

Una primera aproximación a la impresión 3D: posibilidades de los materiales con base cementicia

Alejandro López Vidal. *Director Técnico de la Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón (ANDECE).*

José Antonio Chica Paez. *Director Área Construcción Industrializada de TECNALIA.*

Vicente Ramírez Collado. *Socio fundador de BEMORE 3D.*

Una de las tecnologías constructivas que despiertan un mayor interés en la actualidad es la impresión 3D, también conocida como fabricación aditiva (o por capas). Hace poco más de un año se inauguraba en Alcobendas (Madrid) la primera pasarela impresa en 3D mediante 8 piezas prefabricadas de hormigón ensambladas para formar los 12x1,75 metros de esta pequeña infraestructura [1]. Este ejemplo cercano permite atisbar las posibilidades presentes y futuras que esta tecnología ofrecerá para la edificación y la obra civil en los próximos años. Los dos principales retos estarán seguramente en la capacidad para obtener elementos de dimensiones significativas para optimizar todo el proceso, y sobre qué materiales se impondrán en el campo de la construcción.

La importancia de la escala

Aunque conocemos distintos ejemplos de edificios construidos mediante impresión 3D, como el caso de un pequeño hotel en Copenhague de 8x8x6 metros (ver Figura 1) [2], conviene ser cauto en cuanto a las dimensiones que podrán obtenerse en los sistemas, al menos en el corto plazo, en un campo donde cualquier solución debe satisfacer simultáneamente las funciones requeridas, la reglamentación aplicable y todo a un precio competitivo.

Para construir edificios enteros de una pieza, como se puede observar en el ejemplo anterior, las impresoras (ver Figura 2) deberían ser de un tamaño colosal (al menos un metro mayores que el lado menor de la vivienda/edificio) o bien necesitarían moverse sobre enormes andamios.

Por tanto, la escala, junto con los retos asociados a ésta como podrían ser el proceso de curado y control de la retracción

y prestaciones mecánicas y estructurales en servicio, es el principal motivo por el que la impresión 3D se encuentra todavía en una fase de desarrollo en el sector de la arquitectura.

La opción más recurrente actualmente, es la de producir piezas, ya sea en fábrica o en obra, que se ensamblen posteriormente para conformar el sistema constructivo, siendo además un refuerzo de la progresiva industrialización de la construcción. El siguiente paso podría ser el de producir sistemas completos de una única pieza, como una fachada o la estructura completa.

También debe apuntarse la conexión que existe con la asistencia con medios digitales, de forma que la intervención humana se centre casi exclusivamente en la fase de diseño al automatizarse la fabricación y la instalación de los elementos. Actualmente, ya existe software comercial que ofrece soluciones robustas para la conexión entre diseño e impresión 3D [3], tal vez aún no para nuestro sector, pero sí para componentes funcionales. De esta forma, cabe esperar que la paulatina implementación de la metodo-

logía BIM desde la fase de proyecto en las obras de construcción, se desarrolle en paralelo al avance tecnológico de la impresión 3D.

Otro aspecto reseñable pasa por dotar a las construcciones y a sus componentes de un mayor grado de personalización, únicamente variando ciertos parámetros de diseño como geometría o acabados superficiales, o diseñar los elementos de forma que se distribuya el material solo donde es necesario para que los objetos resistan.

Los elementos impresos pueden disponer de un mayor número de capas de materiales distintos, que satisfagan las exigencias funcionales y reglamentarias requeridas. Se pueden crear componentes de construcción muy complejos con propiedades hasta ahora prácticamente inviables. Estos podrán tener, por ejemplo, un extremo blando y otro rígido, gracias al uso de diferentes materiales en el proceso de impresión mediante una impresora que permita operar con múltiples materiales.

También podríamos encontrarnos con elementos de construcción que cam-



Figura 1. BOD Building.



Figura 2. Impresora de BEMORE 3D.



Figura 3. Impresora 3D.

biasen de forma e imitar así el entorno exterior. Este efecto se puede reproducir mediante las técnicas de impresión 3D gracias al uso de diferentes materiales, unos suaves y otros duros, que reaccionen de manera distinta a las condiciones ambientales.

Sobre los materiales

Los materiales que se utilizan actualmente en el proceso van desde las resinas y los plásticos sintéticos más comunes hasta el acero y el hormigón.

De entre todas las posibilidades, quizás el hormigón, como ha hecho en la mayoría de aplicaciones constructivas en las últimas décadas, termine por imponerse como el material de mayor aplicación en la impresión 3D, pues se proporciona en estado fluido, su proceso de curado no requiere equipamientos complejos, caso de otras opciones basadas en termoplásticos o termoestables, y es el que mejor está caracterizado y probado para responder globalmente a los requisitos mecánicos, de resistencia al fuego o protección frente al ruido. Solo en la impresión con materiales en base cemento se espera que el mercado mundial crezca de los 22 millones de euros de 2015 a los 51 de 2021 según "marketsandmarkets", a un ritmo superior al 15% anual.

La impresión 3D obligará a profundizar en la búsqueda de 'nuevos' hormigones y proseguir con el perfeccionamiento continuo del material y a la adaptación a diferentes sistemas de impresión para aumentar las resistencias a la compresión y a la flexotracción, obteniendo elementos más autorresistentes mediante la introducción directa de las fibras (metálicas, etc.) en la mezcla para prescindir de la armadura tradicional, o la introducción de nanomateriales, polímeros u otros para ajustarse perfectamente a las funciones requeridas y al proceso de curado, como por ejemplo el control de la retracción.

Un ejemplo llamativo lo pone el Laboratorio de Arquitectura de Información Espacial de la Universidad RMIT, en Melbourne, con el proyecto de la empresa china Winsun, que consiste en la impresión de casas a partir de hormigón y materiales de construcción reciclados. La impresora está instalada en una fábrica y es de proporciones gigantescas: 6,1 m de alto, 10,1 m de ancho y 40,2 m de largo.

Otro ejemplo interesante es el realizado entre la Universidad de Nápoles y la empresa WASP, cuyo objetivo imprimir ha sido vigas de hormigón de líneas curvas para aprovechar al máximo la cantidad de hormigón empleada (hormigón de menor viscosidad) y reducir los costes de producción de los sistemas de encofrado complejos. Consiste en la partición de la

viga en segmentos para que se imprimen por separado y, posteriormente, montados formando un elemento de una sola pieza, con la ayuda de un sistema de refuerzo de acero en la parte externa para reforzar la viga y formar un elemento monolítico. Utilizan cemento y otros materiales aglutinantes, tales como sus versiones ecológicas con base de arcilla o los geopolímeros, que son impermeables y pueden emplearse en sistemas de aguas residuales.

La empresa rusa Specavia utiliza hormigón e impresoras 3D para la construcción de edificios. Pueden imprimir componentes individuales de construcción con una longitud de hasta 12,3 metros. Es muy útil para la impresión de formas complejas destinadas a la construcción de todo tipo de torres, arcos, paneles divisorios y elementos decorativos de una vivienda.

Prefabricación o construcción *in situ*

Ambas son las dos alternativas para poder construir en hormigón. Una y otra ofrecen simultáneamente ventajas e inconvenientes, por lo que cualquier decisión deberá estar basada en los condicionantes que afecten a cada caso.



Figura 4. Sistema constructivo mediante impresión 3D ejecutado durante la feria CONSTRUMAT 2017. Cortesía de TECNALIA e IAAC.

Las impresoras 3D conocidas en la construcción de viviendas se mueven en un tramo de raíles que requiere una superficie totalmente lisa para evitar pérdidas de precisión en la obra, lo que dificulta su instalación en el terreno exterior. Por ello, muchas veces las casas 3D se construyen en fábricas encima de plataformas de hormigón totalmente lisas para ser entregadas posteriormente. Esto se complica aún más si se trata de una construcción de varias plantas.

De esta forma, el taller de prefabricación ofrece el entorno idóneo para la producción de los elementos al ser resultado de un proceso industrial, olvidándonos así de la mayor incidencia de factores como los cambios de temperatura, la humedad, etc. pero conlleva la desventaja de tener que transportar las piezas hasta la obra y el montaje de los elementos individuales es un proceso tecnológico que posiblemente requeriría de nuevas soluciones de refuerzo.

No obstante, podría concebirse otro uso de la impresión 3D en las plantas de prefabricados, como por ejemplo, la impresión de moldes de geometrías complejas para la producción de piezas de alto grado de personalización o de alto valor añadido (por ejemplo, mobiliario urbano de series limitadas). O la instalación adicional de una impresora 3D al final del proceso de prefabricación para añadir un revestimiento adicional al elemento en el caso de elementos de mayor valor estético (por ejemplo, paneles de fachada).

Este último concepto refuerza la oferta tecnológica asociada al concepto de Industrialización Abierta [4], que, en base a componentes constructivos compatibles, permitiría una concepción arquitectónica abierta compatible con la viabilidad de la industrialización de elementos susceptibles de ser prefabricados competitivamente en las plantas industriales.

Conclusión

Es evidente que la impresión 3D ha llegado al campo de la construcción para quedarse, pero el camino que tome en cuanto a su implantación está aún lleno de incertidumbres. Es importante incidir que en tanto esta tecnología no esté suficientemente consolidada, no cabe esperar un proceso de normalización tanto a nivel internacional (como podría ser la base para el mercado CE actual) o a nivel nacional.

En definitiva, se trata de una tecnología muy prometedora que revolucionará notablemente la construcción, tal y como la concebimos hoy en día, obligando a que fabricantes de materias primas, industriales, constructores o diseñadores trabajen de forma conjunta para evolucionar y adaptarla a las exigencias del mercado de cada momento, y en la que el hormigón como material más universal de la construcción, será muy probablemente y de nuevo, el "caballo ganador" ... continuará.

Referencias

- [1] Alcobendas aloja el primer puente impreso en 3D del mundo. El Mundo. <http://www.elmundo.es/madrid/2016/12/20/5857bf4d268e3ef2778b4761.html>
- [2] The BOD – Building On Demand. "The construction of Europe's first 3D printed building has begun". <https://3dprinthuset.dk/europes-first-3d-printed-building/>
- [3] <https://www.autodesk.com/solutions/3d-printing>
- [4] <http://tekhomes.blogspot.com.es/2015/11/atlas-de-s3c-ya-en-librerias.html?view=timeslide#!/2015/11/atlas-de-s3c-ya-en-librerias.html> u "Open Building" http://www.habraken.com/html/open_building.htm
ANDECE. <http://www.andece.org/idi-2.html>
BEMORE 3D. http://bemore3d.com/?page_id=17&lang=es
TECNALIA. <http://blogs.tecnalia.com/inspiring-blog/author/joseantoniochica/>