

REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE DE LA FABRICACIÓN DE MULTIMATERIALES POR MEDIO DE IMPRESIÓN 3D

Miriam Lucero Quemada Villagómez

Tecnológico Nacional de México en Celaya

lucero.quemada@gmail.com

Luis Alejandro Alcaraz Caracheo

Tecnológico Nacional de México en Celaya

alejandro.alcaraz@itcelaya.edu.mx

Gilberto Ruíz Mondragón

Tecnológico Nacional de México en Celaya

gilberto.ruiz@itcelaya.edu.mx

Ramón Rodríguez Castro

Tecnológico Nacional de México en Celaya

ramon.rodriguez@itcelaya.edu.mx

Resumen

La impresión 3D es una tecnología revolucionaria cuyas aplicaciones pueden ser muy diversas, dada la capacidad de generar objetos con geometrías complejas y la combinación de diferentes materiales. Por eso es relevante revisar el estado del arte sobre la evolución de la impresión 3D para comprender su impacto en el desarrollo tecnológico y encontrar nuevas posibilidades de aplicación, como la impresión de materiales multimateriales.

Palabras clave: Impresión 3D, multimateriales, polímeros.

Abstract

3D printing is a revolutionary technology whose applications can be very diverse given the ability of generating objects with complex geometries and

combining different materials. That is why it is relevant to review the state of the art on the evolution of 3D printing to understand its impact on technological development and find new possibilities of application, such as the printing of multimaterials.

Keywords: 3D printing, Multimaterials, Polymers.

1. Introducción

Los procesos de adición, más tarde llamados tecnologías de impresión 3D, son aquellos que generan piezas capa por capa y tienen más de 15 años de historia empezando por la tecnología de impresión por estereolitografía desarrollada en los años 80. Desde entonces se han patentado y comercializado más procesos de adición, algunos de los cuales incluso han desaparecido [7], tal como se puede apreciar en la tabla 1.

Tabla 1 Tecnologías de impresión 3D, acrónimo y años de desarrollo.

Nombre	Acrónimo	Año de desarrollo
Estereolitografía	SLA	1986-1988
Curado sólido a tierra	SGC	1996-1998, desapareció en 1999
Fabricación de objetos laminados	LOM	1985-1991
Modelado por deposición fundida	FDM	1988-1991
Sinterizado por láser selectivo	SLS	1987-1992
Impresión 3D (goteo en cama)	3DP	1985-1997

La impresión 3D es entonces una tecnología que tiene la capacidad de revolucionar el mundo ya que los objetos capaces de imprimirse mediante esta tecnología pueden ser muy complejos y con una gran cantidad de detalle, también tienen la facilidad de poder modificar su estructura interna ya que pueden incorporarse las capacidades de los materiales nanocompuestos de manera que los objetos impresos mejoran sus características térmicas, eléctricas y mejora la fuerza de la estructura con respecto a su peso [1].

Entre las ventajas de la impresión en 3D destacan la fácil utilización de las impresoras en 3D así como la adaptabilidad de las impresoras, es decir, se

pueden imprimir diferentes objetos 3D que en el pasado necesitarían de diferentes procesos de producción con maquinaria específica. Dicho esto se ha puesto en interrogante las características de los objetos en 3D que pueden imprimirse, los materiales que pueden utilizarse en las impresoras 3D y las propiedades que nuevos materiales traerán a los objetos impresos con ésta tecnología [1]. Por lo anterior, es de gran interés realizar una revisión del estado del arte sobre el impacto que tiene la impresión 3D en el desarrollo de multimateriales, es decir, materiales compuestos de dos o más materiales diferentes, con el fin de conocer las posibles aplicaciones de los multimateriales así como las propiedades mejoradas que éstos aportan en dichas aplicaciones.

2. Métodos

Impresión 3D

Una impresora 3D es un dispositivo con la capacidad de imprimir objetos con volumen a partir de un diseño o modelo 3D elaborado previamente en una computadora mediante un software de diseño.

Las impresoras 3D pueden ser de diferentes tipos dependiendo de la tecnología de impresión que utilicen, ya sea por deposición fundida o por láser. Hasta el momento la tecnología más usada es el modelado por deposición fundida (FDM), seguido del sinterizado por láser selectivo y en una escala menor la estereolitografía [2], figura 1.

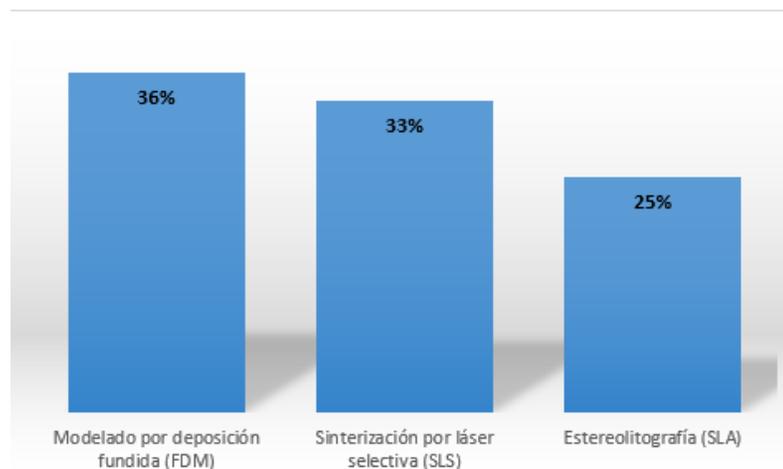


Figura 1 Top tecnologías de impresión 3D.

La tecnología de impresión 3D de modelado por deposición fundida (FDM) consiste en que un material sólido se calienta a temperatura de fusión con lo cual se convierte en un fluido para después ser colocado capa tras capa, tras aplicar una capa el material se solidifica para poder aceptar la siguiente capa, de esta manera se conforma un objeto en 3D [4], figura 2.

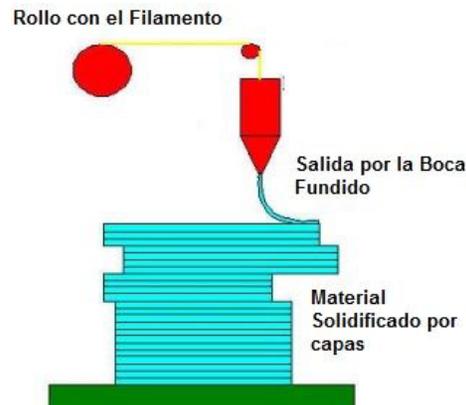


Figura 2 Esquema de impresión 3D por FDM.

La tecnología de impresión 3D de sinterización por láser selectiva (SLS) consiste en tener una cama de material en polvo y el láser lo solidifica, posteriormente la cama se vuelve a alimentar con el material en polvo para volver a solidificarlo una capa tras otra formando el modelo que se tiene a imprimir [4], figura 3.

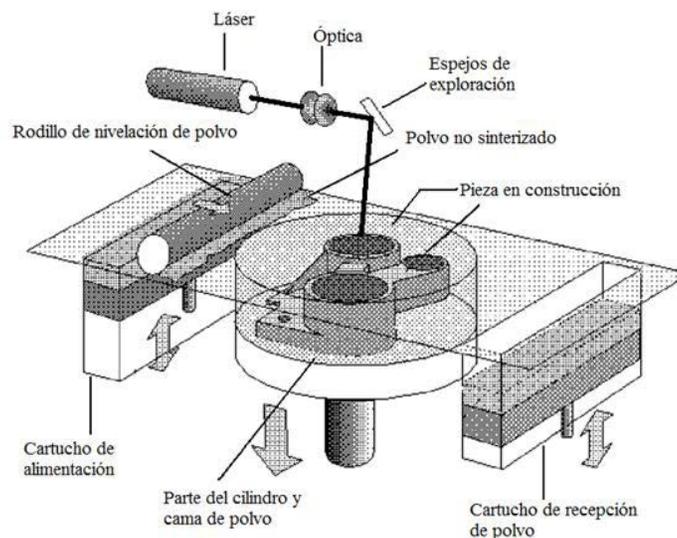


Figura 3 Esquema de impresión 3D por SLS.

La tecnología de fotosolidificación o estereolitografía (SLA) consiste en una base que se sumerge en resina líquida, el láser solidifica la resina y la base se sumerge lo necesario para solidificar otra capa de resina, de esta manera se crea el objeto 3D mediante la solidificación de la resina capa tras capa [4], ver figura 4.

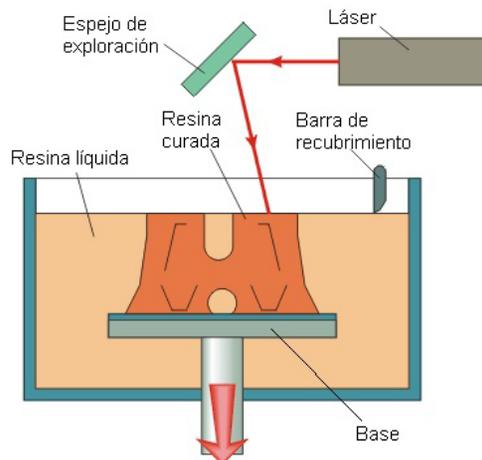


Figura 4 Esquema de impresión 3D por SLA.

Los materiales plásticos son la principal materia prima de las impresoras 3D debido principalmente a la demanda en producción de piezas de bajo costo y la creciente adopción de prototipos rápidos. De los tipos de plásticos disponibles la poliamida (PA) es la más usada [3]. Otros materiales incluyen resinas, metales y cera (figura 5). Los materiales plásticos en general son los más fáciles de usar debido a sus bajas temperaturas de fusión y a su estabilidad térmica.

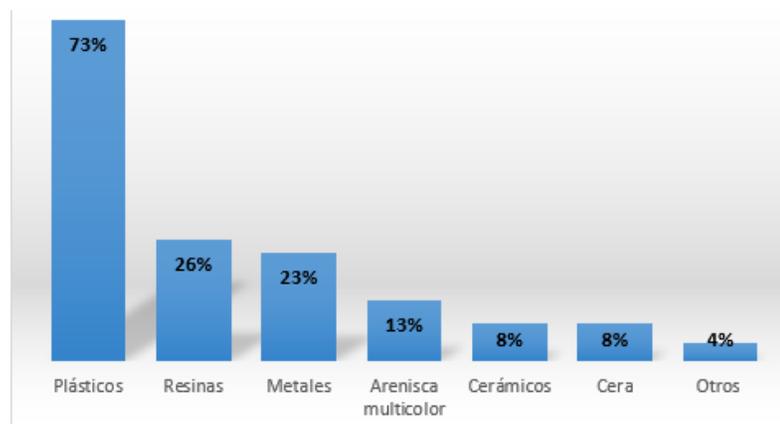


Figura 5 Top materiales más usados en impresión 3D incluye materiales de soporte.

Debido a que se usan en su mayoría materiales plásticos simples para la impresión 3D esta tecnología ha sido usada en su mayoría para pruebas de concepto y prototipos, tal como se muestra en la figura 6. El 57% de todo el trabajo de impresión 3D realizado se encuentra en las primeras fases del desarrollo de nuevos productos, destacando la contribución de la impresión 3D para reducir el tiempo de lanzamiento de nuevos productos [2].

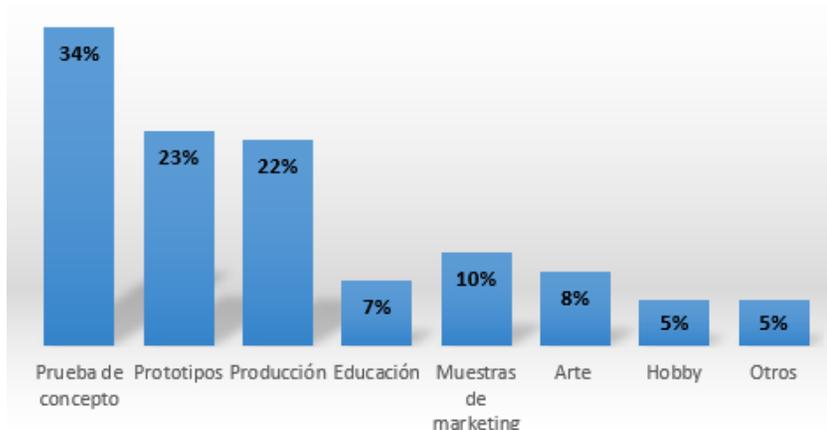


Figura 6 Aplicaciones para la impresión 3D.

Es entonces de vital importancia priorizar en la investigación de nuevas aplicaciones para una tecnología tan versátil como lo es la impresión 3D así como la introducción de nuevos materiales plásticos o polímeros que mejoren las propiedades de los objetos 3D que pueden ser impresos.

Antecedentes

Las impresoras 3D han evolucionado a grandes pasos desde sus inicios hace más de treinta años y han sido incluidas en muchos campos de investigación desde entonces.

El uso del método de impresión 3D de modelado por deposición fundida (FDM) era exclusivo para ciertos materiales polímeros simples, lo que limitaba las aplicaciones de los objetos que eran impresos de esta manera debido a las propiedades del polímero. Por ello se han desarrollado impresoras que puedan usar materiales más complejos o bien se han desarrollado nuevos materiales

mediante su combinación parcial con otros materiales. Los dispensadores multimateriales y una unidad de mezcla de dos componentes proporcionan un control adicional sobre la composición local del material impreso. En la figura 7 se presenta una imagen de una impresora con multidispensadores para fabricar multimateriales [6].

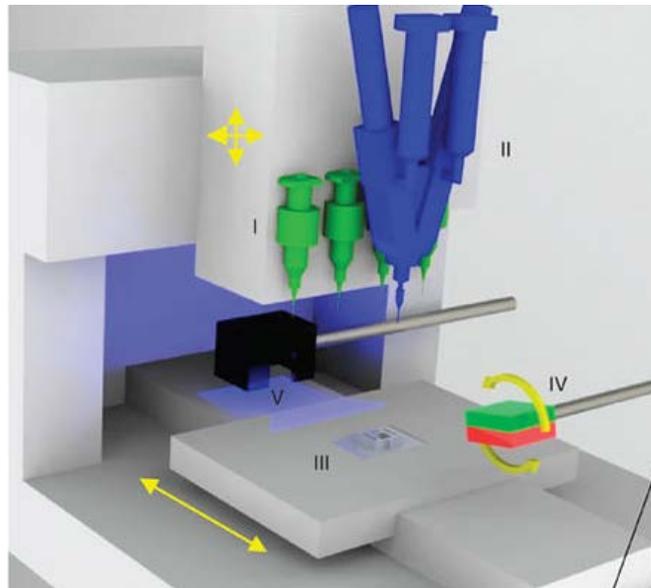


Figura 7 Impresora 3D modificada con multidispensadores [6].

De acuerdo al estudio de la Facultad de tecnología textil y de la confección [8] los materiales cambian sus propiedades de acuerdo al método de impresión en el que se usen, por ello escogieron un método de impresión por adición y probaron diversos materiales para imprimir estructuras textiles. Debido a la complejidad de dichas estructuras cada material aportaba diferentes propiedades a un mismo patrón textil, incluso se llegó a probar la mezcla de dos materiales diferentes para hacer una estructura basada en el hecho de que las prendas textiles tienen accesorios de diferentes materiales. De esta manera se probó que los materiales pueden usarse para nuevos diseños y crean nuevos métodos de producción para prendas textiles que no se pueden realizar con métodos convencionales. Mientras que en el caso mencionado anteriormente se combinaron dos materiales diferentes mediante la impresión de capas intercaladas de los materiales, en otro

estudio realizado en el Centro de innovación 3D de la Universidad de Texas El Paso se utilizó un método de adaptación de material, es decir, el material usado para la impresión 3D fue previamente preparado realizando una mezcla de dos y hasta tres diferentes polímeros [9]. Las estructuras impresas con la mezcla de materiales polímeros fueron caracterizadas mediante pruebas mecánicas y de fractografía. Las pruebas realizadas comprobaron que a pesar de que las estructuras tenían diferentes propiedades físicas que el polímero original se seguía manteniendo la compatibilidad con el método de impresión, entonces es posible crear nuevos materiales compatibles con la impresora 3D cuyas propiedades físicas pueden ser adaptables para una aplicación dada.

Como se ha mencionado antes debido a la adaptabilidad de los multimateriales con la impresión 3D se han realizado más estudios aplicados a la industria textil. En un estudio realizado por el departamento de tecnología textil de la universidad de Boras [10] se utilizó la tecnología de impresión FDM para imprimir capas de un polímero y un nanocompuesto directamente sobre un tejido textil sintético, con el fin de introducir procesos más flexibles, eficientes y rentables que los procesos de impresión convencionales por tinta, además de probar la adhesión de los materiales con el tejido. Los resultados mostraron que diferentes variables en el proceso de impresión 3D como la temperatura de extrusión, la temperatura de la plataforma y la velocidad de impresión afectan la adhesión del polímero con el tejido.

Esto es solo un ejemplo de como la impresión 3D por tecnología FDM con polímeros puede introducirse en procesos específicos como lo es la impresión en tejidos sintéticos, sin embargo también se puede introducir en la impresión de objetos con materiales conductores. En un estudio realizado en el departamento de química de la Universidad Dalian de tecnología [11] se prepararon objetos plásticos de ácido poliláctico dopado (G-PLA) y ácido poliláctico puro (PLA). Los efectos de las relaciones de extrusión de G-PLA y PLA, la tensión aplicada y la distribución de calor en los artículos impresos fueron investigados. Se llegó a la conclusión de que la relación de la mezcla de los materiales extrudidos afecta la resistencia de objeto impreso así como el alto contenido de G-PLA conductivo

permite una baja resistencia que causó un pequeño efecto de calor cuando un campo eléctrico fue aplicado a los objetos. Dado que la distribución de la resistencia puede ser diseñada por programas y controlable en el fabricado por la impresora este método de impresión mixta programada puede ser beneficioso para el desarrollo de materiales polímeros con propiedades físicas anisotrópicas en campos como arquitectura, ingeniería mecánica e ingeniería electrónica.

De la misma manera en cuanto a la mejora de propiedades se ha usado la impresión 3D en el Centro de ciencia avanzada e ingeniería del carbón en Cleveland [5] para desarrollar estructuras de grafeno con nanotubos de carbón alineados de manera vertical. En conjunto con la electrodeposición de hidróxido de níquel para introducirles una pseudocapacitancia éstas estructuras con control de longitud de nanotubos mostraron una alta capacitancia específica superando significativamente muchos materiales electrodos que actualmente son clasificados como supercapacitores. De esta manera éstas estructuras pueden tener aplicaciones potenciales como la producción de nuevos electrodos eficientes para baterías o celdas combustibles y materiales de transporte térmico/eléctrico ortogonales a medida.

3. Resultados

De acuerdo a los estudios previos en la industria textil la impresión 3D ha demostrado que puede usarse como un buen método para los estampados difíciles en prendas textiles con una buena adhesión reemplazando métodos complicados para el mismo tipo de estampado. Además de plantear la posibilidad de usarse en la producción de prendas textiles con accesorios de diferente material o bien en diseños con multimateriales.

En otras áreas la impresión 3D ha demostrado ser un método bastante versátil ya que se pudieron imprimir objetos con mezcla multimaterial en lugar de usar dos materiales separados y fundirlos juntos durante el proceso de impresión.

Por otro lado dada la capacidad de la impresión 3D de mezclar distintos tipos de materiales de diferentes maneras se pueden imprimir multimateriales cuyas propiedades han demostrado ser mejores en comparación con materiales ya

existentes como es el caso de las estructuras de grafeno con nanotubos cuya alta capacitancia específica es superior a la de muchos materiales supercapacitores.

4. Discusión

La tecnología de impresión 3D tiene muchas aplicaciones entre las que destacan principalmente la realización de prototipos y pruebas de concepto, sin embargo los diseñadores de dichos prototipos carecen de información adecuada para seguir explotando las fortalezas de ésta tecnología, por ejemplo la resistencia, propiedades térmicas, etc. Por eso es importante obtener las propiedades que los materiales pueden aportar a los objetos a imprimir, de esta manera se pueden utilizar en aplicaciones más específicas.

Dada la capacidad de la impresión 3D de combinar materiales éstos pueden mejorar sus propiedades y por lo tanto pueden ser empleados en diferentes campos de estudio ya que el proceso de impresión otorga la capacidad de modificar la estructura de los multimateriales de acuerdo a necesidades específicas.

La amplia gama de combinaciones de multimateriales abre las puertas para la realización de más estudios sobre las propiedades que estos materiales aportan a diferentes campos tecnológicos, es por ello que la impresión 3D es de importancia vital en las investigaciones de las propiedades de nuevos materiales, además de tener el valor añadido de que se puede ampliar el campo de aplicación de la impresión 3D.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Campbell, T. A., e Ivanova, O. S. (2013). 3D printing of multifunctional nanocomposites. *Nanotoday*, 8(2), pág. 119-120.
- [2] Columbus, L. (2017). The state of 3D printing 2017: <https://www.forbes.com/sites/louiscolumbus/2017/05/23/the-state-of-3d-printing-2017/#2efc5afe57eb>.

- [3] Columbus, L. (2016). The state of 3D printing 2016: <https://www.forbes.com/sites/louiscolumbus/2016/06/08/the-state-of-3d-printing-2016/#6b597b981313>.
- [4] Cross, B. C., Erkal, J. L., Lockwood, S. Y., Chen, C., y Spence, D. M. (2014). Evaluation of 3D Printing and Its Potential Impact on Biotechnology and the Chemical Sciences. *Analytical Chemistry*, 86, pág. 3240-3253
- [5] Feng, D., Dingshan, Y., Liming, D., Ganguli, V. V., y Roy, A. K. (2011). Preparation of Tunable 3D Pillared Carbon Nanotube-Graphene Networks for High-Performance Capacitance. *Chemistry of Materials*.
- [6] Kokkinis, D., Schaffner, M. y Studart, A. R. (2015). Multimaterial magnetically assisted 3D printing of composite materials. *Nanute Communications*, 6.
- [7] Levy, G. N., Schindel, R. y Kruth, J. P. (2007). Rapid manufacturing and rapid tooling with layer manufacturing (LM) technologies, state of the art and future perspectives. *Elsevier*, 52(2), pág. 589-609.
- [8] Melnikova, R., Ehrmann, A., y Finsterbusch, K. (2014). 3D printing of textile-based structures by Fused Deposition Modelling (FDM) with different polymer materials. *Materials Science and Engineering*, 62.
- [9] Rocha, C. C., Torrado, A. R., y Roberson, D. A. (2014) Novel ABS-Based binary and ternary polymer blends for material extrusion 3D printing. *Journal of Materials Research*.
- [10] Sanatgar, R. H., Campagne, C., y Nierstrasz, V. (2017). Investigation of the adhesion properties of direct 3D printing of polymers and nanocomposites on textiles: Effect of FDM printing process parameters. *Applied Surface Science*, 403, pág. 551-563.
- [11] Yuan, Z., Wentong, S., Gang, N., Xueyan, S., Zhongzheng, S., Guowei, X., Bo, Z., Yening, C., y Chengyang, T. (2017). 3D-printing of materials with anisotropic heat distribution using conductive polylactic acid composites. *Materials & Design*.