar el cambio y favorecer una cultura de la innovación en las factorías, lo cual será demandado también por la digitalización de la industria a través del paradigma de la Industria 4.0.⁵ Al mismo tiempo, los *makers* pueden beneficiarse de las aptitudes de gestión, normalización y producción masiva de las que disponen los fabricantes tradicionales, los cuales poseen unos valores diferentes en torno a la innovación (automatización, eficiencia y aversión al cambio, entre otras). Sin embargo, se necesitan nuevas infraestructuras para establecer un

5. Entendemos como fabricantes tradicionales principalmente a las pymes que se encuentran involucradas en grandes cadenas de valor de sectores como el de la automoción o el aeroespacial, y no disponen de los recursos necesarios para gestionar un sistema de I+D.

diálogo productivo entre fabricantes tradicionales y *makers*, ya que disponen de diferentes actitudes y valores, así como intereses y motivaciones dispares para la colaboración. Esta es un área que todavía no ha sido muy explorada y que exige de investigaciones rigurosas que puedan desentrañar cuáles son las potencialidades de las hibridaciones entre estas dos culturas de fabricación (Tabarés-Gutiérrez *et al.*, 2018).

Es en este choque de culturas donde surge el paradigma de la fabricación abierta (*open manufacturing* en inglés). La idea de la fabricación abierta radica en utilizar tecnologías libres en los procesos productivos, en combinación con valores que promuevan la sostenibilidad y la innovación social (Tabarés-Gutiérrez *et al.*, 2018). En la lógica detrás de la fabricación abierta hay una combinación de tecnologías abiertas disruptivas como IoT y la impresión en 3D, valores alternativos como la producción social y nuevos espacios de producción (*fab labs*, *makerspaces*) que no solamente utilizan *software* y *hardware* abiertos, sino también protocolos y procesos abiertos. Así, se abre todo un horizonte, en el cual los objetos físicos pueden producirse de manera abierta, colaborativa y distribuida en base al diseño abierto y los principios *open source* (Bauwens, 2010; Kostakis, Niaros, Dafermos y Bauwens, 2015).

A pesar de que la fabricación abierta es un término en rápida transformación, nos gustaría proponer nuestra propia definición, la cual enunciamos como la aplicación de los valores y principios del movimiento del *software* libre a los procesos de producción, caracterizándose principalmente por herramientas clave como los datos abiertos, el *software* abierto, el hardware abierto, las redes distribuidas, la colaboración, el intercambio de información y la transparencia. Esta definición responde al auge del movimiento *maker* y la popularización de las prácticas asociadas al movimiento *open source*, en dominios diferentes a los que se originó (producción de *software*). Los retos que tiene ante sí este paradigma emergente están relacionados sobre todo con la productividad, la competitividad y la generación de riqueza, ya que esta nueva forma de fabricación no busca la maximización de los beneficios (Troxler y Wolf, 2017; Wolf y Troxler, 2016) y no responde a las leyes económicas clásicas, ya que se persigue producir impactos sociales y ambientales positivos, y no meramente económicos. Además, las barreras que se presentan de cara a la industrialización son encomiables (Lindtner *et al.*, 2015), pero no por ello debemos pensar que la fabricación abierta es una moda pasajera, ya que ejemplos populares como WikiHouse o Fairphone han inspirado otras iniciativas singulares como OpenROV o Loomio. Además, grandes compañías como IKEA o Leroy Merlin también están experimentando con este tipo de prácticas para involucrar a clientes y otros usuarios en sus procesos de innovación. Una tendencia que es fácilmente reconocible desde la irrupción de la innovación abierta en la gestión empresarial (Chesbrough, 2003; Von Hippel, 2005).

276

5. La necesidad de empoderar a la ciudadanía ante una nueva revolución industrial

Como hemos expuesto a lo largo del artículo, la agenda política europea ha trazado una estrategia muy ambiciosa para la transformación digital de la industria, en la que

subyace la necesidad de modernizar las factorías con tecnologías que provean la capacidad de automatizar, monitorizar y dotar de “inteligencia” a los procesos productivos. Esta necesidad imperiosa de digitalizar las factorías radica en asegurar la posición privilegiada del sector europeo a nivel global, e ir introduciendo posteriormente servicios avanzados asociados a los procesos de fabricación, que puedan aportar ventajas competitivas en un mercado cada vez más exigente y fragmentado. Pero como hemos desgranado anteriormente, este paradigma de Industria 4.0 se enfrenta a multitud de retos y desafíos que parecen lejos de ser resueltos a corto plazo, debido a la complejidad de los mismos. La mera introducción y adquisición de nuevas tecnologías digitales por parte de las empresas no parece que sea una solución que vaya a producir beneficios inmediatos para las factorías. Es más: lo más probable es que genere diversas problemáticas a nivel organizativo, diversas necesidades en materia de adaptación, especialización y formación, y probablemente nuevos conflictos laborales en las plantas.

En este sentido, y como hemos ido recapitulando en esta contribución, la irrupción del movimiento *maker* ha afianzado la consolidación de una nueva cultura de fabricación que dispone de unos valores diferentes a los que se pueden encontrar en la fabricación tradicional, tales como la eficiencia, la efectividad, la maximización de los beneficios, el enfoque tecnocentrista en la organización del trabajo, las jerarquías organizativas y la gestión del tiempo, por citar algunos de ellos. Por el contrario, la fabricación abierta ofrece una nueva serie de valores que provienen de la ética hacker y la cultura *maker*, y que priorizan el uso de tecnologías no propietarias, el diseño abierto, compartir información, la co-creación entre iguales, la experimentación, la sostenibilidad, el bien común y el empoderamiento de la ciudadanía a través del uso de la tecnología, entre otros. Este choque de culturas de fabricación que se produce en los albores de una transición hacia una sociedad pos-industrial es de máxima importancia para entender cuáles son las necesidades de las empresas en esta nueva industria digital. Más, si cabe, cuando el papel de los datos se revela como uno de los principales baluartes de una nueva economía digital basada en los intangibles, que demandará de nuevos enfoques para gestionar la innovación en el sector de la fabricación en general, pero sobre todo en las pymes, las cuales no suelen disponer de los recursos para hacerlo adecuadamente.

Estas diferencias ilustran en buena medida los retos y desafíos que afronta la industria europea, la cual está conformada por enormes cadenas de valor en las que fabricantes de la talla de Volkswagen ejercen una posición dominante en ciertos sectores y, al mismo tiempo, son integrantes de complejas redes en las que la mayoría de los actores son pymes con escasos recursos para gestionar la innovación.⁶ Por ello, los riesgos que entraña la digitalización de la industria europea son mayúsculos, ya que la introducción de nuevas tecnologías en las factorías más avanzadas puede generar desigualdades de gran calado que lleven al traste con el futuro de diversas naciones, regiones, organizaciones, colectivos e individuos.

6. Fabricantes tan reconocidos como Volkswagen ejercen una posición privilegiada en largas cadenas de valor del sector, donde opera una multitud de pymes que deben cumplir con una serie de normas y criterios de calidad que les vienen impuestos por estas empresas de referencia.

En este sentido, debemos recordar que la economía digital que están promoviendo las compañías de Internet se basa en el monopolio de la captura, gestión, agregación, tratamiento, filtrado y reutilización de datos, que luego utilizan para crear nuevos servicios (asistentes digitales, motores de recomendación y otros) y que monetizan de diferentes formas. Estas prácticas se han catalogado por diferentes autores como *platform economy* o economía de las plataformas para denotar la posición dominante y muchas veces abusiva que ejercen estas mega-corporaciones en Internet (Kenney y Zysman, 2016; Srnicek, 2017). Y es que tecnologías avanzadas tales como las redes neuronales, el *big data* o el *machine learning* no están al alcance de todas las empresas, sino que están reservadas para aquellas que puedan acceder y manejar un volumen de datos ingente y disponer al mismo tiempo de los recursos computacionales y humanos especializados necesarios para tratarlos y generar a partir de ellos, innovaciones y servicios que redunden en ventajas competitivas. Este es el verdadero reto que enfrenta la industria europea a través de la digitalización, ya que el riesgo de promover al mismo tiempo una industria exclusiva y desigual a lo largo del continente es latente.

Por otro lado, la necesidad de invertir en la formación de capital humano que pueda liderar esta revolución industrial es uno de los mayores desafíos que enfrenta el Viejo Continente (European Commission, 2017b). Pero, además, porque la necesidad de habilidades digitales también se ceba con la igualdad de género y con otras minorías que no participan de los beneficios que promueve la digitalización (Quirós *et al.*, 2018). Por ello, en esta contribución se enfatizan los valores de la fabricación abierta como contrapunto al enfoque tecnocentrista y determinista de la Industria 4.0. Si bien este paradigma impulsado desde la agenda política apunta a la modernización de la industria a través de la tecnología, la fabricación abierta confía en el aprendizaje informal y colaborativo, el acceso a la información, la co-creación de conocimiento y la producción social de artefactos como ventajas competitivas de una industria emergente que puede facilitar la transición hacia una sociedad pos-industrial.

A nuestro entender, este enfoque debería priorizarse desde la agenda política, ya que no cabe duda de que la introducción de estas tecnologías disruptivas en las empresas producirá numerosas brechas digitales en las factorías. Brechas que pueden manifestarse también en forma de fenómenos de *de-skilling* u obsolescencias de las habilidades de los trabajadores en sus puestos de trabajo. Creemos, por tanto, que la mejor manera de combatir estos fenómenos es previniéndolos con una estrategia activa de formación, capacitación y empoderamiento de la ciudadanía por parte de la administración y otros agentes privados.

Tabla 1. Valores que impulsan la Industria 4.0 y la fabricación abierta

Industria 4.0	Fabricación abierta
Enfoque tecnocentrista	Enfoque competencial
Estructura centralizadora	Estructura descentralizadora
Tecnologías propietarias	Tecnologías libres
Capital privado/riesgo	<i>Crowdfunding</i>
Acceso restringido a la información	Libre acceso a la información
Procesos opacos	Procesos transparentes
Maximización de beneficios	Beneficio social

Fuente: elaboración propia

En este sentido, los *fab labs*, *makerspaces* y otros espacios ya preestablecidos por la geografía de numerosas ciudades europeas ya están realizando esas acciones de difusión y apropiación social de la tecnología para con la ciudadanía de manera sumamente activa. Por ello, establecer puentes y potenciar sinergias entre estos espacios y los fabricantes tradicionales puede ser sumamente interesante de cara al desarrollo de alianzas que permitan introducir los retos que propone la Industria 4.0, de una manera “entrañable” y no alienante (Quintanilla, 2018). Las fortalezas de este enfoque radican en la introducción y difusión de tecnologías disruptivas digitales, que están en el núcleo de la Industria 4.0, tales como la fabricación aditiva o el IoT, pero a través de un aprendizaje social, grupal y principalmente informal, que permita a los individuos desarrollar las habilidades digitales básicas que necesitan para desenvolverse adecuadamente en esta nueva industria digitalizada (Tabarés-Gutiérrez *et al.*, 2018). Además, el hecho de utilizar tecnologías libres y abiertas que pueden ser inspeccionadas y modificadas por sus usuarios permite desarrollar un pensamiento crítico respecto a la tecnología que se desarrolla, lo cual debería estar en el corazón de una verdadera revolución tecnológica.

Tecnologías libres y abiertas que fueron patentadas en su día por la industria, pero debido a la falta de masa crítica para poder utilizarlas, no se han popularizado hasta que los derechos de explotación industrial han vencido y han pasado al dominio público. Este fenómeno ilustra muy bien como el mero desarrollo de tecnologías disruptivas no implica un nuevo paradigma de innovación, ya que es un fenómeno mucho más complejo en el que la difusión, la popularización y la apropiación social de la tecnología por parte de administraciones, empresas, emprendedores y la sociedad juegan un papel clave en la generación de nuevos mercados y modelos de negocio.

Por ello en este texto se subraya la necesidad de prestar atención a las necesidades formativas que demandará la digitalización de la industria como uno de los principales factores a la hora de la implementación efectiva de este paradigma en el continente europeo. Anticiparse y prever cómo deben ser mitigadas las posibles brechas y desigualdades que esta industria digital puede crear en las factorías

europas no sólo es una responsabilidad para con la ciudadanía, sino uno de los factores principales para que esta Industria 4.0 sea capaz de proveer de bienestar, prosperidad y riqueza.

Conclusiones

La urgencia en el despliegue del paradigma de la Industria 4.0 en el Viejo Continente responde a la necesidad de asegurar la posición dominante del sector de la fabricación europeo a nivel global. Esta necesidad de digitalización de la industria ha sido impulsada inicialmente por el gobierno alemán y posteriormente por los diversos Estados miembros y la CE, de cara a la generación de servicios de alto valor añadido alrededor de la fabricación, y presenta varios retos de gran complejidad debido a la idiosincrasia del sector. Creemos que un enfoque de transformación digital liderado por la adquisición y transferencia de tecnología hacia las empresas puede producir grandes desigualdades entre ellas y crear dramáticas transformaciones que pongan en peligro el papel tradicional que juega la industria como generadora de bienestar social. Esto, unido a las debilidades que tienen las pymes a la hora de gestionar la innovación, hace que sea necesario desplegar estrategias específicas orientadas a este colectivo para promover una digitalización inclusiva.

280

Al mismo tiempo, y cómo hemos tratado de trasladar en el texto, una nueva cultura de fabricación está emergiendo gracias a las nuevas infraestructuras de conocimiento digitales y los nuevos espacios de producción, que ofrecen vías alternativas para el desarrollo tecnológico y que se alejan de los clásicos itinerarios de las políticas de I+D. La fabricación abierta ofrece numerosas oportunidades para reenganchar a la ciudadanía con la actividad fabril, pero también para su empoderamiento de cara a una nueva revolución tecnológica en el horizonte. En este sentido creemos que es de suma importancia poner el foco en la transición hacia una sociedad postindustrial en la formación, utilizando un enfoque competencial y que fomente el aprendizaje colaborativo, con el fin de desarrollar las habilidades y aptitudes necesarias de cara a una sociedad digital. Por ello, debemos aclarar que la adquisición de competencias en fabricación digital no debe remitirse únicamente al desarrollo de capacidades, sino también al fomento de un pensamiento crítico respecto al desarrollo tecnológico.

Esto debería ser uno de los principales baluartes de la próxima revolución industrial para desarrollar una sociedad más igualitaria e inclusiva, que atienda a las necesidades de la ciudadanía para generar y compartir riqueza, empleo y prosperidad, y que no responda solamente a los intereses económicos de diversos conglomerados industriales que buscan aumentar sus beneficios.

Bibliografía

ANDERSON, C. (2012): *Makers: the new industrial revolution*, Random House.

BARBROOK, R. y CAMERON, A. (1996): “The Californian ideology”, *Science as Culture*, vol. 6, n° 1, pp. 44–72. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/09505439609526455>.

BAUWENS, M. (2010): “The Emergence of Open Design and Open Manufacturing”, *We*, vol. 2. Disponible en: <http://www.we-magazine.net/we-volume-02/the-emergence-of-open-design-and-open-manufacturing/#.WOSgTWclHIU>.

BENKLER, Y. (2006): *The Wealth of Networks: How Social Production Transforms Markets and Freedom*, New Haven y Londres, Yale University Press.

BERNERS-LEE, T. (2000): *Weaving the Web: The Original Design and Ultimate Destiny of the World Wide Web*, Nueva York, Harper Collins.

BRYNJOLFSSON, E. y MCAFEE, A. (2014): *The Second Machine Age*, Nueva York, Norton & Company.

BUENO, C. (2017): “España solo consume el 10% de las ayudas a la industria 4.0”, *El Economista*. Disponible en: <http://www.eleconomista.es/empresas-finanzas/factoria/noticias/8773989/11/17/Espana-solo-consume-el-10-de-las-ayudas-a-la-industria-40.html>.

281

CHESBROUGH, H. (2003): *Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*, Harvard, Harvard Business Press.

DAVIES, R. (2015): *Industry 4.0 Digitalisation for productivity and growth*. Disponible en: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI\(2015\)568337_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI(2015)568337_EN.pdf).

DIMAGGIO, P. y HARGITTAI, E. (2001): “From the ‘Digital Divide’ to ‘Digital Inequality’: Studying Internet use as Penetration Increases”. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/bem.20484>.

DOUGHERTY, D. (2012): “The Maker Movement”, *Innovations: Technology, Governance, Globalization*, vol. 7, n° 3, pp. 11–14. Disponible en: https://doi.org/10.1162/INOV_a_00135.

ECHEVERRÍA, J. (1999): *Los señores del aire: Telépolis y el tercer entorno*, Barcelona, Destino.

EU SKILLS PANORAMA. (2014): *Advanced manufacturing Analytical Highlight*. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/BF01176301>.

EUROPEAN COMMISSION (2013): *Factories of the Future - Multi-Annual Roadmap for the contractual PPP under Horizon 2020*, Bruselas.

EUROPEAN COMMISSION. (2017a): “European countries join forces to digitise industry”. Disponible en: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/european-countries-join-forces-digitise-industry>.

EUROPEAN COMMISSION (2017b): “The Digital Skills Gap in Europe”. Disponible en: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/digital-skills-gap-europe>.

FREY, C. B. y OSBORNE, M. A. (2013): “The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs To Computerisation?”, *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 114, pp. 254–280.

FUCHS, C. (2018): “Industry 4.0: The Digital German Ideology”, *Triple C: Communication, Capitalism & Critique*, vol. 16, n° 1, pp. 280–289.

GAREIS, K., HÜSING, T., BIROV, S., BLUDOVA, I., SCHULZ, C. y KORTE, W. (2014): *E-skills for jobs in Europe: Measuring progress and moving ahead*.

GERSHENFELD, N. (2005): *Fab: The coming revolution on your desktop - From personal computers to personal fabrication*, Nueva York, Basic Books.

GREEN, D. P., BJORN, P., REITER, A., FUCHSBERGER, V., KIRK, D., TAYLOR, N. y LINDTNER, S. (2017): “Open Design at the Intersection of Making and Manufacturing”, *Proceedings of the 2017 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems - CHI EA '17*, pp. 542–549. Disponible en: <https://doi.org/10.1145/3027063.3027087>.

282

HAMALAINEN, M. y KARJALAINEN, J. (2017): “Social manufacturing: When the maker movement meets interfirm production networks”, *Business Horizons*. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2017.07.007>.

HARING, K. (2008): *Ham Radio's Technical Culture*. Cambridge, The MIT Press.

HATCH, M. (2013): *The maker movement manifesto: rules for innovation in the new world of crafters, hackers, and tinkerers*, Londres, McGraw Hill.

HIMANEN, P. (2002): *La ética del hacker y el espíritu de la era de la información*, Barcelona, Destino.

IEC (2015): *Factory of the Future. Switzerland*. Disponible en: <https://doi.org/Strategie>.

KELLER, M., ROSENBERG, M., BRETTEL, M. y FRIEDERICHSEN, N. (2014): “How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective”, *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, vol. 8, n° 1, pp. 37–44. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.213>.

KENNEY, M. y ZYSMAN, J. (2016): “The Rise of the Platform Economy”, *Issues in Science and Technology*, vol. 32, n° 3, p. 61.

- KOSTAKIS, V., NIAROS, V., DAFERMOS, G. y BAUWENS, M. (2015): "Design global, manufacture local: Exploring the contours of an emerging productive model", *Futures*, vol. 73, pp. 126–135. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2015.09.001>.
- KUZNETSOV, S. y PAULOS, E. (2010): "Rise of the Expert Amateur?: DIY Projects , Communities , and Cultures", *Proceedings of the 6th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Extending Boundaries*, pp. 295–304, ACM.
- LEVY, S. (2010): *Hackers: Heroes of the Computer Revolution*. O'Reilly, Nueva York, Dell Publishing. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0267-3649\(86\)90036-1](https://doi.org/10.1016/0267-3649(86)90036-1).
- LINDTNER, S. (2014): "Hackerspaces and the Internet of Things in China: How makers are reinventing industrial production, innovation, and the self", *China Information*, vol. 28, pp. 145–167. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/0920203X14529881>.
- LINDTNER, S., GREENSPAN, A. y LI, D. (2015): "Designed in Shenzhen: Shanzhai Manufacturing and Maker Entrepreneurs", *Aarhus Series on Human Centered Computing*, vol. 1, p. 12. Disponible en: <https://doi.org/10.7146/aahcc.v1i1.21265>.
- LUNDVALL, B. A. (1992): *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Londres, Pinter Publ.
- MARTELLONI, L., LOBASCIO, A., COMO, E., GIORGI, D., LOTTI, G., FIESOLI, I. y TABARÉS-GUTIÉRREZ, R. (2017): *Universities, Enterprises and Maker Communities in Open Design & Manufacturing across Europe?: An exploratory study*. Disponible en: <http://odmplatform.eu/wp-content/uploads/2017/05/D3.1-ODM-Research-Report-Integral.pdf>.
- MORRAR, R., ARMAN, H. y MOUSA, S. (2017): "The Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0): A Social Innovation Perspective", *Technology Innovation Management Review*, vol. 7, n° 2.
- NIAROS, V., KOSTAKIS, V. y DRECHSLER, W. (2017): "Making (in) the Smart City: The Emergence of Makerspaces", *Telematics and Informatics*. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tele.2017.05.004>.
- PAZIN, Z. (2017): "Factories 4.0: The Future of European Manufacturing". Disponible en: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/blog/factories-40-future-european-manufacturing>.
- QUINTANILLA, M. Á. (2005): *Tecnología: Un enfoque filosófico y otros ensayos de filosofía de la tecnología*, Mexico DF, Fondo de Cultura Económica.
- QUINTANILLA, M. Á. (2018): "Engaging Technologies: Criteria for an Alternative Model of Technological Development", en B. Laspra y J. A. López-Cerezo (eds.): *Spanish Philosophy of Technology - Contemporary Work from the Spanish Speaking Community*, Cham, Springer.

QUIRÓS, C. T., MORALES, E. G., PASTOR, R. R., CARMONA, A. F., IBÁÑEZ, M. S. y HERRERA, U. M. (2018): *Women in the Digital Age*. Disponible en: <https://doi.org/10.2759/526938>.

SCHWAB, K. (2016): "The Fourth Industrial Revolution: what it means and how to respond". Disponible en: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>.

SIVEK, S. C. (2011): "We Need a Showing of All Hands: Technological Utopianism in MAKE Magazine", *Journal of Communication Inquiry*, vol. 35, pp. 187–209. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/0196859911410317>.

SMITH, A., FRESSOLI, M., ABROL, D., AROND, E. y ELY, A. (2017): *Grassroots Innovation Movements*, Londres, Routledge.

SOL, E.-J. (2015): *Factories 4.0 Europe: A vision for the future of manufacturing in Europe as the result of the 4th industrial revolution*, Eindhoven.

SRNICEK, N. (2017): *Platform Capitalism*, Cambridge, Polity Press.

SUNDARARAJAN, A. (2016): *The Sharing Economy*, Cambridge, The MIT Press.

TABARÉS GUTIÉRREZ, R. (2016): "Approaching maker's phenomenon", *Interaction Design and Architecture(s)*, vol. 30, pp. 19–29.

TABARÉS GUTIÉRREZ, R. (2018): "La importancia de la cultura tecnológica en el movimiento maker", *Arbor*, vol. 194, n° 789, a471. Disponible en: <https://doi.org/10.3989/arbor.2018.789n3013>.

TABARÉS GUTIÉRREZ, R. (2018): "Understanding the role of digital commons in the web; The making of HTML5", *Telematics and Informatics*, volume 35, n° 5, pp. 1438-1449.

TABARÉS GUTIÉRREZ, R., BARTOLOMÉ, T., MARTELLONI, L., DE AMICIS, L., BINENTI, S. y RUSHTON, E. (2018): *Exploring the Emergent Open Manufacturing Industry - OPENMAKER White Paper v1.0*. Disponible en: <http://openmaker.eu/wp-content/uploads/2018/02/D4.3-White-paper-version-1.0.pdf>.

TROXLER, P. y WOLF, P. (2017): "Digital maker-entrepreneurs in open design: What activities make up their business model?", *Business Horizons*, vol. 60, n° 6, pp. 807–817. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2017.07.006>.

VERNIERE, P., VAN DER STRAETEN, J., TORFS, D., VENDERLINDEN, S. y VAN DEN KERKHOF, G. (2017): *Industry 4.0: hype or reality? The current state of play in Flemish manufacturing*.

VON HIPPEL, E. (2005): *Democratizing Innovation*, Cambridge, The MIT Press. Disponible en: <http://web.mit.edu/evhippel/www/democ1.htm>.

WINICK, E. (2018): “Every study we could find on what automation will do to jobs, in one chart”, *Technology Review*. Disponible en: <https://www.technologyreview.com/s/610005/every-study-we-could-find-on-what-automation-will-do-to-jobs-in-one-chart/>.

WOLF, P. y TROXLER, P. (2016): “Community-based business models Insights from an emerging maker economy”, *Interaction Design and Architectures*, vol. 30, pp. 75–94.

Cómo citar este artículo

TABARÉS GUTIÉRREZ, R. (2019): “La fabricación abierta: ¿un camino alternativo a la industria 4.0?”, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad —CTS*, vol. 14, n° 41, pp. 263-285.