

El sector manufacturero ha ido digitalizándose durante los últimos años. En la actualidad dispositivos como sensores, y conceptos como automatización de procesos, representación digital de datos y productos son habituales en las fábricas. Sin embargo, estos cambios están orientados a optimizar y mejorar sus procesos existentes, y no han significado un nuevo modelo de fabricación.

Actualmente se empiezan a observar movimientos en el ámbito de la fabricación que hacen pensar que en el futuro muchas de las tendencias y modelos que han tenido lugar en el mundo digital o del software pueden tener su reflejo en el mundo industrial. El motivo de este cambio se encuentra en la existencia de un gran número de tendencias de carácter tecnológico (*cloud*, tecnologías de fabricación de bajo coste, electrónica personalizada, Internet de las cosas, nuevos modelos robóticos...) y también social (*open hardware*, *crowdfunding*) cuya convergencia puede suponer un cambio profundo en el modelo productivo.

Una de las principales consecuencias que este movimiento tecnológico implica es la reducción significativa de barreras para emprender negocios de carácter industrial, oportunidad que puede aprovecharse por parte de un segmento amplio de la población, y que incluso permitirá el nacimiento de una nueva generación de emprendedores “desde el hogar”, lo que se potenciará con la utilización de nuevas fuentes de financiación como el *crowdfunding*.

Este fenómeno también tenderá a diluir la frontera entre inventores y emprendedores, y cualquier inventor podrá poner en el mercado su invención sin tener que recurrir a grandes necesidades de capital, con lo que automáticamente se convertiría en un emprendedor en potencia.

Se trata por tanto de un movimiento de gran calado, que empieza a tener su reflejo en fenómenos como la tendencia *maker* o el *open hardware*, pero que va mucho más allá y puede suponer en el medio plazo toda una revolución y una reversión en las grandes tendencias del sector productivo como el desplazamiento de los grandes centros de producción hacia Asia. Así, el nacimiento de una nueva generación de emprendedores con conocimientos de fabricación digital es visto como una opción muy interesante para la regeneración del sector productivo y del empleo de los países occidentales que, de esta forma, podrían satisfacer de manera más adecuada al mercado local.

Fabricación digital:

Nuevos modelos de negocio y nuevas oportunidades para los emprendedores



Esta obra ha sido editada por Ariel y Fundación Telefónica, en colaboración con Editorial Planeta, que no comparten necesariamente los contenidos expresados en ella. Dichos contenidos son responsabilidad exclusiva de sus autores.

© **Fundación Telefónica, 2014**

Gran Vía, 28
28013 Madrid (España)

© **Editorial Ariel, S.A., 2014**

Avda. Diagonal, 662-664
08034 Barcelona (España)

© de los textos: Fundación Telefónica

© de la ilustración de cubierta: Zentilia - Shutterstock;
Evgeny Karandaev - Shutterstock

Coordinación editorial de Fundación Telefónica: Rosa María Sáinz Peña

Este informe ha sido realizado con la colaboración técnica de Telefónica I+D

Primera edición: julio de 2014

El presente monográfico se publica bajo una licencia Creative Commons del tipo: Reconocimiento - Compartir Igual



ISBN: 978-84-08-13263-9

Depósito legal: B. 16.966-2014

Impresión y encuadernación. UNIGRAF

Impreso en España – Printed in Spain

El papel utilizado para la impresión de este libro es cien por cien libre de cloro y está calificado como **papel ecológico**.

Fabricación digital: Nuevos modelos de negocio y nuevas oportunidades para los emprendedores

Índice

| | |
|--|-----------|
| Introducción..... | IX |
| 1. Hacia un nuevo modelo de producción | 1 |
| 1.1 La convergencia de movimientos tecnológicos y corrientes sociales introduce las bases del cambio | 3 |
| 1.2 Fabricación digital | 5 |
| 1.3 Nuevo modelo de fabricación, nuevas reglas económicas | 7 |
| 2. Un nuevo modelo que fomenta la creación de empresas | 11 |
| 2.1 Del taller a la habitación como lugar de emprendimiento | 13 |
| 2.2 Del inventor al emprendedor | 15 |
| 2.3 Nuevas oportunidades de negocio | 18 |
| 2.3.1 Oportunidades en negocios tradicionales | 18 |
| 2.3.2 Oportunidades en nuevos negocios | 18 |
| 2.4 Nueva fuente de empleo | 22 |
| 3. Tecnologías habilitadoras de este movimiento | 25 |
| 3.1 Digitalización | 28 |
| 3.2 Gestión de objetos en formato digital | 31 |
| 3.3 Producción | 32 |
| 4. Aplicaciones de estas tecnologías en diferentes ámbitos | 37 |
| 4.1 Prototipado y maquetas | 39 |
| 4.2 Objetos personalizados | 42 |
| 4.3 Mecanismos | 45 |
| 4.4 Dispositivos electrónicos | 46 |
| 4.5 Mantenimiento | 48 |
| 4.6 Proyectos singulares | 50 |
| 5. Utilización de estas tecnologías en diversos sectores | 53 |
| 5.1 Sector del arte y del diseño | 55 |
| 5.2 Medicina y salud | 57 |
| 5.3 Arquitectura | 60 |
| 5.4 Industria | 62 |
| 5.5 Internet de las cosas | 62 |
| 6. Iniciativas para el fomento de nuevos modelos de fabricación | 67 |
| 6.1 Iniciativas para el fomento de la investigación y el conocimiento | 69 |
| 6.2 Iniciativas para la educación y la experimentación | 70 |
| 6.3 Iniciativas para la creación de comunidades y desafíos | 73 |
| 7. Transcripción del encuentro de expertos sobre fabricación digital | 77 |
| 7.1 Introducción: La digitalización de la producción | 80 |
| 7.2 La divulgación de la fabricación digital. El papel de los Fab Labs | 81 |
| 7.3 La fabricación digital como nueva tendencia sociocultural | 84 |
| 7.4 La fabricación digital: Nuevas oportunidades para <i>start-ups</i> | 86 |
| 7.5 Investigación de las aplicaciones de la impresión 3D | 88 |
| 7.6 Transformaciones en el modelo de producción | 89 |
| 7.7 Nuevas oportunidades de negocio | 92 |
| 7.8 La fabricación digital desde el punto de vista legal | 93 |
| 7.9 Debate | 95 |

Introducción

Hubo un tiempo en el que la mayoría de la gente trabajaba desde sus casas. Posteriormente la Revolución Industrial provocó que las personas tuvieran que juntarse para trabajar con maquinaria que por precio y volumen no podían tener en sus hogares; empezaba la época de las fábricas, de las cadenas de producción en las que cientos de trabajadores perfectamente coordinados eran capaces de fabricar cualquier cosa. Así se fue configurando un sistema productivo en el que el principio de eficiencia ha regido las decisiones más importantes, como el tamaño de los centros productivos y su localización.

Si una revolución tecnológica fue capaz de cambiar todo el modelo productivo e incluso la propia fisonomía de los países, en el presente monográfico mostramos como la nueva revolución tecnológica en la que estamos inmersos puede cambiar de nuevo todo este equilibrio. Y es que quizás la diferencia más importante que introducen las nuevas tecnologías que se muestran en él consiste en que eliminan muchas de las economías de escala que hasta ahora definían el comportamiento de todo el modelo productivo. El paradigma de este cambio lo encontramos en la tecnología de impresión 3D que realmente permite construir un producto físico a partir de un modelo digital, colocando para ello la materia en el lugar adecuado; dado que cada vez que se imprime un objeto se debe reinterpretar todo el modelo, apenas hay economías de escala. Se trata además de una tecnología que ya está en funcionamiento en las empresas, por ejemplo Boeing imprime de esta forma más de 200 tipos de piezas para sus aviones.

Esta digitalización, no de los procesos productivos sino de la propia fabricación, es lo que hemos denominado en este estudio «fabricación digital», un nuevo paradigma de fabricación cuyas capacidades, junto con la constante reducción de precio de los medios de producción (se encuentran impresoras 3D y cortadoras láser profesionales por menos de 50.000 euros), suponen una gran oportunidad para el emprendimiento. Realmente no es la primera vez que las tecnologías digitales permiten algo así; ya ocurrió en el sector de la informática, en el que la mayoría de las empresas que lo conforman han partido de pequeñas experiencias de emprendimiento, en muchas ocasiones desde el propio hogar y sin apenas recursos. Realmente lo que se propone en este informe es que esto mismo puede volver a pasar de nuevo, esta vez procedente de la convergencia entre tecnologías digitales y medios de producción, un fenómeno que puede tener unos efectos mayores en dimensión a la revolución digital al afectar al mundo de los productos físicos, considerablemente mayor en tamaño.

Se trata por tanto de un cambio de la estructura productiva en la que los nuevos emprendedores serán los verdaderos catalizadores del cambio. Al igual que ha sucedido en el ámbito de la Sociedad de la Información, donde nuevas empresas creadas principalmente por jóvenes han guiado la innovación y la evolución del sector en detrimento de las grandes corporaciones, es de esperar que en el terreno industrial también se replique este fenómeno.

Esta revolución tecnológica en el campo de la producción es un fenómeno más global que facilitará el desarrollo de otras tendencias de carácter más social. Por ejemplo, permitirá un mercado de grandes dimensiones en torno a la personalización de productos, dando respuesta a la necesidad del individuo de resaltar su identidad. También facilitará un modelo basado en lo «abierto» tal y como ha sucedido en el mundo del *software*, en contraposición con las murallas levantadas en torno a las patentes. Ya existen varias iniciativas *Open Hardware* y empresas tradicionales como General Electric que han dado sus pasos en este sentido.

El concepto de fabricación digital tendrá el poder de reconfigurar el sistema productivo y llegaremos a ver conceptos como «fabricación en la nube». Incluso a nivel más alto redefinirá el panorama productivo global potenciando una vuelta de la producción desde los países emergentes, una cuestión que el 48% de los grandes fabricantes de Estados Unidos ya se están planteando.

Hacia un nuevo modelo de producción

| | | |
|-----|--|---|
| 1.1 | La convergencia de movimientos tecnológicos y corrientes sociales introduce las bases del cambio | 3 |
| 1.2 | Fabricación digital | 5 |
| 1.3 | Nuevo modelo de fabricación, nuevas reglas económicas | 7 |

Durante las últimas décadas el sistema productivo de los países occidentales ha estado sometido a un proceso de reconversión de gran envergadura. Una de las prácticas más comunes en este proceso ha sido la externalización de la producción hacia países que cuentan con mano de obra más barata, principalmente en el Suroeste asiático. Este fenómeno generalizado, denominado *offshoring*, ha supuesto la creación de grandes centros de producción en estos países, así como el cierre de muchos otros centros en los países industriales tradicionales, con la consiguiente redistribución de la mano de obra entre diferentes áreas geográficas del planeta. Dada la magnitud de este movimiento, en los últimos años han surgido problemas por la excesiva dependencia de las economías occidentales de la producción en terceros países, que ha llevado incluso a que en el mundo occidental desaparezcan casi por completo algunos sectores productivos (textil, fabricación de dispositivos electrónicos...). Esto ha supuesto una gran pérdida de actividad económica, de empleos y del *expertise* que en muchos casos costó décadas crear. Al principio esta tendencia a la deslocalización se dirigía a mano de obra poco cualificada, aunque con el tiempo ha ido afectando a actividades de mayor valor añadido y, en la actualidad, en estos países se ubican empresas con alta tecnología y grandes centros de investigación y desarrollo. A veces este exceso de dependencia se considera un verdadero problema que puede lastrar el desarrollo de la sociedad en los próximos años y empieza a surgir cierta conciencia, potenciada por el aumento del desempleo que se ha producido en los últimos años en la mayoría de los países, sobre todo entre las personas más jóvenes.

En la actualidad, el aumento de los salarios en estos países, así como el incremento del coste de la energía que afecta directamente al transporte de los productos, hace que muchas empresas se estén replanteando este modelo. De forma paralela, las empresas se están dando cuenta de las dificultades de control de la propiedad intelectual cuando las fábricas también elaboran productos similares para compañías rivales. A esto se une el hecho de que la creciente automatización de las actividades de producción está provocando que la fabricación de los productos requiera menor mano de obra, principalmente la menos cualificada. Por todo lo descrito se empieza a cuestionar la validez de este modelo que ha caracterizado la evolución de la industria en los últimos años, y ciertas empresas se plantean retornar parte de su producción a sus países de origen, más cerca del mercado final. Por ejemplo, Apple acaba de anunciar¹ que de nuevo producirá parte de sus Mac en Estados Unidos.

En esta situación de posible cambio de ciclo, empiezan a cristalizar en la industria una serie de tendencias, sobre todo de carácter tecnológico, que pueden tener un impacto importante en esta situación y marcar el sentido de su evolución.

1.1 La convergencia de movimientos tecnológicos y corrientes sociales introduce las bases del cambio

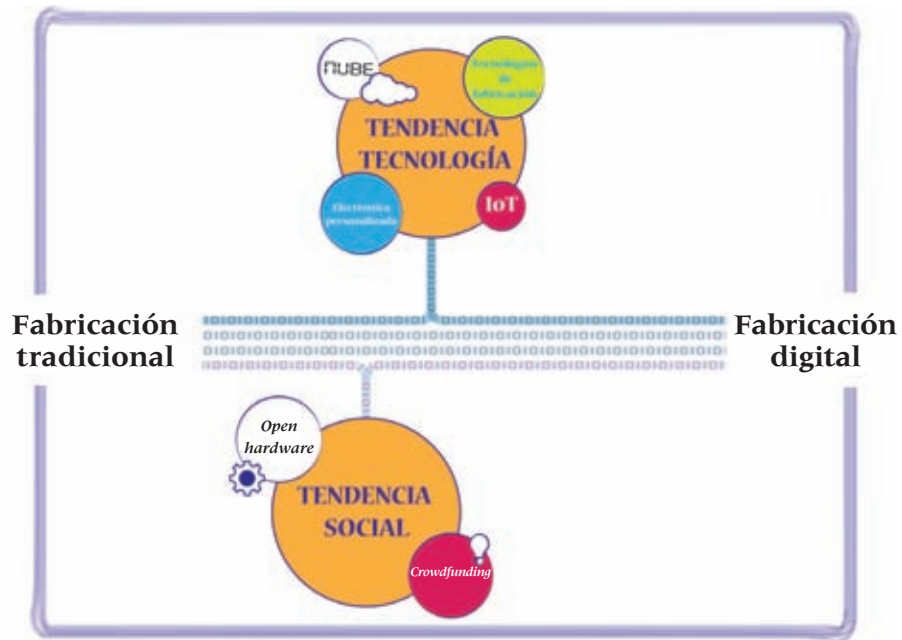
El sector industrial es una de las fuentes más importantes de riqueza de los países. Es, además, un sector dinámico en el que se adoptan de forma natural las nuevas tendencias tecnológicas. La evolución que se propone en este monográfico tiene una profunda base tecnológica, aunque no se puede identificar con el desarrollo de una tecnología concreta, sino que se debe al elevado grado de madurez que alcanzan diversas tecnologías, cada una de las cuales puede tener por separado un efecto limitado, pero cuya convergencia puede impulsar un nuevo modelo de producción (véase la figura 1.1).

El proceso de deslocalización de la producción hacia países con mano de obra más barata se empieza a ver como un problema para el futuro desarrollo de las sociedades occidentales.

Muchas empresas empiezan a plantearse volver a asumir la producción con la intención de estar más cerca de los mercados finales.

1. <http://www.nbcnews.com/business/mac-made-usa-could-jump-start-american-manufacturing-1C7475426>

Figura 1.1 Convergencia de tendencias para el desarrollo de la fabricación digital



Fuente: Elaboración propia.

Se trata, además, de tecnologías que pertenecen a ámbitos muy diferentes, que hemos agrupado en cuatro grupos:

- **Nuevas tecnologías de fabricación.** En este aspecto merece la pena destacar los avances en la automatización de actividades con nuevos robots y el desarrollo de nuevas tecnologías de fabricación que permiten la producción personalizada a precios aceptables gracias a las impresoras 3D, las cortadoras láser de bajo coste o máquinas CNC. Aunque la automatización tiene un importante efecto, ya que permite una mayor flexibilización de la producción, lo realmente diferencial para el concepto de fabricación digital que se desarrolla en este monográfico es el segundo aspecto: la aparición de tecnologías de bajo coste para la fabricación personalizada de productos.
- **Nube.** La digitalización de los productos físicos hace que la nube pueda desempeñar un papel importante en todo su proceso de gestión. Así, será posible diseñar, almacenar la información e incluso fabricar de forma distribuida utilizando la nube como elemento de unión.
- **Electrónica personalizada.** Iniciativas como Arduino o Raspberry Pi han abierto el mundo de la electrónica a la población no especialista en este tema. Gracias a este tipo de tecnologías, muchas personas ajenas hasta hace poco a este campo están empezando a realizar desarrollos que incorporan electrónica.
- **IoT** (siglas del inglés *Internet of Things*, o Internet de las cosas). Una consecuencia de la facilidad de incluir electrónica en los dispositivos es incorporar también conectividad y, de esta manera, conseguir que los objetos actúen y se comuniquen en ciertos eventos o circunstancias.

Estas tecnologías tienen en común el papel central de la digitalización, lo que permitirá la aplicación en el entorno industrial de algunos de los conceptos que hasta ahora solo estaban disponibles en el mundo *software*.

No obstante, si las tecnologías se pueden considerar el elemento habilitador de esta evolución, el verdadero cambio procede de su unión con otras tendencias de carácter más social que fomentan un modelo más colaborativo y de **innovación abierta**:

- **Open hardware.** Consiste en replicar el concepto *open source* en otros ámbitos más allá del *software*. Lo esperable es que este concepto suponga un aumento muy importante de la colaboración y de la innovación abierta.
- **Crowdfunding.** Uno de los puntos centrales para que esta tendencia fructifique es la aparición de un ecosistema de emprendedores que permita que este movimiento se materialice. En este sentido, y de acuerdo con la filosofía colaborativa, los modelos de *crowdfunding* pueden suponer una fuente de financiación alternativa a los medios tradicionales, a la vez que permiten la creación de comunidades alrededor de los proyectos.

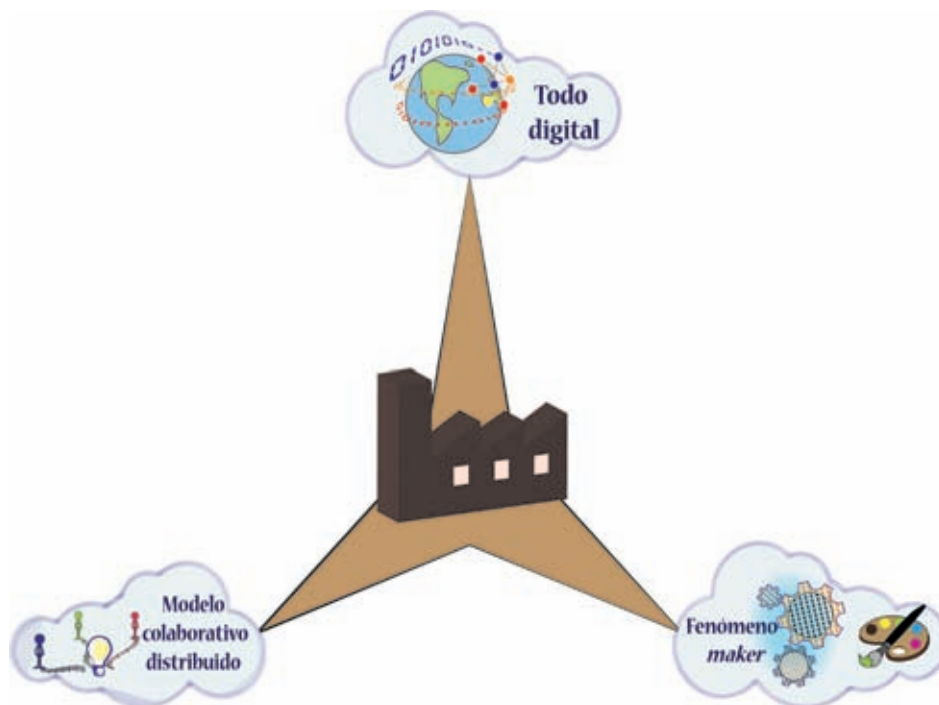
La convergencia entre tendencias tecnológicas y otras de carácter más social será clave en la evolución del sector.

1.2 Fabricación digital

La confluencia de las tendencias descritas en el apartado anterior creará la base para la evolución de la fabricación tradicional hacia un nuevo modelo al que en este monográfico hemos llamado fabricación digital. Se trata de una transformación amplia con varios ejes de evolución, como se muestra en la figura 1.2.

El modelo de fabricación digital supone un cambio en el concepto de fabricación en distintos ámbitos.

Figura 1.2 Evolución hacia el modelo de fabricación digital



Fuente: Elaboración propia.

Cada vez será más fácil pasar del producto digital al real y del real al digital.

El primer eje de evolución es la digitalización de todo tipo de productos, que empieza a ser ya una realidad, no solo para aquellos productos cuya traducción al terreno digital es más inmediata, como el contenido multimedia, sino para todo tipo de productos físicos, cuya representación digital permitiría enviarlos y reproducirlos en otros lugares. De esta manera se puede pasar fácilmente de la versión digital a la versión física de un producto, y a la inversa, como se puede observar en la figura 1.3. Para que esto sea posible, se han desarrollado numerosos formatos que permiten una representación digital cada vez más exacta del producto físico, incluyendo características tales como color y textura. Otros formatos, como el AMF, facilitan su fabricación utilizando nuevas tecnologías como impresoras 3D. Hace años que esta dualidad entre lo digital y lo real está siendo estudiada por la iniciativa Bits and Atoms,² auspiciada por el MIT, y su desarrollo permitirá llevar al terreno de la producción algunos conceptos que hasta ahora solo han estado accesibles en el terreno digital.

Figura 1.3 Representación digital y real de productos



Fuente: *Elaboración propia.*

Esta digitalización posibilitará la gestión del contenido y la accesibilidad al mismo de forma distribuida, lo que permitirá dotar de un carácter colaborativo a todo el proceso, desde las etapas iniciales del diseño hasta la de producción. Este carácter distribuido y colaborativo tiene gran repercusión, ya que facilitará nuevos modelos de innovación en el desarrollo de los productos, lo cual nos lleva a considerarlo otro de los ejes de evolución. Relacionado con este concepto, se puede señalar un tercer eje, el fenómeno *maker*, que consiste en que los propios consumidores se convierten en productores. Este fenómeno se debe considerar en un sentido amplio, no solo en cuanto a fabricación, sino principalmente en el ámbito de diseño de productos. De esta forma cualquier persona puede realizar un diseño de algún producto, colaborar en el diseño que está realizando una comunidad o, simplemente, modificar diseños de otros adaptándolos para una funcionalidad o un uso determinado.

Se trata por tanto de una evolución amplia, en varios campos, que nos dirige a un modelo de producción diferente, mucho más accesible a *start-ups* y emprendedores y abierto a la evolución mediante el concepto de *open source*. No obstante, también se debe ser consciente de las limitaciones que, al menos inicialmente, están presentes, como el alto coste unitario y la dificultad para ofrecer los acabados que presenta la industria tradicional, sobre todo para elementos mecánicos sometidos a grandes esfuerzos.

La colaboración distribuida y el efecto *maker* se conforman como dos ejes fundamentales en la evolución de este modelo.

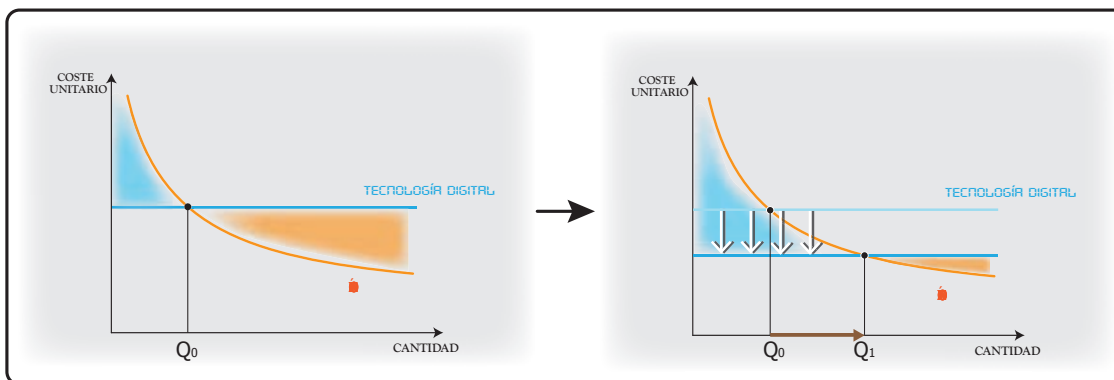
2. <http://cba.mit.edu/>

1.3 Nuevo modelo de fabricación, nuevas reglas económicas

Desde el punto de vista de la fabricación, es importante tener en cuenta que el uso de nuevas tecnologías de fabricación digital, como impresoras 3D o cortadoras láser, supone unas dinámicas diferentes en aspectos tan importantes como la estructura de costes o la tipología de los productos que pueden producirse. Es esperable que, al menos al principio, estas tecnologías se utilicen en nichos concretos, generalmente con un alto grado de personalización y en los que se requieran series reducidas. Posteriormente, con el avance de la tecnología, el campo de aplicación irá aumentando hasta poder llegar a rivalizar con los medios tradicionales.

Una de las diferencias fundamentales entre ambos modelos de fabricación es que en la fabricación digital no existen economías de escala. Cada vez que una máquina fabrica un elemento, reinterpreta los datos digitales del producto, por lo que si cada elemento que se va a producir incorpora diferencias, este hecho no supone un coste añadido en la fabricación. Esta situación choca con las economías de escala que rigen la producción tradicional. Tal como se representa en la figura 1.4, el coste unitario de producir con medios digitales es independiente de la cantidad que se produzca, por lo que se representa por una línea recta paralela al eje X (en realidad no sería totalmente recta, ya que algunas actividades como el diseño sí que poseen economías de escala, aunque lo simplificamos de esta forma con carácter explicativo). Sin embargo, según el modelo de fabricación tradicional sí existe un importante efecto de escala. Por este motivo, el modelo de fabricación digital es más adecuado para la fabricación de series pequeñas de un producto (zona azul), mientras que para series más altas, por encima del punto Q_0 de cruce entre ambas líneas, la economía tradicional es más eficiente. La fabricación digital se encuentra en un momento de gran avance e innovación, lo que hará que el coste unitario de fabricación con las tecnologías digitales disminuya rápidamente (una especie de ley de Moore de la fabricación digital), y esto supondrá que el intervalo en el que la tecnología digital es más eficiente aumente (hasta el punto Q_1), como se observa en el gráfico de la derecha en la figura.

Figura 1.4 Coste unitario de producir en función del tamaño de la serie según tecnología digital y tradicional

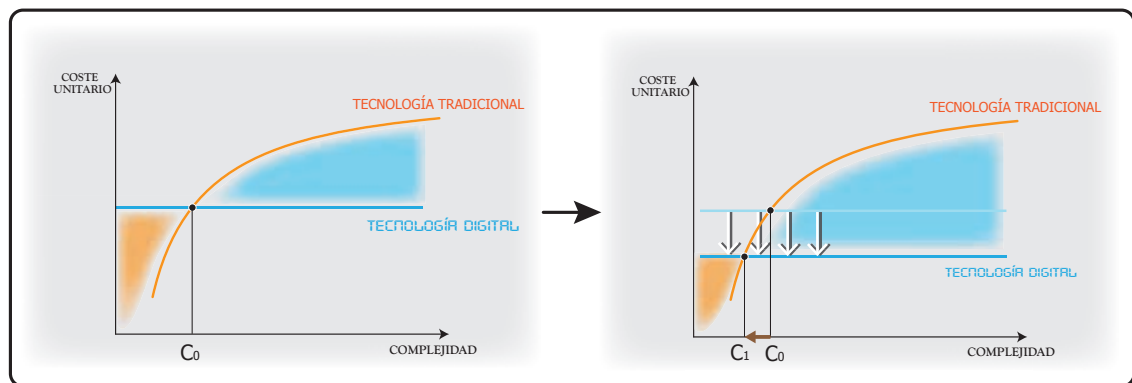


Fuente: Elaboración propia.

Este mismo efecto se produce también con respecto a la tipología de productos fabricados. En general, los productos simples son más adecuados para la fabricación tradicional ya que el proceso productivo es más directo; sin embargo, a medida que el producto se vuelve más complejo (formas complicadas, interiores huecos...), aumenta el número de operaciones para realizarlos, con el consiguiente aumento de los costes. No obstante, el coste unitario de fabricación digital es independiente de la complejidad, por lo que se puede re-

presentar como una línea recta paralela al eje X (véase la figura 1.5). Esto se debe a que estas tecnologías colocan átomos en lugares determinados y el perfil de la pieza no tiene gran repercusión en el coste. Por ello, al igual que sucedía en el ejemplo anterior, hasta un cierto grado de complejidad son más adecuadas las tecnologías tradicionales, y a partir de una determinada complejidad, que denominamos C_0 , el coste utilizando la tecnología tradicional se sitúa por encima, por lo que resulta más rentable el uso de tecnologías digitales (zona azul). La previsible disminución de los costes de fabricación unitarios de la fabricación digital extenderá el rango en el cual las tecnologías digitales son más eficientes, tal y como se observa en la figura.

Figura 1.5 Coste unitario de producir en función de la complejidad según tecnología digital y tradicional



Fuente: Elaboración propia.

La fabricación digital supone otros modelos de coste completamente diferentes a los de la industria tradicional.

Por tanto, se puede concluir que en general ya existen nichos de mercado en los que las nuevas tecnologías de fabricación son más eficientes, y que con la evolución tecnológica esos espacios se ampliarán. Aunque, tal como se describe en el monográfico, el principal beneficio que se desprende de la utilización de este concepto no se refiere a la optimización de costes, sino a las capacidades que permite el formato digital que facilitará la creación de empresas por parte de nuevos emprendedores, de empleos y, en definitiva, un nuevo ecosistema de producción.

Un nuevo modelo que fomenta la creación de empresas

| | | |
|-----|---|----|
| 2.1 | Del taller a la habitación como lugar de emprendimiento | 13 |
| 2.2 | Del inventor al emprendedor | 15 |
| 2.3 | Nuevas oportunidades de negocio | 18 |
| 2.4 | Nueva fuente de empleo | 22 |

Como se verá en los próximos capítulos, las nuevas tecnologías unidas a novedosas tendencias de comportamiento social facilitarán la creación de empresas. Por una parte, nuevas ideas emergerán gracias a fenómenos como el *crowdsourcing* y a las menores limitaciones para emprender; por otra, nuevos modelos de negocio reducirán de forma drástica las necesidades de capital. La combinación de ambos factores facilitará la actividad de nuevos emprendedores, que podrán utilizar estos conceptos en negocios que ya existen actualmente y ofrecer nuevas prestaciones, como la personalización de los productos, y también en nuevos negocios relacionados con el propio desarrollo de la tecnología o con el proceso de ideación, fabricación y venta de nuevos productos.

Nuevas tecnologías y modelos de negocio facilitarán en gran medida el emprendimiento.

Se conseguirá de esta forma facilitar el emprendizaje como modelo de creación de riqueza y de empleo en campos hasta ahora acotados a grandes corporaciones o entidades con capacidades económicas elevadas. Esta situación abrirá la puerta a un nuevo modelo industrial, que algunos expertos han llegado a clasificar como nueva revolución industrial, una de cuyas características fundamentales es la reducción de las barreras de entrada. En este nuevo modelo la innovación ocupará un lugar central, será más fácil acceder a ella, y estará abierta a nuevos segmentos de la población como ya ha sucedido en otros sectores como el de los servicios TIC.

2.1 Del taller a la habitación como lugar de emprendimiento

Hace décadas, la creación de una empresa suponía generalmente la necesidad de inversión de ingentes cantidades de dinero. Era necesario contratar a un equipo de profesionales que llevaran a cabo el diseño y la producción del producto que se iba a desarrollar, personas dedicadas a ofrecer servicios transversales como RRHH, *marketing*... Además de la necesidad de contar con un equipo personal más o menos amplio, también era imprescindible disponer de instalaciones para la producción y la administración de la empresa, lo que en muchos casos requería unas necesidades de capital a las que difícilmente podía hacer frente un ciudadano de clase media.

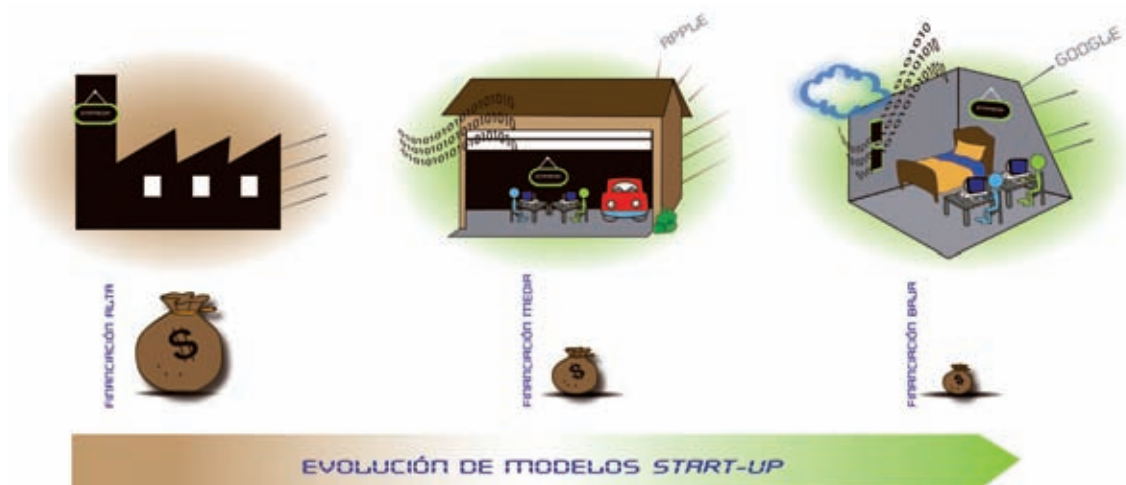
Esto suponía una gran barrera de entrada y, lo que es más grave, la pérdida potencial de gran cantidad de ideas y proyectos que no se llegaban a materializar por falta de posibilidades económicas. En muchos sectores esto todavía sigue siendo así, ya que abordar proyectos de gran envergadura generalmente requiere la movilización de gran cantidad de recursos y dinero. Sin embargo, desde hace unas décadas ha habido emprendedores capaces de evitar estas barreras de entrada gracias a la tecnología y la mayor facilidad de subcontratar actividades. La referencia más importante de esta nueva forma de emprender es el nacimiento de Apple, debido a Steve Jobs y Steve Wozniak, que desarrollaron los primeros prototipos del Apple I en un garaje y consiguieron atraer así a los inversionistas.

Apareció de esta forma el concepto de garaje como lugar de emprendimiento, lo que suponía que cualquier persona con una buena idea y conocimientos técnicos podía montar su propia empresa desde casa con unas pequeñas instalaciones. En los últimos años se ha avanzado más allá en esta dirección, y en el mundo de la informática han nacido empresas que después han adquirido una gran importancia, a partir del desarrollo realizado por varios amigos en su casa. Esta nueva posibilidad de emprendimiento la denominamos «emprendimiento desde el dormitorio», ya que para materializar una empresa no se requieren instalaciones especiales ni más maquinaria que los ordenadores, sino que se puede llevar a cabo desde cualquier habitación de la casa con el ordenador como único instrumento de trabajo.

En este monográfico se muestra que este proceso que se ha vivido en el mundo de los servicios de los sistemas de información también puede darse en empresas que se dedican a elaborar cosas físicas. Se pueden realizar diseños, prototipos e incluso encargar cantidades determinadas de producción desde el propio hogar y sin necesidad de hacer grandes inversiones.

Figura 2.1 Evolución de los modelos de *start-up* y necesidades de capital

Las nuevas tecnologías y formas de trabajo evitarán muchas de las barreras de entrada en la creación de *start-ups* y harán posible el concepto de emprender desde la habitación.



Fuente: Elaboración propia.

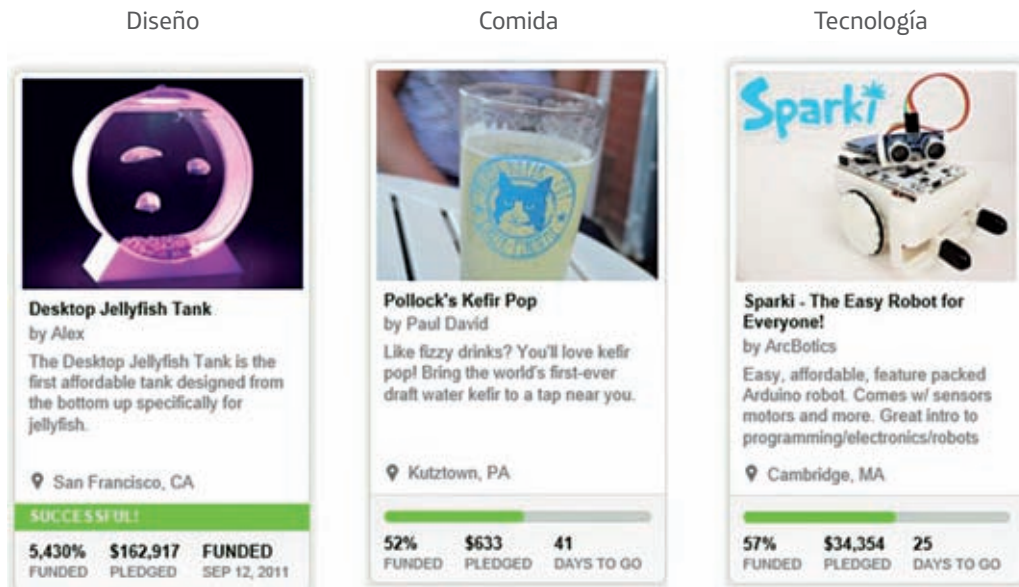
El modelo de *crowdfunding*, con servicios como Kickstarter, facilitará la financiación de nuevas *start-ups* y fomentará la creación de comunidades en torno a nuevos proyectos.

La gran ventaja que se desprende de este modelo es la enorme reducción de las necesidades de capital para emprender. Para poner en marcha una empresa un emprendedor no necesitará grandes inversiones en inmovilizado, sino que dependiendo del producto que vaya a desarrollar y de sus recursos disponibles podrá decidir qué actividades realiza y en cuáles puede subcontratar el desarrollo. Esta capacidad es clave, sobre todo en las primeras fases de desarrollo de productos, que además son las fases en las que el riesgo es más elevado. Así, con las nuevas tecnologías de fabricación personalizada es posible crear prototipos para testar nuevas ideas de productos sin tener que realizar prácticamente ninguna inversión en maquinaria de fabricación. Una vez realizado el prototipo, es posible comprobar su aceptación por el mercado y se puede recurrir a subcontratar la fabricación de pequeñas series a precios razonables, o llegar a acuerdos con terceros sobre la fabricación de series más largas. De esta forma un emprendedor podría convertir sus ideas en productos a unos costes razonables, minimizando los recursos dedicados al desarrollo hasta conocer de primera mano la aceptación del producto por parte del mercado. En caso de no disponer del capital necesario es muy normal en estos casos recurrir al *crowdfunding*, fórmula de financiación que se basa en las aportaciones de particulares. Se han desarrollado varias plataformas de este tipo. La más conocida, Kickstarter, financió en el año 2012 más de 18.000 proyectos, lo que supuso más de 300 millones de dólares de financiación y consiguió que más de 2,2 millones de personas respaldaran con su dinero alguno de los proyectos.³ Entre los diversos beneficios de este modelo destacan tres:⁴ el emprendedor se financia sin tener que pagar intereses, el producto es testado de forma gratuita, y también existe un fenómeno de *marketing* gratuito. Los proyectos financiados mediante este tipo de plataformas son muy variados, y tal y como se muestra en la figura 2.2 pueden abarcar casi cualquier tema, desde la tecnología al diseño. El carácter abierto y basado en la comunidad de este nuevo modelo de financiación encaja con la filosofía de emprendimiento que se muestra en este monográfico, por lo que ambos modelos se potenciarán mutuamente. Los modelos de *crowdfunding* siguen evolucionando y en la actualidad se han desarrollado modalidades que permiten convertir en accionistas de la empresa a aquellas personas que financian un proyecto en lo que se ha venido a denominar «*Equity Crowdfunding*».

3. <http://www.kickstarter.com/year/2012>

4. Anderson, Chris. *Makers. The New Industrial Revolution*.

Figura 2.2 Proyectos financiados mediante Kickstarter



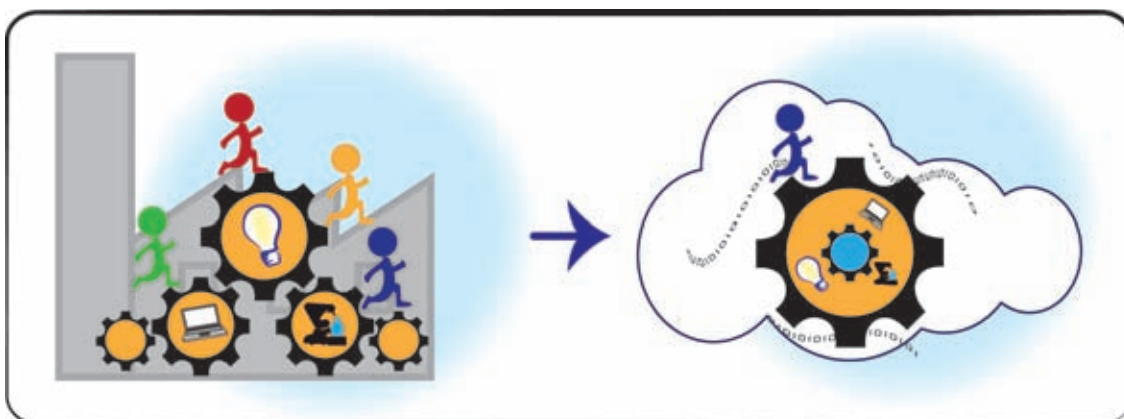
2.2 Del inventor al emprendedor

Otro aspecto interesante que se observa en este proceso es la desaparición de la brecha entre inventor y emprendedor. Esta se trata de una de las brechas más importantes en el mundo de la empresa. El emprendedor se puede considerar un inventor en un sentido amplio, ya que lo que trata es de ofrecer nuevos productos, o al menos dotar a los productos o a su comercialización de algún elemento esencial que permita mejorar su posición competitiva. La brecha entre invención y creación de lo inventado a menudo se convierte en insalvable debido a que su ejecución suele requerir de una serie de medios a los que es difícil acceder desde fuera de las grandes corporaciones. Si bien es cierto que esto seguirá ocurriendo en el desarrollo de productos complejos como motores de vehículos, u otros productos que requieren de un alto conocimiento acumulado o patentes. En muchos otros ámbitos las nuevas tecnologías tenderán un puente sobre estos dos mundos facilitando el tránsito desde la ideación de productos a su comercialización. En esos casos el inventor podrá poner en el mercado su invención sin tener que recurrir a grandes necesidades de capital, con lo que automáticamente se convertiría en un emprendedor en potencia.

El proceso creador de una empresa pasa por diferentes etapas que de manera simplificada podemos agrupar en tres: ideación de un producto, fabricación de prototipos y depurado del producto, e industrialización de la producción. La digitalización de todo el proceso tiene como consecuencia que una persona o una *start-up* sea capaz de cubrir más fases de este proceso sin grandes inversiones, incluso desde su propia casa, tal como se ha descrito en el apartado anterior. Se puede considerar, por tanto, que este nuevo modelo permite que muchas de las barreras a las que debe enfrentarse un emprendedor sean considerablemente más pequeñas. Es cierto que en las últimas décadas ya se ha vivido un proceso de externalización de actividades que ha facilitado el desarrollo de emprendedores, que de esta forma se han podido dedicar a las actividades centrales de su negocio. Sin embargo, es la digitalización de todo el proceso productivo el aspecto fundamental que hace que las barreras de entrada se minimicen.

La digitalización de todo el proceso productivo reducirá la brecha entre inventores y emprendedores.

Figura 2.3 Evolución de las necesidades para materializar una invención



Fuente: Elaboración propia.

Los emprendedores pueden optar por diferentes opciones al elegir qué actividades quieren realizar a la hora de materializar un producto.

En la actualidad son muchos los emprendedores que han utilizado estas tecnologías para realizar rápidos prototipos de sus productos, incluso para producir los productos finales. En algunos casos estos emprendedores se dedicarán solamente al diseño de productos y dejarán a terceros el resto del proceso; en otros casos también se encargarán de la realización del prototipo o incluso de la producción. Existen servicios que ofrecen al usuario diferentes opciones respecto al papel que quiere desempeñar en todo el proceso. Por ejemplo, como se observa en la figura 2.4, el servicio **Ponoko**⁵ utiliza diversas tecnologías de fabricación y permite que cada usuario adopte el papel que le convenga: puede diseñar un producto con las herramientas a las que se puede acceder desde el portal, mandar fabricarlo o, simplemente, ponerlo a la venta en su portal, con lo que conseguiría parte de los beneficios que se deriven de las ventas.

Figura 2.4 Opciones que permite Ponoko respecto a la producción



Otra consecuencia de todo este proceso es la reducción importante del ciclo de ideación-creación de un producto. Un ejemplo en este sentido es el desarrollo de **Gameduino**,⁶ un proyecto que se basa en una placa de

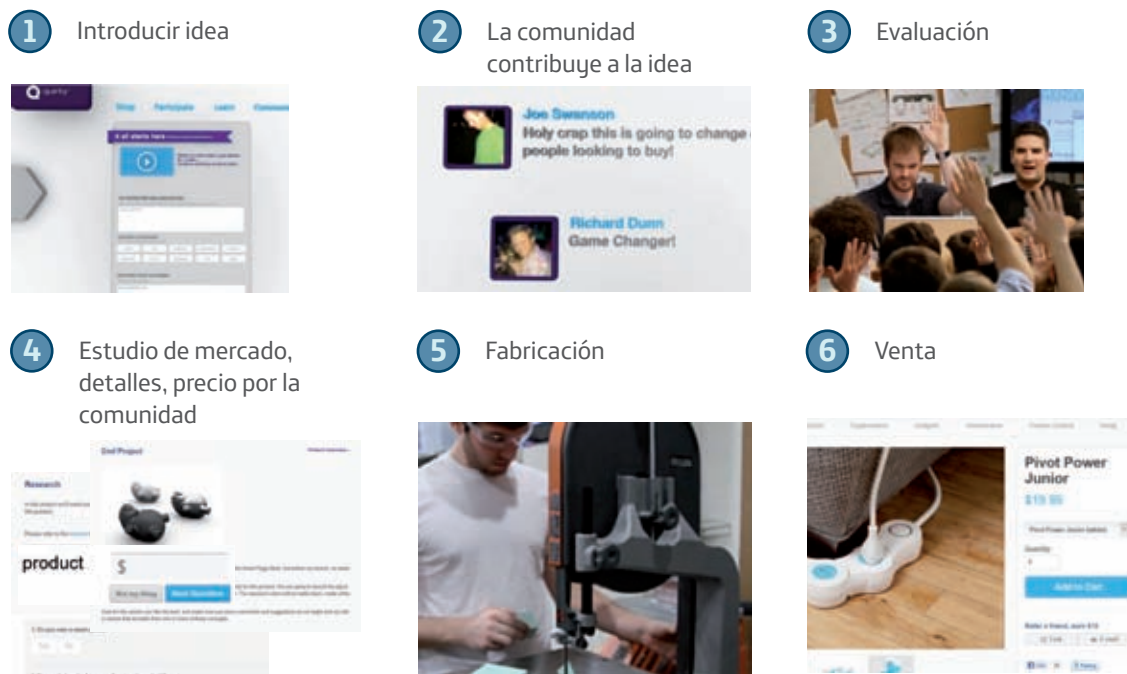
5. <https://www.ponoko.com/>

6. <http://www.kickstarter.com/projects/2084212109/gameduino-an-arduino-game-adapter>

Arduino y que facilita que cualquier usuario pueda diseñar su propio videojuego; tras buscar financiación en Kickstarter se convirtió en producto en tan solo noventa días.

Otra muestra todavía más avanzada de cómo estos servicios reducen la brecha entre inventores y emprendedores es el servicio **Quirky**.⁷ Se trata de una plataforma que ofrece a los inventores soporte en todo el proceso para transformar una idea en un producto. De enfoque global, interviene en todos los aspectos necesarios para llevar a buen puerto un proyecto, como la definición del producto, la fabricación o la fijación del precio. Lo realmente novedoso es la creación de una comunidad que asesora en todo momento a los inventores, que también recibirán parte de los beneficios que se consigan. Se establece de esta manera un proceso colaborativo entre los inventores, la comunidad y Quirky en el que las fases y los roles se fijan claramente.⁸ Como se observa en la figura 2.5, el proceso se considera de extremo a extremo y durante su desarrollo la colaboración es el aspecto central.

Figura 2.5 Capacidades del servicio Quirky



Para valorar la posibilidad de éxito de un producto y su aceptación se incluye como innovación una campaña de preventa a un precio rebajado que permite tantear el mercado y ayudar a costear el proyecto. Si se logra alcanzar las ventas mínimas, el producto se lanza oficialmente y empieza su proceso de expansión en el mercado. Los beneficios obtenidos se reparten entre todos aquellos que han participado e invertido en el proyecto, siempre de forma proporcional a su aportación.

7. <http://www.quirky.com/>

8. <http://www.quirky.com/learn>

Este movimiento tecnológico deja espacio a la creación de nuevas empresas, aporta valor en negocios tradicionales y también permite el desarrollo de nuevos productos.

2.3 Nuevas oportunidades de negocio

Como se ha mostrado en el apartado anterior, este movimiento supone una reducción importante de las barreras para emprender, al permitir que los propios inventores puedan iniciar su empresa con pequeñas necesidades de capital. En general se pueden distinguir oportunidades de negocio consistentes en aplicar estas tecnologías a negocios ya existentes, y otras oportunidades de nuevos negocios, en muchos casos asociados al desarrollo de las nuevas tecnologías y productos que anteriormente no se podían fabricar.

2.3.1 Oportunidades en negocios tradicionales

Las capacidades que ofrecen las tecnologías, como la personalización, la reproducción a escala o el añadir capacidades de comunicación a los productos, tienen un gran interés para su utilización en sectores tradicionales como los de la medicina, la arquitectura o la industria. En los capítulos «Aplicaciones de estas tecnologías en diferentes ámbitos» y «Utilización de estas tecnologías en diversos sectores» se muestran numerosos ejemplos de negocios tradicionales que se benefician de las nuevas posibilidades que ofrecen estas tecnologías.

2.3.2 Oportunidades en nuevos negocios

Para desarrollarse este movimiento industrial necesitará gran cantidad de empresas, en muchos casos pequeñas *start-ups*, tanto para el desarrollo de las tecnologías como para la fabricación de nuevos productos y la implantación de nuevos modelos de negocio.

Desarrollo de nuevas tecnologías

El desarrollo de nuevas tecnologías generalmente supone un gran esfuerzo de investigación e ingenieril que requiere la colaboración entre entidades públicas y privadas. Es cierto que en ocasiones son las grandes empresas las que son capaces de movilizar un mayor número de recursos para afrontar grandes desafíos, por lo que alrededor de estas tecnologías se están construyendo empresas de gran tamaño capaces de generar patentes y realizar investigación base. Por ejemplo, en el caso de las impresoras 3D **Stratasys**,⁹ tras la fusión con Object Ltd, prevé alcanzar una facturación en el año 2013 superior a 400 millones de euros y unas ratios de crecimiento del 20%, cifra que sin duda será superada tras la reciente compra por la empresa de impresoras orientadas a consumidores finales y pequeñas empresas, MakerBot. De esta forma, adquiere un tamaño suficiente para alcanzar economías de escala en la investigación de nuevos materiales y procesos.

Sin embargo, hay que destacar la gran importancia que tienen los emprendedores en el desarrollo de estas tecnologías y el peso que está aportando todo el movimiento colaborativo y *open source*. De hecho, una parte importante del desarrollo de tecnologías se debe al esfuerzo de pequeñas *start-ups* que incluso han conseguido su financiación de forma colaborativa a través de *crowdfunding* en plataformas como Kickstarter. Así, el desarrollo de cortadoras láser como **Full Spectrum Laser**,¹⁰ escáneres 3D como el **Photon**,¹¹ centros de fabricación como **Othermill**¹² o placas electrónicas como **RFDuino**¹³ (véase la figura 2.6) ha sido posible gracias a estas plataformas.

9. <http://www.stratasys.com/>

10. <http://www.fslaser.com/>

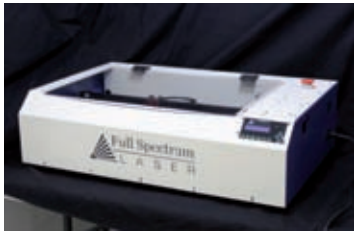
11. <http://www.indiegogo.com/projects/the-matterform-3d-scanner>

12. <http://www.kickstarter.com/projects/otherfab/the-othermill-custom-circuits-at-your-fingertips>

13. <http://www.kickstarter.com/projects/otherfab/the-othermill-custom-circuits-at-your-fingertips>

Figura 2.6 Desarrollo de tecnologías mediante *crowdfunding*

Full Spectrum Laser



RFDuino



Othermill



Photon



El carácter colaborativo de estos proyectos ha conducido al desarrollo del movimiento *open hardware*, fenómeno que se ha tratado anteriormente y que se está convirtiendo en un modelo de desarrollo de tecnologías, por ejemplo impresoras 3D o cortadoras láser. La importancia del fenómeno *open hardware* ha trascendido el ámbito de las pequeñas *start-ups* y desafíos abiertos al público general, y en la actualidad grandes instituciones también se han unido a esta corriente. Un ejemplo es el **CERN**,¹⁴ que ha lanzado la iniciativa **CERN Open Hardware Licence (OHL)**,¹⁵ y que tiene como objetivo mostrar un marco legal para que los usuarios puedan acceder libremente al diseño de los componentes *hardware*, estudiarlos, modificarlos y compartirlos. Inicialmente fue pensada para los proyectos internos, pero pronto diversas entidades adoptaron el modelo.

El movimiento *open hardware* está teniendo una importante repercusión en el desarrollo de estas tecnologías.

Fabricación

Aunque se empieza a acariciar la idea de que en unos años sea posible que un hogar medio disponga de los recursos necesarios para la fabricación de objetos más o menos complejos, lo cierto es que esa realidad se antoja lejana al menos para productos que requieran una precisión importante o se fabriquen en diferentes materiales. Por este motivo están empezando a aparecer instalaciones de fabricación centradas en tecnologías como la impresión 3D, el corte láser o el desarrollo de dispositivos electrónicos, entre los cuales se incluyen elementos *open hardware* como Arduino. Al tratarse de instalaciones que tienen la maquinaria necesaria para la fabricación de productos de forma personalizada, su estructura no es exactamente la misma que la fábrica tradicional, organizada en torno a líneas de producción para realizar producción en serie. Además, la

14. <http://home.web.cern.ch>

15. <http://www.ohw.org/projects/cernohl/wiki>

estructura de costes es completamente diferente, ya que en la fabricación digital no se producen grandes economías de escala.

Otra de las características de estas fábricas es que tienden a localizarse cerca de los lugares de consumo y también de donde encuentran mano de obra especializada para desarrollar los productos. En este sentido, como se observa en la figura 2.7, algunas de las empresas más importantes en este campo, como son **Shapeways**¹⁶ y **Adafruit**,¹⁷ tienen sus instalaciones en Nueva York, en el caso de Shapeways en el barrio de Long Island y en el caso de Adafruit en Manhattan. De esta forma se produce una inversión siguiendo la tendencia de los últimos años de trasladar la producción hacia países menos desarrollados en busca de mano de obra más barata, y Nueva York se convierte en un centro fundamental en la producción según este nuevo concepto.

Figura 2.7 Instalaciones productivas en Nueva York

Instalaciones Shapeways



Instalaciones Adafruit



Ciudades como Nueva York emergen como núcleos importantes de producción, invirtiendo así la tendencia de las últimas décadas.

El concepto de fabricación en la nube adquirirá importancia en los próximos años.

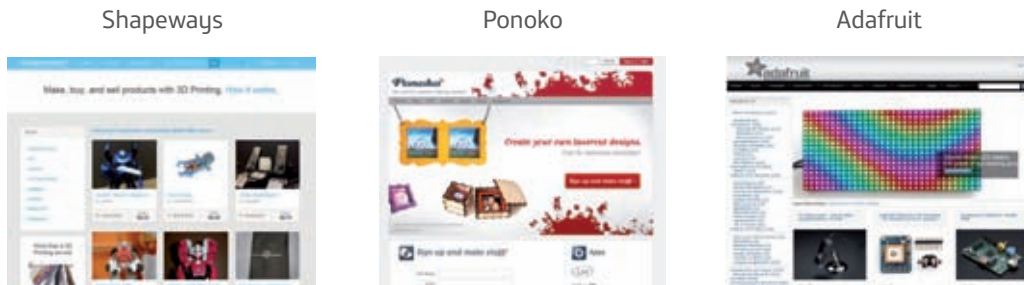
La variedad de tecnologías y materiales que se pueden utilizar para la producción, y el hecho de que el formato digital esté subyacente en todo el proceso, permiten un nuevo modelo de producción que podríamos definir como **producción en la nube**. Esto significa que, una vez digitalizado, un producto se puede enviar directamente a unas instalaciones determinadas para su fabricación en función de una serie de variables, como el material en el que se fabrica, el nivel de ocupación de las diferentes instalaciones, la proximidad al lugar de consumo... De esta forma, la fabricación digital adquiere un gran nivel de flexibilidad que las economías de escala no permiten en la producción tradicional.

Venta

Otro de los campos en los que también habrá posibilidades de negocio para los emprendedores es el de la venta, y es que aparece un nuevo mercado de productos personalizados que en muchos casos incluyen electrónica. Se trata de productos que han nacido de forma digital, por lo que el canal *online* es inherente para su comercialización. Existen distintas orientaciones en estos portales según la funcionalidad que incluyen, desde los que son una plataforma de venta de lo que producen a los que incluyen también la capacidad de fabricar e incluso de colaborar entre los usuarios. Este es el caso de **Shapeways**, **Ponoko** o **Adafruit** (véase la figura 2.8).

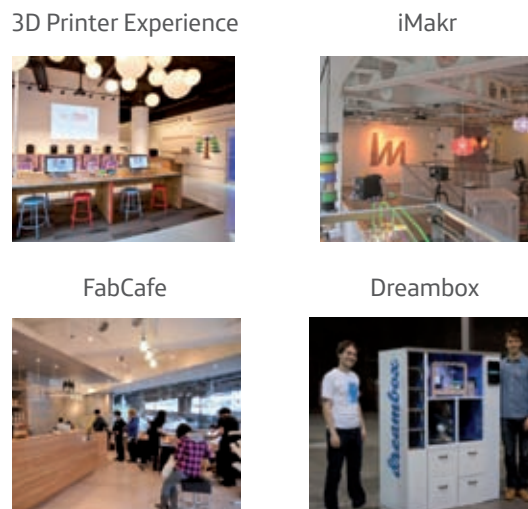
16. <http://www.shapeways.com/>

17. <http://adafruit.com/>

Figura 2.8 Tiendas *online* de productos

También son posibles otras opciones, como la tienda física a la que un usuario lleva en un USB un diseño en algún formato especial 3D como STL y lo fabrica directamente *in situ*. Existen varias tiendas que ofrecen esta posibilidad; generalmente se configuran como espacios orientados a la venta de material de fabricación 3D como impresoras, consumibles, etc., que además ofrecen la posibilidad de que el usuario imprima sus propios objetos como un servicio adicional. Este es el caso de **3D Printer Experience**,¹⁸ tienda que se encuentra en funcionamiento en Chicago y que también tiene la misión de educar al público acerca del funcionamiento de esta tecnología, o de **iMakr**,¹⁹ que ha establecido su primera tienda en Londres con este concepto. En un entorno diferente, el **FabCafe**²⁰ de Shibuya (Tokio) permite que los usuarios realicen sus propios diseños mientras toman un café y les ofrece la posibilidad de utilizar maquinaria como cortadoras láser. En un intento de acercar todavía más este concepto a los usuarios, dos estudiantes de la Universidad de Berkeley han desarrollado la **Dreambox 3D**,²¹ que con el formato de una máquina de *vending* es capaz de fabricar los proyectos individuales de los clientes en el momento (véase la figura 2.9).

El canal *online* es el medio más habitual de venta, aunque también existen tiendas que permiten la fabricación *in situ*.

Figura 2.9 Tiendas que permiten la fabricación *in situ* de productos

18. <http://www.the3dprinterexperience.com/>

19. <http://www.imakr.com/>

20. <http://tokyo.fabcafe.com/>

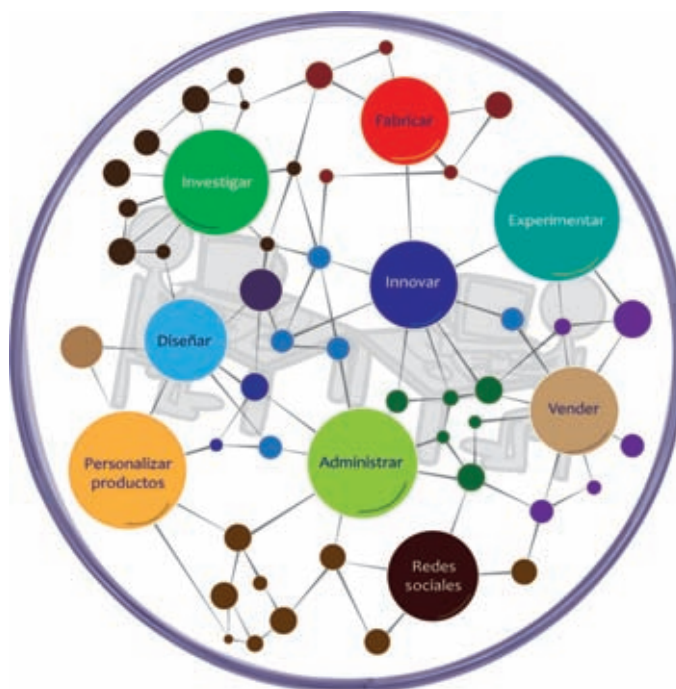
21. <http://www.3dreambox.com/>

2.4 Nueva fuente de empleo

En las últimas décadas los países occidentales han ido evolucionando respecto al empleo con una gran reducción de personal en las actividades de fabricación. Esta disminución tiene su origen en la automatización de actividades y en la deslocalización de la fabricación. Así, en los últimos años se ha visto cómo muchas empresas han llevado sus instalaciones de fabricación a países con mano de obra más barata y han dejado así cierto vacío en el sistema productivo de los países occidentales. La situación actual de alto desempleo, principalmente entre los jóvenes, está haciendo que los países consideren la creación de empleo como un aspecto estratégico en sus políticas. Una de las alternativas que se quiere potenciar con este fin es el impulso de las pequeñas y medianas empresas y de los trabajadores autónomos, que generalmente aportan la mayor parte del empleo. Hasta ahora solían ser empresas enfocadas a un ámbito de actuación local y con una limitación importante en cuanto al uso de tecnologías.

El modelo de fabricación que se propone en este monográfico supone nuevos nichos de mercado, nuevas opciones para los compradores y nuevos usos de la tecnología. Se trata, por tanto, de un mercado nuevo, propenso a la creación de *start-ups* y empleo de alta cualificación. Además, el enfoque global de todo el movimiento también permitirá el crecimiento de estas *start-ups* más allá del entorno local, un aspecto que habitualmente ha sido una de las asignaturas pendientes de este tipo de empresas. Si bien es cierto que en general se trata de pequeñas empresas, cada una de las cuales permitirá la creación de un número pequeño de puestos de trabajo, el carácter colaborativo de este modelo permitirá crear un ecosistema robusto (véase la figura 2.10) que podrá tener un impacto significativo en el empleo y en la generación de conocimiento, que después podrá ser utilizado para atraer la instalación de otras empresas mayores.

Figura 2.10 Ecosistema de *start-ups*



Fuente: Elaboración propia.

De hecho, se considera que cada puesto de trabajo en una empresa de manufactura crea otros cuatro puestos de trabajo adicionales. Sin embargo, en los negocios en los que existe un gran carácter de comunidad, estas cifras se disparan; así, Facebook cuenta con 2.500 empleados, pero se calcula que más de 30.000 empleados dedicados al desarrollo de aplicaciones tienen a Facebook como fuente de ingresos fundamental, lo que supone un multiplicador $\times 10$. En el caso de plataformas de venta el efecto es incluso mayor; por ejemplo, se estima que las empresas que comercializan sus productos utilizando la plataforma china **Alibaba**²² han creado más de 1,1 millones de empleos en China.

La creación de ecosistemas de desarrollo y utilización de estas tecnologías puede tener un impacto significativo en el empleo.

22. <http://www.alibaba.com/>

Tecnologías habilitadoras de este movimiento

| | | |
|-----|---------------------------------------|----|
| 3.1 | Digitalización | 28 |
| 3.2 | Gestión de objetos en formato digital | 31 |
| 3.3 | Producción | 32 |

Nos encontramos a las puertas de una nueva revolución industrial que cambiará la forma en la que se conciben, se gestionan y se producen los bienes. La característica fundamental de este nuevo modelo reside en la explotación de las capacidades que ofrece la digitalización de los objetos y su fabricación en centros dotados con maquinaria de producción muy automatizada y adaptada para realizar series pequeñas a precios más razonables. En muchos casos estos centros pueden acercarse a los lugares de consumo.

El debate sobre este modelo conceptual se inició hace años, y existen prototipos como las células de fabricación flexible y ejemplos de centros de producción de gran versatilidad. Sin embargo, se pueden considerar casos de poca envergadura y sin la ambición de la tendencia que se propone en este monográfico. El motivo de que ahora se plantee un cambio profundo se encuentra en la evolución que se está produciendo en varios campos tecnológicos, como la facilidad de digitalizar productos, nuevos formatos abiertos de representación de productos digitales, nuevas máquinas de producción más pequeñas, más adaptables y que además ofrecen nuevas capacidades. El punto de coincidencia de estas tecnologías se encuentra en el papel central que ocupa lo digital en todo el modelo; hasta tal punto es así que se puede percibir la aparición de un nuevo paradigma según el cual se diluye la frontera entre el mundo digital y el físico. Se puede considerar que el germen de esta idea se halla en el centro creado en el año 2001 bajo el auspicio del MIT,²³ denominado **Bits and Atoms**,²⁴ y que ha establecido las bases sobre cómo transformar datos en objetos físicos y objetos físicos en datos.

El desarrollo de tecnologías en diferentes campos, en las cuales el modelo digital es central, está haciendo aparecer un nuevo modelo de producción en el que se diluyen las barreras entre lo físico y lo digital.

Como se ha señalado anteriormente, además de estos cambios tecnológicos, hay que considerar otros modelos más generales, que en algunos casos se han promovido en el ámbito Web y que se tiende a replicar en otros campos, como el fenómeno *open source*, *crowdsourcing*, etc. En otros casos son de ámbito más general, como el *Do it yourself* (DIY) o la tendencia a comprar productos locales. Por tanto, aunque se trata de una tendencia con un profundo carácter tecnológico, no la propicia una tecnología concreta, sino la convergencia de varias, la fuerza de determinadas tendencias sociológicas y otros motivos de carácter más estratégico, como la excesiva dependencia de la producción con respecto a países del este asiático o la necesidad de buscar modelos más ecológicos y con menor consumo energético.

Nuevas tecnologías y otros fenómenos como *open source*, *crowdsourcing* o DIY impulsarán un cambio de paradigma en la producción.

En la figura 3.1 se muestran los campos tecnológicos cuyo desarrollo fundamenta esta tendencia: la creación de formatos digitales a partir de objetos físicos o mediante *software* de diseño, los formatos utilizados y la gestión de datos, y la fabricación de objetos físicos a partir de los datos digitales. En definitiva, las tecnologías que permiten recorrer un doble camino entre la representación digital y física de una entidad, donde la realidad digital ocupa el papel central en todo el proceso.

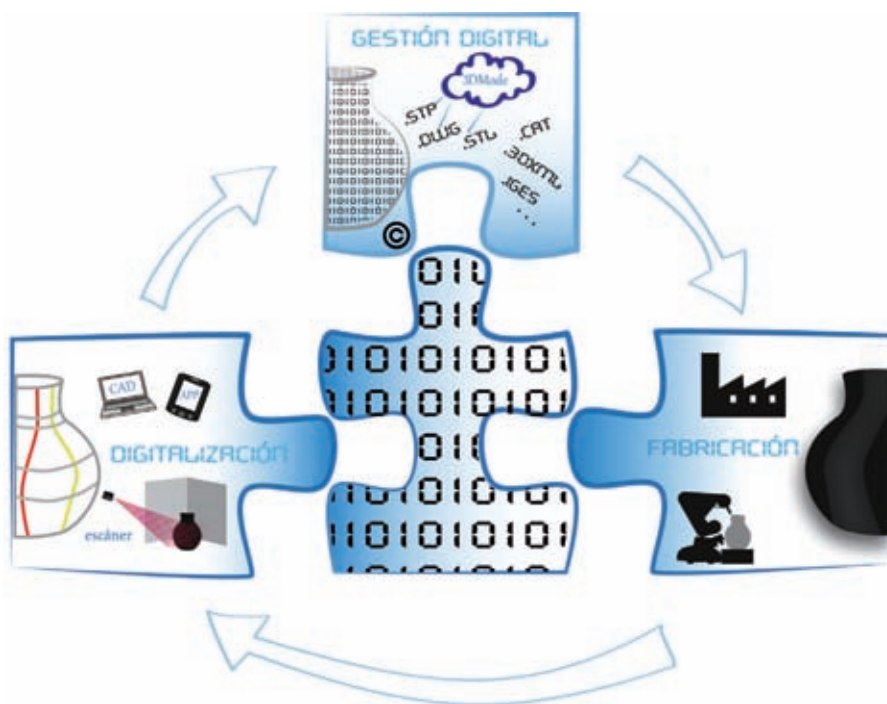
Se trata, por tanto, de un nuevo paradigma que viene a considerar lo físico y lo digital como dos aspectos intercambiables de un producto. En medio de estas dos naturalezas, se encuentran los formatos digitales que permiten realizar la transacción entre ambos modelos. De esta forma la tecnología permite digitalizar los productos, distribuirlos y fabricarlos de una manera sencilla sin la necesidad de grandes inversiones, y sobre todo de forma ubicua. Aparece así el concepto de fabricación en la nube que se presenta como una de las grandes tendencias para los próximos años.

Las tecnologías sobre las que se sostiene esta tendencia y que se describirán más adelante ya se encuentran presentes desde hace años, aunque lo que hace que este momento sea diferente es el hecho de que los precios se hayan reducido hasta ser asequibles para cualquier pyme o incluso para usuarios particulares. Nuevas reducciones de precios acompañadas por mejores prestaciones impulsarán todavía más el proceso de digitalización de la producción en los próximos años.

23. <http://www.mit.edu/>

24. <http://cba.mit.edu/>

Figura 3.1 Tecnologías habilitadoras del cambio



Todo ello permite el desarrollo de un nuevo modelo de producción en el que las barreras de entrada no son tan elevadas, por lo que facilitará la entrada de nuevas empresas *start-up*, que al igual que ha pasado en el terreno del *software* pueden llegar a desafiar a grandes corporaciones e incluso a sustituirlas. A continuación se muestran las principales tecnologías habilitadoras en cada una de estas etapas, así como ejemplos de productos innovadores generalmente accesibles a un usuario medio.

3.1 Digitalización

El proceso de digitalización se puede considerar como el primer paso de todo el modelo que se expone en este informe. Realmente esto no constituye una novedad, pues hace muchos años que las herramientas de CAD se encuentran disponibles en todas las escuelas de ingeniería y se utilizan en cualquier empresa industrial. Sin embargo, ahora estamos viviendo un proceso en el que estas herramientas se han abierto a los usuarios no profesionales y cualquier persona puede realizar su propio diseño en tres dimensiones gracias a aplicaciones desarrolladas según el concepto *open source*.

OpenSCAD²⁵ y **Parametric Parts**²⁶ se encuentran entre estas herramientas de *software* libre que permiten la representación de piezas 3D de carácter industrial. Parametric Parts incluye la API CadQuery, que supone un enfoque nuevo para la creación de piezas paramétricas a partir de una programación fácil de los modelos 3D, lo que permite crear una solución a escala en modelo sólido 3D mediante comandos.

25. <http://www.openscad.org/>

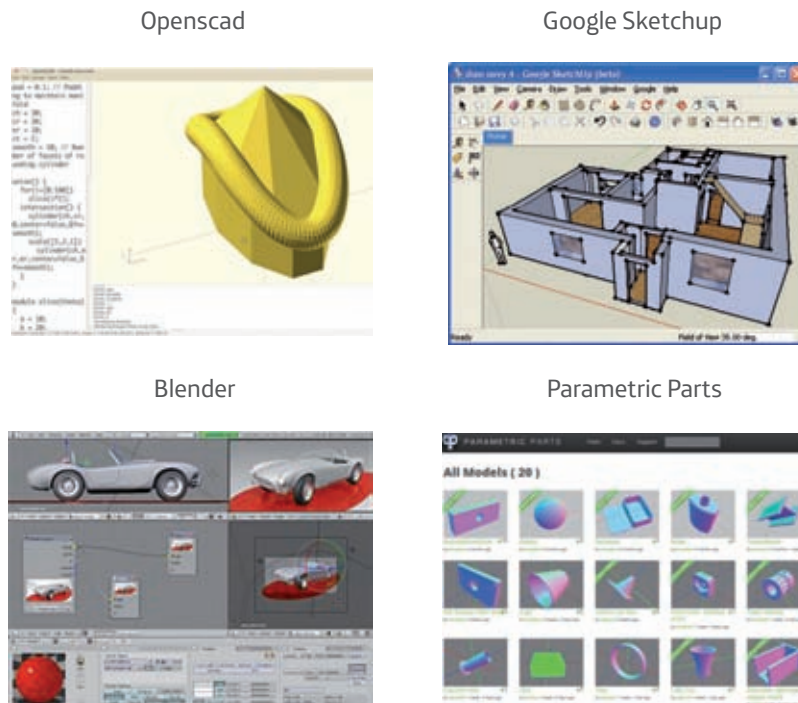
26. <http://www.parametricparts.com/>

Otra herramienta gratuita de modelado es **Google Sketchup**,²⁷ un programa de diseño gráfico y modelado en 3D gratuito para entornos arquitectónicos, ingeniería civil, diseño industrial, etc., que utiliza una interfaz diseñada para un usuario ajeno al mundo del diseño profesional. El trabajo se puede visualizar en un entorno virtual 3D e incluso compartirlo a través de la galería 3D de Google. También **Blender**²⁸ es otra aplicación informática multiplataforma y gratuita, aunque más orientada al modelado y animación profesional en 3D.

Las herramientas de diseño *open source* de modelos en 2D también pueden resultar útiles en el proceso de crear formatos digitales. En este ámbito **Xara Xtreme**²⁹ es una aplicación informática de diseño vectorial libre, multiplataforma, que permite ejecutar tareas de diseño.

La aparición de herramientas de *software* libre para el diseño de modelos en 3D y 2D acerca el diseño digital al ámbito no profesional.

Figura 3.2 Herramientas *open source* de diseño 3D



La otra forma de obtener modelos digitales es el escaneado de productos que existen físicamente. Las tecnologías de escaneado han avanzado mucho en los últimos años y ya se encuentran disponibles para el mercado residencial. Así, **MakerBot**³⁰ ha comercializado el **Digitizer Desktop 3D Scanner**,³¹ que es fácil de usar por personal no profesional y, además, permite una mayor integración del escaneo y la digitalización de objetos y compatibilidad con las impresoras 3D. El dispositivo utiliza un conjunto de láseres, cámaras y motores con

27. <http://www.sketchup.com/>

28. <http://www.blender.org/>

29. <http://www.xaraxtreme.org/>

30. <http://www.makerbot.com/>

31. <http://store.makerbot.com/digitizer.html>

los que captura la información de las formas, los ángulos y las medidas del objeto. Una vez digitalizado es posible modificarlo, cambiar la escala y también imprimirlo.

En este mismo sentido, la empresa **Matterform**³² ha recurrido a la plataforma de *crowdfunding* **Indiegogo**,³³ para la financiación de Photon,³⁴ una máquina de escaneo en 3D que posee un tamaño similar al de una impresora estándar y que cuenta con una plataforma rotatoria para la exploración del objeto que se va a escanear, una cámara y tecnología láser. Se puede obtener de esta forma la digitalización del objeto en 360°. El escaneo dura unos tres minutos, que no es demasiado tiempo si se tiene en cuenta que la alternativa es diseñar el objeto a mano utilizando un *software* de diseño 3D. El tamaño del escaneo permite reproducir objetos de tamaño similar al que imprimen la mayoría de impresoras 3D, así como el escaneo y la posterior impresión 3D de objetos a tamaño real. Se puede adquirir por 399 dólares, un precio asequible para muchos usuarios.

Figura 3.3 Escáneres de uso doméstico

Digitizer Desktop
3D Scanner



Photon



Los dispositivos para escanear objetos en entornos domésticos a precios asequibles son ya una realidad.

En un intento de llevar las capacidades de escaneo a entornos domésticos sin necesidad de utilizar maquinaria ni dispositivos especiales, **Autodesk**³⁵ ha desarrollado la aplicación **Autodesk 123d Catch**,³⁶ que se puede descargar gratuitamente en el PC, *online* o como una aplicación para el iPhone y el iPad.

Figura 3.4 Versiones Autodesk 123D Catch

Online



iPhone e iPad



PC



32. <http://www.matterform.net>

33. <http://www.indiegogo.com/>

34. <http://techcrunch.com/2013/04/04/photon-3d-scanner-will-let-you-turn-real-objects-into-printable-objects/>

35. <http://www.autodesk.es/>

36. <http://www.123dapp.com/catch>

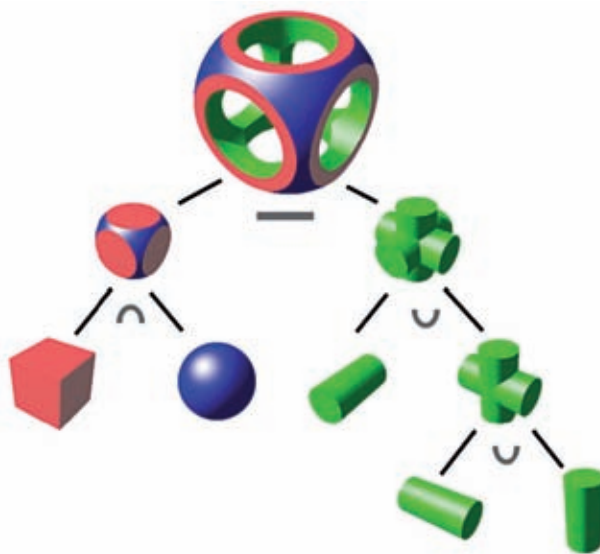
3.2 Gestión de objetos en formato digital

Como se ha señalado anteriormente, el aspecto central de todo este modelo se encuentra en la gestión digital de los productos, de forma que la brecha entre lo digital y lo físico tienda a diluirse. Desde hace años se han utilizado formatos para la representación 3D de piezas industriales, por ejemplo el formato **DWG**³⁷ que utiliza Autocad. Posteriormente han ido surgiendo formatos más adaptados para la representación de objetos en 3D y su posterior fabricación, sobre todo mediante el uso de tecnologías aditivas, como el **STL** (StereoLithography) creado por **3D Systems**.³⁸

Otro formato, el AMF (**Additive Manufacturing Format**),³⁹ está basado en XML de código abierto para el intercambio de datos, lo cual, además de facilitar su edición y lectura, permite abordar el problema de la utilización de múltiples materiales, colores y estructuras complejas. Un archivo AMF describe primero el objeto y a continuación los materiales y demás propiedades relacionadas con su fabricación, aunque ese formato no proporciona ninguna información respecto a cómo fabricar un objeto. El formato CSG (**Constructive Solid Geometry**) ofrece un enfoque completamente distinto, ya que representa los objetos 3D mediante la combinación de una colección de los denominados «objetos primitivos»: esferas, cubos u otras formas simples. Se orienta a la fabricación de objetos de geometrías sencillas pero en las que la precisión sea muy importante.

La evolución en tecnologías de producción tiene su reflejo en nuevos formatos de representación de datos que se adaptan mejor a sus necesidades.

Figura 3.5 Representación de una pieza utilizando el concepto CSG



Más allá de la variedad de formatos digitales, hay que tener en cuenta las características inherentes a la naturaleza digital de cualquier producto. Por una parte, son fáciles de transmitir y de reproducir, sin que el reproducirlos un número elevado de veces implique una merma en su calidad. Esta última característica hace que los diseños puedan utilizarlos terceros sin que se produzca el reconocimiento y la compensación económica para aquellos que los han realizado, ya que es muy difícil gestionar todos los derechos de *copyright*. De esta mane-

La naturaleza intrínseca de los productos digitales implica la dificultad de proteger los derechos de autor, lo que puede provocar que se repitan en este terreno problemas que han sucedido en otros ámbitos como el de los contenidos audiovisuales.

37. <http://es.wikipedia.org/wiki/DWG>

38. <http://www.3dsystems.com/>

39. <http://www.astm.org/Standards/F2915.htm>

Gracias al formato digital de los productos será posible diseñar colaborativamente y mandar fabricar en la nube.

ra se produciría en el terreno de los objetos físicos y del *hardware* un fenómeno muy parecido al que ha tenido lugar en otros ámbitos, como el de los contenidos audiovisuales, en el que ha sido necesaria la creación de nuevos modelos de negocio y la reconfiguración total del sector. Al igual que en el mundo del *software* el movimiento *open software* ha tenido en los últimos años una importancia clave en el desarrollo del sector, la facilidad de crear desarrollos *hardware* gracias a tecnologías como **Arduino**⁴⁰ está dando lugar al movimiento **open hardware**,⁴¹ que propone la creación de *hardware* libre y que se tratará posteriormente en este monográfico.

Otra capacidad que puede derivarse del carácter digital es que todo el contenido se puede almacenar en la nube, lo que facilita el acceso desde diferentes lugares y el trabajo colaborativo. De esta manera se podrá diseñar productos o *hardware* entre comunidades enteras, y también de forma incremental, utilizando diseños que se encuentren disponibles en la red. Esto puede llevar asociado el nuevo concepto de diseñar en la nube, e incluso algo más novedoso, mandar fabricar en la nube. Se trata, por tanto, de un nuevo escenario, al menos en el terreno de la producción física y del *hardware*, que supone un gran desafío en la gestión del formato digital.

3.3 Producción

La otra base fundamental de este modelo es la capacidad de fabricar de forma automática y en pequeñas cantidades muchos productos personalizados y de gran complejidad. Esto será posible, por una parte, gracias a la aparición de gran cantidad de robots que permitirán automatizar las fábricas, y por otra, al desarrollo de maquinaria como centros de control numérico (CNC), cortadoras o impresoras 3D de bajo coste (véase la figura 3.6), que ya se empiezan a comercializar a precios asequibles para el público no especializado. En este monográfico nos referiremos a este segundo grupo de tecnologías.

Figura 3.6 Maquinaria flexible de fabricación



40. <http://www.arduino.cc/>

41. <http://www.openhardware.org/>

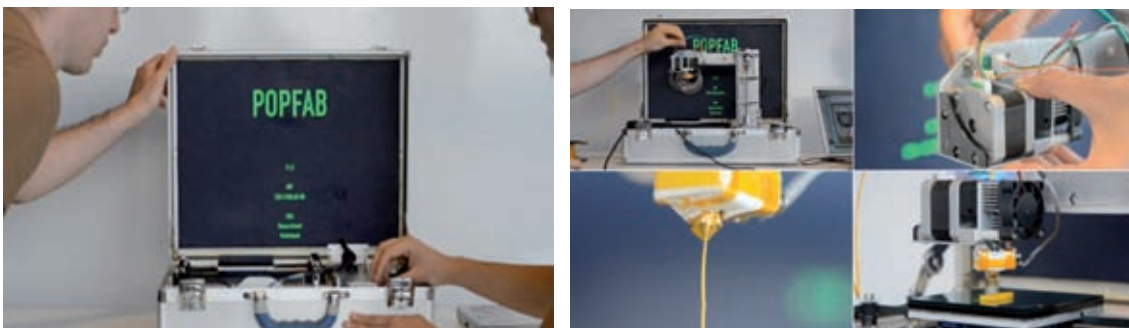
Las tecnologías de carácter aditivo, como la impresión 3D, que funcionan añadiendo capas de material hasta formar un producto determinado, suponen un cambio de paradigma de producción con respecto a las tecnologías extractivas, que se basan en quitar material hasta crear la pieza. Por este motivo, en la actualidad nos encontramos en un momento de gran expectación respecto a las capacidades de las impresoras 3D y sus posibilidades de aplicación en diversos ámbitos.

Las máquinas CNC de varios ejes son máquinas de fabricación por arranque de viruta; eliminan material a partir de un bloque en bruto, utilizando cuchillas que rotan en torno a un eje para crear la forma de la pieza deseada. La cortadora de vinilo permite fabricar circuitos flexibles; la cortadora láser, esculpir contornos complicados en las piezas, lo mismo que la cortadora mediante chorro de agua. Este tipo de máquinas aportan una gran flexibilidad a la hora de producir, además de resultar asequibles para pequeñas *start-ups* e incluso para personas interesadas en el fenómeno *maker*.⁴² Todos estos cambios se encuentran detrás de la difusión del concepto Fab Lab, constituido por laboratorios que nacieron como un proyecto de difusión del MIT (Instituto de Tecnología de Massachusetts) en la ciudad de Boston en 2005. Son ahora un espacio de trabajo para estudiantes, profesores, profesionales, emprendedores, artesanos, etc., a los cuales proporcionan un amplio acceso a los medios más modernos de invención, al reunir máquinas y herramientas para la investigación de la fabricación digital. Las actividades en los laboratorios de fabricación están basadas en proyectos *peer-to-peer* con capacidad técnica necesaria para la resolución de problemas locales a pequeña escala.

En un intento de llevar al extremo la capacidad de crear espacios de fabricación flexibles, de pequeñas dimensiones, el proyecto **PopFab**,⁴³ desarrollado en el MIT, trata de compactar una minifábrica en un espacio tan reducido como una maleta (véase la figura 3.7). En realidad, consiste en una impresora 3D portátil que se puede guardar y transportar dentro de un maletín; su cabezal de impresión es extraíble, y el dispositivo utiliza una pieza diferente para, además de realizar impresiones 3D, hacer corte de vinilo, fresar o dibujar diseños. Aunque por ahora se trata solo de un prototipo, ilustra el modelo de conseguir minimizar las barreras de entrada y el acceso a capacidades de producción a pequeñas empresas, incluso en entornos domésticos.

Detrás de la difusión del concepto Fab Lab se encuentra nueva maquinaria de producción flexible a precios reducidos.

Figura 3.7 Proyecto PopFab



42. <http://makerfaire.com/>

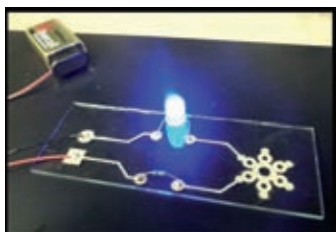
43. <http://vimeo.com/45911972>

La utilización de tinta con capacidad conductora facilitará la integración electrónica en los objetos.

La reducción de las barreras de fabricación va más allá y también incluye la electrónica. Por ejemplo, un grupo de investigadores de la **Universidad de Warwick**⁴⁴ ha creado un material con capacidades conductoras y resistencia piezoeléctrica que se puede utilizar en impresoras 3D, lo que permite abrir la puerta a la impresión de objetos que integren circuitos electrónicos y también que respondan al tacto. Este material, llamado **carbomorph**,⁴⁵ es realmente un plástico que incluye una carga de carbono dentro de una matriz de poliéster biodegradable, un medio que puede pasar a través de la cabeza de la impresora 3D. Otras empresas investigan la posibilidad de desarrollar tinta con capacidades conductoras (por ejemplo **Xerox**⁴⁶ se muestra pionera a este respecto) e incluso bolígrafos, como el modelo realizado por profesores de la **Universidad de Illinois**⁴⁷ que permitiría realizar diseños rápidos de circuitos. Las capacidades conductoras se pueden conseguir a base de utilizar materiales conductores como la plata, ya sea en forma pura o en forma de nanopartículas disueltas en otros componentes. En principio, esto supondrá la posibilidad de crear dispositivos como antenas o enchufes en un solo paso, y posteriormente la creación de elementos más complejos; en definitiva, una integración de la fabricación de objetos físicos y sistemas electrónicos que facilitará la conectividad de muchos objetos (véase la figura 3.8). Un ejemplo de integración de capacidad de comunicación en la fabricación de un objeto es la posibilidad que ofrece **Shapeways**⁴⁸ de incorporar en el proceso de fabricación etiquetas NFC (*Near Field Communication*), lo que hace que el objeto quede completamente identificado y, lo que es más, pueda comunicarse con otros objetos e iniciar acciones.

Figura 3.8 Modelos de fabricación de objetos con elementos electrónicos incluidos

Circuitos impresos con impresora 3D



Bolígrafo con tinta conductora



Objeto impreso con tarjeta NFC incluida



Plataformas con capacidades de ordenador, de bajo coste y reducido tamaño, como Raspberry Pi y Arduino, facilitan el desarrollo de dispositivos y prototipos que incluyen electrónica, dando lugar al fenómeno *open hardware*.

También empiezan a cobrar especial relevancia iniciativas para facilitar el desarrollo de productos que incorporan electrónica y la creación de *hardware* para *start-ups* y aficionados. La fundación sin ánimo de lucro **Raspberry Pi**,⁴⁹ creada en 2009, comercializa dos placas-ordenador que incluyen los componentes típicos de un ordenador, como el procesador central (CPU) ARM1176JZF-S a 700 MHz, el procesador gráfico (GPU) VideoCore IV y 512 MB de memoria RAM..., aunque no incluyen fuente de alimentación eléctrica ni disco duro. Se consigue de esta manera que, en entornos académicos y otros ámbitos no profesionales, los usuarios puedan realizar desarrollos personalizados que incorporen electrónica. Muy parecida es la historia de

44. <http://www2.warwick.ac.uk/>

45. <http://www.engineering.com/3DPrinting/3DPrintingArticles/ArticleID/5065/Do-You-Carbomorph.aspx>

46. <http://www.xerox.com/innovation/news-stories/silverbullet/enus.html>

47. <http://phys.org/news/2011-06-rollerball-pen-ink-circuits.html>

48. <http://www.shapeways.com/>

49. <http://www.raspberrypi.org/about>

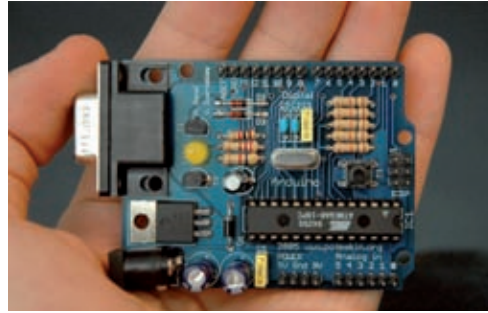
Arduino,⁵⁰ una plataforma que incluye un microprocesador y un entorno de desarrollo. En la actualidad se han comercializado más de 300.000 plataformas Arduino que se han utilizado en proyectos diversos.

Figura 3.9 Placas computadoras de bajo coste

Raspberry Pi



Arduino



50. <http://www.arduino.cc/>

Aplicaciones de estas tecnologías en diferentes ámbitos

| | | |
|-----|---------------------------|----|
| 4.1 | Prototipado y maquetas | 39 |
| 4.2 | Objetos personalizados | 42 |
| 4.3 | Mecanismos | 45 |
| 4.4 | Dispositivos electrónicos | 46 |
| 4.5 | Mantenimiento | 48 |
| 4.6 | Proyectos singulares | 50 |

Todas estas tecnologías, caracterizadas por el manejo de los productos de forma digitalizada y su fabricación automática a pequeña escala, muestran unas capacidades que las hacen adecuadas para la producción de determinadas tipologías de productos. Generalmente siempre existe la opción de desarrollar estos productos con las alternativas industriales tradicionales, por lo que la decisión de utilizar un tipo de tecnología u otro dependerá de diversos factores, principalmente del coste final que supone la realización del desarrollo. También la duración de ese desarrollo y la facilidad de replicar el producto a diversas escalas, así como el hecho de que se pueda producir de forma cercana al lugar de consumo, son factores que pueden inclinar la balanza a favor de las nuevas tecnologías a la hora de tomar una decisión.

En este capítulo se revisarán algunos de los ámbitos en los cuales se empiezan a utilizar estas tecnologías o que muestran interés por usarlas de forma masiva en el futuro.

4.1 Prototipado y maquetas

El prototipado rápido de modelos ha sido considerado durante años la actividad más adecuada para utilizar estas tecnologías. De hecho, inicialmente se asociaban al prototipado hasta que la introducción de nuevos materiales de fabricación y la reducción de costes han favorecido el desarrollo de muchas otras opciones. Como se observa en la figura 4.1, existe una gran diversidad de prototipos y modelos que se pueden realizar con estas técnicas. En el caso de la arquitectura su uso es muy claro y puede tener diversos enfoques, como la creación de una maqueta para mostrar al público las características de un edificio que ya existe en la realidad, como ocurre con el **Fenway Park Stadium**,⁵¹ o la creación de un prototipo de desarrollo urbanístico, como sucede con el proyecto de **distrito de negocios de Seúl**.⁵² Este mismo concepto se puede utilizar en otra gran variedad de ámbitos, como la fabricación de prototipos de circuitos electrónicos realizados con cortadoras láser, o muebles y complementos de moda.

El uso de estas tecnologías para la creación rápida de prototipos de fabricación despierta gran interés en la industria, ya que agiliza tremendamente el proceso de elaboración y reduce los tiempos y los costes que supone la creación de nuevos modelos. Este es un hecho fundamental en la industria actual, caracterizada por unos ciclos de producción más cortos y la utilización del diseño como elemento diferenciador de los productos. Otra de las ventajas derivadas de usar el prototipado es la posibilidad de realizar modelos a diferentes escalas, ya que una vez digitalizado un objeto su producción en otra escala es casi inmediata. Por ello son numerosas las empresas de todos los sectores que han reconocido las ventajas que aportan estas técnicas para realizar sus prototipos. **Microsoft** en el sector tecnológico de alto nivel, **Ford** en el de la industria automovilística o **Whirpool** en la de bienes de consumo son algunos ejemplos. En muchos casos los prototipos los realizan directamente emprendedores, en ocasiones utilizando plataformas de *crowdfunding* para su financiación.

Se posibilita de esta manera que personas con ideas e iniciativa puedan construir prototipos rápidos de sus desarrollos y realizar pruebas de concepto, que en caso de ser exitosas podrán ser desarrolladas con otras tecnologías. Y lo que es más importante, es posible reducir el riesgo en términos de tiempo y de inversión, superando así una barrera fundamental para el emprendizaje. Esta forma de actuar permite también realizar modificaciones rápidas sobre los prototipos hasta llegar al producto final, o mejorando y cambiando aspectos según las necesidades de diferentes mercados o en función del cliente.

La elección de tecnologías tradicionales o de tecnologías de fabricación digital para la realización de un producto depende de numerosos factores, como el tamaño de la serie, el tiempo para desarrollarlo o la necesidad de producir cerca del lugar de consumo.

La rapidez de fabricación, la reducción de costes y la facilidad de escalado convierten estas tecnologías en ideales para el prototipado.

51. <http://on3dprinting.com/tag/fenway-park/>

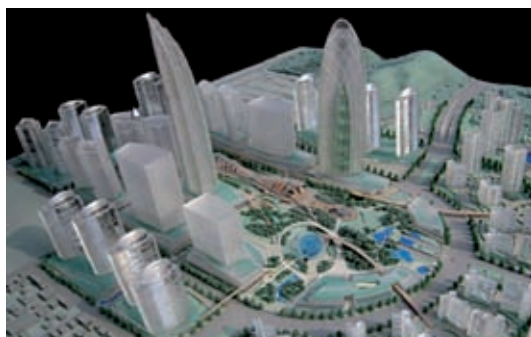
52. <http://www.scoop.it/t/maquete-eletronica/p/3523730100/3d-printer-creates-stunning-skyscrapers-for-soul-s-business-district>

Figura 4.1 Ejemplos de prototipos realizados con estas tecnologías

Fenway Park Stadium



Distrito de negocios de Seúl



Microsoft Surface



Muebles y adornos



Prototipo GPS



Circuitos electrónicos

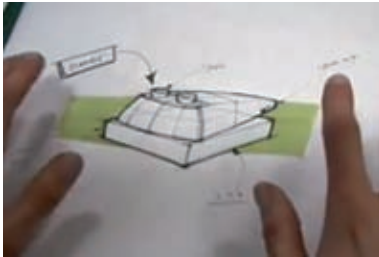


La rapidez en el proceso de diseño-fabricación de productos permite comprobar la idoneidad de un diseño evitando costes posteriores, en caso de que no sea adecuado.

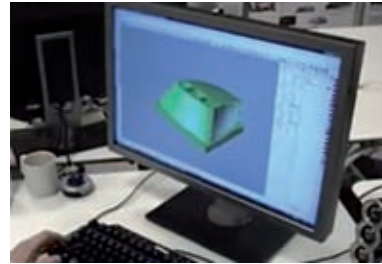
En el proceso de creación de estos prototipos ocupa un lugar central la digitalización, como se observa en la figura 4.2, que muestra el desarrollo de una pieza de Lego y que permite comprobar rápidamente la idoneidad del diseño, evitando así costes posteriores en caso de que el efecto no sea el deseado.

Figura 4.2 Fabricación de prototipos de Lego utilizando estas tecnologías

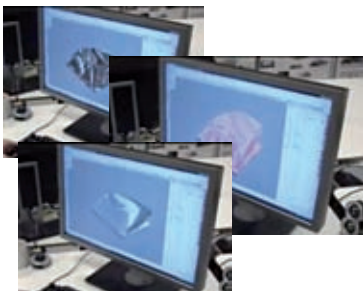
1 Dibujo del elemento



2 Digitalización



3 Elección del acabado



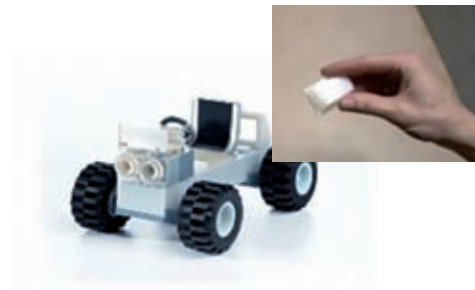
4 Impresión 3D



5 Lavado



6 Prueba con otros elementos



En los productos con componente electrónico, la aparición de tecnologías como Arduino ha sido fundamental; como se observa en la figura 4.3, existen numerosos ejemplos de emprendedores que utilizan estas tecnologías para llevar a cabo proyectos tecnológicos. Así la plataforma **Flora**⁵³ es un desarrollo sobre Arduino orientado al diseño de ropa que incluye capacidades de procesamiento; **Beat Feet**⁵⁴ es un prototipo que permite a los músicos manejar el ritmo de instrumentos mediante gestos. En muchos casos los diseñadores recurren a plataformas como Kickstarter para su desarrollo; por ejemplo, **ArduSat**⁵⁵ es el prototipo de un pequeño saté-

Gracias a las plataformas de *open hardware*, los emprendedores pueden realizar prototipos de dispositivos electrónicos.

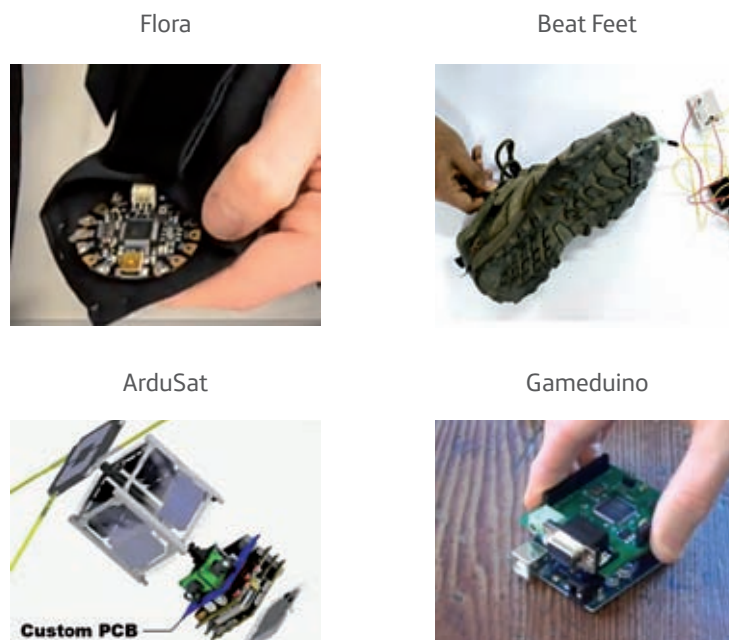
53. <http://www.adafruit.com/products/659>

54. <http://blog.arduino.cc/2013/04/13/beat-feet-set-your-beats-and-effects-with-gestures-using-arduino/>

55. <http://www.kickstarter.com/projects/575960623/ardusat-your-arduino-experiment-in-space>

lite que promete llevar la realización de experimentos en el espacio a cualquier ciudadano, y **Gameduino**,⁵⁶ una plataforma para desarrollo de juegos. Ambas están basadas en Arduino y han conseguido financiación mediante aportación popular.

Figura 4.3 Prototipos de dispositivos electrónicos



4.2 Objetos personalizados

Los nuevos modelos de fabricación permiten la creación de productos personalizados de manera completamente automática.

Otra ventaja destacable es la capacidad de realizar productos en pequeñas series de forma rentable, incluso, de realizar un producto de forma única, personalizado según los gustos o las necesidades de un individuo concreto. Siempre ha habido casos de productos más o menos personalizados, pero requerían un importante esfuerzo de desarrollo incluso artesanal. Sin embargo, los nuevos modelos de fabricación permiten la creación de productos personalizados de manera completamente automática, y se llega a dar el caso de que el propio usuario es capaz de fabricarlo. Por ejemplo, en Tokio **Fabcafe**⁵⁷ pone a disposición de los clientes cortadoras láser, impresoras 3D, escáneres, materiales para hacer moldes..., de tal manera que pueden fabricar dulces personalizados como un dulce de chocolate con la cara del propio cliente (véase la figura 4.4).

Otro caso de personalización es el ofrecido por la empresa de dispositivos auditivos **Widex**,⁵⁸ que ha diseñado un modelo innovador para la producción de dispositivos personalizados en su línea a productos **CAMISHA**⁵⁹ (*Computer-Aided-Manufacturing-for-Individual-Shells-for-Hearing-Aids*). CAMISHA inyecta un material (silicona líquida) dentro del conducto auditivo para crear una impresión personalizada. Posteriormente, este mo-

56. <http://excamera.com/sphinx/gameduino/>

57. <http://www.wired.co.uk/news/archive/2013-01/25/fab-cafe-valentine-face>

58. <http://www.widex.es>

59. <http://www.widex.es/tecnología.php?id=2>

delo se escanea para convertirlo en una imagen tridimensional que se transmite a una impresora 3D capaz de construir el dispositivo en capas de menos de 1 milímetro de grosor. Finalmente se inserta la microcircuitaría, consistente en un micrófono, un receptor, una batería y un chip casi microscópico. Los precios oscilan entre 1.000 y 3.000 dólares, lo que supone un sobrecoste importante con respecto a los fabricados de forma tradicional. A medida que se vaya estandarizando la tecnología, los precios tenderán a bajar.

También la multinacional Disney ha querido aprovechar las capacidades de estas tecnologías para ofrecer productos personalizados. Este es el caso del servicio **D-Tech Me**,⁶⁰ que ofrece a los visitantes de sus estudios de Hollywood la posibilidad de escanear su propio rostro y, a partir de esa imagen, fabricar la figura de una de las princesas Disney con su propia cara.

Las cortadoras láser presentan grandes posibilidades en este campo, y ya se encuentran funcionando diversos servicios como **FineLaserCut**⁶¹ o **Ponoko**,⁶² que fabrican productos personalizados a partir de los diseños que envían los usuarios a través de Internet.

La creación de objetos adaptados a las características físicas de los usuarios es uno de los campos con mayor futuro.

Figura 4.4 Fabricación de objetos personalizados

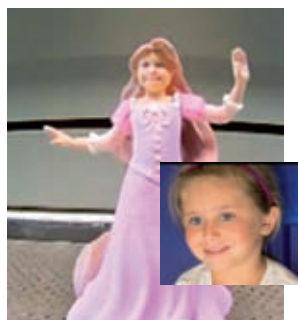
Chocolate



Audífonos



Muñecas Disney



Artículos de joyería



60. http://disneyarks.disney.go.com/blog/2012/08/d-tech-me-to-offer-disney-princess-figurines-at-world-of-disney-in-walt-disney-world-resort-for-a-limited-time/?int_cmp=INS-intWDWtoDPBlog-dtechme

61. <http://finelasercut.com>

62. <https://www.ponoko.com/>

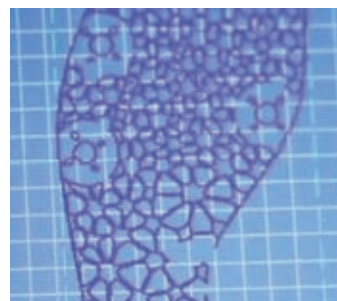
La empresa **New Balance**⁶³ ha querido ir un paso más allá y ofrecer productos personalizados en un sector de producción masiva como es el del calzado, en concreto el de las zapatillas deportivas. Con la idea de que una suela que se adapte a las características de cada persona podría mejorar su rendimiento en una carrera, ha diseñado un proceso para simplificar la fabricación de suelas personalizadas. En una primera fase se toman datos de las características de la pisada de una persona, utilizando para ello sensores situados en una pista. Con esos datos se crea una imagen digital de una suela ideal, que se imprime y se acopla en las zapatillas que vaya a utilizar el usuario, tal y como se observa en la figura 4.5.

Figura 4.5 Fabricación de zapatillas personalizadas New Balance

1 Toma de datos personales



2 Digitalización



3 Impresión de la suela



4 Fabricación de la zapatilla



Dentro de las posibilidades de fabricación de objetos personalizados, los elementos del propio cuerpo despiertan un gran interés. En principio se orienta a elementos que constituyen el esqueleto, como huesos, dientes, y prótesis, aunque ya hay ejemplos y estudios para aplicar estas técnicas a la fabricación de arterias e incluso el corazón. Dada la importancia de este campo, se tratará más adelante en el apartado de aplicaciones en el área de la salud y la medicina.

63. <http://www.newbalance.es/>

4.3 Mecanismos

Otra característica interesante de las tecnologías descritas es su capacidad de fabricar mecanismos de forma directa, sin que sea necesaria una labor posterior de ensamblaje, lo que evita costes y posibles errores al elaborar todo el producto en un único paso. La realización de estos mecanismos se puede llevar a cabo mediante el empleo de tecnologías de impresión 3D utilizando al menos dos materiales, de forma que las uniones entre diferentes piezas del mecanismo se imprimen usando un material de relleno, el cual se elimina o disuelve posteriormente dejando el espacio libre entre las diferentes partes.

Figura 4.6 Mecanismos realizados en un solo paso utilizando técnicas de impresión

1 Muñeca



2 Herramienta



3 Engranajes



4 Cadena



En la actualidad la limitación de materiales utilizados en estas tecnologías hace que estos mecanismos no tengan un uso completamente industrial, aunque a medida que se investiguen y desarrollen nuevos materiales será posible ir mejorando las cualidades de los productos, especialmente la resistencia al calor y al impacto. Productos complejos industriales como motores o cajas de cambio se podrán fabricar en un solo paso, con la consiguiente disminución del coste económico y de tiempo, al no ser necesarios moldes, soldaduras, juntas, ni trabajos posteriores a la fabricación. Además, utilizar este tipo de procesos no supone una mayor inversión en función de la mayor complejidad del mecanismo, a diferencia de lo que sucede con los mecanismos de fabricación tradicional.

La capacidad de la fabricación de mecanismos en un solo paso abre la puerta a una revolución en la fabricación de componentes industriales.

4.4 Dispositivos electrónicos

El movimiento *open hardware* trata de replicar el éxito del *open software* al ámbito del *hardware*.

La facilidad para la creación de nuevos productos y diseños se extiende a todo tipo de artículos, incluidos los dispositivos electrónicos y también los híbridos, esto es, aquellos que requieren tanto la fabricación de elementos mecánicos como electrónicos. Y es que el diseño de productos a pequeña escala también es factible en este campo gracias a nuevas tecnologías y al nacimiento de lo que podemos llamar **open hardware**. Este movimiento, que muestra una gran semejanza con el movimiento *open software*, asegura la democratización de la creación de *hardware* a varios niveles, desde la de sencillos circuitos para la realización de tareas simples, hasta la fabricación de máquinas sofisticadas a partir de dispositivos ya existentes.

En el supuesto de que un usuario quiera fabricar circuitos a pequeña escala, incluso de forma individual, existen diversas posibilidades con unos costes razonables. La manera de hacerlo con menores inversiones es la utilización de algún servicio de diseño y fabricación en Internet. Existen varios ejemplos de este tipo de servicios ya en funcionamiento, como los que se muestran en la figura 4.7. **Circuits.io**,⁶⁴ fundada por doctores en electrónica de la Universidad de Gante, es una herramienta que permite el diseño sencillo de circuitos e incluye una librería de diseños de componentes *open source*; aunque todavía no ofrece la posibilidad de fabricación de las placas de los circuitos, permite un ahorro considerable del esfuerzo en la fase de diseño, y en próximas versiones incluirá la posibilidad de fabricación a demanda. **Fritzing**⁶⁵ es otro servicio que facilita el diseño de circuitos y también incluye un **kit de aprendizaje**⁶⁶ para quienes carecen de conocimientos en electrónica, así como la posibilidad de fabricar las placas incluso de forma individual a un coste razonable.

Figura 4.7 Servicios de diseño y fabricación de circuitos



En el diseño de circuitos también se contempla la posibilidad del trabajo colaborativo, y ya es posible participar en comunidades que se constituyen alrededor de la fabricación de circuitos con una funcionalidad específica. La aplicación **Upverter**⁶⁷ incorpora capacidades avanzadas de diseño colaborativo de circuitos. Como se observa en la figura 4.8, es posible seguir la actividad que realizan otros usuarios, acceder a sus proyectos, ver lo que ha diseñado cada uno e incluso trabajar en tiempo real con otros usuarios. De esta manera, se consigue replicar en este terreno los modelos colaborativos que ya se utilizan desde hace varios años en el *software*.

64. <http://www.circuits.io/>
 65. <http://fritzing.org/>
 66. <http://shop.fritzing.org/>
 67. <http://upverter.com/>

Figura 4.8 Capacidades colaborativas de Upverter

1 Seguir a otros usuarios



2 Acceder a la actividad de otros usuarios



3 Trabajar en tiempo real con otros usuarios



4 Realizar pedidos



Si bien es cierto que todas estas iniciativas acercan el acceso y la utilización de la electrónica a un público menos especializado, el diseño de estos productos requiere ciertos conocimientos más o menos amplios en función de la funcionalidad que se quiera implementar y del grado de personalización. Esta diversidad de situaciones la tiene en cuenta la empresa **Adafruit**,⁶⁸ fundada por la ingeniera del MIT Limor Fried, que ofrece componentes y kits para el desarrollo de sistemas electrónicos; también tiene un propósito didáctico de dar a conocer la electrónica a personas ajenas a este ámbito (véase la figura 4.9). El hecho de que se adapte a diferentes niveles de conocimiento y público, desde jóvenes o niños hasta personas adultas con amplios conocimientos, ha convertido a esta empresa en una de las referencias del sector en Estados Unidos.

Figura 4.9 Productos comercializados por Adafruit

Kit de desarrollo basado en Arduino



Kit DIY



Kit aprendizaje jóvenes

68. <http://www.adafruit.com/>

Como ya se ha señalado, sobre la base del modelo de desarrollo abierto del *software*, empiezan a surgir iniciativas de este carácter en el ámbito del *hardware*, lo que ha dado lugar a numerosas organizaciones, como **OpenHardware.org**,⁶⁹ **Open Hardware Repository**⁷⁰ y **Open Hardware Developer Site**.⁷¹ Un ejemplo del modelo abierto y la colaboración entre comunidades es el utilizado por **MakerBot**⁷² para crear sus impresoras. Si bien es cierto que su último modelo MakerBot, la **MakerBot Replicator 2X**⁷³ (véase la figura 4.10) no se ha desarrollado según este concepto, el modelo *open hardware* ha sido fundamental en el desarrollo de toda la empresa.

Figura 4.10 Modelos de impresoras MakerBot



4.5 Mantenimiento

El mantenimiento de los productos consume una parte muy importante del tiempo y de los recursos utilizados en el sector industrial, y es que durante la vida útil de cualquier producto es muy habitual que dejen de funcionar parte de sus componentes. Por esa razón la mayoría de las empresas consideran crucial el mantenimiento de la cartera de productos, ya que generalmente es una actividad complicada que requiere una buena gestión y tener en cuenta aspectos de diversa índole:

- La necesidad de manejar una gran cantidad de elementos, ya que suelen convivir productos actuales con otros que ya se han dejado de comercializar pero que tienen una vida útil larga, lo que supone un verdadero problema para muchas empresas. Por ejemplo, en el sector del automóvil es muy habitual que coexistan varias generaciones del mismo vehículo, lo cual requiere un control exhaustivo de todas las piezas que se necesitan para cada uno de los modelos y para cada una de las versiones de cada modelo. Son necesarios, por tanto, un control estricto y un gasto importante en *stock* de piezas.
- La necesidad de una red de mantenimiento de gran capilaridad con presencia en todos los países y ciudades en los que se comercializa el producto.
- Un sistema logístico desarrollado, capaz de distribuir piezas hasta el punto de venta o de mantenimiento.

69. <http://www.openhardware.org/>

70. <http://www.ohwr.org/>

71. <http://www.openhardware.net/>

72. <http://www.makerbot.com/>

73. <http://store.makerbot.com/replicator2x.html>

Todas estas características hacen que el proceso de mantenimiento considerado de forma global suponga una parte muy importante de la actividad de las empresas industriales. En ocasiones, puede ser visto como una fuente más de ingresos, pero generalmente es una parte del negocio que suele generar problemas y costes, además de retraer recursos de otras actividades principales. Todas estas características, así como las ventajas que muestran los nuevos modelos de fabricación que se proponen en este documento, hacen que el sector de los recambios se pueda considerar muy adecuado para su utilización.

En principio hay varias maneras de abordar este vasto mercado. La forma más directa consiste en que la propia empresa haga accesible a través de Internet la versión digitalizada de los recambios de sus productos, lo cual facilitaría su fabricación directa en el punto de destino, con la consiguiente reducción de los costes de transporte y de almacenamiento. De esta manera se consigue además que cada pieza se pueda fabricar en cualquier momento, aunque se haya interrumpido la fabricación y la comercialización del producto, e incluso aunque ya no se ofrezca servicio de mantenimiento. Esta última situación es especialmente importante cuando se trata de productos de elevado precio, pues permite ofrecer al comprador la seguridad de que su dispositivo se podrá reparar con independencia del tiempo que transcurra desde su adquisición. Si bien es cierto que la ley obliga a ofrecer servicio de mantenimiento al menos durante los dos primeros años después de la adquisición de un producto, la realidad es que la vida útil de muchos productos es muy superior a ese periodo; además existen otros factores, como el cierre de la empresa fabricante, ante los cuales el usuario puede quedar desprotegido. En el ejemplo de la figura 4.11 se muestran las piezas digitalizadas de productos de **Teenage Engineering**.⁷⁴ Esta empresa facilita públicamente los archivos CAD de sus productos, de forma que los usuarios puedan fabricar las piezas de repuesto en caso de ser necesario. También se pueden adquirir las piezas, en diferentes acabados, a través de **Shapeways**.⁷⁵ De esta forma esta empresa sueca resuelve su problema con los costes de distribución de pequeñas piezas, a la vez que permite a los usuarios hacer modificaciones, lo que impulsa la **innovación abierta**.

La digitalización de piezas de recambio y su posterior fabricación mediante estas tecnologías facilitará el proceso de mantenimiento de productos industriales.

Figura 4.11 Piezas digitalizadas de la empresa Teenage Engineering



74. <http://www.teenageengineering.com/>

75. <http://www.shapeways.com/>

Los usuarios intentan ofrecer alternativas propias a piezas de recambio y complementos de productos existentes en el mercado, lo que favorece la innovación abierta.

Mucho más innovador es el modelo según el cual los usuarios proponen sus propias versiones de piezas de mantenimiento sobre productos comerciales. Este enfoque permite ampliar el ecosistema de diseño y producción más allá de los límites de la empresa. Es un ejemplo claro de innovación abierta, que posibilita aumentar las opciones de los usuarios y tiene una gran semejanza con lo ocurrido en el mundo del *software*. En la figura 4.12 se muestran algunos ejemplos de piezas realizadas según este concepto y que utilizan Shapeways como canal de distribución.

Figura 4.12 Piezas de repuesto del carrito Bugaboo diseñadas por particulares



Todavía es pronto para evaluar esta tendencia y será necesario superar ciertas barreras, por ejemplo, las acciones legales que puedan emprender las empresas que sientan invadido su negocio, o problemas también legales en el caso de que las piezas no cumplan los requisitos de seguridad. No obstante, hay que considerar que se trata de una tendencia con muchas posibilidades y será el propio mercado el que irá definiendo el papel de estas tecnologías en este ámbito.

4.6 Proyectos singulares

Estos modelos de fabricación permiten elaborar productos de formas y acabados especiales que de otra manera no serían posibles o que tendrían un coste excesivamente elevado. Se trata de lo que podríamos definir como proyectos singulares que responden a motivaciones muy concretas (véase la figura 4.13). Por ejemplo, la NASA está considerando la posibilidad de utilizar impresoras **Concept Laser**⁷⁶ para el desarrollo de las piezas del sistema de lanzamiento espacial (SLE), que resultan mucho más ligeras que las desarrolladas con otros procedimientos al permitir realizar formas geométricas más complejas. También se está planteando la utilización de impresoras 3D en las misiones espaciales, para poder generar piezas y componentes en el espacio como alternativa a la necesidad de disponer de *stocks* de materiales.

La utilización de estas tecnologías permite crear proyectos singulares que, debido a su geometría, sus cualidades o sus dimensiones, son difíciles de desarrollar por medios convencionales.

76. <http://fabaloo.com/blog/2013/4/4/the-photon-3d-scanner.html>

Otro campo en el que ofrecen soluciones adecuadas es en la lucha contra el deterioro de los arrecifes, un problema que empieza a ser preocupante en muchas partes del mundo debido al efecto de actividades humanas como la pesca o los viajes de recreo. Un equipo australiano de la organización **Sustainable Oceans International**⁷⁷ ha utilizado tecnologías de impresión 3D para la realización del primer modelo de arrecife. Se trata de modelos de un metro de altura y 500 kg de peso con los que se intenta regenerar las barreras de coral en lugares donde se encuentran deteriorados. Tienen la ventaja de ser mucho más parecidos a los modelos originales gracias a las posibilidades que este tipo de técnicas ofrecen para producir las formas naturales de estos elementos, sobre todo por su gran cantidad de cavidades. Para realizar estas impresiones el equipo utiliza arena como material. Se han probado en Bahrein.

Otro ejemplo del uso de estas tecnologías para la creación de un producto único es la utilización de técnicas de escaneo e impresión 3D para la reproducción de fósiles. Este es el caso de los fósiles de ballenas de 7 millones de años de antigüedad descubiertos en el desierto de Atacama (Chile) y que se han escaneado con la intención de poder reproducirlos mediante estas tecnologías a pequeña escala, lo que permitirá que grupos de investigadores de todo el mundo puedan analizar e investigar esos modelos.

Figura 4.13 Proyectos singulares que utilizan tecnologías aditivas

Piezas de estaciones espaciales



Arrecifes



Escaneo y reproducción de fósiles



77. <http://www.sustainableoceans.com.au/>

Utilización de estas tecnologías en diversos sectores

| | | |
|-----|------------------------------|----|
| 5.1 | Sector del arte y del diseño | 55 |
| 5.2 | Medicina y salud | 57 |
| 5.3 | Arquitectura | 60 |
| 5.4 | Industria | 62 |
| 5.5 | Internet de las cosas | 62 |

Hasta ahora se ha considerado la utilización de las tecnologías en función de la naturaleza de la actividad que se realiza (prototipado, mantenimiento...). En este capítulo se describen algunos ejemplos de uso en diferentes sectores que ya se sirven de esas tecnologías o en los que se espera que puedan desempeñar un papel relevante en el futuro.

5.1 Sector del arte y del diseño

Muy relacionado con la facilidad de realización de prototipos, la aplicación de forma extensa de estas tecnologías en el sector del arte y también en el del diseño es muy directa. De hecho, ya desde la **Escuela de Diseño de la Bauhaus**,⁷⁸ que sentó las bases del diseño industrial y gráfico a principios de siglo xx, la capacidad de realizar prototipos es clave a la hora de fomentar la competencia creativa y de diseño. Mediante la utilización de estas nuevas tecnologías, los diseñadores tienen la posibilidad de obtener de forma inmediata versiones materiales de sus diseños, lo cual facilita enormemente todo el proceso, además de permitir valorar la adecuación del resultado o, si es necesario, realizar ciertas modificaciones. Todo ello reducirá el tiempo de desarrollo de los diseños, lo que también repercutirá en una aceleración del *time to market* de los productos.

De hecho, el proceso se puede simplificar de forma tan sustancial que una sola persona puede ser capaz de concebir una idea, realizar un prototipo, probarlo e incluso encargar su fabricación a escala industrial a través de Internet. Se pueden así superar la mayoría de las barreras que se le presentan a un diseñador independiente o incluso a una *start-up* a la hora de abordar el mercado de masas, principalmente, la necesidad de presupuestos elevados y otros recursos. Se abre así el mercado del diseño a todos los creativos, dejando un lugar a los pequeños profesionales para desarrollar su actividad de extremo a extremo. De esta forma se espera un mayor nivel de competencia que aumente la calidad del diseño en todos los ámbitos.

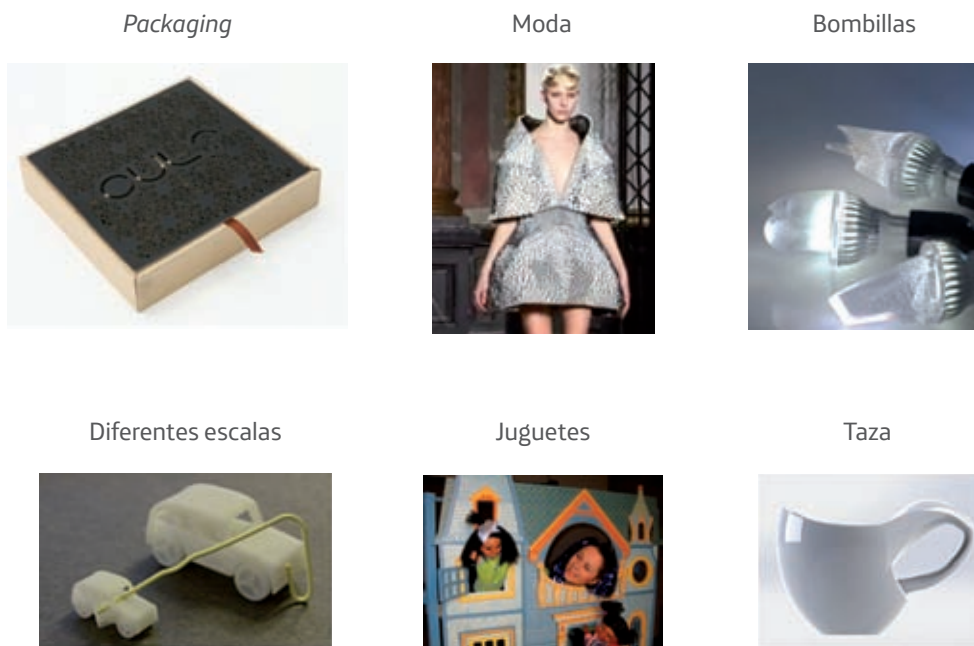
Además, como se observa en la figura 5.1, la gama de campos en los que estas tecnologías pueden desarrollar un papel importante para la realización de diseños es muy amplia y abarca casi todos los tipos de productos. Dado que el diseño se puede considerar la primera etapa para la creación de nuevos productos, este hecho tendrá un gran impacto en diferentes áreas. Así, en el sector del *packaging* se pueden encontrar múltiples ejemplos. En el mundo de la moda, la diseñadora holandesa Iris van Herpen y la profesora Neri Oxman del MIT's Media Lab han realizado creaciones que se presentaron en el desfile de la semana de la moda de París. También la empresa Disney, en su centro de investigación en Pittsburgh, ha llevado a cabo innovaciones relacionadas con el diseño de elementos ópticos, por ejemplo las bombillas que se muestran en la figura y que se pueden considerar un modelo de diseño muy avanzado en este campo.

La gama de diseños con fines más comunes, como tazas o cubiertos, realizados por aficionados, también está llegando a la red y en muchos casos se puede acceder a ellos a través de Shapeways o **Thingiverse**.⁷⁹ Otra de las grandes ventajas que se consigue con este modelo de fabricación es la posibilidad de reproducir el modelo a cualquier escala sin costes adicionales, aparte de la fabricación en sí. También ofrece la posibilidad de realizar diseños utilizando para ello como material base otros diseños que circulan por la red. De esta forma, es posible incluso realizar diseños de forma colaborativa entre personas de diferentes áreas geográficas.

78. http://es.wikipedia.org/wiki/Escuela_de_la_Bauhaus

79. <http://www.thingiverse.com/>

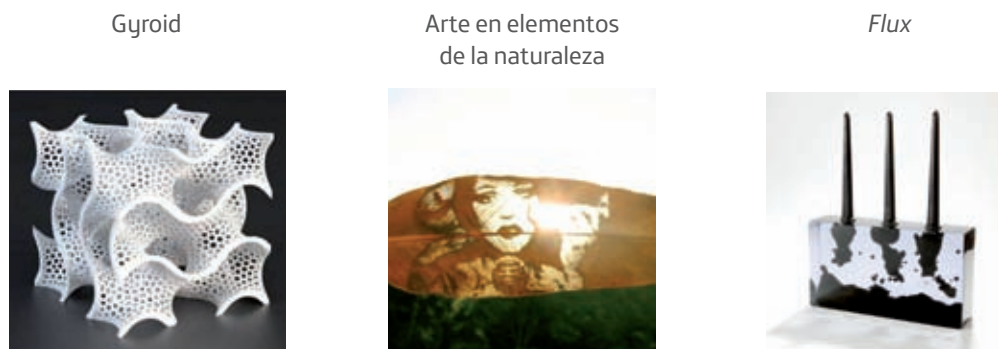
Figura 5.1 Ejemplos de diseños realizados con tecnologías aditivas y láser



Las capacidades de estas tecnologías para el prototipado rápido y para la creación de formas imposibles las hacen adecuadas para el diseño y el arte.

El diseño se puede considerar una forma de arte, por lo que se hace innecesario establecer una separación en este punto entre ambos campos; como ocurre en los ejemplos de la figura 5.2, en muchos diseños la faceta artística tiene un gran peso. En ocasiones se trata de la creación de formas imposibles de realizar por medios convencionales como el **Gyroid**⁸⁰ que se muestra en la figura. La cantidad de diseñadores independientes que se han lanzado a la realización de este tipo de obras ha hecho que Shapeways habilite una sección dedicada al arte en su tienda virtual. Otro ejemplo se encuentra en la obra del artista británico Daniel Hilldrup, que ha utilizado estas tecnologías para materializar sus ideas artísticas, por ejemplo en la obra **Flux**,⁸¹ que se muestra en la figura.

Figura 5.2 Creaciones artísticas realizadas mediante tecnologías aditivas



80. <http://www.shapeways.com/model/24470/gyroid.html?li=productBox-search>

81. <http://blog.stratasys.com/2012/03/22/3d-printed-art-the-multi-material-way/>

5.2 Medicina y salud

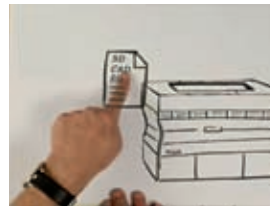
Otro de los campos con más posibilidades para la utilización de estas tecnologías es el de la medicina y, en sentido amplio, la salud, dada la facilidad de personalizar productos que se ha comentado con anterioridad. De hecho, estas tecnologías ya se han utilizado desde hace varios años en aplicaciones muy específicas, como la ortodoncia, ámbito en el que se han desarrollado materiales e impresoras especializadas. Por ejemplo, según se muestra en la figura 5.3, la empresa de impresoras **3D Stratasys** posee una solución para imprimir piezas de ortodoncia de forma digital, lo que reduce enormemente el trabajo de los laboratorios y mejora la calidad y la precisión del producto. A partir de estas piezas se pueden fabricar todo tipo de elementos adaptados a un paciente determinado, como implantes, guías, puentes o fundas.

Figura 5.3 Aplicaciones de Stratasys en el campo dental

1 Escaneo de dentadura



2 El archivo digital es enviado a la impresora



3 Se imprime un modelo de ortodoncia



4 Se pueden fabricar diferentes elementos, incluidos implantes



Este mismo concepto resulta aceptable a la hora de fabricar otras partes del cuerpo, principalmente relacionadas con la estructura ósea. En este campo, **Oxford Performance Materials**⁸² ha desarrollado materiales y tecnología, bajo la marca **OsteoFab**^{TM, 83} que permiten crear implantes en el cráneo adaptables a las características morfológicas del paciente, como por ejemplo la porción de cráneo que se muestra en la figura 5.4; además, cuenta con la aprobación del US Food and Drug Administration para su uso en casos reales. También se está avanzando en la utilización de materiales para extender sus aplicaciones a articulaciones, ámbito sobre el cual se han realizado prototipos en la **Universidad de Virginia**, y también en órganos que tienen que soportar grandes esfuerzos, como la **mandíbula**⁸⁴ desarrollada en titanio que fue trasplantada a una paciente de 83 años en Holanda en junio de 2011.

La aplicación de estas técnicas en la producción de elementos estructurales del cuerpo humano es ya una realidad.

82. <http://www.oxfordpm.com>

83. http://www.oxfordpm.com/biomedical_parts.html

84. <http://www.bbc.co.uk/news/technology-16907104>

Figura 5.4 Elementos anatómicos fabricados a medida



La tecnología de corte láser se perfila como una solución ideal para la realización de dispositivos médicos de cirugía mínimamente invasiva.

Las cortadoras láser son un instrumento ideal para realizar dispositivos médicos de pequeño tamaño que requieran un gran acabado. Este tipo de dispositivos son cada vez más necesarios, ya que la cirugía mínimamente invasiva adquiere mayor relevancia cada día. Por este motivo existen ya empresas especializadas en este tipo de desarrollos, como **Miyachiunitek**,⁸⁵ algunos de cuyos dispositivos se muestran en la figura 5.5.

Figura 5.5 Dispositivos médicos realizados mediante tecnología de corte láser



Con una visión más a largo plazo ya se están desarrollando tintas **bio-ink**,⁸⁶ o tintas compuestas de células vivas (generalmente células madre), que prometen abrir la puerta a la posibilidad de imprimir órganos vivos que se podrán implantar en el interior de nuestro organismo. En la actualidad la empresa **Organovo**⁸⁷ ha presentado datos sobre los primeros vasos sanguíneos impresos directamente con tecnología **bioprinting** a partir de arterias del paciente, y ya son muchos los grupos de investigación que empiezan a conseguir los primeros resultados en este terreno. Por ejemplo, científicos de la **Universidad de Edimburgo** han conseguido imprimir muestras formadas por células madre, y en el **Instituto Fraunhofer**,⁸⁸ en Alemania, han imprimido moléculas biológicas que pueden ser la base para la impresión de venas. Por todo ello, esta técnica ya empieza a ser considerada en medios especializados y se valora como un ámbito con grandes posibilidades a medio plazo.

85. http://spanish.miyachiunitek.com/Applications_Medical
 86. <http://www.sciencedaily.com/releases/2013/03/130308183708.htm>
 87. <http://www.organovo.com/>
 88. <http://www.fraunhofer.de/en.html>

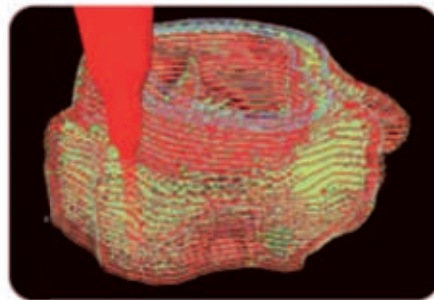
En la figura 5.6 se describe el modelo de funcionamiento. En una primera etapa se obtiene la imagen del órgano mediante técnicas como MRI; posteriormente se generará el modelo digital del órgano, en el que se indica dónde se situarán las filas de los diferentes tipos de células teniendo en cuenta su futuro crecimiento; como tinta se utilizan células del propio paciente y otros materiales como colágeno, sobre el que pueden crecer las células; finalmente un dispositivo imprimirá el órgano según el modelo diseñado.

Figura 5.6 Modelo de bioimpresión

1 Captura de la imagen



2 Generación del modelo



3 Creación de la tinta



4 Impresión



Fuente: The Washington Post.

Las posibilidades en el ámbito de la salud van más allá de la impresión de órganos, y ya hay estudios para producir **medicamentos**⁸⁹ utilizando estas tecnologías. También parece factible que en el futuro se pueda imprimir **ADN**,⁹⁰ aunque para ello todavía es necesario que se produzca un avance importante en las tecnologías de bioimpresión, que se espera que se desarrolle durante los próximos años.

Empiezan a existir prototipos de impresión de órganos utilizando *bio-ink* y se espera un futuro muy prometedor en este campo.

89. <http://www.guardian.co.uk/science/2012/jul/21/chemputer-that-prints-out-drugs>

90. <http://cambriangenomics.com/>

5.3 Arquitectura

En la arquitectura, la utilización de estas tecnologías se centra actualmente en la creación de prototipos y maquetas, una actividad que tiene gran importancia en este sector. De hecho, la posibilidad de realizar maquetas en 3D tanto de partes de un edificio como de edificios o complejos enteros permite mostrar las bondades de un proyecto específico a todos los agentes que intervienen en su desarrollo, desde los responsables de dar el visto bueno a una construcción hasta los clientes potenciales, que dispondrán de esta forma de más elementos de decisión.

Un aspecto que cada vez se tiene más en cuenta a la hora de diseñar proyectos arquitectónicos es la integración con el entorno, ya que un edificio o unas instalaciones no se deben considerar una pieza aislada sino como un elemento más dentro de un conjunto de ellos, ya sea el barrio de una ciudad o un paisaje en la naturaleza. Este tipo de tecnologías nos facilitan esta integración, tal como se puede observar en la figura 5.7, lo cual constituye un aspecto valorado a la hora de conseguir la adjudicación de un proyecto.

Figura 5.7 Diferentes prototipos en el mundo de la arquitectura



Fuente: Rietveld Architects, Nueva York.

La facilidad de crear maquetas y prototipos de proyectos arquitectónicos tiene una gran importancia en el proceso de ideación y decisión.

Otra de las ventajas de esta forma de proceder es la rapidez con la que se pueden integrar diferentes modificaciones en un proyecto y obtener modelos físicos de las distintas versiones, algo que puede ser de ayuda a la hora de tomar decisiones. También permite detectar en una fase temprana del proyecto problemas estructurales o estéticos y corregirlos, sin que esto suponga apenas costes adicionales.

Aunque actualmente esta es la utilidad fundamental en el sector, ya se están desarrollando prototipos y proyectos que pretenden utilizar estas tecnologías para la construcción de una vivienda real y no solo para realizar representaciones. El nuevo sistema de construcción robótico **D-Shape**,⁹¹ que tiene capacidad de imprimir utilizando la arena como material, ofrece altas prestaciones de resistencia y puede suponer una revolución en este ámbito. Entre las ventajas que presenta se encuentran la reducción del impacto ecológico, al no haber apenas desperdicio de material, una menor utilización de energía y la disminución de accidentes laborales. Permite construir columnas que posteriormente pueden ensamblarse fácilmente, y además es capaz de reproducir a un tamaño considerable (el que pueda contener un cubo de 6 metros de lado) cualquier tipo de construcción o elemento decorativo que previamente se haya digitalizado en archivos que utilicen formato CAD.

91. <http://www.d-shape.com>

Esto abre la puerta a la creación de nuevas estructuras innovadoras a medio camino entre la arquitectura y el arte, como la **Radiolaria**⁹² desarrollada por Enrico Dini (véase la figura 5.8). También es posible la construcción de edificios con diferentes estilos (clásico, moderno, orgánico...) sin que ello suponga un coste añadido.

Figura 5.8 Fabricación con robot D-Shape

Robot de fabricación
D-Shape



Radiolaria



A pesar de ello, en estos momentos la impresión 3D se utiliza generalmente para la realización de pequeños objetos. A la hora de elaborar diseños de elementos más grandes lo habitual es utilizar tecnología de corte láser. En este sentido, el equipo de diseño de entornos de arquitectura **Eventscape**⁹³ ha realizado elementos que se encuentran a medio camino entre el diseño y la arquitectura sirviéndose de esta tecnología, como se observa en la figura 5.9.

La fabricación de viviendas o partes de viviendas con estas tecnologías ya es posible, lo que puede transformar el mundo de la arquitectura.

Figura 5.9. Paneles realizados mediante cortadora láser



92. <http://www.shiro-studio.com/>

93. <http://www.eventscape.net/>

Aunque todavía nos encontramos en una etapa inicial, más bien prospectiva, en la utilización de estas tecnologías para la construcción de edificios, ya hay grupos científicos que empiezan a investigar cómo obtener nuevos materiales, nuevas formas y cómo replicar modelos de la naturaleza.

5.4 Industria

La aplicación de nuevas formas de fabricación en la industria es evidente. Se trata de un movimiento de carácter disruptivo que tendrá repercusiones a medio y largo plazo y que puede transformar el sector industrial, al menos parcialmente. No obstante, para que esto se dé todavía es necesario realizar nuevas investigaciones en los materiales que se pueden conseguir y, lo que es más importante, las propiedades que presentan cuando se los somete a diferentes condiciones (esfuerzos, fatiga...). En definitiva, supone un replanteamiento de algunas de las bases industriales de forma amplia y desde diversos puntos de vista: los procesos, la ciencia de los materiales e incluso los modelos de negocio. Entre las implicaciones que esta tendencia puede suponer en el mundo industrial se encuentran las siguientes:

- Redefinición del modelo de mantenimiento.
- Creación de nuevas formas ahora imposibles.
- Modelo de distribución digital de productos y fabricación local.
- Investigación de nuevos materiales y capacidades.
- Nuevos procedimientos de fabricación y ensamblado.
- Desaparición o reducción de ciertas economías de escala.
- Eliminación casi completa de los *stocks*.
- Fabricación solamente según demanda.
- Mayor necesidad de personal capacitado en nuevas tecnologías.
- Aplicación de modelos de innovación e incluso de fabricación abierta.

El impacto de este nuevo modelo puede suponer una revolución industrial, aunque todavía es necesario avanzar en la investigación en aspectos como la ciencia de materiales.

Esta meta ambiciosa no puede alcanzarla una única entidad, sino que es necesaria la colaboración de diversas organizaciones y la creación de comunidades para que se pueda avanzar de forma rápida y eficiente. Por ese motivo aparecen iniciativas con el fin de buscar espacios para el aprendizaje y la experimentación, y existen numerosos proyectos de empresas privadas que ensayan las posibilidades que estas tecnologías pueden ofrecer para el desarrollo de su negocio.

5.5 Internet de las cosas

La democratización en el desarrollo de dispositivos electrónicos puede suponer un impulso a la creación de dispositivos que interactúen con el medio y que se puedan personalizar para fines determinados. Las posibilidades de este tipo de aplicaciones son tan amplias como las necesidades y la imaginación de los ciudadanos lo permitan, y los usuarios ya han creado dispositivos para el entorno rural, el hogar o la industria. En la actualidad están apareciendo diversas iniciativas para incorporar conectividad a estos dispositivos, lo que permitirá la creación de todo un ecosistema de elementos capaces de monitorizar variables ambientales, procesar información y compartirla por medio de la red y de la nube. De esta forma se daría un espaldarazo

fundamental para el desarrollo del **IoT**⁹⁴ (*Internet of Things*) o Internet de las cosas, una tendencia cuyo despegue se prevé desde hace años y que de esta forma podría acelerar su desarrollo.

Con esta visión, son ya varias las iniciativas para añadir capacidades de conectividad a las plataformas de *hardware* abierto, como Arduino o Raspberry. Por ejemplo **Edimax Wireless Nano USB Adapter**,⁹⁵ con un precio de 11 dólares, permite añadir conectividad WiFi mediante un puerto USB a desarrollos realizados en Raspberry Pi. Otro ejemplo es la placa **Arduino GSM Shield**,⁹⁶ desarrollada por Telefónica I+D en colaboración con Arduino, que permite conectar Arduino a Internet utilizando la red GPRS, así como enviar y recibir llamadas y mensajes. También destaca el desarrollo realizado por la *start-up Spark*,⁹⁷ el Spark Core, una plataforma compatible con Arduino que permite añadir WiFi a cualquier dispositivo de forma sencilla, mediante programación inalámbrica. Este proyecto, que ha sido sufragado mediante Kickstarter, consiguió la financiación necesaria para su desarrollo en la primera hora, y un 5.679% del dinero propuesto al final de la campaña.

Figura 5.10 Módulos para añadir conectividad a dispositivos

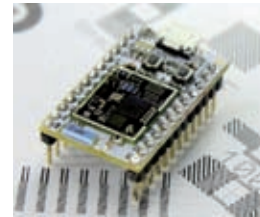
Edimax Wireless
Nano USB Adapter



Arduino GSM Shield



Spark Core



Se trata, por tanto, de un camino que ya se ha iniciado y que en los próximos años irá cristalizándose a medida que vayan apareciendo nuevas utilidades y sean más los usuarios que se familiaricen con estas tecnologías. Esto permitirá acelerar la materialización del concepto de ciudad inteligente, que se intenta impulsar en un gran número de ciudades del mundo y que, de esta forma, encontrará en los propios habitantes los aliados fundamentales para prosperar. Una iniciativa de este tipo es la que lleva a cabo el Fab Lab de Barcelona, denominada **Smart Citizen**,⁹⁸ que pretende crear un pequeño dispositivo que incluye cinco sensores (calidad del aire, sonido, temperatura, humedad relativa y cantidad de luz). La aplicación permite subir esos datos a una página web personal y compartirlos para poder mostrar una imagen global de lo que sucede en la ciudad con respecto a un aspecto concreto.

Son numerosos los proyectos para incorporar conectividad a los desarrollos electrónicos.

94. <http://www.iot-a.eu/public>

95. http://www.edimax.com/en/produce_detail.php?pd_id=347&p1_id=1

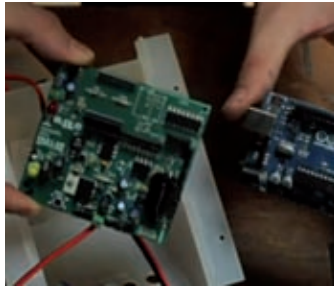
96. <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoGSMShield>

97. <http://www.sparkdevices.com/>

98. <http://goteo.org/project/smart-citizen-sensores-ciudadanos>

Figura 5.11 Plataforma Smart Citizen del Fab Lab Barcelona

1 Placa con sensores



2 Plataforma para subir datos



3 Compartir datos en la ciudad



La facilidad para incorporar conectividad a los objetos posibilitará el despegue del Internet de las cosas y de las Smart City.

La suma de todas las tecnologías que se han mostrado a lo largo del monográfico permite simplificar el conjunto del proceso productivo de productos conectados, o al menos realizar prototipos de forma sencilla. De hecho, se pueden fabricar las piezas de un dispositivo mediante máquinas industriales de bajo coste o mediante impresora 3D, montar las piezas y dar un acabado final, añadirle electrónica incluyendo conectividad, y desarrollar el *software* del interior del producto y el *software backend-frontend* en la *cloud*, sin un gran despliegue de personal y medios. Esta es la idea del laboratorio Thinking Things de Telefónica I+D, que muestra como todo este proceso, que hace años suponía una movilización importante de empresas y recursos, en la actualidad se puede llevar a cabo en un solo espacio, con un modelo de producción que se asemeja a los industriales.

Figura 5.12 Laboratorio Thinking Things de Telefónica I+D

1 Máquinas industriales (CNC y cortadora láser)



2 Diseño 3D (CAD/CAM software e impresora 3D)



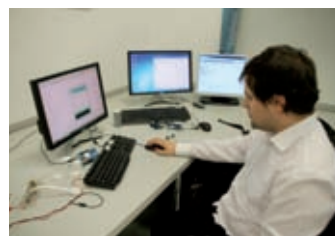
3 Montaje: soldadura, limado...



4 Electrónica: *software* diseño electrónico



5 Desarrollo *firmware*



6 Desarrollo *backend* y *frontend*: *cloud*



Iniciativas para el fomento de nuevos modelos de fabricación

| | | |
|-----|---|----|
| 6.1 | Iniciativas para el fomento de la investigación y el conocimiento | 69 |
| 6.2 | Iniciativas para la educación y la experimentación | 70 |
| 6.3 | Iniciativas para la creación de comunidades y desafíos | 73 |

Un objetivo tan amplio como el propuesto en este monográfico requiere el impulso de numerosas iniciativas con diferentes orientaciones.

Las tendencias que se muestran en este monográfico suponen una convergencia importante entre tecnologías, centros de investigación, modelos de emprendimiento y gestión de comunidades de trabajo colaborativo. En definitiva, un cambio de gran envergadura que necesitará que se involucren diversas entidades, Administraciones e incluso grupos espontáneos de personas interesadas en cada tema para conseguir crear un ecosistema inicial que actúe como catalizador del cambio. Por ese motivo están surgiendo muchas iniciativas dirigidas desde empresas, Administraciones, centros de investigación, iniciativas *crowdfunding*... Estas iniciativas, como se muestra en la figura 6.1, tienen orientaciones muy diversas: fomento de la investigación, difusión del conocimiento a diversos niveles, plataformas de colaboración...

Figura 6.1 Iniciativas para el fomento del nuevo modelo de fabricación



Fuente: Elaboración propia.

6.1 Iniciativas para el fomento de la investigación y el conocimiento

Muchas Administraciones consideran prioritaria la investigación en estas tecnologías en su estrategia para conseguir mejorar la competitividad, preparar a la industria frente a los cambios de futuro que puedan producirse y tratar de traer de vuelta parte de la industria que se desplazó a países con mano de obra más barata. Por este motivo, Administraciones de alto nivel en diferentes países intentan financiar e impulsar el conocimiento en este terreno.

Así, el presidente de Estados Unidos,⁹⁹ Barack Obama, en su discurso sobre el estado de la Unión, se refirió a priorizar el retorno a Estados Unidos de parte de la manufactura que ha ido desplazándose fuera del país en los últimos años en busca de salarios más reducidos. En este contexto anunció como propuesta estratégica fomentar el **National Additive Manufacturing Innovation Institute**,¹⁰⁰ a través de la creación de un centro

99. <http://blog.stratasys.com/2013/02/13/obama-promotes-3d-printing-revolution-in-state-of-the-union-2013/>

100. http://www.manufacturing.gov/nnmi_pilot_institute.html

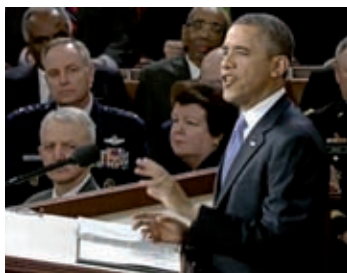
Las Administraciones de Estados Unidos y China están invirtiendo grandes cantidades de dinero en la investigación de estas tecnologías.

de referencia en estas tecnologías, en Ohio, y la petición de apoyo al Congreso para la creación de otros quince centros de investigación con estas características.

En el este asiático, concretamente en **China**,¹⁰¹ un grupo formado por las principales universidades y centros de investigación ha aportado 80 millones de dólares para la investigación en este campo, a los que hay que añadir 32 millones del Gobierno de Shuangliu, ciudad en la que se desarrollará el centro. También en Asia, **Singapur**¹⁰² constituye otro claro ejemplo de esta tendencia de los gobiernos a apostar e invertir en el modelo industrial que facilite la autoproducción, y en los próximos años dedicará 500 millones de dólares a tecnologías de fabricación avanzada para mantener su competitividad en el mercado asiático. Parte de este presupuesto irá destinado al desarrollo de programas que definan y utilicen las tecnologías de fabricación de última generación, y la exploración inicial del potencial de la construcción de una nueva etapa industrial de producción.

Figura 6.2 Iniciativas de investigación en tecnologías relacionadas con nuevos modelos de fabricación

Obama en el discurso sobre el estado de la Unión



Universidad de Shuangliu



Instituto de tecnologías de fabricación en Singapur



6.2 Iniciativas para la educación y la experimentación

Uno de los aspectos que es necesario cuidar para conseguir que el nuevo modelo que se propone en el presente monográfico sea una realidad es la concienciación sobre su importancia entre la población general. Desde una perspectiva amplia es un movimiento con una gran base tecnológica, pero que también permite que pequeñas empresas y aficionados puedan desarrollar sus productos y emprender.

Para que esto sea posible, una de las primeras condiciones es que la base de población que puede beneficiarse de este movimiento tenga constancia de que estas tecnologías existen, y que después puedan disponer de espacios de experimentación y de intercambio de conocimientos en comunidades. Se trata, por tanto, de crear iniciativas de promoción en un sentido amplio que puedan alcanzar a diferentes segmentos de público objetivo. Un primer grupo al que van destinadas estas iniciativas es el de los jóvenes que todavía se encuentran en la etapa de esco-

101. <http://www.3ders.org/articles/20130205-china-to-invest-8m-in-3d-printing-innovation-center.html>

102. <https://www.engineering.com/3DPrinting/3DPrintingArticles/ArticleID/5495/Singapore-to-Invest-Heavily-in-3D-Printing.aspx>

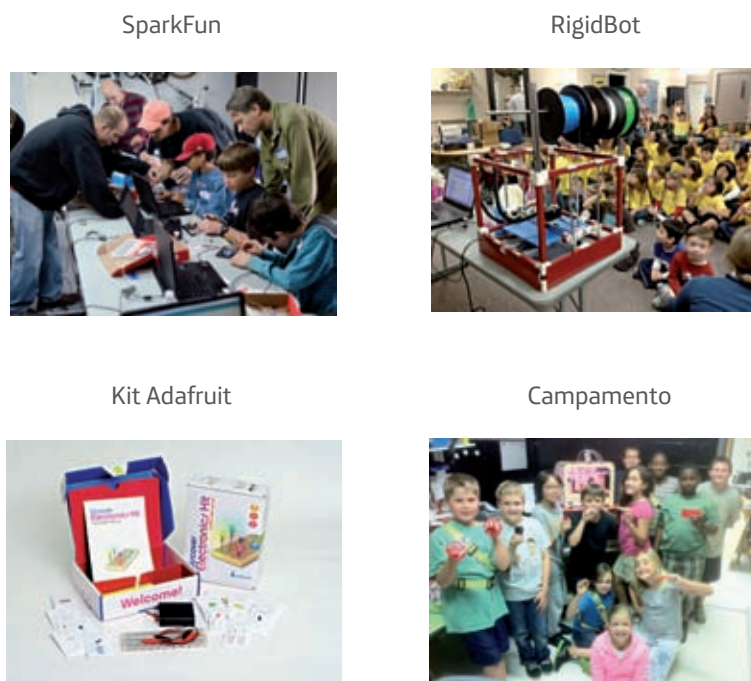
larización. De esta forma se trata de despertar en los alumnos el interés por estos aspectos y descubrir al mismo tiempo capacidades y habilidades. Como se observa en la figura 6.3, existen numerosas iniciativas para llevar estas tecnologías a este ámbito; en algunos casos se trata de empresas privadas que editan y comercializan material para fomentar el conocimiento entre los jóvenes, como Adafruit, que dispone de numerosos **kits didácticos**¹⁰³ de electrónica y plataformas como Arduino y Raspberry Pi para los más jóvenes. Otro ejemplo es **SparkFun Electronics**,¹⁰⁴ uno de los grandes proveedores de *open hardware*, fundado en 2003 y que en 2011 introdujo un departamento de educación para la divulgación y la enseñanza de electrónica en las escuelas. Realiza *hackerspaces* y eventos para lograr que los estudiantes se inicien en la tendencia *Do It Yourself*, y se conforma así como una plataforma motivacional para despertar el interés por las ingenierías en los alumnos de edades tempranas.

Con un objetivo todavía más amplio, **NMC Horizon Project**¹⁰⁵ lleva a cabo un análisis de tecnologías emergentes para la educación, la investigación, la creación y la gestión de la información. Esta iniciativa comenzó en el año 2002, con el fin de aportar datos científicos que ayudasen a implementar nuevas tecnologías en los modelos de enseñanza actuales.

Como todas estas iniciativas demuestran, existe la tendencia a tratar de despertar el interés por aspectos relacionados con nuevas técnicas de fabricación y, en concreto, a mostrar la importancia de lo digital como elemento común a todo el proceso.

Las iniciativas para potenciar los conceptos de electrónica y DIY entre los jóvenes se multiplican.

Figura 6.3. Iniciativas para difundir tecnologías entre los más jóvenes



103. <http://www.adafruit.com/category/117>

104. <https://www.sparkfun.com/>

105. <https://www.nmc.org/horizon-project>

Los Fab Labs, Makerspaces y Hackerspaces se conforman como espacios abiertos para la experimentación y el aprendizaje de las nuevas tecnologías.

Otra iniciativa formativa de gran calado a nivel mundial es el desarrollo de espacios para el aprendizaje y la experimentación, como **Makerspace**,¹⁰⁶ **Hackerspaces**¹⁰⁷ o los **Fab Labs**¹⁰⁸ (véase la figura 6.4). Esta última iniciativa tiene un especial interés por su alcance y su visión global. Surgió a principios de 2000 en el seno del **Media Lab del MIT**,¹⁰⁹ entre el Grassroots Invention Group y el **CBA**¹¹⁰ (Center for Bits and Atoms). Más tarde, en el año 2002, se expandió a otros países (India, Costa Rica, Noruega, Ghana), y en la actualidad hay un **gran número de centros**¹¹¹ que se encuentran presentes en todos los continentes y en muchos países, incluido España. Entre las actividades que se realizan en los Fab Labs, destaca la actividad formativa que se lleva a cabo bajo la iniciativa **FabAcademy**¹¹² y que tiene como objetivo enseñar a hacer casi cualquier cosa con las herramientas típicas de un Fab Lab (cortadora láser, CNC, impresoras 3D...); están dirigidas por el MIT y expiden su propio diploma.

Figura 6.4 Espacios de experimentación

Fab Lab León



Makerspace Madrid



La creación de espacios abiertos para acercar a los ciudadanos la posibilidad de aprender a fabricar y diseñar todo tipo de objetos se ve con interés por las Administraciones para fomentar las capacidades de la población.

Muchas Administraciones consideran clave disponer de espacios preparados para la fabricación de casi cualquier cosa y cercanos a la población. Por ejemplo, en Estados Unidos las Administraciones se han propuesto el objetivo de crear una gran capilaridad en la red de estos entornos de trabajo, y el congresista Bill Foster introdujo el **National Fab Lab Network Act** de 2013,¹¹³ que se propone el objetivo de crear 450 de estos espacios, lo que significaría una proporción de 1 por cada 700.000 habitantes, y ofrecería a los estudiantes y a los que no lo son el acceso a las herramientas y las habilidades necesarias para poner en práctica sus ideas. En

106. <http://makerspace.com>

107. <https://hackerspaces.org>

108. <https://fabfoundation.org/>

109. <https://www.media.mit.edu/>

110. <https://cba.mit.edu/>

111. <https://fab.cba.mit.edu/about/labs/>

112. <https://www.fabacademy.org/>

113. <https://foster.house.gov/media-center/press-releases/rep-foster-introduces-bipartisan-legislation-to-promote-advanced>

esta misma línea, el Comité de Tecnología del Gobierno de Shanghái emitió **una llamada de propuesta**¹¹⁴ para la construcción de cien *hackerspaces* (centros de innovación), aproximadamente 1 por cada 230.000 personas, con financiación pública para el equipo.

Con un carácter más privado, la empresa **TechShop**,¹¹⁵ fundada en 2006 en Menlo Park, en el corazón de Silicon Valley, ha lanzado sus propios espacios para el aprendizaje de estas tecnologías. Desde el principio se concibió como un espacio para que emprendedores e inventores pudieran desarrollar sus ideas, y en la actualidad tiene varios centros repartidos a lo largo de Estados Unidos y coopera con gran número de empresas. Uno de sus objetivos ha sido la colaboración con grandes corporaciones, entre las que destaca la Ford, empresa con la que ha llegado a un acuerdo para permitir que sus empleados utilicen sus instalaciones de forma libre tanto de día como de noche, con el fin de que puedan inventar para la empresa o a modo personal. De esta manera se consiguió aumentar el número de patentes en un 30%. De la misma forma, GE ha lanzado el programa **GE Garages**,¹¹⁶ colaborando con TechShop para que sus empleados puedan trabajar y experimentar con nuevas tecnologías, participen en procesos de fabricación e invención de prototipos y colaboren en talleres prácticos.

Grandes empresas estadounidenses fomentan el uso de espacios de fabricación personal entre sus empleados para favorecer la creatividad y la colaboración.

Figura 6.5 Laboratorios de experimentación asociados a empresas



6.3 Iniciativas para la creación de comunidades y desafíos

Otra de las características de este fenómeno es que el concepto de comunidad ocupa un lugar central en todo el proceso. Al igual que en el mundo del *software*, las comunidades y el movimiento *open source* han reconfigurado completamente el panorama del sector, se espera que en el mundo *open hardware* y en la fabricación digital estos fenómenos ocupen un lugar central. La gran ventaja que tiene lo digital frente a lo físico es la facilidad que existe para la distribución y para el trabajo colaborativo en un proyecto. De esta forma, es fácil que alguien realice un modelo de un producto y que los demás miembros de la comunidad puedan construir algo a partir de ese modelo y, así, se evita tener que reinventar continuamente las mismas cosas y es posible avanzar mucho más rápidamente en el desarrollo de un proyecto.

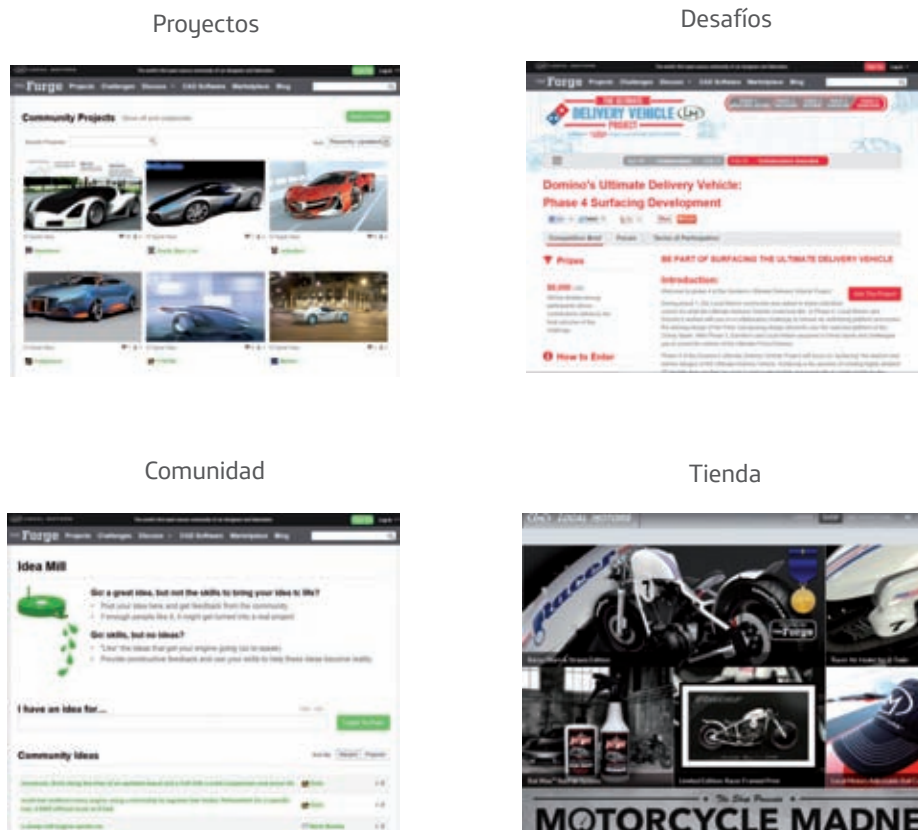
114. <https://www.3ders.org/articles/20130323-450-fab-labs-in-us-and-100-innovation-houses-in-shanghai.html>

115. <https://www.techshop.ws/>

116. <https://www.ge.com/es/>

Son muchos los ejemplos que se pueden encontrar actualmente de comunidades que se crean en torno a distintos objetivos. Un ejemplo es **Local Motors**,¹¹⁷ una empresa de automoción fundada en 2006 y que tiene como objetivo la cocreación de vehículos. Esto supone fomentar la creación de una comunidad de personas ilusionadas con el mundo del motor, e impulsar el proceso de diseño y elaboración de vehículos de forma colaborativa. En esta comunidad participan diseñadores, fabricantes, ingenieros y entusiastas de todo el mundo. Se trata de un enfoque de extremo a extremo cuya característica más importante es que la comunidad participa en todo el proceso. Así, según se observa en la figura 6.6, es posible que las comunidades creen proyectos con la consiguiente posibilidad de que las ideas se enriquezcan mediante comentarios; se proponen desafíos para conseguir objetivos concretos, los cuales tienen una recompensa económica para quien consiga ofrecer la mejor solución; existe un espacio reservado para que las personas compartan preguntas, inquietudes, ideas y se fomente el diálogo y la cooperación; si los desarrollos se materializan existe una tienda a través de la cual se pueden adquirir.

Figura 6.6 Opciones Local Motors



117. <http://localmotors.com/>

El planteamiento de desafíos para conseguir objetivos en este ámbito es una forma de proceder que está ganando terreno. Se trata de plantear una meta y dejar abierta la posibilidad de que todas las personas interesadas en el tema puedan colaborar con ideas y propuestas para encontrar la mejor solución. Una vez valoradas las ideas, generalmente se recompensa con una cantidad económica a aquella persona o comunidad que consiga solucionar el reto u ofrezca la mejor solución. Un ejemplo de este modo de funcionar es el que lleva a cabo la compañía aeroespacial **DIYRockets**,¹¹⁸ que busca abaratar costes en tecnologías espaciales. Su proyecto se basa en poner en órbita pequeños satélites de entre 500 gramos y 10 kilogramos; los modelos con los que está trabajando son diseños de motores de cohetes de código abierto que se construyen con tecnologías de impresión 3D. El objetivo es demostrar que no solo los proyectos de empresas privadas contribuyen a la exploración espacial, sino que también puede hacerlo cualquier persona, con la ayuda del código abierto, el diseño colaborativo y las herramientas 3D, tecnologías que son asequibles y accesibles.

Mediante el trabajo colaborativo las comunidades pueden participar en el proceso de desarrollo de todo tipo de proyectos complejos.

Con una meta menos ambiciosa, el proyecto **IdeasProject**,¹¹⁹ lanzado por Nokia, trata de organizar comunidades globales *online*, en las que los entusiastas de teléfonos móviles, diseñadores y desarrolladores pueden unirse, compartir y crear conjuntamente aplicaciones para plataformas móviles. Este proyecto tiene un enfoque global, lo que hace que esté articulado según diferentes líneas de interés; una de ellas se refiere al diseño de carcasas de móviles que se puedan imprimir mediante **tecnologías 3D**.¹²⁰ En este caso el desafío propuesto es la creación de diseños de carcasas para el móvil Nokia Lumia 820. Se trata de conseguir de esta forma carcasas que sean originales por su diseño o que incluyan alguna utilidad específica, como por ejemplo compartimentos o algún periférico insertado. La única condición que tienen que tener todos los modelos es que sea posible imprimirlos mediante tecnologías de impresión 3D.

Figura 6.7 Ejemplos de colaboración basados en desafíos

DIYRockets

Ideas Project



118. <https://www.openspaceuniversity.org/>

119. <https://ideasproject.com/>

120. <https://ideasproject.com/web/3d-printing>

Transcripción del encuentro de expertos sobre fabricación digital

| | | |
|-----|--|----|
| 7.1 | Introducción: La digitalización de la producción | 80 |
| 7.2 | La divulgación de la fabricación digital. El papel de los Fab Labs | 81 |
| 7.3 | La fabricación digital como nueva tendencia sociocultural | 84 |
| 7.4 | La fabricación digital: Nuevas oportunidades para <i>start-ups</i> | 86 |
| 7.5 | Investigación de las aplicaciones de la impresión 3D | 88 |
| 7.6 | Transformaciones en el modelo de producción | 89 |
| 7.7 | Nuevas oportunidades de negocio | 92 |
| 7.8 | La fabricación digital desde el punto de vista legal | 93 |
| 7.9 | Debate | 95 |

Para la realización de este informe se ha contado con la colaboración de un grupo de expertos que se reunió el 18 de julio de 2013 en la sede de Fundación Telefónica en Madrid con el fin de aportar su visión sobre la fabricación digital. Este apartado recoge la transcripción literal de ese encuentro, que giró en torno a un borrador del documento y a una serie de preguntas elaboradas expresamente para cada uno de los expertos en función de su especialidad. Tras la exposición individual de sus posturas, se generó un debate entre todos los participantes.

Figura 7.1 Encuentro de expertos sobre fabricación digital



7.1 Introducción: La digitalización de la producción

Salvador Pérez. Telefónica I+D. Observatorio Tecnológico de Telefónica

Figura 7.2 Salvador Pérez



Hace tiempo identificamos en el Observatorio que una de las megatendencias que va a venir es la reinención de la fabricación. En concreto, las cosas que van a pasar en los próximos años son dos. Una es la digitalización de la producción que, aunque no es importante para el debate de hoy, va en la línea de crear una nueva fábrica donde pasan tres cosas: la primera va a ser un uso cada vez más intensivo de la utilización de procesos; la segunda va a ser un uso también más intensivo de robótica –lo cual es muy importante porque cuanto más robótica menos mano de obra–, y la tercera va a ser la introducción de nuevas técnicas de fabricación. Esto va a resultar en una disminución del interés por deslocalizar la fábrica, ya que la mano de obra se hace menos necesaria. Quizás esto no sea muy relevante en el caso español, pero en otros países puede ser muy importante. Lo que está claro es que se va a hacer posible el fenómeno del *insourcing*, por contraposición al *outsourcing*, lo que va a llevar a las empresas a readquirir la experiencia que habían perdido al interrumpir el contacto con la fábrica, que estaba ocasionando pérdida de control sobre el producto final, y también se va a ganar en personalización. En este sentido ya ha aparecido un robot, llamado Dextre, que es el principio de una gran cadena de robots que aparecerán en los próximos años. La diferencia que marcan estos robots es que son programables por un operario, es decir, no tienen por qué ser programados con antelación: en mitad de una cadena de producción un operario puede pararlo y puede reprogramarlo. Incluso es posible programarlo varias veces al día, es decir, es posible programarlo para que haga por la mañana una cosa, por la tarde otra, e incluso, dejarlo haciendo algo diferente por la noche. Al final, esto cambia el concepto de grandes cadenas de producción robotizadas a cadenas de producción muy pequeñas. Lo que el robot puede hacer todavía es bastante lento, pero es el principio para que dentro de unos pocos años pueda hacer cosas más difíciles.

La segunda tendencia que hemos identificado es lo que llamamos el «movimiento *maker*», que, a partir del uso de las nuevas tecnologías, va a permitir que más personas puedan fabricar. Ya no van a producir solamen-

te grandes fábricas sino también pequeñas fábricas e incluso personas. Esto puede ocurrir por el bajo coste de las tecnologías; antes hacía falta un gran espacio con máquinas muy caras para producir, mientras que ahora tenemos cosas como las impresoras 3D, que son razonablemente baratas, lo cual va a permitir un prototipado menos costoso y más rápido y cambiará un producto fallido con más celeridad. Para una empresa pequeña o una *start-up* esto significa un gran cambio; antes, cuando se hacía un diseño, había que enviarlo a fabricar y cuando te lo enviaban hecho ya no podías decidir qué cambiar. Ahora puedes diseñarlo y tenerlo fabricado en el mismo día y, así, empezar a cambiar las cosas que no te gustan. A muy largo plazo se podría empezar a pensar en gente que fabrique cosas en su propia casa, aunque de momento no somos muy optimistas respecto a esta idea. Sí que estamos empezando a ver reprografías que están comprando impresoras 3D y, a lo mejor, sí podría tener sentido un modelo en el que haya minifábricas, ya que los materiales para cada pieza pueden ser distintos, pero un modelo en el que la producción esté más centralizada sí que puede tener sentido.

Finalmente, hay que hablar de la digitalización: el diseño también está digitalizado. Ahora es posible que una persona escoja un diseño, se lo baje de Internet, lo modifique y añada una característica personal. Como dice Chris Anderson en su libro *Makers*: cojo un diseño de Internet, le pongo la funcionalidad de control remoto y con la décima parte de esfuerzo consigo un objeto que antes no era posible, es decir, estamos acortando tremendamente el ciclo de fabricación. Esto lo estamos viendo en varias etapas; lo más conocido son los *tinkers*, un fenómeno de gente que diseña cosas, a quienes les gusta compartirlas y que las fabrican en su casa simplemente porque les gusta hacerlas y ahora tienen esa capacidad. Así pues, estamos viendo una tendencia de vuelta a la fabricación en el hogar. En Estados Unidos se ha invertido en impresoras 3D para las escuelas, para que los estudiantes se familiaricen con esta nueva situación y adquieran tanto conocimientos en *software* como en *hardware* para la fabricación de objetos.

Un detalle final: si Internet surgió en garajes posiblemente el nuevo garaje utilice cosas como la impresora 3D, que es lo más conocido; las CNC, que es como un torno que permite fabricar diseños de CAD, o las cortadoras láser, que te permiten coger un diseño y cortarlo. Las tres máquinas funcionan de la misma manera: se tiene un objeto diseñado con *software* y lo fabrican. Hace dos años nosotros hicimos en I+D un laboratorio donde teníamos estas cosas, y los perfiles que se necesitan para sacar adelante estos proyectos son el de un experto en CAD, una persona de montaje que integre los componentes, una persona de electrónica, personas que hagan *firmware* y desarrolladores de *software*.

Esta nueva manera de fabricar va a marcar un punto de partida para otras innovaciones como el Internet de las cosas y otras tecnologías parecidas que serán muy interesantes.

7.2 La divulgación de la fabricación digital. El papel de los Fab Labs

Cesáreo González. Director del Fab Lab de León

Preguntas a partir de las cuales se inició su intervención:

- Una de las iniciativas que se propone en otros países para potenciar la fabricación digital es fomentar el conocimiento de estas tecnologías de fabricación por la población facilitando espacios accesibles en los que se pueda experimentar y recibir información. ¿Cuál es el perfil de la gente que asiste a los Fab Labs? ¿Qué buscan y qué necesidades adicionales tienen?
- En general, hay una sensación de que existe un menor número de centros de este tipo, si lo comparamos con la situación de otros países como Estados Unidos o Francia. ¿Es cierto que esto es así en España? ¿A qué se debe?

Figura 7.3 Cesáreo González



Fab Lab es un proyecto de la Fundación TMA. Este Fab Lab se abrió hace más de un año con una idea que surgió a partir de un artículo de prensa sobre Fab Lab en el extranjero y decidimos transponer esta experiencia a León. Para situar el concepto de Fab Lab hay que indicar que es una iniciativa que surge en el Centro para Bits y Átomos (CBA), que es un centro del MIT. Surgen como segunda derivada de unas clases que se imparten sobre «Cómo hacer casi cualquier cosa». Estas clases estaban orientadas para los alumnos de este Centro de Bits y Átomos, que es un centro que estudia la intersección entre las ciencias de la computación y la física, fundamentalmente para enseñar a sus propios estudiantes a utilizar todo el equipamiento del que disponen en el centro. Sorprendentemente, lo que observaron fue que se apuntaron estudiantes del MIT de otros centros que estudian cosas que no tienen nada que ver. Así pues, identificaron una necesidad de mucha gente de fabricarse sus propios productos o invenciones. Además, desde el punto de vista institucional, al CBA se le estaba exigiendo que demostrase impacto desde el punto de vista social y, entonces, sacaron esta idea del Fab Lab. Primero lo montaron en el propio campus y después lo llevaron a un barrio desfavorecido de Boston con el objeto de tratar de fomentar la inclusión social. De ahí pasaron al Tercer Mundo, a zonas rurales de la India; el Ejército americano se los llevó a Afganistán y, espontáneamente, se fueron abriendo Fab Labs en otras partes del mundo industrializado, ya que la idea gustó. No es una franquicia: la mayor parte de los aproximadamente 150 Fab Lab abiertos en todo el mundo no tienen vinculación con el MIT, más allá de que se adhieren a una Fab Lab Chart, una serie de principios básicos, y participan en actividades a nivel de red, como videoconferencias, programas académicos o eventos.

En estos Fab Labs lo que nos encontramos son algunas de las máquinas de las que acaba de hablar Salvador Pérez, y pretenden ser un sitio abierto en el que las personas interesadas en llevar a cabo proyectos que tengan una dimensión física pueden compartir conocimiento, procesos, sacarlos adelante y, en última instancia, hacer fabricación personal.

El perfil de la persona que asiste a los Fab Labs depende mucho de la institución que tenga detrás. La mayor parte de los Fab Labs están promovidos por instituciones de tipo académico, lo cual hace que los usuarios habituales sean estudiantes o miembros de esa institución. Cuando el Fab Lab se impulsa por parte de un grupo de individuos a título particular suelen ser centros más abiertos. En León, a pesar de que el Fab Lab se

ha abierto desde una empresa, no está orientado a la propia empresa. La intención es tener un Fab Lab lo más abierto posible que genere impacto en la ciudad de León. El tipo de usuarios que tenemos allí se pueden clasificar en dos grupos: los que espontáneamente se han acercado al Fab Lab y que responden a un perfil de *maker* o de diseñador/artista, es decir, personas que ya estaban haciendo cosas y que en sus casas ya tenían algún tipo de herramienta para crear o para hacer un poco de producción y que lo que ven en el Fab Lab es un acceso a otra dimensión de máquinas; y el otro perfil de usuario es el de estudiantes de la Universidad de León: hemos hecho un gran esfuerzo por tratar de acercar a estudiantes de ingeniería industrial a nuestras instalaciones.

En España el primer Fab Lab fue el de Barcelona, que está dentro del Instituto Avanzado de Arquitectura de Cataluña; allí la mayor parte de los usuarios son personas relacionadas con ese instituto de arquitectura. En este centro lo que hacen sobre todo es investigación relacionada con la arquitectura. Si nos vamos a otros centros de referencia que hay en el mundo, por ejemplo al Fab Lab de Ámsterdam, allí lo que hay son principalmente diseñadores y artistas. Por otra parte, daré el dato de que en los Países Bajos hay dieciséis Fab Labs para una población de unos dieciséis millones de personas.

Antonio Castillo: Parece que en los últimos años hemos ido creado un entorno que favorece los elementos de *software* olvidándonos del *hardware*. Mi pregunta es: ¿cómo una idea como la de los Fab Labs puede llegar a calar en la sociedad?

Figura 7.4 Antonio Castillo



Cesáreo González: Efectivamente, para los Fab Labs y otros espacios de fabricación digital este es el reto y la oportunidad en España. Estamos acostumbrados a escuchar historias de emprendimiento en otros países, de cómo las grandes empresas como Apple o como HP surgieron en garajes, y aquí no tenemos garajes. Nuestros jóvenes no tienen el espacio que les dé la alternativa de fabricar, de trastear con algo. Así pues, yo creo que el tipo de espacios que crean los Fab Labs realmente son necesarios. Por otro lado, en una gran parte de España (con la excepción del País Vasco, que tiene fábricas que exportan a todo el mundo), ni siquiera tuvo lugar la revolución industrial, así pues no hay industria, no sabemos fabricar. Estos espacios permiten que aprenda-

mos a fabricar. Así que este tren no lo deberíamos dejar pasar, puesto que no cogimos el primero en gran parte de España.

7.3 La fabricación digital como nueva tendencia sociocultural

Marcos García. Medialab Prado. Responsable de Programación Cultural

Preguntas a partir de las cuales se inició su intervención:

- En los últimos años se ha desarrollado una tendencia en el mundo de personas que quieren volver a fabricar objetos físicos apoyándose en el desarrollo de las tecnologías de la información y las comunicaciones y en la disponibilidad de tecnologías asequibles para la fabricación. A esta tendencia se le suele asociar el nombre de movimiento *maker*. ¿Qué grado de implantación crees que tiene el movimiento *maker* en España, en particular comparándolo con otros países?
- ¿Consideras conveniente que el sistema educativo incluya los conceptos de fabricación digital en sus temarios?

Figura 7.5 Marcos García



Para los que no lo conozcáis el Programa Cultural de Medialab Prado es un programa del Ayuntamiento de Madrid que depende del área de las artes. Curiosamente, ahora nos acaban de trasladar a una antigua serrería de principios del siglo xx, lo cual nos gusta mucho porque pensamos que la aparición de la cultura digital e Internet, contrariamente a lo que se pensaba de que todo iba a ocurrir en una pantalla, está haciendo que surjan prácticas que nos devuelven mucho a lo presencial, a lo local y a la necesidad de hacer cosas y compartirlas. A principios de la década de 2000 Ulla Engeström (www.hobbyprincess.com) tenía un blog sobre nuevas artesanías digitales y decía que los humanos tenemos la necesidad de hacer cosas con las manos y que cuando hacemos algo nos gusta compartirlo, por lo que se genera intercambio de técnicas y eso ayuda a construir comunidad. Hay algo que me ha gustado mucho de este informe y es que pone en primer plano el valor de la

comunidad: se habla del fenómeno del *hardware* libre, del fenómeno *maker* como un asunto colectivo y creo que esto es muy interesante.

Con relación al documento hay cosas que me gustaría comentar. En primer lugar, quisiera señalar que se habla del *hardware* libre pero no de los contextos en los que surge este fenómeno. Se utiliza la metáfora de la habitación conectada a la red donde aparece la innovación, casi de manera espontánea. Es como si uno, de manera aislada en su habitación, pudiera innovar sin más. Es cierto que las nuevas tecnologías lo facilitan, pero, si observamos bien donde han surgido estas tecnologías, vemos que hay un ámbito presencial, sobre todo académico pero también del público autoorganizado, por ejemplo, en pequeñas asociaciones o *hackerspaces*. El papel que han desempeñado los *hackerspaces*, sobre todo en el desarrollo del *hardware* libre y de la fabricación digital abierta, ha sido fundamental, lo mismo que el de las universidades. Uno de los ejemplos que aparece en el documento y que creo que es primordial es el de Arduino, una placa de *hardware* libre que surgió en el año 2005 en un contexto académico con mucha influencia y apoyo de la Universidad de Malmö. Nosotros, desde Medialab Prado, organizamos el primer taller de Arduino y surgió alrededor de una propuesta tecnológica que gracias a un sistema de licencias abiertas pudo crecer. El valor de la herramienta no es en sí la tecnología, sino la comunidad que hay detrás. Una comunidad que comparte el conocimiento con su entorno y que innova en torno a ella.

Por aquella época se inició también otro proyecto en la Universidad de Bath, que es el proyecto Reprap. Este proyecto es un intento de construir con diseño de *software* y *hardware* abierto una impresora de prototipado rápido, autorreplicable (de ahí el Rep). Es una impresora que se construye con materiales que se pueden encontrar en cualquier lugar y unas piezas más complejas. Esto ocasiona que cualquiera pueda crear su propia máquina, y de ahí han surgido un montón de iniciativas, entre ellas una que se menciona en el documento, que es MakerBot, a la que se alude como caso de éxito y como asunto problemático: ¿qué ocurre cuando la empresa decide cerrar parte del código? Esto genera una ruptura con la comunidad que sostiene el proyecto y un conflicto que es muy interesante de analizar.

También me gustaría referirme al asunto de las licencias. En el año 2006 hubo algunas reuniones con abogados especializados en propiedad intelectual y en licencias libres aplicadas al *software* y las Creative Commons, para ver cómo estas se podían adaptar al caso de Arduino. En 2010 hubo un proyecto en un Centro de Arte y Tecnología de Nueva York que también se proponía hacer una licencia de *hardware* libre. Posteriormente, el CERN ha contribuido asimismo a pensar en estas cuestiones.

Yo quería hacer hincapié en que en el documento se podría desarrollar más la idea de cuáles son los lugares que permiten que se construya comunidad aparte de Internet, que parece que ahí se construye de manera espontánea pero también hay espacios presenciales que contribuyen a que estos proyectos tengan lugar. Quizás la idea del garaje o del laboratorio en casa es muy estimulante, pero también creo que es necesaria la idea de un laboratorio público, donde la gente pueda ir a experimentar y a encontrarse.

En el caso de Madrid hay un ejemplo precioso con la idea de la replicabilidad que son los *cloworks*. Estos *cloworks* surgen también ligados al proyecto Reprap. Es un grupo de gente que propone hacer un laboratorio de impresión en 3D para la construcción de máquinas nuevas a partir de kits de piezas que se habían construido con la primera máquina que habían hecho. A uno le entregan un kit y tiene que construir una máquina con él, pero una vez que haya acabado tiene que devolver un kit a quien quiera construir algo nuevo, con lo cual tiene un efecto generativo. Esto funciona ya en toda España; tienen un árbol genealógico con algunas máquinas que son las tataranietas de aquella primera.

Para terminar trataré de responder a las preguntas. Me preguntabais cómo está implantado el movimiento *maker* en España; pues yo creo que tiene bastante implementación, en Madrid en concreto, mucha. Está ligado a otros contextos que no se vinculan tanto con la fabricación digital, pero que tienen que ver con la idea de

hacer, por ejemplo con cocinar, con cultivar, con el textil... Hay mucho de esto, nuevas artesanías que de algún modo están vinculadas a lo digital, pero, claro, no tiene nada que ver con lo que sucede en Estados Unidos.

Con relación al sistema educativo creo que lo digital no viene solo a traer herramientas para que sigamos haciendo lo mismo, o sea, que no se incorporen los ordenadores en el aula o la pizarra digital para seguir aplicando el mismo modelo de enseñanza, sino para incorporar otros nuevos. El cambio de modelo tiene que ver con aprender haciendo. Vemos cómo instituciones que tradicionalmente se han dedicado a la transmisión de conocimiento, como las bibliotecas, ahora abren espacios para construir cosas en comunidad. Tenemos también el ejemplo de parroquias en Detroit, donde tienen espacios para arreglar bicicletas con su impresora 3D. En los centros culturales como en el que yo trabajo la idea es construir comunidad haciendo que los usuarios puedan participar en el desarrollo de proyectos, no solo como espectadores de contenidos que les vienen dados.

7.4 La fabricación digital: Nuevas oportunidades para *start-ups*

Guillermo Lamelas. Wayra

Preguntas a partir de las cuales se inició su intervención:

- El modelo digital de fabricación permite reducir las barreras para que una persona con iniciativa pueda llevar a cabo su empresa sin tener que hacer grandes inversiones en instalaciones, lo cual favorecerá el emprendimiento. ¿Qué dificultades tienen los emprendedores que quieren desarrollar proyectos con un componente de *hardware* para obtener financiación? ¿Existen diferencias con proyectos en los que prima el *software*?
- ¿Estáis notando una tendencia a que las ideas recibidas en Wayra tengan cada vez más un componente en el terreno de la fabricación digital?

Figura 7.6 Guillermo Lamelas



Wayra nace hace aproximadamente dos años en Colombia como una iniciativa para permitir que los Steve Jobs de la zona tuvieran la oportunidad de montar su propia empresa sin tener que irse a Silicon Valley. Desde entonces hasta hoy hemos creado trece espacios Wayra en doce países. En estos espacios seleccionamos los proyectos que consideramos mejores y durante aproximadamente un año les damos todo el apoyo que podemos: financiación, tutorías, formación... Estos espacios van en la línea de lo que se ha hablado anteriormente: se trata de facilitar la colaboración y la comunicación. También les facilitamos el acceso a la red de Telefónica, sobre todo de mentores, y en última instancia les damos un acceso a nuestros clientes. Este acceso no está garantizado; es un acceso en igualdad de condiciones con cualquier competidor, con la única diferencia de que ellos, siendo parte de Wayra, van a ser escuchados por la persona adecuada en el momento adecuado.

Hasta la fecha estamos acelerando en torno a 250 proyectos y hemos recibido más de 21.000 solicitudes, aunque es cierto que casi todas ellas y casi todos los proyectos que estamos realizando tienen un marcado componente de *software*. Creemos que esto es debido al problema de prototipado y a que los costes asociados a los proyectos de *hardware* son muy grandes, además de que los tiempos que se manejan son mucho mayores. También esto asusta a los inversores, sobre todo a los españoles. Lo que se buscan son proyectos que puedan dar resultados con relativa rapidez y que no tengan asociada una inversión demasiado arriesgada.

Al tema del prototipado rápido se suma el tema de la estabilidad, y es que los proyectos *software* escalan muy bien: a medida que vas teniendo usuarios, y más ahora con las tecnologías que tenemos en nube, vas aumentando tu capacidad. En los productos de *hardware* tradicionales esto no es así, y eso sin tener en cuenta los problemas de *stock*, que también están ahí. Es cierto que estamos hablando de fabricación en red y temas como los Fab Labs y la posibilidad de hacer un prototipado rápido, pero a estas innovaciones todavía les queda un poco de recorrido. Sin conocer con demasiada precisión el momento en el que estamos, viendo los proyectos que nosotros recibimos, lo que sí es cierto es que cada vez recibimos más proyectos que en algún momento hacen un uso de tecnologías como la impresión 3D, por ejemplo, proyectos que buscan poner en contacto a artesanos con gente que se dedica a imprimir en 3D o proyectos que se centran en el diseño de prototipos rápidos en 3D, es decir, que hay una tendencia a que las tecnologías sean cada vez más accesibles, que no haga falta un experto en AUTOCAD para poder diseñar un *hardware*. Así pues, se ve una tendencia clara en este sentido, aunque yo creo que todavía falta un tiempo, un empuje, un pequeño impulso para que realmente se produzca la revolución que en el monográfico se deja intuir.

Para mí es una tendencia clarísima y no creo que sea reversible. Ha habido una tendencia en los últimos años hacia la virtualización y lo digital que vemos que se está revirtiendo: no es que se esté frenando lo virtual, sino que cada vez más vamos hacia aquellos negocios o aquellos productos que tienen ambas dimensiones y, cuanto mejor fusionadas estén estas dimensiones, mayor será la tasa de éxito. Todo indica que estamos yendo por este camino: una fabricación mucho más democrática, que permita al final el surgimiento de miles de ideas de negocio y de productos con mucho más potencial de inversión que los que tenemos ahora. De todos modos, hoy en día todavía sigue habiendo una barrera muy marcada entre *software* y *hardware*, al menos desde el punto de vista de los inversores, barrera que todavía es más intensa en España.

Ayer estuve haciendo una revisión de la convocatoria que tenemos abierta y hemos recibido unos quince proyectos que utilizan las tecnologías de las que estamos hablando aquí hoy y casi una centena que utilizan tecnologías de impresión 3D. Esto no quiere decir que vayamos a acelerarlos; es simplemente una forma de ilustrar que esta tecnología está en el ambiente y que hace que a la gente le surjan ideas o iniciativas.

Yo creo que hemos pasado por una etapa de sobrereacción al *software* y de alguna manera todo está volviendo a su sitio. En el fondo a todos nos gusta tocar las cosas materiales.

7.5 Investigación de las aplicaciones de la impresión 3D

Maidar Ubarretxena. CEIT. Universidad de Navarra

Preguntas a partir de las cuales se inició su intervención:

- Nos encontramos ante una tendencia que tiene una base tecnológica muy importante. ¿Consideras que estas nuevas tecnologías tienen en la actualidad un grado de madurez suficiente como para ocupar un espacio propio en la fabricación con respecto a las tecnologías más tradicionales, o su papel será meramente residual?
- En muchos casos son tecnologías que existen desde hace muchos años. Sin embargo, en el último año ha habido una explosión muy importante de noticias y de expectativas, sobre todo en el caso de la impresión 3D. ¿Consideras que están justificadas las expectativas o que, en cierto modo, estamos viviendo una burbuja en este terreno?

Figura 7.7 Maidar Ubarretxena



Nosotros en el CEIT (Centro de Estudios e Investigaciones Técnicas), que es un centro de investigación sin ánimo de lucro que surge en la Universidad de Navarra, desde hace unos años apostamos por la fabricación digital, de hecho, compramos una impresora 3D para ir acercando a los alumnos a este mundo, ya que pensábamos que esto iba a evolucionar. En la parte de diseño tenemos una de estas impresoras que antes tenían un coste muy elevado aunque ahora los costes han ido bajando. La utilización que se le está dando va siendo mayor a medida que pasan los años. Al principio, se utilizaba más para ver cómo funcionaba y ahora bastantes alumnos la empezaban a utilizar para sus proyectos finales de carrera, sobre todo los alumnos de diseño y

mecánica. Efectivamente, esta impresora ofrece la oportunidad a los alumnos de diseñar y después construir aquello que han diseñado. Al ver que pueden construir cosas materiales surge en ellos el gusanillo que permite después dar el paso a emprender. La parte de prototipado también podría ser importante para los emprendedores, así que nosotros intentamos empujar por esta línea: en el País Vasco hay una cultura bastante arraigada de fabricación y estas tecnologías permiten plasmar las ideas de una forma sencilla y más económica.

En la parte de investigación tenemos también investigaciones en áreas de mecánica y medicina, donde también hay un gran número de escáneres del cerebro y del cráneo que se pueden imprimir después en 3D, lo que permite una visión más completa. Esta es otra área muy importante de potencial aplicación de estas tecnologías.

Nosotros pensamos que estas tendencias, estas tecnologías, van a seguir evolucionando pero que va a ir poco a poco. Todo lo relacionado con el emprendimiento y su fomento tiene que empezar desde abajo, en la infancia: hay que dejar hacer a los más pequeños desde el colegio. Nosotros estamos intentando dar una formación a los universitarios sobre la creatividad, sobre la innovación, pero vemos que debe empezar desde antes, ya que cuando nosotros lo hacemos quizás sea un poco tarde: deben adquirir unos hábitos culturales para que luego den el paso a crear. Hay, por lo tanto, un elemento cultural y educativo muy relevante, la tecnología por sí sola no es suficiente.

7.6 Transformaciones en el modelo de producción

Eduardo Vendrell Vidal. Director de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Informáticos de la Universidad Politécnica de Valencia

Preguntas a partir de las cuales se inició su intervención:

- La fabricación digital implica que un producto complejo pueda ser fabricado con un acabado determinado en cualquier lugar; incluso es posible el concepto de fabricación en la nube, lo que supone que los formatos digitales deben incluir exhaustivamente toda la información necesaria para su fabricación. Existen formatos digitales para representar y fabricar productos físicos desde hace muchos años, aunque siempre han estado orientados a facilitar la fabricación por medios tradicionales y, generalmente, no incluyen características como color, densidad o dureza. ¿Consideras que existe una carencia en este tema que puede dificultar la difusión del concepto de fabricación digital? ¿Cuáles son las líneas de evolución en este terreno?
- El *open source* ha sido clave como elemento dinamizador de la innovación en el *software*; se está hablando de utilizar esos conceptos en el diseño digital de objetos físicos y *hardware*. ¿Qué lecciones consideras que se pueden sacar de la experiencia de muchos años de este concepto funcionando en el mundo *software*?

Figura 7.8 Eduardo Vendrell Vidal



Mi especialidad es el CAD/CAM, el 3D y la robótica. Llevo casi veinte años dando clase en el ámbito de la informática, dentro del diseño y la fabricación por computadora, algo que me ha tocado justificar año tras año en este contexto. Yo siempre he creído que la fabricación y el control numérico eran algo que tenía que ver con la informática. Por ello me alegro mucho de estar aquí. Estamos hablando de fabricación digital y la parte digital quiere decir que estamos compartiendo información a través de los modelos digitales de los productos que es posible llevar a la práctica de manera inmediata.

He comentado antes algo que yo llevo diciéndoles a mis alumnos muchos años cuando vienen a mi asignatura de fabricación por computador, que es la primera vez que se llevan a casa lo que programan. Hasta ese momento solo lo ven más o menos bonito en la pantalla del ordenador, pero en mi asignatura programan la máquina y se llevan la pieza.

Efectivamente, a través de los *makers* y la impresión 3D parece que la inmediatez es quizá la clave de este movimiento: somos capaces de generar modelos o de obtenerlos de otros lugares donde ya están hechos y compartirlos y adaptarlos, o simplemente poder imprimirlos en una impresora 3D para poder tener rápidamente el producto, desde un pequeño juguete hasta el asa de la cafetera que se ha roto.

Mi problema es pensar que esto sea una moda. En este país somos muy pendulares: se ha hablado de volver a tocar lo que se produce y yo creo que la oportunidad real es que esto pueda utilizarse para reintroducir en la parte educativa y cultural de este país algo que no debería haberse abandonado, que es hacer y producir cosas. Para mí esta es una de las grandes oportunidades de todo este movimiento. La pregunta era si yo creo que esto puede ayudar a regenerar nuestro ámbito: absolutamente sí, porque se están abriendo muchísimas oportunidades que significan nuevos modelos de negocio, inmediatez, emprendimiento, gente que ve que sus ideas se pueden plasmar de manera rápida. Está muy ligado a los talleres, a las pequeñas y medianas empresas, porque las grandes empresas ya tienen la capacidad de gestión y de financiación. Las pymes tienen aquí una oportunidad. De hecho, he consultado algún informe y en Estados Unidos hay como 300.000 pymes que necesitarían que esos espacios llamados *hackerspaces*, *tech-*

shops y Fab Labs estuvieran instalados en las ciudades, no en los polígonos industriales, sino en las ciudades, como un elemento de creatividad para poder fabricar algo que luego acabe generando su propio negocio.

Estamos hablando de fabricación digital; no sé si estamos hablando correctamente del término porque estamos confundiendo fabricación digital con impresión 3D. La fabricación digital es un concepto mucho más amplio que gira alrededor de la base de datos del objeto que permite integrar los procesos dentro de la industria, y que ahora hemos abierto a todo el mundo gracias a Internet y a la nube. En Estados Unidos se utiliza un término que es el *Direct Digital Manufacturing* para esto, para el prototipado rápido, para tenerlo todo inmediatamente, es decir, fabricación digital directa.

Paso a contestar a las dos preguntas. Yo no considero que exista una carencia en el tema de los formatos digitales. Antes, cuando se tenía que enviar a una máquina CNC un mecanizado, tenías un modelo CAD para poder trabajar con un *software* y generar las trayectorias y, a partir de ahí, generar el mecanizado. No se tenía en cuenta efectivamente el color ni los materiales, pero avanzamos muchísimo en cómo un formato puede integrar un montón de información que va desde la parte de la robótica a los procesos. Una de las grandes ventajas es precisamente ese aperturismo: no es *open source*, pero sí la característica de generar cosas más en abierto. El formato xml en este caso ha permitido abrir para compartir. Yo no sé si estaréis de acuerdo conmigo, pero las impresoras 3D están evolucionando, y cada fabricante está generando modelos nuevos con características nuevas que revierten directamente en cómo las tenemos que programar y configurar, y eso significa que el formato final tiene que estar abierto necesariamente para que el fabricante pueda meterle mano. O sea, que si la pregunta es: ¿hay una carencia y esto puede generar una dificultad?, pues no, porque estamos hablando de formatos abiertos, de que empresas pequeñas recojan esos formatos, los adapten a su producto y a su modelo de impresora y, por tanto, lo que hay es un aperturismo total, un camino abierto para que se pueda avanzar.

¿Cuáles son las líneas de evolución en este terreno? Yo llevo tiempo diciendo que son los formatos. El VRML evolucionó al X3D, está el formato COLLADA (que son formatos basados en xml y que son muy abiertos) y estamos viendo cómo los motores de *render* y de animación se están utilizando para propósitos generales, como en el tema de los *serious games*: Unity, por nombrar una plataforma comercial, está siendo utilizada para simulación, para generar productos finales basados en web o en dispositivos móviles que perfectamente se pueden utilizar en el campo de la fabricación. Yo creo que estamos delante de un gran camino por recorrer.

Efectivamente, el *open hardware* tiene la visión compartida del *open source*. Yo le veo muchas posibilidades a ello porque el *open source* implica colaboración y comunidad y es, quizás, una de las grandes ventajas que está heredando el *open hardware* con las plataformas como Arduino. Estamos hablando de innovación a muy bajo coste, con temas muy abiertos y colaborativos. Sin embargo, hay un cierto descontrol. Hace tiempo que tenemos el *open source* encima de la mesa, pero no acaba de ser algo definitivo. El modelo en sí mismo tiene la limitación en cuanto a temas como, por ejemplo, quién utiliza el *open source*. Pues los más alternativos. Los más *trendies* tenemos un Ipad, que es lo más cerrado que hay. Diseñar para IOS es mucho más fácil que diseñar para Android, porque Android tiene que valer para tabletas muy diferentes mientras que IOS está cerrado. El aperturismo en sí mismo, el no poner límites, hace que las aplicaciones sean menos robustas, en el sentido de que al usuario lo que le gusta es algo acabado y que funcione. Lo que está en abierto tiene ese pequeño problema. Esta es quizá la barrera que yo le veo, aunque tampoco es muy grande.

El hecho de que todo el mundo tenga una impresora 3D en casa yo lo veo, pero hay que resolver cosas todavía: hay que tener conocimientos, ser capaz de ajustar la impresora, los materiales...

7.7 Nuevas oportunidades de negocio

Guillermo Gil Aguirrebeitia. Director de la División ICT/European Software Institute (Tecnalia)

Preguntas a partir de las cuales se inició su intervención:

- En la actualidad se está hablando de que las nuevas tecnologías cambiarán la forma en la que entendemos el mundo de la fabricación. Sin embargo, todavía existe poca información de cómo se integrarán en la industria actual y cómo convivirán con las tecnologías existentes. ¿Están suficientemente maduras las nuevas tecnologías de fabricación como para un uso en competencia con tecnologías tradicionales? ¿En qué áreas?
- ¿Qué se debe mejorar para que sea viable y cuándo creéis que esto se puede producir?

Figura 7.9 Guillermo Gil



Yo voy a retomar un poco el origen de la presentación. A finales de los años ochenta se estableció la política industrial y, dentro de esa política, uno de los instrumentos que se diseñaron fueron los centros tecnológicos, que se fueron poco a poco consolidando como herramientas de apoyo a la empresa. En el año 2011 se creó Tecnalia como fusión de varios centros tecnológicos, y actualmente somos 1.400 personas con la misión de ayudar a las empresas a ser más competitivas a través de la innovación tecnológica.

Dentro de nuestra propuesta hay una cosa que nos parece fundamental, que es la multidisciplinariedad, es decir, la posibilidad de combinar disciplinas diferentes para tratar de buscar soluciones a los problemas más relevantes de las empresas. Cuando vimos el tema de fabricación digital pensamos que encajaba perfectamente en nuestra filosofía de combinar disciplinas. La mala noticia es que yo soy de la parte digital no de la parte de fabricación. Pero Tecnalia sí que trabaja mucho en fabricación y con clientes que, en general, son fabricantes.

Leyendo el informe me ha llamado la atención todo el tema de la competitividad de este negocio, que se habla mucho de la parte de oferta, de cómo se hace el producto, pero se habla muy poquito de cómo es la cadena de negocio, cuál es el mercado, cómo son las características de la demanda que pueden hacer crecer o evolucionar este negocio. Digo esto porque, cuando analizamos las características de la empresa fabricante o manufacturera, en el País Vasco casi siempre de metal, de cerámica o de plásticos, son empresas B2B, es decir, son empresas que a su vez venden en cadenas de valor y, por lo tanto, están muy limitadas a la hora de cambiar la oferta del producto. El producto les viene impuesto por Volkswagen, por Seat, es decir, por «las de arriba». Esto condiciona cómo haces la fabricación.

Dentro de Tecnia tenemos mucho debate sobre cómo sacar partido a este negocio, pero en el mundo real la gente todavía no ve las oportunidades y yo creo que la clave está en lo que comentaba antes: el mercado está muy condicionado en su cadena de valor y en su posición de valor. Luego, también hay otras condiciones del tipo coste, materiales, acabados..., una serie de cosas quizá secundarias que con el tiempo se irán limando pero que en estos momentos pueden ser un obstáculo relativo. Para mí la clave está en la cadena de valor, o sea, en entender que los fabricantes del País Vasco son gente que en general no diseña el producto, solo lo fabrica, y que cuando demanda tecnología casi siempre demanda tecnología de proceso y casi nunca tecnología de producto. Por lo tanto, la parte digital del producto, es decir, el diseño, es casi secundario y en lo que son buenos es en fabricar series medias, altas o bajas con un acabado muy bueno y con unos costes razonables. Yo tengo la sensación de que hemos hablado poco de mercado en esta mesa pero, por ejemplo, el mercado B2C en este sector es muy interesante y, sin embargo, en España casi no hay cultura del B2C y esta es una reflexión que tenemos que introducir de alguna manera. Por un lado responde un poco a la pregunta de cómo vemos estas tecnologías, que yo creo que todavía no llegan por cómo está condicionada la cadena de valor, pero cuando pensamos en cuáles son las posibilidades de llevar esto directamente al mercado y conectarlo con el emprendimiento del que estábamos hablando, pues, consideramos que no basta con que cada uno seamos un Thomas Edison, de quien precisamente ayer leí la siguiente frase: «No quiero inventar nada que no se pueda vender, la venta es la única forma del éxito». Aquí hablamos de que se puede fabricar casi cualquier cosa, pero tenemos que fabricar cosas que se puedan vender, y esto es una cosa que nos tenemos que meter en la cabeza.

En el País Vasco no se trabaja el B2C, aunque dentro del negocio que llevamos el equipo de mundo digital en Tecnia sí que estamos haciendo nuestros pinitos, aunque solo con bits no con átomos, pero todavía estamos lejos del B2C.

Para mí en España debería haber una reflexión sobre cómo estimular el B2C, qué podemos hacer en ese mercado y cómo este tipo de herramientas nos dan una forma de entrar en ese negocio, donde todavía no estamos sacando rendimiento y donde otros nos llevan infinita ventaja.

7.8 La fabricación digital desde el punto de vista legal

Paloma Llana. Abogada

Preguntas a partir de las cuales se inició su intervención:

- Este nuevo modelo implica que los productos físicos pasarían a ser un contenido digital más, con lo que existe un temor a que se reproduzcan muchos de los problemas que han ocurrido con otros contenidos digitales: piratería, falta de un modelo claro de financiación... ¿Consideras que la experiencia previa en el ámbito legal con otros contenidos digitales facilitará el desarrollo de una industria digital en productos que hasta ahora siempre han sido físicos, o se repetirán las mismas situaciones?

- Todo este fenómeno tiene mucho de creación de comunidades, desarrollo colaborativo, innovación abierta, *open hardware*... ¿Está el sistema legal preparado para facilitar este modelo?
- Se ha visto cómo instituciones como el CERN o empresas como General Electric están permitiendo el uso de sus patentes para potenciar la innovación abierta. ¿Es posible que el modelo tradicional de patentes, que se hizo para una situación completamente diferente, evolucione para adaptarse a nuevos requerimientos?

Figura 7.10 Paloma Llana



Me encanta el tema que habéis escogido y me parece que va a ser fascinante ver la evolución legal si esto despegaba. Escuchándoos a todos he ido anotando los temas de los que ibais hablando: mayoritaria presencia académica en este momento, licencias de *software* abierto, uso de las comunidades de Internet... y pienso: «Esto es igual que cuando empezamos a usar Internet, que parecía increíble que fuera a llegar a todos por lo caro que era y su lentitud». Lo que quiero decir es que esto que ahora nos parece imposible que se vaya a producir ya se ha producido, y eso es lo que considero verdaderamente fascinante. Me ha llamado la atención la idea de que el movimiento *maker* vaya a funcionar aquí como en Estados Unidos. Yo creo que no. Hay una larga tradición en Estados Unidos de fabricar. El *do it yourself* típico de los americanos, que prácticamente hacen de todo, viene de las grandes distancias que existen en Estados Unidos, es decir, de la necesidad de fabricarte algo porque lo necesitas inmediatamente y antes tenías una distancia de 200 kilómetros hasta la tienda más cercana. Yo creo que en Estados Unidos hay una larga tradición pero aquí es una moda; en el fondo todos tenemos un poco la memoria del hambre, que nos hace querer cosas nuevas, hechas y compradas.

Respecto a la primera pregunta diré que si finalmente las impresoras 3D son baratas y son capaces de hacer buenos productos que se vayan afinando, si esto finalmente no es una burbuja y se populariza, creo que vamos a tener exactamente los mismos problemas que hemos tenido en el mundo del *software*. Igual que el Internet académico evolucionó a un Internet económico y comercial, y en ese Internet comercial nos encontramos con un código y unos sistemas montados sobre sistemas abiertos y código abierto donde la gente

colabora de manera gratuita pero hasta que hay negocio. Cuando hay negocio la gente deja de colaborar y empieza a cerrar sus entornos y empiezan a cobrar por el *software* y empiezan a cobrar por los servicios. Por un lado, tenemos el fenómeno del mercado y luego, por otro, tenemos la gente que es tenedora de sus derechos que no los quiere soltar; es decir, llevamos discutiendo quince años el problema de cómo modificar la ley de propiedad intelectual para adaptarnos a las situaciones de *software* libre, ya que hay un verdadero problema para redactar licencias de *software* libre ajustadas a la legislación española o internacional y es que no movemos la ley. La Ley sigue siendo la misma y el «pirateo», o el hecho de que la gente coja y comparta contenidos de música, libros, etc., es una realidad. En este entorno, si mañana las impresoras son buenas y te puedes descargar o piratear un contenido de un bien físico y te lo puedes hacer en casa y ese contenido es interesante de hacer, que son muchos condicionantes pero pueden darse, nos encontraremos exactamente con la misma situación.

Sobre si el sistema legal está preparado para facilitar ese modelo, digo que radicalmente no. No tenemos nada similar, no sabemos cómo enfrentarnos a esto y, de hecho, no sabemos ni cómo llamar jurídicamente a esta figura: ¿estamos ante un problema de propiedad intelectual porque se genera con *software* o ante un problema de patentes porque el resultado final es un producto? ¿El producto final es objeto de patente? No todo es patentable y, como no todo es patentable ni todo está adscrito a propiedad intelectual, con introducir unos mínimos cambios a lo mejor no tenemos un problema de patentes. Pero en absoluto estamos preparados para esta situación. No sabemos ni cómo protegerlo, ni cómo promocionarlo, ni cómo perseguirlo. Si ya es complicado el tema de las descargas de música o de películas, que las sociedades de gestión y los grandes productores se han dado cuenta de que no han conseguido nada y que la Ley Sinde tampoco ha conseguido solucionar el problema, pues yo no me puedo imaginar lo que es la gente haciéndose tazas en casa, por poner un ejemplo común. No tenemos capacidad para resolver esto y no creo que nadie quiera ponerse a resolverlo, porque todavía no hemos resuelto el tema anterior.

Sobre la tercera cuestión tampoco creo que el modelo tradicional de patentes evolucione para adaptarse a los nuevos requerimientos. Hay una figura muy graciosa que los anglosajones han generado que se llama *patent troll*, es decir, en Estados Unidos el *software* se patenta y hay determinadas personas que se dedican a demandar a las grandes compañías no buscando pleito sino un arreglo extrajudicial.

Aquí en patentes solo entra la invención física, no entraría el *software*, y por lo tanto la guerra de las patentes sería no contra una empresa que produce un producto, sino contra cada una de las personas físicas que está en su casa y sujeta a la protección del domicilio. Verdaderamente, creo que si esto evoluciona nos encontraremos con situaciones en donde pymes son capaces de producir productos sin control o personas físicas lo pueden hacer en su casa, lo que va a ser inmanejable desde el punto de vista legal.

7.9 Debate

Eduardo Vendrell Vidal: A mí me gustaría comentar algo que tiene que ver con el título del informe: «Una oportunidad para los emprendedores». Mi pregunta es si lo de «emprendedores» lo entendemos como una oportunidad de negocio o emprender es algo más amplio. Ocurre con casi todos los términos, que se pueden entender de una manera estricta o de una manera amplia. Normalmente los informes sobre emprendimiento no se ciñen solo a la idea de hacer negocio sino a emprender algo, a construir algo nuevo. Yo alabo el informe porque se apoya en la importancia de los usos sociales y la corriente de esta serie de usuarios, los *makers*, que en principio son *amateurs* y parte de las innovaciones viene precisamente de estos aficionados. *Amateur* viene de la palabra «amor» y lo que se hace por amor no es para hacer negocio. La idea de hacer cosas para vender la tenemos ya bastante asumida como para no dejarnos crear otros espacios para la mera experimentación, donde las cosas se hacen para estar con otros. Esto es a lo que yo me refería con el valor de la co-

munidad, que es el caldo de cultivo y la riqueza en un sentido amplio que permite luego montar las empresas, que por supuesto son fundamentales porque son las que crean empleo, etc. A veces parece que se intenta el camino corto y creo que eso puede ser problemático. Ya se ha comentado aquí que lo importante era generar el caldo de cultivo, los laboratorios donde la gente pueda experimentar, donde pueda encontrarse y, de allí, probablemente ya surja algo.

Hay una serie de bienes que no son susceptibles de entrar en el mercado tan fácilmente. Uno son las infraestructuras, que por lo común generan un montón de beneficios que suelen ser indirectos, y su gestión suele ser recomendable que dependa de los Estados, que no dependa directamente de las empresas. Otro ejemplo es Internet. Hubo intentos que pensaron que podría ser algo más cerrado y, gracias a que no fue cerrado y que utiliza protocolos abiertos, ha generado una enorme riqueza.

Quería remarcar esto, que la parte del emprendimiento es importante pero que se apoya en una riqueza que es mucho más amplia.

Cesáreo González: Yo, como vengo de la parte privada, voy a tratar de dar otra perspectiva un poco distinta para complementar. Yo creo que es verdad que vivimos en una especie de modelo donde nos dividimos entre productores y consumidores y esto no es sostenible ni es verdad. La verdad es que la economía funciona porque todos tenemos que ser productores, que producimos cosas que son útiles, ya sea para nosotros mismos o para los demás, y que mediante la especialización que cada uno tenemos podemos intercambiar unos con otros. El modelo es que tenemos que ser, queramos o no queramos, productores de cosas útiles que podamos intercambiar. En ese sentido, la fabricación digital y estos espacios donde pueden entrar en contacto ideas, proyectos, personas y conocimientos lo que hacen es amplificar el potencial de cada uno de nosotros, de tal manera que podemos conseguir que haya más personas que dejen un perfil más de consumidor y que se pasen a producir y se extienda la economía. Esto es lo que pienso que puede aportar todo este movimiento de la fabricación digital y, en particular, el mundo *maker*.

Es verdad que estas infraestructuras no tienen un modelo de negocio claro hoy en día. Muchas de ellas dependen de las instituciones, la mayor parte públicas, aunque yo creo que no es un problema de público o privado sino que, simplemente, como son difíciles de sostener económicamente, son las instituciones públicas quienes lo hacen. Hay algún ejemplo como el nuestro, sobre todo en Fab Labs, donde desde el sector privado se ha apostado por estas cosas.

Antonio Castillo: Guillermo ponía antes el énfasis en la cadena de valor. Tienes toda la razón, condiciona totalmente los procesos. En los años anteriores, justamente el avance que se ha producido en la automatización ha propiciado fábricas de modelo de fabricación por diseño, es decir, yo fabrico lo que me echen sin pedir otro plan, tanto en el mundo del automóvil como en otros sectores. Esto ha propiciado el surgimiento de nuevas empresas. Entonces, ¿hasta qué punto puede llegar esto a cambiar ese modelo de negocio tan enraizado en el País Vasco?

Guillermo Gil Aguirrebeitia: Yo no sé si este tipo de cosas van a cambiar el modelo de negocio o van a abrir otros modelos de negocio. La segunda opción, que es abrir nuevos modelos de negocio, es lo que realmente me parece interesante. Aquí hay un caldo de cultivo y a mí lo que me interesa es dónde van a saltar chispas en ese caldo de cultivo que generen valor en forma de PIB, porque la calidad de vida depende en gran medida de la capacidad de nuestras empresas de generar PIB. A mí, como empleado de TecNALIA, lo que me preocupa es qué condiciones se tienen que dar en ese caldo de cultivo para que se lancen vectores hacia determinados negocios y modelos de negocio que nos generen valor en el mercado. Yo creo que en la industria tradicional va a ser difícil que se lancen esos vectores, pero puede haber nuevos negocios y mercados más pequeños (de consumidor, de menos escala más personalizados, de productos menos sofisticados con menos requisitos de

acabado o de tolerancias o de ese tipo de cosas) donde haya ese tipo de oportunidad. A mí una de las cosas que me interesaría trabajar es qué condiciones tenemos que cultivar para poder generar las chispas, que tenemos potencial en este negocio y posibles mercados *entry levels* (nuevos mercados entrantes) con los que podamos empezar a experimentar cosas concretas, modelos de negocio concretos y oportunidades concretas que generen nuevos modelos de negocio, más que transformar el antiguo, porque yo creo que el antiguo va a costar mucho. Imagino que cambiar el mercado de plásticos, de vehículos o lo que sea con estas tecnologías va a tardar muchísimo. Entonces, interesa el mercado del consumidor, nuevos mercados que están poco trabajados y analizar cómo se fomenta la demanda de este tipo de negocios.

Paloma Llana: El problema es que sin una certidumbre legal es muy difícil generar un mercado en este entorno.

Cesáreo González: Pero si además tienes unos sistemas de producción que no son flexibles... La fabricación digital precisamente lo que introduce es flexibilidad a la hora de fabricar; te puedes adaptar de una manera mucho más rápida al cambio de necesidades de los clientes con nuevas oportunidades de negocio, ya sea por un cambio legal o de otra índole. Este caldo de cultivo lo que hace es que haya más gente capaz de identificar nichos u oportunidades de negocio; va a haber más fábricas capaces de adaptar sus procesos productivos para satisfacerlo y a una escala menor.

Paloma Llana: Cada uno valoriza lo que tiene, y yo insisto: la experiencia de la música y el cine nos ha demostrado que, si alguien quiere invertir en realizar un producto y ese producto en el momento que se licencie en formato electrónico puede ser impreso por cualquiera que tenga la capacidad de hacerlo, no hay ninguna medida de seguridad que pueda impedir que ese producto sea cedido a muchas más personas. El cambio puede producir que se desincentiven otros negocios; por ejemplo, los cines y las distribuidoras están cerrando masivamente, ¿se ha creado otro negocio? Yo creo que por el momento no. En ese cambio si no tienes una certidumbre legal, y la ley no la puedes ejecutar, entonces, nadie se meterá a hacer nada más allá de las redes que están fuera del comercio: todo aquello que no puede ser vendido o comprado, y obviamente los abogados no nos dedicamos a ello.

Eduardo Vendrell Vidal: Estamos hablando de caldo de cultivo, de modelo de negocio, y estoy de acuerdo en ello, pero en la base le falta algo: la formación. Yo he estado hablando antes de que nuestros chavales tienen que volver a tocar cosas que no tocaban. Si cambia el modelo de negocio el riesgo es que, efectivamente, la oportunidad es magnífica y tremenda pero, ¿quién va a aprovechar esa oportunidad? Y para eso yo creo que hace falta una estrategia de base que haga cambiar la manera de pensar a las generaciones que vienen por detrás para que la gente piense de otra manera. El otro día vi un documento que estaba generado por un instituto de la fabricación de Estados Unidos y decía que las pymes tienen que agruparse para comenzar a generar todo este tema alrededor de la fabricación porque hay que volver al *made in USA*.

Antonio Castillo: Se ha creado toda una cultura en torno al *software* que ha calado rápidamente. Probablemente tenía un aspecto que a lo mejor es el que hay que replicar. ¿Dónde está el éxito del TCP/IP o de Internet? En que eran gratuitos. La gente pregunta: ¿el TCP/IP era el mejor protocolo de telecomunicaciones? Pues no, lo que pasa es que era gratis. Las cosas que son de fácil implantación tienen un gran poder de arrastre. En el informe se comenta que tú compras un modelo y que tú puedes empezar a hacer esos primeros pasos sin coste adicional, es decir, que el aprendizaje sea tiempo y no dinero es un paso muy interesante.

Marcos García: Yo creo que uno de los valores que incorpora la cultura *maker* es la curiosidad sobre cómo se hacen las cosas o, por lo menos, la oportunidad de ver todo el proceso de cerca. Esto es heredero por supuesto de la cultura *hacker*, la curiosidad por saber cómo funcionan las cosas y la posibilidad que te permiten

ciertas tecnologías de abrir y ver cómo funcionan. Esto hay tecnologías que lo permiten y otras que no, y voy al tema de las licencias abiertas; hay licencias que permiten ver cómo funcionan y ver qué modificaciones se pueden hacer y que generan este tipo de innovación y este tipo de comunidades. Antes lo comentaba: no es lo mismo la primera versión del ordenador Apple de finales de los setenta que los últimos dispositivos. En un primer momento funcionaban como unas infraestructuras abiertas donde la gente podía aportar, podía innovar, podía construir sobre ellas a diferencia de las limitaciones que ofrecen los nuevos dispositivos de Apple. Steve Jobs aprendió desmontando una radio, pero las tecnologías que se ofrecen ahora impiden que cualquier chaval aprenda desmontando su iPod, que sepa cómo funciona y que pueda arreglarlo. Desde luego Steve Jobs no es el modelo de la cultura *maker*, sino todo lo contrario.

Volviendo al *software* libre, creo que no es cierto que sea una cuestión solo de alternativos, a no ser que consideremos, por ejemplo, a Telefónica alternativo porque su última gran apuesta es por el sistema operativo de Firefox, y esto es *software* abierto, lo cual creo que abre mercados. El caso del navegador Firefox es interesantísimo y el fracaso de Netscape en su momento, precisamente, por no apostar por lo abierto. Sin embargo, un grupito de ocho personas que estaban ahí apartados y que eran los únicos que trabajaban con la comunidad han acabado montando la Fundación Mozilla y un sistema operativo basado en lo libre. ¿Cuál es el modelo de negocio? En su caso yo creo que es la alianza con Google. ¿Quién gana aquí el dinero? Pues Google, Facebook..., los que de alguna manera también controlan la información, no de manera abierta en muchos casos, pero ellos mismos apuestan por lo abierto, por ejemplo, en el caso de Android. Entre los sistemas operativos de móvil, Android es el sistema operativo más utilizado y utiliza *software* libre.

Paloma Llana: Pero no es gratis.

Marcos García: Yo no estoy hablando de gratuidad, estoy hablando de abierto. También el caso de Android hay que ponerlo entre comillas porque hay un negocio sobre los datos. Pero, por ejemplo, en el caso de Firefox no lo es y es uno de los navegadores más exitosos. Y por último, está el caso de Redhat que es el *software* libre más utilizado en servidores. O sea, que no es cierto que el *software* libre sea una cosa alternativa que no se utilice. Lo que quiero decir es que hay mercado para lo abierto.

Paloma Llana: Por supuesto que sí, pero lo que quiero decir es que el usuario final normal y corriente que tiene un ordenador en su casa para descargarse películas y para jugar lo que tiene instalado es lo que le viene preinstalado. Yo no soy contraria al *software* libre pero hay una realidad de mercado, que es que la gente compra los ordenadores y deja el *software* preinstalado. Antes comentaste un tema que me gustaría volver a sacar: hablaste de MakerBot y de que había sido un *software* colaborativo pero que se había cerrado, ¿puedes volver a comentar el tema?

Marcos García: En el último modelo que sacó en septiembre [de 2012] hubo una parte que se cerró y la excusa tenía que ver con los fabricantes chinos.

Cesáreo González: Sí, con la dificultad de hacer económicamente viable el modelo.

Paloma Llana: ¿Ves? Por eso quería saber la historia.

Cesáreo González: Pero eso depende. También hay modelos de éxito de fabricantes de *software* libre que están ganando dinero y que, precisamente, es un valor el que sea libre. Anderson hizo una empresa que se llama 3D Robotics y que fabrica *hardware* libre para hacer drones. Al ser *software* libre, el que se lo pirateen para él es una ventaja porque le mejoran el producto desinteresadamente: así tiene un departamento de I+D gratis y que está formado por algunas de las mentes más brillantes del mundo. A lo mejor en el mundo puramente TIC esto es un problema, pero en este mundo que es bits y átomos, como se pueden vender los áto-

mos... Tú en tu casa te puedes hacer un *drone*, pero al final eso está al alcance de un porcentaje muy pequeño de personas y, si tienes bien organizada la cadena logística, al final vas a poner a la gente que lo que quiere es un *drone* los kits en su casa de manera más económica de lo que le puede suponer a él fabricárselos. En este marco del acercamiento de los bits y de los átomos, es más fácil que haya modelos económicamente viables basados en *software* y *hardware* libre porque los átomos se escalan de manera distinta a los bits, entonces vas a poder vender los átomos y regalar los bits.

Paloma Llana: O sea, que lo que nos aconsejas es que invirtamos en cartuchos de la futura tinta de impresoras 3D.

Cesáreo González: Lo que aconsejo es que no te puedes cerrar: no se puede ser totalmente pro *software* libre ni estar totalmente en contra. Desgraciadamente, el marco legal tiene mucho que decir sobre estas cosas. Si no lo hubiera sería todo más fácil.

Guillermo Lamelas: Al final, una revolución de este estilo lo que va a generar es un montón de oportunidades, va a haber *players* que las sufran, seguramente los que ahora lo están pasando bien, pero va a haber otra mucha gente que va a ver oportunidades. Viendo lo que nosotros hacemos y el tipo de *start-ups* que estamos acelerando, a mí me parece que hay una evolución muy clara hacia poder acelerar *start-ups* que tengan que ver con el mundo del *hardware*, sobre todo por el tema de acortar procesos. Yo veo posibilidades incluso de cambio social en cómo se investiga y cómo se hace. Para un investigador será mucho más fácil llegar casi al momento de comercializar porque va a hacer un producto o prototipo fácil de testar en el mercado y no simplemente dar su patente a un tercero, que es el que tiene la capacidad de hacerlo.

Hablando de patentes, en el mundo del *software* está la propiedad intelectual. Cuando nosotros hablamos de un proyecto, si una de sus fortalezas es que tiene algo patentable y es su única fortaleza, desde luego no nos sirve, porque al final la potencia tiene que estar en lo que pueda interesar a los clientes, y yo creo que por ahí el mundo del *hardware* también tiene que evolucionar.

Eduardo Vendrell Vidal: Yo quiero intervenir en esta línea brevemente ya que el que ha hablado de las alternativas del *software* libre he sido yo y no estoy en contra del *software* libre para nada. Yo he querido hacer ver que el *software* libre y, en este caso, el *hardware* libre, están siendo utilizados por un sector de la población en un determinado segmento muy claro. Llega un momento en el que, yéndonos al mundo de la informática pura y dura, alguien, después de trastearlo durante mucho tiempo, lo que quiere es un sistema cerrado que le resuelva el problema y tire para adelante.

Yo voy otra vez a la base: la formación. A mí me parece estupendo que se invierta en *hardware* libre porque es la base de que todo esté abierto y que exista colaboración y comunidad, que es lo que hace crecer. Llega un momento en el que tienes que generar negocio y entonces cierras, pero ¿dónde está el valor? ¿En el desarrollo? No. En el producto que genero, en el valor que le doy al cliente.

Cesáreo González: Yo quiero decir que cierras o no cierras. Como consumidor puede ser interesante un *hardware* libre porque vas a poder adaptarlo a tus necesidades personales. Así pues, depende mucho del nicho de mercado.

Paloma Llana: Depende de dónde esté el core de tu negocio.

Marcos García: En el caso de MakerBot puede sufrir el rechazo de la comunidad de usuarios que tenía tan ligada a esa marca pero porque era abierta. Así que veremos qué pasa.

Antonio Castillo: Parece que queda en el ambiente la sensación de que esto es algo muy futurista y que lo van a llevar empresas nuevas completamente desconocidas que surjan, pero ya hay alguna grande que se está posicionando para sacar esto. Por lo tanto, yo creo que es el momento de estar ojo avizor con estas cosas. Parece que estamos todavía sobre el punto de arranque y da la impresión de que a lo mejor en otros, como nos ha ocurrido otras veces, esto va más deprisa de lo que pensamos.

Guillermo Gil Aguirrebeitia: De hecho, a nivel *start-up*, tanto en Estados Unidos como en China, hay ya grandes iniciativas promovidas por Obama, en el caso de Estados Unidos, y por el Gobierno chino, en el caso de China, para potenciar públicamente todas estas tecnologías 3D, para quedarse con este nuevo mercado que al final no se sabe de quién va a ser. China quiere ser la gran fábrica 3D y de todo este tipo de tecnologías.

