

# La tecnologia de construcció amb impressió 3D

Catàleg de **dispositius d'impresió** aplicats a la construcció

Raúl Heras / Imatges ©: Chopo, Be More ·D, Total Kuston i altres



Les impressores 3D són cada cop més presents en les fires i els fòrums de debat del nostre sector (Foto: Chopo)

**S**i reflexionem al respecte, ens adonem que la impressió 3D ha existit al món des de l'origen de la nostra història. Una gerra ceràmica o una espasa metàl·lica són exemples on es crea un objecte tridimensional mitjançant l'aplicació successives de capes de matèria primera: exactament la definició de la impressió 3D.

La prefabricació de gran elements, també forma part de l'evolució de la impressió 3D. En un primer moment, es fabriquen a la indústria els elements constructius principals amb grans màquines, posteriorment es transporten a l'obra i és allà on s'assemblen damunt d'un espai prèvia-

ment preparat. Aquests sistema no es pot traslladar a l'obra, per diverses limitacions com les dimensions de les màquines, la dificultat per desplaçar-les o la dificultat d'integrar mecanismes d'unió entre elements, però part de la seva enginyeria conforma les bases de la construcció 3D. Els primers intents que van aconseguir la mobilitat d'aquests sistemes, feien servir una evolució de les grues de construcció per fabricar els tancaments exteriors directament en obra, sense requerir assemblatge.

El mecanisme robòtic es va conceptualitzar a la dècada de 1950, i durant la següent dècada es va

desenvolupar la tecnologia de construcció, amb extrusors de formigó i escumes. El desenvolupament de la fabricació d'edificis sencers mitjançant tècniques de formigó i assemblatge robotitzat de components, semblants a la impressió 3D, va ser posterior, sent Japó la nació pionera.

Als nostres dies, la impressió 3D no és una amenaça per a la construcció tradicional

La impressió de forjats i sostres és tècnicament més difícil que els tancaments, ja que implica que un element estructural horitzontal comenci a treballar des del mateix moment de l'aplicació. Les impressores 3D convencionals resolen aquest punt amb la incorporació a la impressió de suports (petits filaments de plàstic) que posteriorment es retiren amb facilitat. Quan es tracta d'apuntalar una construcció, la solució no és tan fàcil com amb el plàstic, i per això, fins a l'actualitat, no hi ha altra alternativa que executar una construcció per fases.

Als nostres dies, la impressió 3D no és una amenaça per a la construcció tradicional, però hi ha processos, com la col·locació de peces ceràmiques o de bloc de formigó per envolupants, que sí poden arribar a substituir-se a mitjà termini per l'automatització de la impressió 3D que elimina el factor humà, i redueix el cost d'execució.

### ■ La proposta de la construcció 3D

Sense entrar en el detall, el sentit comú ja ens pot fer intuir que en la comparativa entre un sistema basat en una construcció prèvia de peces petites, el seu transport a l'obra i la col·locació individual de les peces amb la incorporació d'un material de lligam, enfront d'un sistema executat *in situ* amb un únic material, sempre sortirà guanyant el sistema més senzill. Aquesta és la premissa amb la que el sector de la construcció 3D ha recolzat la seva proposta. També realcen la reducció de logística i mà d'obra, l'eliminació d'intermediaris, l'automatització, la reducció del factor humà, l'escalabilitat de l'execució, la reducció de temps, l'obertura a noves formes arquitectòniques, etc.

Els especialistes són conscients d'alguns reptes que encara manquen per superar. D'una banda, hi ha una barrera en el sector per incorporar les noves formes que es

poden crear, d'imaginar els espais que es poden crear. També manca per analitzar adequadament el comportament estructural dels nous elements de construcció que es poden generar. D'altra banda, els equips d'impressió 3D per construcció encara han d'esforçar-se per poder operar en condicions d'execució complexes, sense requerir la intervenció humana durant gran part del procés, millorar la seva tècnica d'aplicació, evolucionar els materials i les tecnologies d'aplicació, aprofundir en el coneixement del comportament i en la durabilitat dels elements produïts.

### ■ Acceptació de la impressió 3D al mercat actual

A banda de molts obstacles encara per superar, el gran repte per a la construcció 3D és la pròpia essència de les obres: un lloc on és necessari combinar diferents materials, sistemes constructius, eines, recursos humans, components amb diferents funcions, etc. La variabilitat dels projectes i les obres és el motiu principal que ha fet que el sistema no s'imposi al sistema tradicional i no transformi el nostre sector.

Hem pogut entrevistar al represen-

tant d'una de les empreses principals de construcció 3D al nostre país, la valenciana BE MORE 3D, i quan explicava la història de la seva empresa, es feia evident el paral·lisme amb la història de la impressió 3D en la construcció. La seva empresa, va néixer en la darrera crisi econòmica. Un grup de joves estudiants de la Universitat Politècnica de València, un parell d'enginyers d'edificació, un altre amb grau en ciència i tecnologia de l'edificació i un enginyer electrònic, van decidir traslladar el seu coneixement de la impressió 3D de petits objectes a la impressió de cases. Amb l'ajuda dels seus estalvis, el recolzament institucional i la col·laboració creixent de grans empreses del sector van poder desenvolupar un primer dispositiu d'impressió. Aquesta és una fita comuna a les trajectòries d'altres empreses de construcció 3D. Les empreses creen un dispositiu zero, on acostuma a destacar un punt fort davant dels dispositius de la competència, i a partir d'aquí l'evolució en afegint noves funcionalitats.

BE MORE 3D va aconseguir a Espanya la impressió de la primera casa que feia servir aquest sistema. La casa no es va imprimir totalment,



Una de les primeres experiències a l'Estat espanyol desenvolupada per l'empresa BE MORE 3D

de fet, l'element imprès és l'envolupant. La resta d'elements s'han anat assemblant com en un sistema de construcció tradicional. La gran majoria d'empreses que s'hi dediquen varen començar el seu curs amb un projecte pilot com aquest, un projecte d'investigació i desenvolupament amb un objectiu molt pràctic.

Després dels projectes pilots, com és el cas de BE MORE 3D, comença l'interès de les grans constructors i promotores; es plantegen projectes on es pugui aplicar el sistema, es generen sinergies amb despatxos tècnics que vulguin projectar edificis basats amb aquesta tècnica.

Al nostre país, encara hi ha molt

camí per recórrer i molts metres quadrats per construir i analitzar. D'altres països, potser on hi ha una demanda constructiva més forta, ja s'han desenvolupat promocions senceres, edificis amb alçades considerables i amb terminis d'execució impensables amb el sistema tradicional.

## ■ Catàleg de dispositius d'impressió 3D aplicats a la construcció

Existeix en l'actualitat en el mercat un ampli catàleg de màquines amb la capacitat d'imprimir habitatges o, com a mínim, part d'aquests. A continuació s'inclou un breu resum dels models que marquen les tipologies més destacades i de les seves característiques principals.



### BetAbram P1 (Eslovènia)

- Pot imprimir mòduls habitacionals i part de les infraestructures necessàries amb un límit de mides de 1,6 x 8,2 x 2,5 metres.
- Fa servir un conglomerat de ciment i geopolímers.
- Té una geometria semblant a un pont grua i la seva estructura és tipus Truss (estructures d'armadura integrada).



### COBOD BOD2 (Dinamarca)

- Pot imprimir grans construccions de fins 12 x 45 x 9 metres amb ciment.
- Té una geometria porticada, tipus taula, i permet una construcció ràpida i adaptada a diferents geometries.



### Machines-3D 3D Constructor (França)

- Té capacitat per cobrir un ampli radi de superfície, amb una capacitat de 20x20x10 metres.
- Té una geometria curiosa amb quatre potes mecanitzades i un llarg braç robòtic.
- Per la seva estructura, es pot fer servir sobre terrenys abruptes. Té un cost de 345.000 €.



### BEM PRO (Espanya)

- Pot imprimir mòduls habitacionals de fins a 70 m<sup>2</sup>, tot i que permet ampliar els eixos de la seva estructura i estirar un dels eixos sense limitació.
- Fa servir un conglomerat de ciment.
- Té una geometria semblant a un pont grua i la seva estructura és tipus Truss.



### Apis Cor 3D printer (Rússia)

- Té una geometria molt compacta, amb un eix sobre el que rota un braç retràctil que incorpora la mànega que subministra el conglomerat de ciment.
- És un dispositiu fàcilment transportable (pesa menys de 2 tones), i té la capacitat d'imprimir una casa de 38 m<sup>2</sup> amb un cost de 8.500 €.



### Batiprint3D 3D Printer (França)

- Té una geometria compacta, amb un eix central sobre el que rota un braç robòtic articulat.
- Es diferencia de la competència perquè no imprimeix amb formigó directament, sinó que imprimeix un encofrat, a mode d'encamisat, amb poliuretà, on posteriorment s'ha d'afegir el formigó.



### CyBe Construction CyBe R 3Dp (Holanda)

- És un dispositiu compacte, amb una capacitat d'impressió de 2,75 x 2,75 x 2,75 metres.
- El sistema està molt automatitzat de tal forma que un equip de dos operaris és suficient per fer-lo servir.



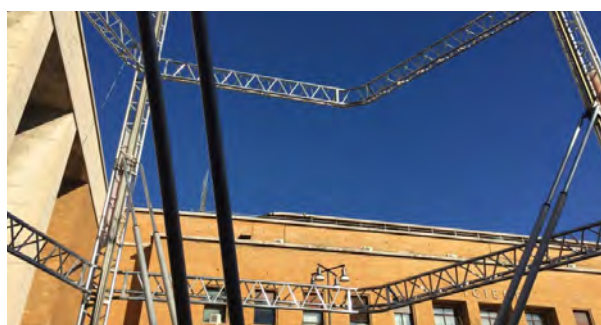
### HuaShang Tengda 3D printing System (Xina)

- Aquest dispositiu permet la impressió de grans construccions amb conglomerat de ciment.
- Destaca per la solidesa de les seves construccions que han estat testejades per suportar l'efecte de terratrèmols d'intensitat 8 en l'escala Richter.



### Imprimere AG BIG 3D-Printer 2156 (Suïssa)

- Aquest fabricant ja disposa de diferents models en funció dels requeriments del projecte, i els oferta per venda i lloguer.
- Permet inclús el lloguer del dispositiu per hores. Té una capacitat d'impressió de 5,75 x 6 x 6,25 metres.



### BigDelta de WASP (Itàlia)

- Aquest dispositiu és el més gran del mercat. Té 12 m d'alçada i 7 m d'ample. Té uns braços ajustables de fins a 6 m de longitud. Fa servir el conglomerat de ciment, però hi ha un prototip que el substitueix per palla i terra, de manera que es puguin construir habitatges amb materials d'origen natural.



Els actuals models d'impressió tenen el mateix enfocament general: modelar una forma 3D amb capes primes planes de conglomerat de ciment amb un espessor constant que es poden apilar entre si.

### ■ Característiques tècniques del sistema

El material amb el que s'imprimeix és un element clau del sistema i determina els resultats de la construcció. En funció de les sol·licitacions, en un primer moment, la composició del conglomerat de ciment és objecte d'estudi i anàlisi detallat. D'aquesta forma, aspectes com la dosificació i els additius, permeten ajustar la flexibilitat, la consistència, l'aïllament, la resistència, la durabilitat i en general les característiques finals del conglomerat. També l'etapa de preparació del material que inclou barrejar i col·locar el formigó al contenidor, i la seva distribució per màniga amb bomba és clau per generar components estructurals de capa, amb l'estabilitat adequada per finalment ser extruït.

S'ha realitzat assajos per determinar la resistència a compressió dels conglomerats que s'estan fent

servir, i per provetes de 10 x 10 x 10 cm s'obtenen valors de 61 MPa a 28 dies, i per provetes impreses s'obtenen valors de 46,8 MPa a 28 dies.

Per aportar un millor comportament a la flexo-tracció, s'incorporen durant el procés d'impressió, armadures d'epoxi entre capes, obtenint resultats òptims a aquesta sol·licitació.

Com és obvi, modificant la matèria prima s'assoleixen elements més o menys impermeables a l'aigua, amb un acabat de capa més fi o més rugós, o amb una millor o pitjors transmitància tèrmica.

Depenent del dispositiu d'impressió es poden trobar desiguals ratis de producció, però es pot fer servir la referència de 3,5 m<sup>2</sup> per hora de treball. Per exemple, un edifici de 600 m<sup>2</sup> es pot arribar a construir en poc més d'una setmana. En recents projectes s'han executat construccions amb conglomerats amb additius per millorar la resistència inicial

Un edifici de 600 m<sup>2</sup> es pot arribar a construir en poc més d'una setmana

i per reduir el temps d'assecatge i curat que milloren molt els valors estàndards.

Agafant les dades facilitades per algunes de les empreses citades, s'obté un rati de cost de la construcció de 250 € per metre quadrat. S'ha de tenir en compte que en la gran majoria d'ocasions el que es compta com a construcció és l'envolupant i divisòries interiors, i altres tasques principals com és la preparació del terreny i la fonamentació queden fora d'aquesta valoració. ■

**L'autor:** Raúl Heras és arquitecte tècnic, col·legiat 10.385. Socifundador de Sinluz, Ingeniería y Arquitectura i tesorero d'Arquitectes Tècnics Sense Fronteres / raul@sinluz.com