



3D I QUARTA REVOLUCIÓ INDUSTRIAL

Què podrà fer la tecnologia en el futur? On són els límits de la tècnica 3D? L'evolució de models és contínua i les variants comencen a ser infinites per convertir el consumidor en productor propi gràcies a un mitjà de producció de baix cost



per Felip Fenollosa

— El gir copernicà que representa la tecnologia 3D ha obert les portes a una mutació fascinant de la realitat. Ara mateix, en un país competitiu la vitalitat de la impressió 3D és directament proporcional al volum i la rellevància de les empreses que innoven. Com a nova tecnologia de fabricació, a impressió 3D fa temps que és coneguda en el món

industrial, cada vegada més conscient de l'evolució i el potencial que té. I ara la impressió 3D ja és en la vida social, fins i tot en les xerrades de sobretaula, un tema de conversa més: Què podrà fer la tecnologia en el futur? On són els límits de la tecnologia 3D? Ja és més que una hipòtesi poder reproduir objectes impossibles, com ara teixits humans, art,

aliments. No ens fem càrrec de l'explosió de creativitat que la impressió 3D ha provocat. I els costos comencen a ser raonables: 1 cm³ de volum de peça impresa costa entre 1 i 2 euros.

Des que l'any 2007 es va crear la primera impressora 3D de codi obert en una universitat anglesa, l'evolució de models i variants ha estat impressi-



onant i un dels motius pels quals avui se'n parla tant. I és que mentre és difícil imaginar un torn o una fresadora —per petit que sigui— en un domicili, les impressores 3D poden cabre a cases, escoles i oficines. Tant que ens costa fer entendre a la societat el valor de la tecnologia i la indústria, i, sense adonar-nos-en, la impressió 3D ens està fent la feina de crear vocacions tecnològiques.

Als qui hem conegut la impressió 3D des dels inicis i avui en som d'alguna manera protagonistes, se'ns fa difícil d'entendre el perquè de tant interès sobtat més enllà del nostre entorn empresarial: els nostres coneguts no ens pregunten a l'hora de dinar sobre fresadores de control numèric o de tall de fil

per electroerosió, però ens expliquen que han vist un vídeo d'una màquina que és capaç d'imprimir una casa, o que a partir del TAC es pot imprimir un fetus.

Què hi ha de cert en aquestes expectatives?, i, sobretot, què pot esperar la indústria catalana des del punt de vista d'oportunitats competitives?

La impressió 3D ja és una tecnologia més entre les existents, i entre tècnics la considerem així anomenant-la “fabricació additiva”. Com que la fabricació és transversal en qualsevol activitat humana, podem avançar que hi ha moltes oportunitats per explotar. Moltes empreses ja estan explorant com millorarien els seus processos i productes si hi

integressin la fabricació additiva. N'hi ha de més evidents, com les maquetes d'arquitectura; i de sorprenents, com són les reproduccions d'òrgans per assajar intervencions quirúrgiques. N'hi ha d'estimulants, com imprimir aliments en un país de creadors gastronòmics i es pot arribar a creure que algunes simplement són curiositats. És el cas de la materialització tridimensional d'equacions matemàtiques.

El cas és que avui dia és extremadament assequible disposar d'un equip d'impressió 3D de filament fos. Encaixem guiatges, motors pas a pas, corretges i politges per posicionar un capçal en tres eixos coordinats, una bobina de plàstic, una electrònica de codi obert ►►



per controlar el procés, i ja es pot imprimir. Entrem en el nou món dels *makers*, del DIY (*do it yourself*), de la quarta revolució industrial en què el consumidor pot ser productor gràcies a un mitjà de producció de baix cost —el cost d’una impressora 3D és semblant al d’un telèfon mòbil de gamma alta— i a una connexió d’Internet. Neix una nova cultura de persones i col·lectius que col·laboren per innovar en xarxa, per intercanviar dissenys i imprimir. Ja es troben llocs web on pujar un disseny 3D perquè altres usuaris n’encarreguin còpies pagant un cànon al creador. Hi ha “fàbriques” amb dissenys d’impressores industrials produint peces de centenars d’encàrrecs que es construeixen simultàniament per després enviar-los per missatgeria

als usuaris que els han encarregat via Internet.

Abans, anem uns vint-i-cinc anys enrere en el temps. A principi del anys noranta, les TIC avançaven a pas ferm en la nostra societat. Van aparèixer els primers ordinadors personals, i les grans corporacions ja disposaven de mitjans CAD-CAM que facilitaven el disseny assistit per ordinador i el pas posterior a la fabricació. El taulell de dibuix deixava pas a l’estació de treball —molts enginyers vam aprendre llenguatges informàtics com l’UNIX mentre ens ensenyaven a acotar peces—, i ràpidament va ser clau saber concebre un producte modelant-lo en tres dimensions a la pantalla. Els plànols continuaven sent importants, però van passar

a un segon terme. Molts hi van veure una oportunitat: si tenim plòters per imprimir un plànol traçat a l’ordinador, necessitem una tecnologia que, quan tingui una peça traçada en tres dimensions, es pugui traslladar al món real.

Dit i fet, van aparèixer els primers sistemes d’impressió 3D. El primer sistema comercial va ser la estereolitografia, patentada el 1986. El fitxer CAD de la peça en 3D es tallava virtualment en seccions molt primes. Cada planxa s’enviava a fabricar amb una tecnologia derivada de la que permet fer fotolits en la indústria gràfica. Esquemàticament, abans de res tenim la submersió d’una safata metàl·lica en un cub ple de resina epoxi líquida i un làser de raig ultraviolet “pinta” la primera secció de la peça.



La impressió 3D de peces metàl·liques encara és força costosa, ja que els equips industrials que la fan possible tenen un cost superior al mig milió d'euros

gint material —en lloc de treure'l, com quan mecanitzem— oferia possibilitats inimaginables fins aquell moment. Una mutació espectacular havia començat. Altres tecnologies van aparèixer poc després. Totes tenien en comú que treballaven afegint capes una sobre l'altra. De més gruix o més precises, de diferents materials, més cares o més accessibles, però totes amb el denominador comú de ser una extensió del disseny 3D que facilitava la tasca de crear nous productes.

Fins fa ben poc, aquest era el paper de la impressió 3D: limitada a entorns d'oficina tècnica i plantes de fabricació, facilitaven —i faciliten— a les empreses la lluita contra rellotge per poder sortir al mercat amb més i millors productes. De fet, la tecnologia era coneguda com a *rapid prototyping*, i ja s'utilitzava per obtenir un prototip en el temps més breu possible. Així s'avaluava el compliment de les prestacions previstes abans que la producció en sèrie es posés en marxa: una assegurança contra accidents, ja que serialitzar vol dir fer utilitats costosos en temps i diners que no permeten marge d'error.

D'acord amb el prisma de suport en la generació de producte, es classificaven les tecnologies existents de prototipatge ràpid. Per exemple, màquines per efectuar prototips conceptuals, per poder discutir l'orientació del disseny; per fer maquetes d'estil, i poder assistir a fires i comprovar la viabilitat comercial d'una idea; per dur a terme prototips que permetessin simular el muntatge, i anar validant el *packaging* i perfeccionant el disseny del producte; prototips totalment funcionals mitjançant els mateixos assaigs que es farien a les peces finals, i també facilitar el camí per obtenir presèries del producte i fer un primer llançament al mercat.

En definitiva, durant el darrer decenni del segle XX i el primer del XXI ha nascut una nova tecnologia que ha evo-

lucionat de manera portentosa. Moltes empreses han posat al mercat equips i moltes patents han fixat processos que resultaven inversemblants i que avui són una realitat. A més, la indústria ha tingut l'oportunitat d'accedir-hi i usar-la com a eina activa en un món de competició global i de deslocalització de la producció. És en aquest punt on es pot intuir una part de la importància de la impressió 3D en el context de Catalunya, on la indústria ha patit molt. Sabent que el turisme i la construcció són importants però que la indústria ha de ser clau, ens ha faltat mantenir i crear empreses que regenerin el teixit industrial, malalt per tres factors: ha perdut múscul, no s'han fet patents i ara les retallades afecten la recerca i la innovació. La deslocalització per costos laborals de producció també l'han viscut altres països d'Europa, però han sabut conservar i fomentar els llocs de treball associats a la creació i l'evolució de productes d'alt valor afegit. Ara ja hi ha moltes empreses que imprimeixen cada dia els prototips de nous dissenys que els permetran guanyar posicionament a escala mundial. En calen moltes, moltes més. Serem rellevants en aquesta tecnologia si hi ha més empreses de capital local que creïn producte amb vocació multinacional i amb els "quarters d'hivern" a Catalunya. De manera complementària, els nostres estudiants potser trobaran feina a l'estranger, i les multinacionals confiaran una part de la feina de creació en filials a casa nostra: un ecosistema industrial complet ha de tenir tots els elements, i la globalització ha vingut per quedar-se.

Les tecnologies d'impressió 3D han tingut el plàstic com a material protagonista. Això ja funcionava per reproduir els dissenys sofisticats fets en un CAD 3D de peces per injectar-les en plàstic com les que ens acompanyen en el dia a dia, des de l'automoció fins a les joguines. Però s'utilitzen molts altres materials: guix, cera, paper. En cada ➤

Aleshores, la part de la peça pintada es converteix en sòlid i s'adhereix a la safata submergida. I si fem que peça i safata s'enfonsin una mica —el gruix d'una capa—, el líquid torna a cobrir la superfície, i el làser treballa de nou per solidificar el material de la capa següent. Aleshores, la peça completada està submergida. Podem treure la peça i, secció a secció, haurem fer realitat un nou objecte idèntic que el dibuix previ.

La primera peça fabricada així que em va caure a les mans era, transparent, la reproducció d'una ampolla amb un vaixell a dins. Però aquell vaixell ningú no l'havia posat a l'interior, no hi havia cap sistema de fabricació conegut que permetés fer-ho. I ens vam adonar que la possibilitat de construir una peça afe-

Durant el darrer decenni del segle XX i el primer del XXI ha nascut una nova tecnologia que ha evolucionat de manera portentosa

cas hi trobaríem un sentit industrial ben útil. Per exemple, la tecnologia que fa servir cera ho fa dipositant-la per capes amb un capçal d'injecció. El resultat és un model que es porta a fondre i es converteix en metall amb la tecnologia mil·lenària de la fosa a la cera perduda.

La major part de tecnologies de la producció han passat per aquests passos: ús per a models, maduració i adaptar-les a producció seriada, però la impressió 3D ha progressat encara més. Els darrers anys, amb el venciment de les primeres patents, hem vist una extensió inaudita de la seva aplicació en entorns no industrials. La tecnologia d'impressió que ho ha fet possible és la fabricació per filament fos, tan simple aparentment com anar incorporant plàstic fos procedent d'una bobina de fil. Una de les virtuts d'aquesta tecnologia és, efectivament, que es tracta d'una operació senzilla. A escala industrial, la tecnologia es pot sofisticar fonent dos materials al mateix temps: un, que forma la peça, i l'altre, que constitueix un material de suport que a continuació es pot dissoldre en aigua o extreure.

Tota aquesta heterogeneïtat de tecnologies i la seva estandardització com a eina imprescindible per dissenyar productes permet el pas lògic d'obtenir peces impreses que es poden utilitzar com a peces finals, i superar l'etapa d'ús com a prototip: s'anomena *rapid manufacturing*. Si resulta que tenim una peça vàlida per fer assaigs, no la podem usar com a producte final? I tant que sí. De manera que hi ha tot un nou sector industrial de productes personalitzats de producció sota comanda. Pensem en làmpades de disseny exclusiu, joies dissenyades en 3D, així com components d'aparells de sèrie limitada: un fabricant d'equips d'impressió 3D fa alguna peça interior justament amb impressió 3D, ja que el seu cost és més competitiu per les poques unitats

que ha de produir. I si és una peça que no es pot fabricar de cap altra manera, la impressió 3D ens allibera de les normes de disseny de molts processos de fabricació. Si es pot dibuixar —i es pot dibuixar tot— es pot imprimir.

La tecnologia d'impressió 3D que regna en l'entorn del *rapid manufacturing* és la sinterització selectiva per làser. El material utilitzat és pols de plàstic molt fina —grans de 50 micres i menys— que solidifica capa a capa per acció d'una font de calor, com el làser, que només actua fonent la pols on és necessari. El material que no fon actua d'element sustentador en la construcció per capes, de manera que podem fer voladus o buidatges sense perill. D'aquesta manera, podem fabricar un xiulet amb la bola a dins; en acabar, haurem de netejar la pols sobrant i llestos. Amb la mateixa tecnologia hem entrat de ple en el camp de la impressió 3D de metalls, amb un processament molt més complex que el dels plàstics, però amb avantatges molt atractius en sectors com ara el protèsic, l'aeronàutic o el de motlles.

La impressió 3D de peces metàl·liques encara és força costosa. Els equips industrials que la fan possible tenen un cost superior al mig milió d'euros, mentre que el mateix equip per a plàstic pot costar la meitat. No és senzill ni barat treballar amb pols d'alumini o d'acer inoxidable. Per tant, l'ús i l'extensió d'aquest material es limita a peces especials. Una peça de titani per substituir un fragment de mandíbula, feta amb un disseny personalitzat a partir d'una ressonància magnètica, és un bon exemple de les possibilitats que ofereix la impressió tridimensional de metalls. Un altre pot ser una inserció de motlle en acer per injectar peces plàstiques, amb un laberint optimitzat intern per a la circulació de refrigerant: un exemple

més de la capacitat de la impressió 3D de reproduir geometries impossibles. Fins i tot hi ha una impressora per crear joies amb pols d'or.

Evidentment, la impressió de peces metàl·liques obre el camí de noves formes de resoldre models estructurals amb necessitats de resistència, lleugeresa i consistència. Ara ja són reproduïbles les formes que la natura ha optimitzat. Podem fer el cap d'un pistó de motor amb una pell perimetral resistent i un interior esponjat —com els ossos— maximitzant la relació resistència-pes. Abans no tenia sentit pensar-hi, ja que encara que es poguessin dissenyar no es podien materialitzar. Avui, la combinació d'enginyeria i creativitat que la impressió 3D permet ens comença a mostrar els resultats.

Hi ha la certesa que la tecnologia 3D ja és aquí per quedar-se i evolucionar encara més: les possibilitats inherents que ofereix són molt potents. D'una banda, la distància entre disseny i producció desapareix, de manera que fa viable la relocalització industrial per a produccions limitades de components d'alt valor afegit: l'únic camí per a una reindustrialització que ja no es basarà en costos laborals competitiu. De l'altra, la fabricació additiva permet llibertat total de disseny, un camp en què Catalunya té un bon posicionament. La col·laboració entre professionals de perfils oposats —tecnologia i art— pot ser clau.

Podrem veure l'aparició de noves tecnologies de fabricació additiva que permetin anar baixant de preu els equips industrials i que redueixin el temps d'impressió, perquè encara es triguen hores a obtenir un prototip imprès. Podrem veure peces en colors sense cap tipus de limitació i prototips multimaterials. L'expansió quotidiana del 3D cada vegada arriba més lluny: ja són realitat els fabcafès, els ateneus de fabricació, llocs on podem fabricar peces si és que no ens les construïm a casa directament. L'impacte en els models de negoci de les empreses pot ser equiparable al que va significar Internet. Pugem al tren 3D, ja està en marxa. ●

Felip Fenollosa i Artés és director general de la Fundació CIM



Gairebé tot en 3D

Prototips 3D de tumors

El juliol passat a l'Hospital Sant Joan de Déu de Barcelona van aconseguir extirpar a un nen de cinc anys un neuroblastoma, un tipus de tumor extremadament agressiu que es forma en el teixit nerviós i que de vegades és inoperable. La intervenció pot posar la vida del pacient en perill perquè el neuroblastoma envolta venes i artèries, cosa que dificulta extreure les cèl·lules tumorals sense danyar-les. Arran d'aquest cas i d'altres, l'equip de cirurgians de l'Hospital Sant Joan de Déu es va plantejar si la impressió 3D podria ser una eina que els ajudés. El resultat va ser un precedent inèdit en oncologia infantil. Com que amb les imatges no en tenien prou, l'assaig en un prototip del tumor els podria oferir seguretat a l'hora d'afrontar la intervenció. En col·laboració amb la Fundació CIM de la Universitat Politècnica de Catalunya - BarcelonaTech (UPC), van dur a terme una còpia en 3D del neuroblastoma. Per fer-ho, els tècnics van crear les dades d'una tomografia computeritzada i una ressonància magnètica de l'infant. Aquesta tasca va implicar el treball en equip d'enginyers i metges: el tècnic radiòleg i l'enginyer expert en disseny 3D per ordinador havien de revisar les digitalitzacions de la zona afectada i decidir quins eren els contorns reals dels teixits. D'aquesta manera, secció a secció, van configurar un fitxer 3D viable per enviar-lo a una impressora 3D. El treball conjunt arribava a la sala d'operacions, on els enginyers eren presents per analitzar en directe la correlació entre prototip i realitat, i pensar innovacions per a futurs prototips. Així, la còpia del tumor es va fer amb una tecnologia d'impressió bimatèrial: una resina per reproduir els vasos sanguinis i òrgans de la zona afectada, i una altra de translúcida i de consistència tova semblant a la de la tumoració a fi que els cirurgians intentessin extreure-la sense danyar vasos ni òrgans. A més, també es va fabricar un prototip amb els òrgans sense el tumor per visualitzar-ne el resultat.

El cas BCN3D+

L'expansió de les impressores 3D de codi obert té el seu propi capítol a Catalunya. Ara fa tres anys, ReprapBCN —un projecte tecnològic i educatiu de la Fundació CIM— es va incorporar a la comunitat Reprap per muntar impressores de codi obert. Un estudiant del programa Leonardo d'intercanvi va proposar com a projecte la fabricació d'una impressora 3D de codi obert: com una taca d'oli, a Europa diverses universitats hi estaven treballant pel seu enorme potencial com a eina educativa i com a motor d'accés a les tecnologies de la producció pel baix cost que té. Des de la primera impressora 3D, feta amb barres roscades i peces sinteritzades amb poliamida, fins al dia d'avui han passat moltes coses. Ara com ara, més de 600 impressores 3D han sortit de les dependències de ReprapBCN. El model actual, la BCN3D+, és la impressora de baix cost de codi obert més reconeguda a Catalunya i a Espanya. Es distribueix arreu del món, amb localitzacions tan insòlites com Finlàndia i Algèria, passant per Mèxic o el Perú. I cada any se'n presenta un nou model a la fira del sector a Birmingham. Malgrat que la llista i els fitxers 3D de les peces que la componen són d'accés públic a la pàgina web, la manera habitual d'aconseguir una impressora és assistint a una de les aules taller de muntatge: el futur usuari obté un *kit* amb totes les peces. Moltes de les peces són fabricades a Catalunya tant pel cost com per la política, i els components plàstics els construeixen impressores 3D, "mares" a la "granja" de la Fundació CIM. Amb l'ajuda d'un tutor es completa el muntatge i la posada a punt. Tota una comunitat anima el projecte, i els ingressos que generen les vendes permeten que sigui sostenible, creixi i evolucioni. Gràcies a l'èxit que ha obtingut —senyal real de la quarta revolució industrial—, el projecte s'ha obert a altres tecnologies de fabricació digital, entre les quals la impressió 3D d'alta resolució de codi obert.



EN XIFRES.
Més de 600
impressores 3D
han sortit de les
dependències de
ReprapBCN

Les xarxes de 'fablabs'

El MIT de Boston ha impulsat els darrers anys una xarxa de *fablabs* a diferents ciutats del món. Són espais on els ciutadans tenen accés a la tecnologia a fi de passar els bits —les idees, els dissenys fets en ordinador— a àtoms. A Barcelona, l'aposta per aquest concepte ha

donat com a resultat una xarxa pròpia, en expansió, arrelada als barris. Són el ateneus locals de fabricació. El primer es va obrir fa més d'un any a l'antiga fàbrica Campabadal de les Corts, i el juliol passat es va inaugurar el de Ciutat Meridiana. Altres estan a punt d'obrir portes. El seu lema és "Materialitzem idees, cocreem el nostre entorn" i tenen dos objectius: que tothom, independentment de la seva formació, procedència, professió, etcètera, pugui aprendre els fonaments de la fabricació digital —entre aquestes la impressió 3D— i que els projectes empoderin les persones i creïn teixit ciutadà. Per exemple: a les Corts es fa una aposta per la integració social de discapacitats i a Ciutat Meridiana el focus és la integració laboral. És un nou protagonisme de les impressores 3D. També hi ha altres equips habituals de la fàbrica digital, com ara talladores làser o fresadores de control numèric, en un format accessible.



HP fa nova tecnologia de fabricació additiva a Barcelona

L'octubre passat la gran empresa HP va anunciar la comercialització el 2016 de la nova tecnologia d'impressió 3D. Després d'una aferrissada competició, Barcelona —segons va comunicar HP— seria la seu d'expansió creativa de la impressió 3D en termes mundials. La voluntat de fer que Barcelona sigui capdavantera en la tecnologia 3D és general. Així, la Generalitat inclou la manufactura avançada com a tecnologia facilitadora transversal en l'estratègia de recerca i innovació per a l'especialització intel·ligent de Catalunya. I la UPC ja ha concretat tres reptes industrials prioritaris: un d'aquests, la fabricació additiva.

De fet, HP ha gosat introduir una tecnologia nova en un entorn en què hi ha actors posicionats des de fa vint anys. Partint dels seus punts forts en impressió 2D, l'empresa ha presentat un sistema que dona resposta a molts dels desitjos dels usuaris: velocitat, precisió, color, materials finals. La tecnologia correspon aparentment a la sinterització selectiva, però han canviat el làser per un sistema de capçal de tipus cortina que té una doble funció: projecta microgotes de líquid damunt la capa de pols de plàstic, com si es tractés d'una impressora de paper. A banda de poder aplicar color, aquest líquid prepara la pols per absorbir la radiació infraroja que tot seguit aplica una segona fila de llums al mateix capçal. En aquest punt, només fon el plàstic que s'ha mullat. De manera ràpida s'aplica una altra capa i el capçal torna a passar-hi, fins que es completen totes les capes. Amb aquest procediment, el temps global de reproducció d'un objecte es divideix per deu. És un salt tecnològic molt significatiu que genera molts llocs de treball d'alt valor afegit.



La impressió 3D fa diners

L'impacte de la impressió 3D es pot considerar com el que va tenir la nova màquina de vapor. El volum de negoci que representa actualment aquesta tecnologia és de gairebé 3.000 milions d'euros. La xifra és

superior en més d'un 30% a la de l'any anterior. I es preveuen augments de més del 20% en els propers deu anys. Un exemple: si la fabricació additiva representés l'1% del volum que significa tota la fabricació, podríem parlar d'uns 80.000 milions d'euros. Pot arribar a ser un volum del 30%? A la planta pilot de la Fundació CIM, els equips industrials d'impressió 3D tenen tanta rellevància com els centres de mecanitzat o les màquines per a colada al buit de poliuretà. És tota una gamma d'equips pensada per fer des d'un sol prototip fins a una presèrie de peces finals. I aquesta planta pilot exemplifica a petita escala cap on va la indústria: el valor de la maquinària d'impressió 3D respecte al total és prop del 40%.

Dues de les empreses líders del sector de maquinària de fabricació additiva, les nord-americanes 3DSystems i Stratasys, coticitzen a l'alça a la borsa. En impressió 3D de metalls, l'alemanya EOS lidera la cursa seguida d'actors rellevants també alemanys i anglesos, com Renishaw. I molts més, com la nova tecnologia que HP posa a punt. Si la impressió 3D arriba al sector de la construcció, aleshores ens faltaran dígits a la pantalla per jutjar la nova dimensió econòmica. Per exemple, en el camp de la salut el 3D ja té un impacte econòmic en ortodòncia, de la mateixa manera que seria possible imprimir òrgans funcionals.

A DALT
model en 3D
d'una cabina
d'helicòpter
fabricat per
l'empresa
alemanya EOS,
especialitzada
en impressió de
metalls en 3D