

11/03/16

NOTA DE FUTURO 2 / 2016
IMPRESORAS 3 D



CENTRO DE ANÁLISIS Y PROSPECTIVA
GABINETE TÉCNICO DE LA GUARDIA CIVIL

IMPRESORAS



En los próximos años, las tecnologías de impresión 3D serán, en la mayoría de los casos, una alternativa a los procesos de fabricación actuales. ¿Estamos ante una nueva revolución industrial? Independientemente de la respuesta, será una verdadera revolución en la forma en que los productos son creados y entregados.

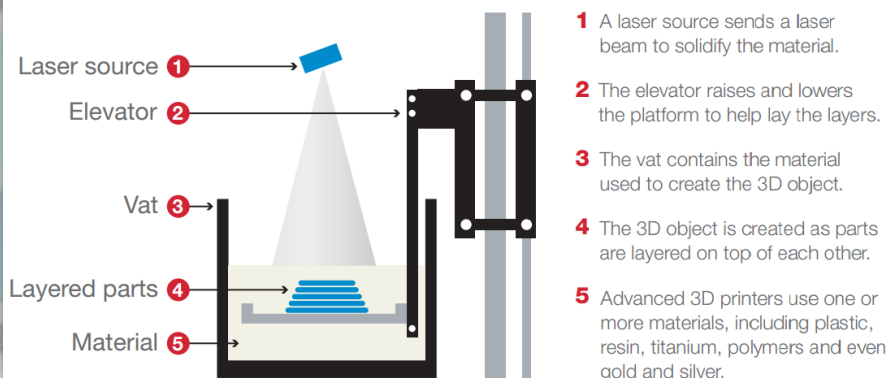
Este documento trata sobre las impresoras 3D en general. Su historia, características y usos son algunos de los aspectos que se detallan en las siguientes páginas.

¿Qué es la impresión 3D?

La impresión 3D, o manufactura aditiva, es un grupo de tecnologías de fabricación que, partiendo de un modelo digital, permiten manipular de manera automática distintos materiales y agregarlos capa a capa de forma muy precisa para construir un objeto en tres dimensiones.

HOW 3D PRINTING WORKS

3D printers work like inkjet printers. Instead of ink, 3D printers deposit the desired material in successive layers to create a physical object from a digital file.



Sistema de impresión 3D. Fuente: T. Rowe Price

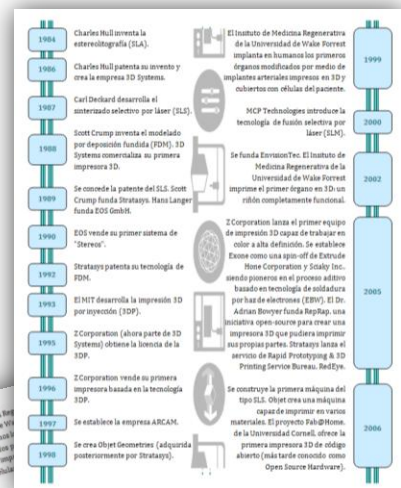


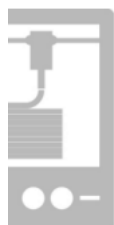
Los tipos de impresión disponibles actualmente son de **compactación**, con una masa de polvo que se compacta por estratos, y de **adición**, o de inyección de polímeros, en las que el propio material se añade por capas; dependiendo del método de compactación utilizado se puede clasificar en:

- **Impresoras 3D de tinta:** utilizan una tinta aglomerante para compactar el polvo. El uso de una tinta permite la impresión en diferentes colores.
- **Impresoras 3D láser:** un láser transfiere energía al polvo haciendo que se polimerice. Después se sumerge en un líquido que hace que las zonas polimerizadas se solidifiquen.

Historia de la impresión 3D

El inicio de la impresión 3D se remonta a 1976, cuando se inventó la impresora de inyección de tinta. Desde entonces, la tecnología ha evolucionado para pasar de la impresión con tinta a la impresión con materiales, y la impresión 3D ha sufrido cambios durante décadas en diferentes ramas de la industria. En las siguientes líneas de tiempo, se señalan algunos de los acontecimientos más destacados:





1984

Charles Hull inventa la estereolitografía (SLA).

1986

Charles Hull patenta su invento y crea la empresa 3D Systems.

1987

Carl Deckard desarrolla el sinterizado selectivo por láser (SLS).

1988

Scott Crump inventa el modelado por deposición fundida (FDM). 3D Systems comercializa su primera impresora 3D.

1989

Se concede la patente del SLS. Scott Crump funda Stratasys. Hans Langer funda EOS GmbH.

1990

EOS vende su primer sistema de "Stereos".

1992

Stratasys patenta su tecnología de FDM.

1993

El MIT desarrolla la impresión 3D por inyección (3DP).

1995

Z Corporation (ahora parte de 3D Systems) obtiene la licencia de la 3DP.

1996

Z Corporation vende su primera impresora basada en la tecnología 3DP.

1997

Se establece la empresa ARCAM.

1998

Se crea Objet Geometries (adquirida posteriormente por Stratasy).



El Instituto de Medicina Regenerativa de la Universidad de Wake Forrest implanta en humanos los primeros órganos modificados por medio de implantes arteriales impresos en 3D y cubiertos con células del paciente.



MCP Technologies introduce la tecnología de fusión selectiva por láser (SLM).



Se funda EnvisionTec. El Instituto de Medicina Regenerativa de la Universidad de Wake Forrest imprime el primer órgano en 3D: un riñón completamente funcional.



Z Corporation lanza el primer equipo de impresión 3D capaz de trabajar en color a alta definición. Se establece Exone como una spin-off de Extrude Hone Corporation y Sciaky Inc., siendo pioneros en el proceso aditivo basado en tecnología de soldadura por haz de electrones (EBW). El Dr. Adrian Bowyer funda RepRap, una iniciativa open-source para crear una impresora 3D que pudiera imprimir sus propias partes. Stratasy lanza el servicio de Rapid Prototyping & 3D Printing Service Bureau, RedEye.



Se construye la primera máquina del tipo SLS. Objet crea una máquina capaz de imprimir en varios materiales. El proyecto Fab@Home, de la Universidad Cornell, ofrece la primera impresora 3D de código abierto (más tarde conocido como Open Source Hardware).



1999

2000

2002

2005

2006



2007

Sale al mercado el primer sistema de 3D Systems por menos de 10.000 dólares. Sale a la luz la empresa Shapeways, la cual nace como un spin-off de Phillips Research Lab, bajo la dirección de Peter Weijmarshausen.

2008

Desktop Factory es adquirido por 3D Systems. El proyecto RepRap lanza "Darwin", la primera impresora auto-replicante que puede imprimir la mayoría de sus componentes. Se desarrolla la primera prótesis de pierna impresa en 3D.

2009

Sale al mercado la primera impresora 3D comercializada en forma de kit, la cual se basa en el concepto de RepRap. Makerbot Industries lanza al mercado kits para hacer tu propia impresora 3D.

2010

Kor Ecologic presenta "Urbee", el primer automóvil capaz de contar con la totalidad de su armazón impreso en 3D. La empresa Organovo Inc. (compañía de medicina regenerativa) se centra en la tecnología de bioprinting, anunciando la publicación de datos sobre los primeros vasos sanguíneos completamente bioimpresos.

2011

La Universidad de Exeter, junto con la Universidad de Brunel y el desarrollador de software Delcam, adaptan el sistema de impresión 3D Inkjet para la creación de objetos en chocolate. La Universidad de Cornell comienza a construir una impresora 3D para alimentos. Shapeways y Continuum Fashion anuncian el primer bikini impreso en 3D. La Universidad de Southampton fabrica el primer avión no tripulado impreso en 3D. En la conferencia de TEDMED 2011, el Dr. Gabor Forgacs (Organovo, Inc), cocina y come carne producida mediante un proceso de bioprinting 3D.

3D Systems adquiere Z Corporation y Vidar Systems. Stratasyse se fusiona con Object Geometries.

LayerWise realiza el primer implante de mandíbula inferior en 3D. La Universidad Tecnológica de Viena anuncia un gran avance: la "litografía de dos fotones". Essential Dynamics muestra "Imagine", su impresora 3D de chocolate.

Defense Distributed lanza "The Liberator", la primera arma de fuego impresa en 3D. Robohand crea la primera prótesis de mano.

La división de aviación de General Electric comienza a usar tecnologías de fabricación aditiva para producir componentes en motores a reacción.

La NASA otorga una beca a la Systems & Materials Research Corporation (SMRC) para desarrollar una impresora 3D de alimentos. Natural Machines presenta "Foodini", su prototipo de impresora 3D de alimentos. Stratasyse adquiere Makerbot.

Stanmore Implants fabrica un modelo a medida de una pelvis en 3D. Organovo Inc. realiza la primera venta de tejidos humanos bioimpresos (exVive3D).

Grace Choi revela "Mink", la primera impresora 3D de maquillaje. Local Motors imprime en Chicago un coche en 3D, "Strati".

Shanghai WinSun Decoration Design Engineering Co. difunde su sistema de impresión 3D "Atlas", capaz de construir casas. Amazon abre su tienda de impresión 3D ofreciendo una amplia gama de productos.

Hewlett Packard entra en el mercado de la impresión 3D con una nueva tecnología llamada Multi Jet Fusion. Autodesk anuncia que producirá su propia impresora 3D, llamada Ember SLA 3D. La NASA envía a la ISS "ZeroG", la primera impresora 3D capaz de crear objetos en ausencia de gravedad.

2012

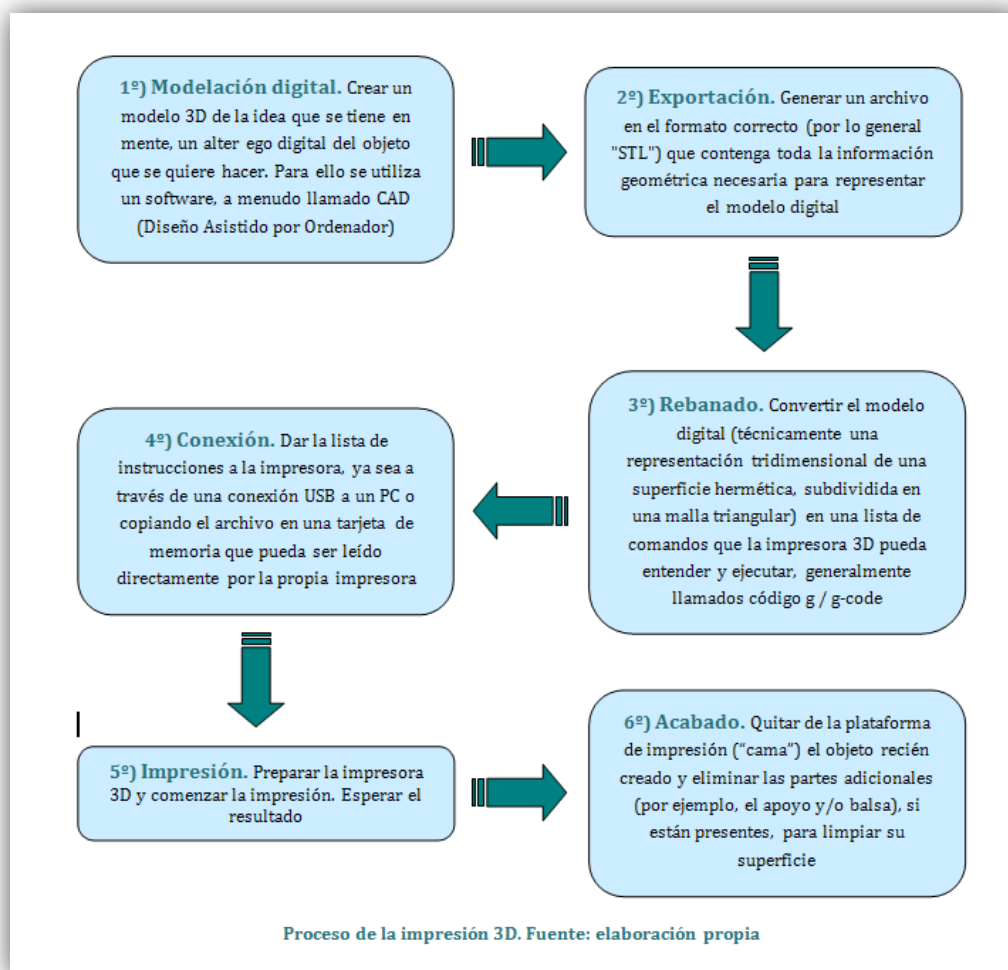
2013

2014



Funcionamiento de la impresión 3D

En el proceso que va desde la fase de preparación del modelo hasta la de fabricación del prototipo, bastante largo y complejo, participan muchas partes diferentes que deben interactuar y trabajar juntas fluidamente:



Los dos primeros pasos pueden realizarse a través de un acceso directo: simplemente descargando un modelo digital de Internet (por ejemplo, desde Thingiverse¹). Si el modelo no ha sido diseñado cuidadosamente, puede salir con algunos defectos, por lo que hay que tratar de corregirlos con software (corrección de malla).

¹ <https://www.thingiverse.com/>



Con el fin de obtener resultados exitosos, es necesario destacar otros aspectos como la elección de la impresora 3D, su calibración adecuada y configuración, el tipo y calidad del material y el tipo de superficie que cubre la plataforma de impresión.

Tecnologías de la impresión 3D

Existe una gran diversidad de métodos disponibles para la impresión 3D. Sus principales diferencias se encuentran en la forma en la que se usan las diferentes capas para crear piezas. Algunos métodos como el modelado por deposición fundida (FDM) o el sinterizado selectivo por láser (SLS) utilizan fundido o ablandamiento del material para producir las capas, mientras que otros depositan materiales líquidos que son tratados con diferentes tecnologías.

En la siguiente tabla se resumen las principales tecnologías disponibles:

TIPO	TECNOLOGÍAS	MATERIALES
Extrusión	Modelado por deposición fundida (FDM)	Termoplásticos (PLA, ABS), metales eutécticos, materiales comestibles
Hilado	Fabricación por haz de electrones (EBF3)	Casi cualquier aleación de metal
Granulado	Sinterizado de metal por láser (DMLS)	Casi cualquier aleación de metal
	Fusión por haz de electrones (EBM)	Aleaciones de titanio
	Sinterizado selectivo por calor (SHS)	Polvo termoplástico
	Sinterizado selectivo por láser (SLS)	Termoplásticos, polvos metálicos, polvos cerámicos
	Proyección aglutinante (DSPC)	Yeso
Laminado	Laminado de capas (LOM)	Papel, papel de aluminio, capa de plástico
Fotoquímicos	Estereolitografía (SLA)	Fotopolímeros y resinas fotosensibles
	Fotopolimerización por luz ultravioleta (SGC)	Fotopolímeros y resinas fotosensibles

Métodos de la impresión 3D. Fuente: elaboración propia (Wikipedia)

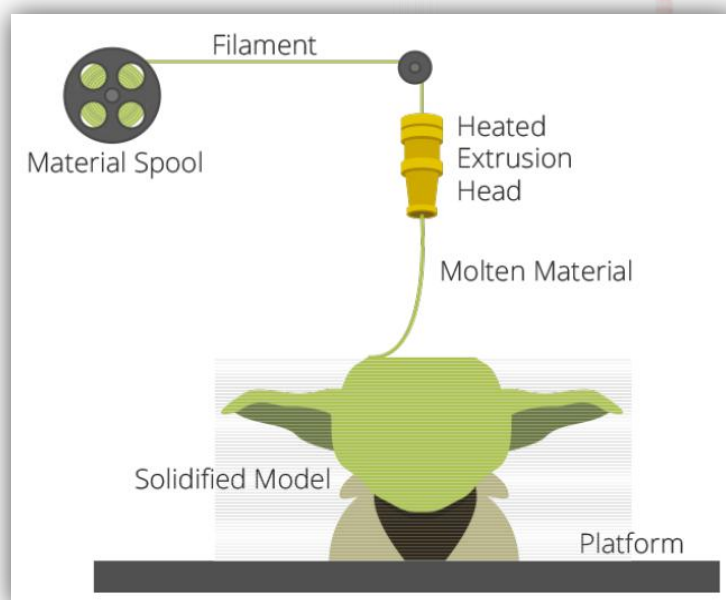
Cada método tiene sus propias ventajas e inconvenientes, por lo que algunas compañías ofrecen alternativas entre polvos y polímeros como materias primas, según cuáles sean las necesidades del cliente. Generalmente las consideraciones principales a tener en cuenta a la hora de elegir una impresora son: la velocidad, el coste del prototipo impreso, el coste de la máquina, la elección y el coste de los materiales de trabajo y la capacidad que estos ofrecen para elegir el color.



En la actualidad, los tres procesos de fabricación aditiva más comunes son los que se describen a continuación:

- **Modelado por deposición fundida (FDM)**

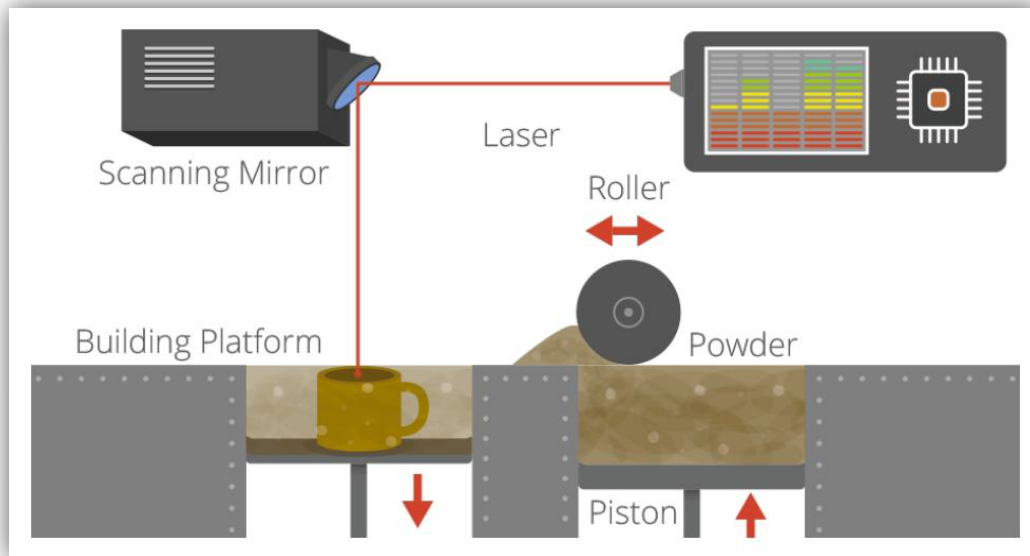
Consiste en depositar polímero fundido sobre una base plana, capa a capa. El material, que inicialmente se encuentra en estado sólido almacenado en rollos, se funde y es expulsado por una boquilla en minúsculos hilos que se van solidificando conforme van tomando la forma de cada capa.



Proceso de Modelado por deposición fundida (FDM). Fuente: 3D Printing Industry

- **Sinterizado selectivo por láser (SLS)**

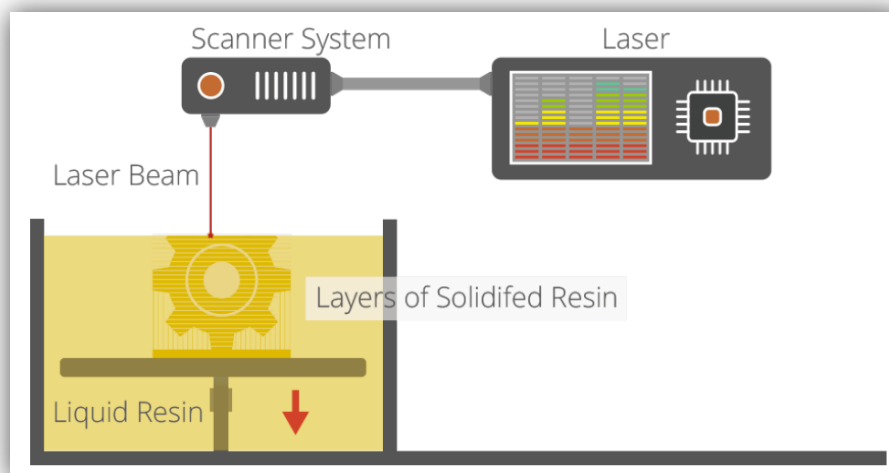
Consiste en la colocación de una fina capa de material en polvo en un recipiente a una temperatura ligeramente inferior a la de fusión del material. Un láser sinteriza las áreas seleccionadas causando que las partículas se fusionen y solidifiquen. Se van añadiendo y sintetizando sucesivas capas de material hasta obtener el prototipo deseado. El polvo no solidificado actúa de material de soporte y puede ser reciclado para posteriores trabajos.



Proceso de Sinterizado selectivo por láser (SLS). Fuente: 3D Printing Industry

- **Estereolitografía (SLA)**

Consiste en la aplicación de un haz de luz ultravioleta a una resina líquida (contenida en un cubo) sensible a la luz. La luz ultravioleta va solidificando la resina capa por capa. La base que soporta la estructura se desplaza hacia abajo para que la luz vuelva a ejercer su acción sobre el nuevo baño, así hasta que el objeto alcance la forma deseada.



Proceso de Estereolitografía (SLA). Fuente: 3D Printing Industry



Pros y contras de la impresión 3D

Además de sus innumerables ventajas, la impresión 3D cuenta también con una serie de inconvenientes. Antes de utilizar esta tecnología, es necesario conocer algunos de los pros y los contras de la misma:

PROS	CONTRAS
Accesibilidad	Disminución de puestos de trabajo
Opciones variadas de manufactura	Uso limitado de materiales
Prototipado y fabricación rápidos	Vulneración de los derechos de autor
Reducción de costes	Creación de productos peligrosos
Reducción de la necesidad de almacenamiento	Aumento de productos inútiles
Aumento de oportunidades de empleo	Tamaño limitado de los productos
Mejora de la calidad de vida	Coste de las impresoras
Respeto por el medio ambiente	

Pros y contras de la impresión 3D. Fuente: elaboración propia

Aplicaciones de la impresión 3D

La impresión 3D ha recorrido un largo camino desde su invención, y con el progreso tecnológico esta industria está creciendo de manera rápida. Estos son algunos de los sectores en los que la impresión 3D ya está en fase de producción:



Automoción

La impresión 3D permite fabricar piezas de vehículos e incluso coches enteros (Strati). Empresas como Bentley ya han demostrado la viabilidad de utilizar la impresión 3D de piezas pequeñas y complejas. La empresa británica 3TRPD² ha impreso una caja de cambios para coches de carreras con un interior muy perfeccionado que permite cambios de marcha más rápidos y es un 30% más ligera que las convencionales.

² <http://www.3trpd.co.uk/>



Alimentación

Cualquier cosa que pueda existir en forma líquida o en polvo puede ser impresa en 3D. Esto incluye azúcar, queso, salsas, etc. Natural Machines³, una start-up catalana, ha creado Foodini, la primera impresora 3D de alimentos preparada para imprimir todo tipo de ingredientes frescos y nutritivos reales, salados o dulces, pero no sólidos.



Medicina

Hay soluciones médicas más personalizadas para cada paciente. Cualquier órgano de tejido blando, como una oreja, dedo o riñón, puede ser producido en 3D. Además, ya se han fabricado implantes metálicos, implantes de cadera, de cráneo, plantillas ortopédicas, aparatos ortopédicos corporales y trasplantes de mandíbula. Materialise⁴, una empresa belga de aparatos médicos, hace implantes, por ejemplo, más ligeros que los mecanizados, sin pérdida de dureza y diseñados para adaptarse de forma precisa al paciente.



Defensa

La gran parte de la maquinaria militar es compleja y se produce en volúmenes relativamente bajos. Muchas son piezas de encargo y necesitan recambios constantemente, por lo que podría darse una producción masiva de piezas de este tipo a través de la impresión 3D. Defense Distributed⁵ diseñó “The Liberator”, el primer arma de fuego impresa en 3D.



Aeroespacial

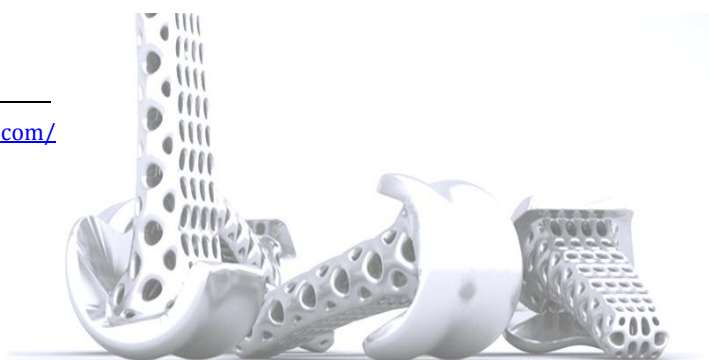
La impresión 3D es empleada para producir componentes que forman parte de la fabricación de aeronaves. Esta tecnología también puede ayudar a acelerar la construcción de piezas para la Estación Espacial Internacional. La asociación de Made In Space⁶, una empresa formada por un grupo de veteranos del espacio y entusiastas de la impresión 3D, con el Centro Marshall de Vuelos Espaciales de la NASA, permitió lanzar la primera impresora 3D en el espacio. Fabrica piezas en gravedad cero, y la esperanza es hacer misiones espaciales más autosuficientes.

³ <https://www.naturalmachines.com/>

⁴ <http://www.materialise.com/>

⁵ <https://defdist.org/>

⁶ <http://www.madeinspace.us/>





Educación

MakerBot anunció MakerBot Academy⁷, un plan crowdfunded para conseguir una impresora 3D en todas las escuelas de América. “Se puede cambiar todo el paradigma de cómo nuestros hijos verán la innovación y la fabricación en Estados Unidos”, dijo Bre Pettis, por aquel entonces director ejecutivo de MakerBot. La compañía también anunció un plan para convertir los colegios y universidades en Centros de Innovación MakerBot. Comenzando por la Universidad Estatal de Nueva York, en New Paltz, los centros están equipados con 30 impresoras 3D junto con varios escáneres 3D para la formación de ingenieros, arquitectos y artistas, y aumentar la motivación para el crecimiento de la industria.



Arte

Las impresoras 3D se utilizan para crear nuevos tipos de arte moderno, al igual que este tocado 3D⁸ creado y presentado por el artista Joshua Harper en el 3D Printshow de Nueva York. Las impresoras también pueden recrear piezas que no son accesibles a todas las personas en todo el mundo, lo que ayuda a los museos. Un ejemplo es el proyecto desarrollado entre el Museo Van Gogh y Fujifilm para recrear réplicas en 3D de varias obras maestras del pintor.



Arquitectura

Para los arquitectos la impresión 3D ha facilitado y acelerado el desarrollo de las maquetas de sus diseños, pero esta tecnología pretende ir más allá. Con esa idea, la empresa holandesa DUS Architects⁹ comenzó a fabricar en 2014 la primera casa en 3D en un canal de Ámsterdam. Para ello utilizó una versión gigante de impresora 3D (KamerMaker) que puede producir un material 10 veces más grueso de lo habitual.

⁷ <https://www.makerbot.com/academy>

⁸ http://www.joshharker.com/blog/?page_id=2850

⁹ <http://www.dusarchitects.com/>



Controversias

Las autoridades de muchas partes del mundo están preocupadas por el uso de las impresoras 3D para imprimir armas de fuego. Como ya se ha indicado, el primer caso registrado fue el del arma “The Liberator”, el liberador es un “physible”, neologismo acuñado por The Pirate Bay para hacer alusión a archivos o planos para impresoras 3D. Es una pistola de mano de un solo tiro, cuyo primer diseño podía ser obtenido online. La firma de código libre Defense Distributed diseñó el arma y lanzó los planos a Internet el 6 de mayo de 2013. Los planos fueron descargados más de 100.000 veces en dos días hasta que el Departamento de Estado de los Estados Unidos exigió a Defense Distributed retirar los planos.



Pistola “The Liberator”. Fuente: Defense Distributed

Los planos del arma permanecen alojados en Internet y están disponibles en sitios web de intercambio de archivos como The Pirate Bay¹⁰.

La policía de Yokohama (sur de Tokio) informó de la detención de un hombre por posesión de varias pistolas creadas con impresoras 3D e idénticas a armas reales¹¹. El hombre fue detenido con dos armas de apariencia real y después de haber sido probadas se determinó que eran letales. La policía comenzó a investigar al sospechoso tras hallar un vídeo suyo en Internet, en el que muestra las pistolas y afirma haberlas creado con tecnología 3D.

¹⁰ www.thepiratebay.com

¹¹ <http://www.abc.es/tecnologia/informatica-hardware/20140508/abci-primer-detenido-armas-impresora-201405081839.html>



Países como Estados Unidos o Reino Unido ya han alertado sobre el fácil acceso a estos dispositivos y sobre la disponibilidad en la web de diseños para imprimir las armas, que al estar elaboradas con resina pueden pasar inadvertidas por detectores de metales.

Como con cualquier nueva tecnología, es fácil dejarse arrastrar por los beneficios de la impresión 3D. Se abre un mundo de nuevas posibilidades para todas las industrias y propone la disminución de los costes de transporte, el impacto ambiental, los residuos, etc. Pero las impresoras 3D son todavía máquinas derrochadoras, potencialmente peligrosas, y sus impactos sociales, políticos, económicos y ambientales aún no se han estudiado ampliamente.

Principales fabricantes de impresoras 3D

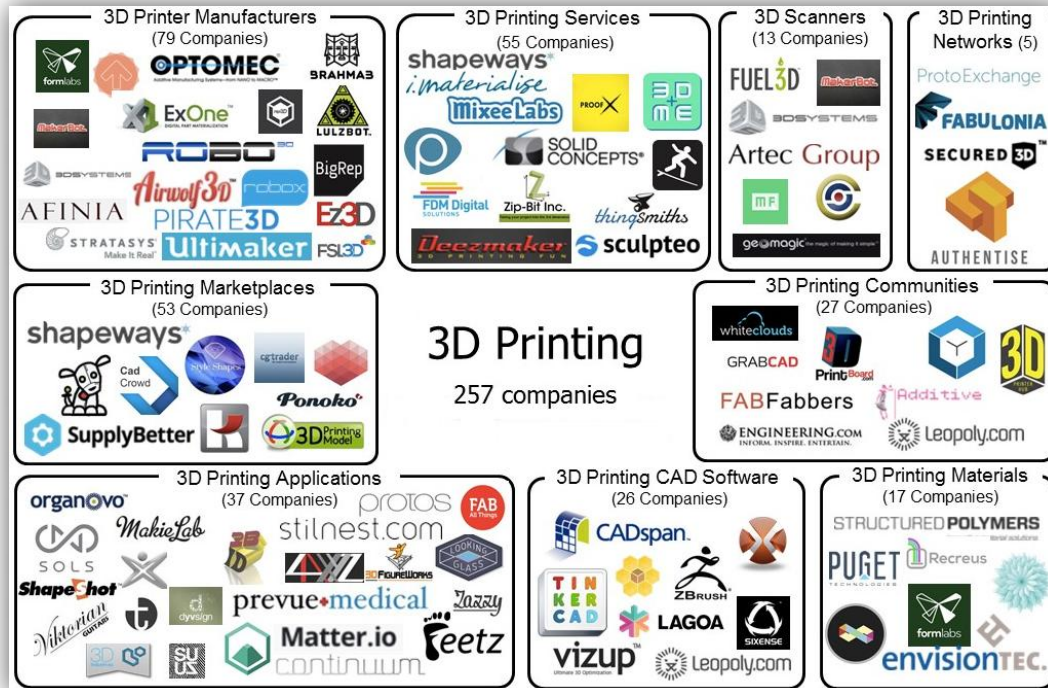
En la siguiente lista aparecen algunos de los fabricantes de impresoras 3D industriales y caseras más destacados. Acceder al link correspondiente para obtener información sobre sus productos.

Fabricantes de impresoras 3D industriales:

<p>3D Printer Manufacturers (79 Companies)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Voxeljet 2. Stratasys 3. 3D Systems 4. EOS GmbH 5. Solidscan 6. LC Printing Machine Factory Limited 7. mcor technologies 	<p>3D Printing Services (55 Companies)</p>	<p>3D Scanners (13 Companies)</p> <ol style="list-style-type: none"> 8. ExOne 9. Optomec 10. Envisiontec 11. Microjet Technology Co., Ltd 12. Fabrisonic 13. SEI LASER 	<p>3D Printing Networks (5)</p>
--	--	--	---------------------------------

Fabricantes de impresoras 3D caseras:

<p>3D Printing Applications (37 Companies)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Makerbot 2. Ultimaker 3. EntresD 4. Solidoodle 	<p>3D Printing Software (26 Companies)</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. 3Dkits 6. Marchatechnology 7. Printrbot 8. Hyrel 3D 	<p>3D Printing Materials (17 Companies)</p>
---	--	---



Mapa del sector de la impresión 3D. Fuente: Venture Scanner

Conclusiones

La impresión 3D existe desde hace más de 30 años y encontró aplicación inmediata en el prototipado rápido. Después se amplió hacia la elaboración de patrones de fundición, la fabricación de herramientas y la obtención de piezas de producción. Actualmente se encuentra en un punto de maduración que podría representar su extensión masiva en el sistema productivo, gracias al vencimiento de las patentes, la disminución de precios de los equipos y la evolución del conocimiento asociado a esta tecnología y a los nuevos materiales.

No hay acuerdo a la hora de prever si la evolución futura de la fabricación aditiva será más o menos expansiva, si se trata de una evolución o de una revolución, y mucho menos a la hora de valorar el impacto; pero lo que sí está claro es que se trata de una tecnología que irá a más, que cada vez encuentra más aplicaciones en el campo industrial y continuamente genera nuevos modelos de negocio. Es especialmente adecuada para aquellas industrias que estén relacionadas con manufacturas de alto valor y poco volumen y/o con una geometría compleja y/o que tienen un componente elevado de personalización. Sin embargo, siempre habrá lugar para la producción a gran escala mediante las tecnologías no aditivas más convencionales.



Los efectos de la difusión de la fabricación aditiva son muchos y variados, y cabe destacar un incremento de la productividad, un menor impacto ambiental y una nueva ordenación de las cadenas de valor.

El fenómeno ha despertado el interés de las empresas y también de los gobiernos, entre los cuales destacan la Comisión Europea, los Estados Unidos y el Reino Unido, con sendas políticas de apoyo.

José Enrique López Conde
Analista de Seguridad. Beca del CAP





Referencias electrónicas

1. Atos (2014). 3D Printing. Recuperado el 03 de marzo de 2016, de:
<https://atos.net/content/dam/global/ascent-whitepapers/ascent-whitepaper-3d-printing.pdf>
2. A. T. Kearney (2015). 3D Printing: A Manufacturing Revolution. Recuperado el 02 de marzo de 2016, de:
<https://www.atkearney.com/documents/10192/5992684/3D+Printing+A+Manufacturing+Revolution.pdf/bf8f5c00-69c4-4909-858a-423e3b94bba3>
3. Business for Social Responsibility (2015). 3-D Printing: Sustainability Opportunities and Challenges. Recuperado el 03 de marzo de 2016, de:
<http://www.bsr.org/reports/BSR-Report-3D-Printing-Sustainability-Opportunities-Challenges-2015.pdf>
4. Computer Sciences Corporation (2012). 3D Printing and the Future of Manufacturing. Recuperado el 02 de marzo de 2016, de:
http://assets1.csc.com/innovation/downloads/LEF_20123DPrinting.pdf
5. Impresoras3dblog. Impresoras 3D. Recuperado el 25 de febrero de 2016, de:
<https://impresoras3dblog.wordpress.com/>
6. T. Rowe Price. A Brief History of 3D Printing. Recuperado el 26 de febrero de 2016, de:
http://individual.troweprice.com/staticFiles/Retail/Shared/PDFs/3D_Printing_Infographic_FINAL.pdf
7. Wikipedia (2016). Impresora 3D. Recuperado el 23 de febrero de 2016, de:
https://es.wikipedia.org/wiki/Impresora_3D
8. Wikipedia (2016). Impresión 3D. Recuperado el 23 de febrero de 2016, de:
https://es.wikipedia.org/wiki/Impresi%C3%B3n_3D
9. Wikipedia (2016). 3D Printing. Recuperado el 23 de febrero de 2016, de:
https://en.wikipedia.org/wiki/3D_printing
10. 3D Printing Industry. The Free Beginner's Guide. Recuperado el 26 de febrero de 2016, de:
<http://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide/>

