

LA FABRICACIÓN ADITIVA RECONFIGURA LAS OPERACIONES INDUSTRIALES

IMPRESIÓN 3D: LA DIGITALIZACIÓN DE LA FABRICACIÓN



MARC SACHON

Profesor Ordinario de Dirección de Producción, Tecnología y Operaciones, IESE

Con la impresión 3D, la digitalización de la economía va a dar el paso desde el mundo de datos hasta el mundo de lo físico. Esta tecnología tiene el potencial de transformar los procesos de fabricación, reconfigurar las cadenas de suministro a nivel global y materializar modelos de negocio difíciles de imaginar a día de hoy.

IMPRESIÓN 3D • FABRICACIÓN ADITIVA • CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL • GRANJAS DE IMPRESORAS • CADENA DE SUMINISTRO • OPERACIONES INDUSTRIALES • ESTRATEGIAS DE PRODUCCIÓN

El pasado noviembre, un Airbus despegaba desde la sede de la compañía en Toulouse con la pieza impresa en 3D más grande que haya volado a bordo de una aeronave. Se trata de la carcasa de rodamiento delantero del motor Trent XWB-97, el más potente que fabrica Rolls-Royce. Este componente de titanio, con 48 perfiles aerodinámicos, mide 1,5 metros de diámetro y tiene 0,5 metros de espesor. El vuelo sirvió como prueba para la instalación de este motor en el gran Airbus A350-1000, que llegará a las pistas en el 2017. Gracias al uso de la impresión 3D, Rolls-Royce ha conseguido recortar en un 30% los tiempos de entrega de este motor, optimizando también el diseño, la funcionalidad, el coste y la velocidad que es capaz de alcanzar.

Los grandes fabricantes del sector aeronáutico llevan ya varios años utilizando la impresión 3D. Tanto Airbus como Boeing, GE o Rolls-Royce se dieron cuenta pronto de que crear productos para sus clientes a través de este sistema suponía reducir costes (entre un 25 y un 50%) y disminuir el tiempo empleado en su fabricación. Además, presentaba otra ventaja relevante en industrias como la aeronáutica, la naval o la automovilística:

las piezas fabricadas con impresoras 3D pueden pesar entre un 10 y un 30% menos que las producidas con los métodos convencionales. Reducir el peso de los componentes permite, además de un ahorro significativo en los costes, rebajar el consumo de combustible y las emisiones contaminantes, mejorando también las prestaciones técnicas, como la potencia, la aceleración o la velocidad. El sector de la automoción también está utilizando esta tecnología; eso sí, de momento, en la Fórmula Uno y los coches de lujo.

Una de las empresas más emblemáticas del sector de fabricación aditiva, EOS (líder mundial de impresión 3D en metales, con clientes en los sectores de la aeronáutica, la automoción, la salud, etc.), está situada en la zona de Múnich. Su tecnología no solo se utiliza en Airbus, BMW, Boeing o GE, sino también en el ámbito de los implantes dentales: más de un millón de estos productos odontológicos se han producido en Europa. Este hecho muestra que, de momento, la innovación en la impresión 3D no necesariamente sale de EE. UU., sino del viejo continente, sobre todo en impresión industrial en 3D.

FABRICACIÓN ADITIVA VS. FABRICACIÓN TRADICIONAL

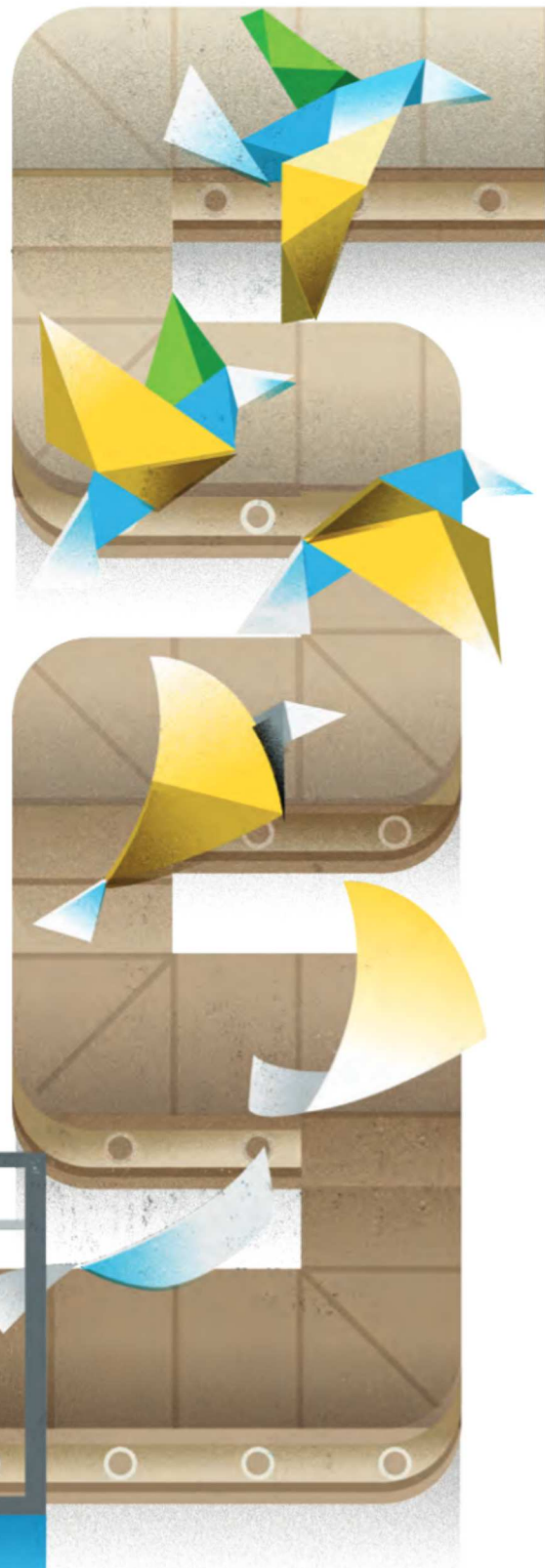
● La impresión 3D engloba el uso de distintas tecnologías (escritura, fusión, inyección, extrusión, estereoli-

tografía, sinterización...) y de diversos materiales (plásticos, resinas, vidrio, cerámica, metales y sus aleaciones...). Sin embargo, todas sus modalidades comparten un rasgo: van depositando distintas capas de un material hasta completar la pieza, en lugar de moldearlo o extraerlo mediante el uso de tornos y fresadoras, como se ha venido haciendo con los métodos de producción tradicionales, de tipo extractivo. De ahí que la fabricación mediante el uso de impresoras 3D industriales se conozca también como "fabricación aditiva" (*additive manufacturing*) o "capa por capa". Este es un cambio de paradigma en la forma de producir que aporta numerosas ventajas:

- **Simplificación del proceso de producción.** Se reducen significativamente las fases de producción de una pieza: solo se requiere una impresora y el producto sale prácticamente listo. Puede ser necesaria una fase de posproducción (pulido, limpieza, uso de láser, etc.), pero, en general, no precisa la maquinaria y el personal propios de las cadenas de fabricación y ensamblaje de las distintas piezas típicas de los procesos productivos tradicionales.
- **Sin moldes.** Al no precisar moldes, la misma impresora puede fabricar varios modelos de un mismo producto e, incluso, productos distintos realizados con un mismo material (por ejemplo, una pieza de un coche o de un grifo) durante el mismo periodo de tiempo o ciclo de producción.
- **Personalización.** Permite conseguir diseños exclusivos y adaptados a las necesidades de cada cliente: basta con adaptar o retocar el archivo digi-

tal que contiene la representación del modelo tridimensional que se desea imprimir (*blueprint*) para modificar el producto que sale de la impresora.

- **Reducción de costes.** Se minimiza el desperdicio de material, se ahorra en maquinaria y en personal, y, en general, se pueden producir lotes pequeños a un coste menor que con el sistema tradicional. Además, se pueden elaborar piezas más complejas sin incurrir en costes adicionales, así como reducir el número de componentes necesarios para el producto. Con menos piezas que ensamblar, se reducen también los costes de maquinaria y de personal, por lo que, en general, disminuyen los gastos operativos y las inversiones de capital necesarias. Actualmente, en términos de costes de producción, la impresión 3D es competitiva cuando se trata de piezas muy complejas, con un alto grado de personalización y un volumen de producción reducido.
- **Negocio en el "long tail".** La llegada de la Red nos ha permitido hacer negocios con un surtido de productos mucho más amplio que el que se ve en las tiendas (p. ej., libros). El modelo de negocio se basa en el concepto de la "larga cola" (*long tail*), caracterizado por la abundancia de productos distintos dentro de una misma categoría. La impresión 3D va a aumentar este efecto: permite tener *stocks* digitales de productos en lugar de *stocks* físicos,



LA IMPRESIÓN INDUSTRIAL EN 3D PUEDE TENER UN PODER DISRUPTIVO MAYOR INCLUSO QUE EL DEL *BIG DATA* O EL DE INTERNET

reduciendo así significativamente el capital circulante y acercando el *stock* virtual al consumidor final (por ejemplo, Amazon y DHL están considerando el uso de impresoras 3D en sus centros de distribución).

Otro ejemplo puede ser el sector de la automoción: en Europa, los fabricantes están obligados por ley a garantizar que, al terminar el último lote de producción de un modelo de coche, habrá piezas de repuesto disponibles al menos durante diez años. Esto obliga al sector a mantener un nivel notable de capital circulante congelado en almacenes de toda Europa (o a absorber costes notables cuando se lanza un nuevo lote de producción, fuera de serie). Con la impresión 3D, todas esas piezas de recambio se transforman en *stock* virtual, que se imprime cuando hay una demanda en firme.

- **Optimización del producto.** Se pueden hacer realidad diseños más complejos y eficientes, imposibles de reproducir con los métodos tradicionales, e incluso imitar las formas de la naturaleza, por ejemplo, replicando el aspecto de una hoja de árbol o la estructura de un panal de abejas. Además, el uso de láseres y la inyección de otros materiales, con mezclas de distintas densidades, consiguen cambiar las propiedades del producto. En definitiva, se mejora el rendimiento de los componentes (flexibilidad, firmeza, ligereza) y se maximizan las prestaciones del producto.

- **Control de calidad activo.** Se pueden realizar controles de calidad mucho más exhaustivos e, incluso, monitorizar el producto capa por capa. Literalmente, se puede mirar el interior de la pieza producida, y todo ello, sin radiografías.

- **Cadenas de suministro más eficientes.** Con la impresión 3D, se puede acercar la fabricación al mercado de venta (ya no hace falta localizar trabajos que requieren mucha mano de obra en países con bajos costes). Además, las empresas pueden producir bajo demanda y con *stock* cero (los diseños

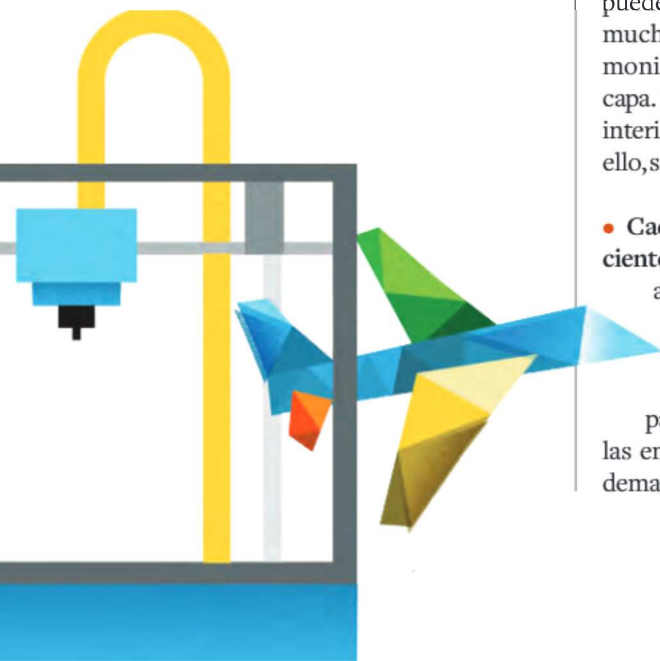
quedan almacenados en archivos digitales y solo se imprimen cuando se necesitan) e, incluso, fabricar *in situ* con un diseño realizado a miles de kilómetros y enviado en un fichero por correo electrónico. Así está operando ya la naviera Maersk Line, que ha equipado a sus buques de carga con impresoras 3D para poder producir a bordo cualquier recambio que se pueda necesitar durante la travesía. Estas mejoras de eficiencia en la cadena de suministro no solo generan un ahorro importante en los costes de logística y transporte, sino que acabarán comportando una reestructuración de las cadenas de valor a nivel global a medio y largo plazo.

- **Flexibilidad y menores barreras de entrada.** La fabricación en 3D no requiere grandes infraestructuras técnicas, lo que reduce significativamente el tiempo y los costes de arranque de la producción. Al disminuir la inversión inicial necesaria, se facilita la entrada de nuevos competidores (pequeñas y medianas empresas que se especializan en volúmenes y nichos reducidos, por ejemplo) y la irrupción de nuevos modelos de negocio.

DEL PROTOTIPADO A LA PRODUCCIÓN EN SERIE

- La impresión en 3D va superando, poco a poco, algunos de los desafíos tecnológicos que impiden su adopción masiva por parte de la industria. De un lado, el tamaño de las piezas fabricadas todavía está limitado por el propio volumen de las máquinas y por las capacidades de sus cámaras de impresión. También hay que considerar el precio de las impresoras (que oscila entre los 150.000 y los 1,5 millones de euros) y el coste de los materiales (entre 4 y 100 veces más caros que los que se usan en los procesos de fabricación tradicionales). Además, se debe valorar el tiempo de producción, ya que en todas las técnicas de impresión 3D el material se somete a temperaturas muy altas, y se necesita un complejo y delicado proceso de impresión y enfriamiento de la pieza que requiere su tiempo.

A corto y medio plazo, los métodos tradicionales de fabricación no van a desaparecer, y menos aún, los proce-



sos de producción en masa. Estamos todavía lejos de ver un uso generalizado y masivo de esta revolucionaria tecnología. Pero la producción de piezas y componentes fabricados en 3D ya es una realidad en industrias avanzadas y de alto valor añadido: prótesis de cadera e implantes dentales en la industria médica, piezas para la fabricación de aviones en el sector aeronáutico, componentes y recambios para la industria automovilística... De momento, se trata de series relativamente reducidas y de lotes pequeños de piezas caras y sofisticadas en las industrias más punteras, aunque el número de objetos fabricados en 3D está creciendo de forma exponencial.

A ese mismo ritmo crecen también las proyecciones sobre las ventas mundiales de impresoras 3D. Según las últimas estimaciones de la consultora Gartner, este año se podrían superar ya las 490.000 unidades (una cifra que cuadruplica las 106.000 unidades registradas en el 2014), y estima que, en los próximos tres años, las ventas se dispararán hasta alcanzar los 5,6 millones de unidades previstos para el 2019.

RETOS EMPRESARIALES

● A veinte o treinta años vista, la impresión industrial en 3D puede tener un poder disruptivo mayor incluso que el del *big data* y o el de Internet. De hecho, es una de las protagonistas (junto con la inteligencia artificial, la robótica, el Internet de las cosas o la nanotecnología) de lo que se ha llamado la “Cuarta Revolución Industrial”, caracterizada por la fusión de tecnologías que están borrando los límites entre lo físico, lo digital y lo biológico. La impresión 3D tiene potencial para reconfigurar drásticamente los ecosistemas de fabricación en todo el mundo, y eso va a plantear retos importantes para las empresas:

● **Nuevas estrategias de producción:** la fabricación aditiva crea un abanico de opciones sobre cómo, cuándo y dónde fabricar los productos y sus componentes, qué activos mantener en la cadena de suministro y cuáles externalizar, o qué combinación de viejos y nuevos procesos es la óptima

para cada pieza en cada momento. Es decir, la impresión industrial en 3D obligará a reconsiderar las estrategias de fabricación y a replantear la localización de la producción, la subcontratación de determinados procesos o la internalización de otros.

● **Desafíos organizativos:** en términos de dirección general, el mayor reto estará en alinear correctamente la estrategia de la empresa con las nuevas operaciones industriales y la I+D con el cambio en los sistemas productivos. También será crucial el desarrollo de nuevas capacidades: habrá que “reeducar” a los ingenieros para que sean capaces de pasar de “diseñar para fabricar” a “diseñar para maximizar el rendimiento de cada componente”. Asimismo, habrá que prever planes de transición para ajustar equipos y plantillas a los nuevos métodos de producción, así como programas de reciclaje profesional para reubicar a los empleados afectados por los cambios.

● **Cambios en la estructura de costes:** en términos generales, se reducen las inversiones en capital fijo y el peso de los costes directos (mano de obra, por ejemplo), aunque aumenta el porcentaje de gastos generales (como los vinculados a ingenieros que diseñan nuevos productos o el coste de adquisición y mantenimiento de la impresora).

● **Protección de la propiedad intelectual:** la protección ante la posibilidad de pirateo de ficheros STL/AMF, que se utilizan como estándar industrial para la impresión 3D, adquirirá suma importancia.

● **Nuevos modelos de negocio:** además de las granjas de impresoras (véase el recuadro), la impresión en 3D fomentará el desarrollo de otros muchos modelos de negocio. Algunos todavía no los podemos imaginar –tal como en el año 1990 hubiera sido difícil pensar en la existencia de Amazon o Uber–, pero otros ya empiezan a vislumbrarse. Entre ellos están los modelos de negocio *long tail*, cuya rentabilidad radica en la suma de las ventas de una larga serie de productos con baja demanda.

GRANJAS DE IMPRESORAS

Entre los modelos de negocio que generará la impresión industrial en 3D, destacan las “granjas de impresoras” (*printer farms*), similares a las “granjas de servidores” ya existentes, que facilitan el acceso de muchos clientes a unos recursos –en este caso, impresoras 3D– sin necesidad de incurrir en los costes de su adquisición. Se trata de aplicar el concepto del “pooling” al mundo de la impresión industrial en 3D, para disfrutar de las ventajas de la agregación de la demanda en recursos centralizados. Estas granjas permiten la relocalización de la producción en regiones cercanas a la demanda final y, además, abren la puerta a que algunas empresas decidan externalizar su fabricación para centrar sus esfuerzos en actividades de mayor valor añadido, como el diseño, la I+D, el marketing o las ventas.