

# La construcció arquitectònica amb la tècnica d'impressió 3D

**Principis tecnològics** i procés d'impressió i materials

Aleix Oriol

R&D Chief Engineer



L'any 2013 va ser sens dubte l'any de l'eclosió definitiva de la impressió en 3D. Amb el discurs de l'estat de la Unió, Barack Obama va donar el tret de sortida definitiu a una carrera tecnològica que basada amb una tècnica amb dècades d'existència (i èxit relatiu en el món de la creació de prototips industrials) s'ha transformat i finalment s'ha fet extensible a àrees molt més àmplies.

Segons Wohlers <sup>(1)</sup> el mercat d'impressió 3D ha crescut un 20% anualitzat en els darrers 3 anys i continuarà creixent a un ritme semblant fins al menys el 2018/2020. L'accés fàcil i a baix cost a les impressores 3D sembla doncs anunciar una nova revolució industrial i l'aparició d'aquests aparells en el panorama manufacturer, no només està variant la manera d'oferir serveis i agilitzar la producció personalitzada sinó que també portarà associats canvis en els models de negoci, en la generació de coneixement compartit i obert i en l'ús de serveis *online*.

L'accés fàcil i a baix cost a les impressores 3D sembla doncs anunciar una nova revolució industrial

En aquest context de transició tecnològica pot ser molt útil estar informat sobre què és exactament una impressora 3D, entendre els principis bàsics de la manufactura additiva, els tipus d'impressora que existeixen, quins materials es poden utilitzar i en quines aplicacions son especialment útils. Finalment donarem un apunt ràpid de on i com podem accedir a arxius da través de la xarxa, saber de quina manera els podem visualitzar-los, i en definitiva, tenir coneixements essencials d'aquesta nova manera de crear objectes.

## ■ Principis tecnològics i procés d'impressió i materials

Generalment s'entén per impressió 3D o fabricació additiva (*Additive Manufacturing*) a la tècnica de producció d'objectes tridimensionals a partir d'un fitxer digital, mitjançant l'addició successiva de capes de material que representen seccions transversals del sòlid, i que apilades consecutivament arriben a recrear l'objecte en qüestió.

El mecanisme de recreació de l'objecte, per capes, fa que el procés d'impressió sobretot de grans tirades de peces pugui ser llarg i que les mides màximes de peça i els materials disponibles estiguin, per segons quines tecnologies, limitats. Per altra banda però, és una tecnologia que, per la seva naturalesa, permet la producció d'objectes *customitzats* a molt baix cost i en un temps de resposta certament ràpid, ja que no hi ha necessitat de fer motllos. És una tecnologia ideal per a la producció de peces individualitzades, per a una producció descentralitzada (en llocs remots), immediata i per a la producció de peces de les quals es requereixen baixos volums (per exemple per a peces de *repostatge* de les quals és ineficient mantenir-ne estocs grans o distribuïts).

### El procés d'impressió en 3D:

- a) El procés comença amb el disseny, creació i representació virtual de l'objecte que es vol generar. El disseny d'aquest sòlid virtual es fa generalment de forma directa a partir d'un arxiu CAD però també es pot crear utilitzant un programa específic de modelatge 3D (essent l'Autodesk 3dsMax o l'SketchUp els més populars) i fins i tot fent ús d'un escàner 3D (que captura i digitalitza en format digital un objecte ja existent). També és pot reutilitzar un model ja existent, baixant l'arxiu de un dels molt reposadors que avui dia ja existeixen online (Thingiverse, Sculpteo, Shapeways i altres).
- b) Aquests arxius que representen un sòlid digital es codifiquen generalment en format STL (*Standard Tessellation Language*), que bàsicament descriu la geometria d'un sòlid mitjançant la seva superfície *discretitzada* en triangles. Aquest format és senzill però té el desavantatge que presenta una geometria del sòlid aproximada i la seva estructura de dades pot presentar errors de duplicitat en els seus vèrtexs, superposicions de cares, etc.
- c) Així doncs, per enviar aquest arxiu digital a la impressió física es requereix d'una fase de correcció intermèdia que es pot fer amb eines professionals (com Magics, Netfabb o MeshLab o alguns de programari lliure).

Existeix una diversitat immensa de processos i material disponibles susceptibles de ser dipositats o compactats segons la definició de fabricació additiva

- d) Un cop corregit el fitxer digital, aquest s'envia ja a la màquina on un programa especialitzat (generalment proporcionat pel mateix fabricant), tallarà el model final en centenars de capes horitzontals que són les que s'imprimiran de manera física una a una. Com més alt el nombre de capes en el que es divideixi un objecte tridimensional més alta serà la qualitat i resolució dels detalls però també més costós serà *computacionalment* el seu processament i més llarg serà el procés físic de impressió
- e) Després de la impressió a vegades cal un cert refredament i acabat de la peça. Algunes tecnologies (com la FDM) requereixen imprimir, a part del sòlid en si, certs elements estructurals (que permetin per exemple la impressió de parts en voladís), que després cal eliminar. Altres tecnologies (com per exemple els basats en sinterització de pols) requereixen un procés de neteja de la pols romanent.
- f) A partir d'aquí el sòlid ja estarà generat i llest per a ser usat o bé postprocessat per donar-li un acabat final (pintat, polit, recobert, etc...)

## ■ Tecnologies d'impressió

Existeix una diversitat immensa de processos i material disponibles susceptibles de ser dipositats o compactats segons la definició de fabricació additiva i per un usuari nou en la matèria, el rang de possibilitats existents pot ser certament aclaparador. En general les diferents tecnologies difereixen en la forma en què les capes es construeixen per crear l'objecte final. Alguns mètodes utilitzen de fusió del material per produir les capes, altres curen o solidifiquen materials líquids mentre que altres simplement adhereixen material entre si.

En aquest article comentarem només les tecnologies més populars i que bàsicament es poden resumir en les següents categories

- a) **Impressió 3D per extrusió de material (FDM):** També anomenat modelat per deposició de material fos (*Fused Deposition Modeling*). És el mètode més estès i popular (sobretot en nombre d'aparells) i consisteix en la fusió a un estat semi-líquid d'un filament de material bobinat que es circula a través d'un broquet que es troba a alta temperatura, i que, mitjançant el seu desplaçament en X, Y i Z, diposita el material a lloc adient sobre una plataforma (o material prèviament solidificat). La mida del broquet i la precisió mecànica de l'aparell determinarà la resolució i l'acabat de la peça. Els avantatges d'aquesta tecnologia són el baix cost dels aparells d'impressió, la relativa diversitat de materials i colors disponibles. Els seus principals inconvenients són la velocitat d'impressió i

la necessitat d'imprimir elements de suport que després cal netejar o eliminar. Els materials més utilitzats són, en general, termoplàstics que es presenten bobinats (ABS, Policarbonat, PLA, etc).

- **b) Fotopolimerització i estereolitografia (SLA):** Era fins fa poc el mètode més utilitzat en la indústria. Es basa en la solidificació o 'curat' selectiu d'una resina o d'un polímer fotoreactiu. A diferència del procés anterior, aquest element fotoreactiu es troba inicialment en estat líquid i només arriba a solidificar mitjançant l'acció d'un o més feixos de raigs ultraviolats, generalment emesos per un làser.
- **c) Fusió o sinteritzat d'un llit de material:** s'aconsegueix la sinterització per efecte de l'energia emesa per un làser directament sobre el llit de material. Segons la projecció del làser i els materials s'encabeixen diferents tecnologies (SLS, DMLS, SHS i altres). El més estès avui dia és el SLS (Selective Laser Sintering). Aquesta tecnologia en concret utilitza un làser d'alta potència per fondre petites partícules de pols de plàstic, de metall, de ceràmica mitjançant l'escaneig de seccions transversals. Després la plataforma on es suporta la peça baixa (generalment 100 micres) i un corró aplica una nova capa de material a la part superior i el procés es repeteix fins que es completen totes les capes. El pols verge (no sinteritzat) actua com estructura de suport per a l'objecte en qüestió, per tant no hi ha necessitat de crear estructures de suport addicionals.
- **d) Ejecció de material adhesiu desde un capçal d'impressió (Binder Jetting).** Aquesta tecnologia es basa en la ejecció, mitjançant un capçal d'impressió, d'un element adhesiu que compacta o enganxa la pols del material base, capa a capa, allà on és necessari. En aquest procés, cada capa s'imprimeix de forma molt semblant a com una impressora tradicional imprimiria paper però en aquest cas la tinta seria el líquid adhesiu i el paper, cadascuna de les capes de pols.

#### ■ Materials per a impressió en 3D

Així com passa amb les tecnologies d'impressió, el nombre de materials susceptibles de ser utilitzats en la impressió 3D ha crescut exponencialment en els darrers anys. Des dels primers termoplàstics fins els darrers experiments amb materials orgànics i *composites* l'evolució ha estat vertiginosa.

L'elecció del material (i la impressora) a utilitzar dependrà en gran mesura de l'aplicació final de l'objecte en qüestió i del preu que s'estigui disposat a pagar. Els plàstics més senzills i econòmics poden fer-se servir per recrear primers conceptes mentre que per a peces finals o objectes que tinguin requeriments especials caldrà utilitzar materials més avançats. El nivell de detall, la suavitat al tacte, i les propietats mecàniques, tèrmiques, químiques, de biocompatibilitat o de seguretat seran altres elements a tenir en

compte per a la seva elecció

Per categories, els materials disponibles més habituals per a impressió en 3D són plàstics i metalls però hi ha un procés intens d'investigació per ampliar aquest rang.

Els plàstics inclouen es termoplàstics més comuns (ABS, el Policarbonat, el PLA i la família de les poliamides o niló). També cal destacar els materials elàstomers com el Poliuretà (TPU) i plàstics avançats com el PEEK i l'ULTEM (adequat per aplicacions amb requeriments mecànics tèrmic o químics molt alts) i el PEKK (biocompatible, per aplicacions mèdiques). Finalment entre els fotopolímers cal destacar les resines d'epoxi.

Els metalls més comunament utilitzats en manufactura additiva són l'alumini, l'acer inoxidable i el titani però també el bronze, or i plata (per aplicacions de joieria) i per a aplicacions específiques aliatge diverses d'alumini, níquel, coure, titani o fins i tot de cobalt-crom (per a dispositius ortopèdics per exemple). Altres materials com la ceràmica (generalment pols d'alumini), el guix, paper, i altres són més testimoniales.

#### ■ Possibilitats i aplicacions de la impressió 3D

Un dels grans avantatges de la impressió 3D respecte la fabricació tradicional és precisament la capacitat de generar, de forma ràpida i barata, objectes individualitzats i en certa forma específics aplicacions úniques. No és estrany doncs que la democratització d'aquesta tecnologia hagi suposat un creixement equivalent en les possibilitats o diversitat d'usos de les peces finals. En general l'ús de impressores 3D es pot segmentar en tres mercats principals.

- **a)** El tradicional (i de major mida) és el de prototipatge industrial. Aquest segment inclou aplicacions tan diverses com models, dissenys de concepte, prototips funcionals, prototips de forma i mida, eines, motlles, solucions temporals i peces per finalitats formatives. No cal dir que en aquest segment, la immediatesa en la resposta és fonamental. La versatilitat de materials i acabats i un cert nivell de velocitat, rendiment funcional i dimensional també seran elements a tenir en compte
- **b)** El segon segment, d'importància creixent en la actualitat, és el mercat de consumidor final. Aquest segment inclou com a peces més comunes dissenys personalitzats d'accessoris (per exemple protectors de mòbil), joguines i figuretes, elements decoratius i artístics, tot tipus de joies, objectes específics d'aficions diverses (trens, maquetes, construcció recreativa,...) i *gadgets* diversos

La tecnologia d'impressió 3D pot ajudar a fer-se càrrec de la tasca no menyspreable de traduir un projecte a un model físic, visual i detallat

**El principal valor que el 3D Printing porta al disseny en arquitectura és la immediatesa i en general el curt termini de lliurament dels models complets**

(reposa-llibres, marcs personalitzats...). En aquest segment tot i que el client final és el mateix, la producció de la peça pot fer-se a casa (en màquines de sobretaula) o bé en un establiment o proveïdors d'impressió 3D (locals o en línia). En el primer cas, és clar que el baix cost de la impressora i dels materials és un element fonamental, així com la facilitat d'ús i la usabilitat. En el cas dels proveïdors de servei d'impressió

la versatilitat de materials i acabats així com la velocitat d'impressió seran fonamentals.

- c) El tercer gran segment que cal destacar és el de la producció centralitzada de peces finals. Actualment, per a volums grans, la producció de peça final amb motllos continua essent la més econòmica, ràpida i segura però a mida que les impressores 3D vagin millorant en velocitat, qualitat i eficiència s'espera que aquestes guanyin terreny progressivament. Entre les aplicacions cal destacar les peces dentals i d'ortopèdia, peces pel sector aeronàutic i d'automoció de luxe, aplicacions militars, joieria, peces de reparació, i col·leccions exclusives de moda o esport i en general nous productes en fase experimental o exploratòria.

#### ■ Possibilitats i aplicacions en arquitectura

Per a la comunicació de disseny en l'arquitectura, res fa una millor impressió o infon més confiança que un model a escala. La tecnologia d'impressió 3D pot ajudar a fer-se càrrec de la tasca no menyspreable de traduir un projecte a un model físic, visual i detallat, en hores i un cost molt baix. Els models fets a mà a escala d'escuma de poliestirè són llargs de fer així que molts arquitectes ja estan buscant adoptar tecnologies personals d'impressió 3D en el seu procés de disseny.

A més de la impressió de models o maquetes a escala la impressió 3D pot servir per a exhibicions educatives, elaboració de mapes i models urbans i fins i tot elements estructurals o fins i tot de construcció finals.

El principal valor que el 3D Printing porta al disseny en arquitectura és la immediatesa i en general el curt termini de lliurament dels models complets. El procés de traducció d'un model en CAD o altres formats a un fitxer llest per a la impressió es quasi immediat i és cert que el temps d'impressió d'un model (sobretot els mes grans) pot ser llarg, però el procés és totalment automatitzat i la impressió es pot fer de forma autònoma durant la nit. A més ja hi ha actualment serveis de impressió professionals, que amb màquines més grans (fins a 0.2 m<sup>3</sup>) poden servir models complets, de pràcticament qualsevol mida, dins de les primeres 24h (descomposant el model en diversos trossos i enganxant-los).

El segon gran avantatge de la impressió 3D és la versatilitat de geometries i de representació de formes curvilínies complexes que permetre dissenys més elaborats i alternatius i permet representar qualsevol idea amb precisió fins i tot en les mides més petites. El nivell de resolució que la impressora és capaç de realitzar i per tant la capacitat de representar detalls molt petits --la paret de cortina, muntants, les condicions de la cantonada, etc-- és certament útil especialment amb presentacions a clients o concursos. La flexibilitat inherent a la tecnologia permet ràpidament i respondre amb promptitud als suggeriments dels clients. Es poden crear diversos models o iteracions en paral·lel i amb molt poc esforç incremental i fins i tot crear llibreries d'elements reutilitzables entre projectes. També dins d'aquest apartat es pot destacar la actual versatilitat de materials i la recent introducció del color en impressió 3D que obre noves possibilitats i riquesa a la creació de dissenys personals.

El tercer avantatge de la tecnologia en aplicacions d'arquitectura és el cost. Amb poc procés manual involucrat, el cost de fer un model és redueix pràcticament a la amortització de la màquina i el material necessari (o al preu del servei si se subcontracta a un servei d'impressió). En models senzills aquest avantatge no és tant palès però en grans projectes, on moltes iteracions i models lleugerament són necessaris, aquests avantatges esdevenen fonamentals per poder centrar els esforços en el disseny i no a la realització física dels models.

Totes les empreses capdavanteres en arquitectura ja ja anys que treballen amb una o una altra tecnologia de impressió 3D. També han començat a proliferar, sobretot als Estats Units però també a Europa, serveis o establiments d'impressió especialitzats en arquitectura. Companyies (a vegades *online*) com 3D Reprographics, Lgm, Solid-Ideas, Lee3D, LobsStudio i molts d'altres ofereixen serveis especialitzats d'impressió de models per als seus clients.

També en construcció estan sorgint nombroses iniciatives i experiments relacionats amb la impressió 3D. Des de la investigació de la creació de formigó d'alta resistència (Philippe Morel del Studio EZCT Architecture & Design Research de París) fins a la producció d'habitatges exclusius en 3D (Universal Architecture a Holanda, SoftSkill design al Regne Unit, DUS Architects a Amsterdam) passant per les de producció ultraràpida de Press Print a la Xina, i fins i tot l'anecdòtic (però revolucionari) robot constructor del Dr Berokh Khoshnevis, becat de la NASA, que treballa en el disseny d'estructures que es poguessin construir a la Lluna i altres planetes. Les possibilitats es poden ampliar en els propers anys. ■