

LAS IMPRESORAS 3D COMO HERRAMIENTAS CIENTÍFICAS

Amelia Ortiz Gil

Observatori Astronomic de la Universitat de Valencia

RESUMEN

La manufacturación aditiva, también llamada prototipado rápido o más familiarmente impresión 3D, ha irrumpido con fuerza en nuestra sociedad y ciertamente ha llegado para quedarse. Esta tecnología revolucionará nuestro modo de vivir, de aprender y de trabajar. El abanico de materiales que pueden ser impresos en 3D (de momento con impresoras específicas) no deja de aumentar, creciendo simultáneamente sin cesar sus campos de aplicación.

A ello han contribuido en los últimos años los importantes avances logrados en el diseño y funcionamiento de las impresoras 3D, que han permitido un considerable abaratamiento en su precio y mejoras notables en su eficacia y facilidad de manejo. Su potencial para crear casi cualquier objeto que uno pueda imaginar, con gran precisión y con casi cualquier material, hace que tengan un sinfín de aplicaciones en la industria, la enseñanza, la investigación e incluso en el hogar.

1. ¿CÓMO FUNCIONAN LAS IMPRESORAS 3D?

La impresión 3D constituye una alternativa rápida y de bajo coste frente a técnicas más tradicionales de manufactura, como el modelado o el control numérico de las llamadas máquinas herramienta. Además permite la creación de instrumentos, herramientas y estructuras altamente especializados, con diseños muy complejos y materiales a elegir entre una amplia gama de posibilidades.

Para crear un modelo 3D el primer paso es su diseño con un software de renderizado 3D (tipo CAD). El modelo se guarda en una estereolitografía (fichero .STL). El software de la impresora reinterpreta la información del fichero .STL y la transforma en secciones horizontales 2D que serán las que la impresora vaya imprimiendo de modo aditivo hasta formar el objeto 3D completo.

Existen muchas técnicas diferentes para imprimir modelos tridimensionales.

El empleado por las impresoras más habituales es el *modelado por deposición fundida* (FDM, de sus iniciales en inglés) o *extrusión termoplástica*. La impresora dispone de una boquilla que puede desplazarse con mucha precisión en tres ejes, por la que vierte material fundido en forma de hilos que se solidifican inmediatamente después de salir de ella. Los materiales más comunes empleados en este tipo de impresoras son varios tipos de plásticos, como el acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y el políácido láctico (PLA). Pero también pueden usarse con ceras, metales, cerámicas, nylon, cristal e incluso chocolate y otros alimentos para crear piezas de repostería, como la Choc Creator v2.0 Plus, que puede adquirirse por el módico precio de 1730 euros.

Otro método habitual de impresión 3D es el *sinterizado selectivo por láser* (SLS). Consiste en fundir capas sucesivas de un material en polvo (que puede ser metal, cerámica, plástico o incluso proteínas), marcando el perfil del objeto que se desea imprimir. El polvo se deposita sobre una bandeja, el láser traza el contorno del objeto fundiendo el polvo allí por donde pasa, y la impresora añade la siguiente capa de material, repitiéndose el proceso capa a capa hasta finalizar la producción. Posteriormente se elimina todo el material suelto que no ha sido fundido, y que puede volver a utilizarse. Este tipo de impresoras permite alcanzar precisiones típicamente de 10-15 micras. Se utiliza para fabricar componentes metálicos en la industria del automóvil, y también para fabricar baterías miniaturizadas para sensores sin cables o implantes médicos.

Un caso particular son las *bioimpresoras 3D*, que funcionan en base a la tecnología de escritura directa, en la que los materiales impresos son expulsados desde un cabezal de impresión. Es la técnica más usada en ingeniería de tejidos e impresión de órganos. Con la bioimpresión se ha llegado a imprimir la estructura a capas del cerebro para conocer mejor los tejidos que componen este órgano.

2. DESLOCALIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Una de las grandes ventajas de esta tecnología es que permite compartir fácilmente los recursos desarrollados con otros grupos o individuos, facilitando el acceso de investigadores en países en desarrollo o regiones pobres a herramientas y dispositivos en ocasiones muy caros pero que pueden ser impresos en 3D con un coste muy inferior y además con características específicas más ajustadas a sus necesidades concretas. Es pues, una forma de dotar a laboratorios del tercer mundo de herramientas que les ayuden a progresar y participar en el campo de las investigaciones científicas.

La manufacturación aditiva hace posible también disponer en los laboratorios de objetos quizás únicos por sus características, útiles en casos muy particulares, que serían muy caros y lentos de producir a través de los procedimientos tradicionales. En este sentido se ha creado el Custom-Lab Institute (TheCLI), una plataforma en Internet que ofrece herramientas para laboratorios listas para ser utilizadas, facilitando y abaratando el trabajo de los científicos.

Además la impresión 3D permite a los investigadores recrear de manera más precisa resultados experimentales al incluir los ficheros .STL de los instrumentos utilizados en sus publicaciones. Ello ha dado lugar a la aparición de repositorios de ficheros 3D como el NHI 3D Print Exchange, una biblioteca en línea que ofrece un conjunto único de herramientas para crear y compartir modelos imprimibles en 3D relacionados con las ciencias biomédicas.

No sólo pueden intercambiarse modelos de herramientas científicas. En arqueología, por ejemplo, se utiliza el prototipado 3D para realizar copias precisas de artefactos que luego pueden ser impresas y estudiadas con todo detalle por investigadores de cualquier parte del mundo.

La deslocalización es incluso más relevante cuando el laboratorio en cuestión ni siquiera se halla en nuestro planeta. Los astronautas que viven y trabajan en la Estación Espacial Internacional (un laboratorio que se encuentra en órbita alrededor de la Tierra) disponen de una impresora 3D que les permite fabricar sus propias herramientas en el espacio, adaptadas a sus necesidades concretas de cada momento, o sustituir elementos dañados por otros nuevos impresos en 3D. Los objetos pueden ser diseñados por especialistas en la Tierra que envían los modelos inmediatamente a la ISS sin tener que esperar a incluirlos en la próxima misión de reabastecimiento de la Estación.

3. INVESTIGACIONES CON MODELOS 3D

La representación tridimensional ayuda a visualizar y comprender las imágenes y datos que obtenemos con los instrumentos de medida y observación, y en simulaciones numéricas de fenómenos físicos.

Un ejemplo dentro del campo de la astrofísica es su aplicación por Thomas Madura y sus colaboradores en el estudio de la nebulosa bipolar llamada del Homúnculo, que se encuentra en Eta Carinae. Eta Carinae es un famoso sistema binario formado por dos estrellas masivas que emiten vientos intensos. Estos vientos chocan violentamente con el gas que hay alrededor de la pareja, produciéndose la emisión y absorción de radiación en muchas longitudes de onda.

La creación de modelos numéricos de esta región es difícil porque exige un tratamiento tridimensional que depende del tiempo ya que el movimiento orbital de las estrellas cambia la geometría y la dinámica de la región. Y para poder interpretar los resultados de los modelos es necesario representarlos con visualizaciones e impresiones en 3D.

En este caso, esas representaciones 3D revelaron estructuras con forma de dedos, anteriormente no observadas, en fases orbitales correspondientes a poco después del periastro, que salen radialmente hacia afuera de la región espiral donde chocan los vientos. Los investigadores piensan que estas estructuras se han formado debido a inestabilidades físicas en el gas caliente del sistema.

El nuevo modelo también confirma varias estructuras identificadas en estudios previos, incluyendo unos agujeros pronunciados en los extremos de cada lóbulo.



Izquierda: imagen tomada por el observatorio espacial Chandra de NASA en rayos X de la nebulosa de Eta Carinae. Derecha: modelos impresos en 3D de la simulación por computadora de Eta Carinae mostrando el sistema en diferentes momentos. En primer plano, el modelo correspondiente a 3 meses después de la máxima aproximación entre las estrellas, cuando aparecen estructuras como dedos en la región de interacción. Créditos de la imagen en rayos X: NASA/CXC/GSFC/K.Hamaguchi, et al. Créditos de los modelos 3D: Goddard Space Flight Center (NASA).

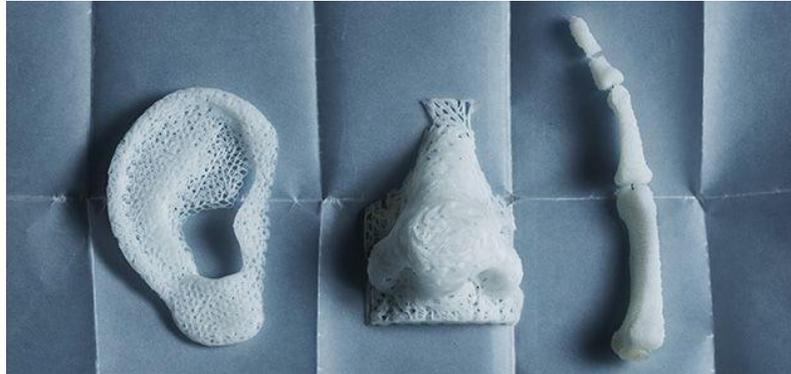
4. APLICACIONES BIOMÉDICAS

La Biblioteca Nacional de Medicina (USA) emplea el prototipado rápido para generar ficheros impresos de datos clínicos, como escáneres de tomografía axial computarizada (TAC) que ayudan en las intervenciones quirúrgicas y en otros procedimientos médicos.

El campo de las prótesis es probablemente uno de los que mayor impacto directo tienen sobre la población general ya que la impresión 3D permite crear prótesis mucho más baratas, ajustadas perfectamente a las necesidades y características del usuario.

Con las técnicas de bioimpresión 3D los científicos han logrado crear células de hígado que son capaces de vivir durante más de 40 días. Aunque estas células están siendo diseñadas actualmente para testear fármacos nuevos, este hito sugiere que estamos en el buen camino para imprimir órganos en 3D en menos de una década.

Además de las células de hígado, los científicos han impreso también láminas de tejido cardíaco y células madre que pueden reproducir diferentes tipos de tejidos humanos. Y la bioimpresión 3D de un prototipo de cartílago sugiere que pronto estaremos en condiciones de reemplazar todo, desde una oreja hasta un corazón entero. De hecho, el Instituto Wake Forest de Medicina Regenerativa imprime estructuras de oreja, nariz y hueso que pueden ser luego recubiertos con células para crear estas partes del cuerpo.



Estructuras de oreja, nariz y hueso impresas por el Instituto Wake Forest de Medicina regenerativa. Crédito: Laurie Rubin.

Ya es posible, además, crear tejido cardíaco artificial que imita las propiedades mecánicas y biológicas del corazón humano, de modo que en el futuro, este y otros órganos podrían ser diseñados de modo que sean biológicamente compatibles con el receptor, evitando problemas de rechazo del cuerpo en el que se implantan. Esto supondría un hito muy importante en el tratamiento de las enfermedades y la capacidad de salvar vidas de la medicina, al tiempo que ya no serían necesarios los donantes de órganos.

Además será posible en el futuro crear materiales biológicos que dispensen la medicación con el paso del tiempo, actuando directamente en la zona de interés.

5. APLICACIONES EN INGENIERÍA

Las aplicaciones en ingeniería son innumerables gracias a la posibilidad de utilizar diferentes materiales en las impresoras 3D. Por ejemplo, el grafeno, un material extraordinariamente resistente, transparente, flexible y ligero, se usa en impresoras 3D para crear chalecos antibalas para profesionales como la policía, que se ajustan perfectamente al cuerpo del usuario.

La manufacturación aditiva es un proceso extremadamente útil tanto en la construcción de instrumentación simulada para su uso en pruebas como de instrumentos reales, con plazos más cortos de tiempo de fabricación y a costes mucho menores que los tradicionales. Se está avanzando rápidamente en la utilización de distintos metales y aleaciones, lo que permite pensar ya en imprimir partes enteras de cohetes espaciales y herramientas de alta precisión y resistencia.

En Europa el proyecto AMAZE, en el que participa la Agencia Espacial Europea (ESA), tiene como objetivo la producción de componentes metálicos de hasta 2 metros de tamaño, sin defectos y sin apenas desechos, para su uso en los campos de la astronáutica, el espacio o la fusión nuclear. Sus responsables han estimado que con la impresión 3D se conseguirán incrementar los niveles globales de calidad, la precisión en las dimensiones de las herramientas aumentará un 25%, los ritmos de construcción mejorarán en un factor 10 y la basura industrial disminuirá a menos de un 5%.

En USA, en 2014, los ingenieros de la compañía de prototipado rápido RedEye construyeron dos tanques de combustible para Lockheed Martin Space Systems. El objetivo final era diseñar un satélite en el que se hiciera un uso más eficiente del espacio disponible para poder aumentar la capacidad de carga. Con tal fin fue necesario probar muchas configuraciones diferentes del montaje, entre ellas distintos modos de poner juntos los dos tanques. La impresión 3D permitió tenerlos listos con rapidez y manteniendo un coste bajo.

Lockheed Martin planea construir los tanques de combustible reales también con impresión 3D utilizando titanio, un proceso que puede conseguir que su fabricación sea hasta un 80% más rápida de lo habitual y por la mitad de precio.

Siguiendo en esta línea, NASA está completando la construcción en 3D del motor de un cohete, habiendo probado ya con éxito la turbobomba, una de las piezas más complicadas del motor.

Las pruebas además proporcionaron información para imprimir otras partes metálicas, en este caso concreto un componente de un generador. Este generador es responsable del suministro de electricidad a la bomba que tiene que mandar suficiente combustible al motor para que consiga un empuje tal que le permita superar la atracción gravitatoria de la Tierra. Con el nuevo sistema este componente se construyó en sólo 10 días, cuando el proceso normal lleva de seis a nueve meses y demostró ser mucho más resistente que los componentes tradicionales cuando es sometido a condiciones extremas.

Pero las naves tienen también partes no metálicas. Así, en el caso de los componentes cerámicos, la cerámica impresa en 3D tiene mayor resistencia a las temperaturas altas y es más sólida que la tradicional. Este tipo de material se utiliza en motores de iones o en sistemas de protección térmica.

Recientemente, un equipo de investigadores ha usado impresión 3D para reproducir la forma de la pinza de un tipo de camarón que produce un chorro de agua suficientemente rápido como para generar una burbuja que, cuando colapsa, provoca un estallido y emite luz. Las altas presiones y temperaturas producidas en este proceso conducen a la formación de plasma (gas a alta temperatura y con carga eléctrica). La réplica en 3D de la pinza permitirá diseñar instrumentos para mejorar técnicas de perforación de pozos geotérmicos o la esterilización del agua. Todo ello, según los investigadores responsables del proyecto, al alcance de niños de 12 años en adelante, y por menos de 100 euros.

6. APLICACIONES EN EL ESPACIO

Las ventajas de la fabricación aditiva en relación con los vuelos espaciales son muy diversas. La más importante es la de ahorrar espacio de carga en las naves, puesto que no sería necesario llevar alimentos ya preparados o componentes de repuesto, permitiendo disponer de más espacio para los equipos científicos y los experimentos.

Los materiales básicos empleados en la impresora para fabricar alimentos se pueden combinar para, por ejemplo, obtener una mayor variedad de platos y conseguir una dieta más equilibrada y adaptada a los gustos individuales de cada miembro de la tripulación. Y si a la capacidad de tener menús “gourmet” variados añadimos que los astronautas puedan usar la impresión 3D para construir piezas de repuesto, los vuelos y misiones espaciales podrían durar mucho más, puesto que podrían autorrepararse casi infinitamente, abriendo así las puertas a los viajes tripulados interplanetarios y las estancias de larga duración en órbita o sobre la superficie de otros planetas.

Pensando precisamente en las estancias de larga duración en planetas, lunas o incluso asteroides, la NASA empezó en 2014 una competición consistente en el diseño de un hábitat espacial

que pudiera ser impreso en 3D. Las propuestas debían de ser sostenibles, utilizando solo materias primas locales.

El primer premio de la primera fase del concurso, fallado en octubre de 2015, lo consiguió un equipo de Nueva York constituido por Team Space Exploration Architecture y Clouds Architecture Office. Su propuesta es una casa marciana de hielo, una especie de pirámide translúcida de bordes suaves de aspecto muy futurista.



Izquierda: impresora 3D de la Estación Espacial Internacional. Derecha: la impresora D-Shape para la construcción de una base lunar, con un conjunto de válvulas dispuestas sobre un andamio de 6 m que rocían con un pegamento el material de construcción. Las impresiones 3D se realizan capa a capa en ambos casos.

La pirámide sería construida con el propio hielo marciano, aprovechando características físicas del agua y de su transición de fase. El edificio actuaría como escudo protegiendo el hábitat y los jardines de su interior frente a la radiación solar nociva.

El concurso se encuentra actualmente en su Fase 3, la llamada Competición de Hábitat in Situ, que consta de cinco niveles de competición: tres niveles de construcción y dos niveles virtuales.



La Casa de Hielo de Marte, diseñada por Team Space Exploration Architecture y Clouds Architecture Office, ganó el concurso de hábitats espaciales impresos en 3D convocado por NASA en 2015. Fuente: NASA.

Pero si uno no quiere exiliarse tan lejos, un poco más cerca de casa la ESA contempla la posibilidad de construir una base en la Luna con tecnología de impresión 3D utilizando el regolito lunar como materia prima.

Para ello la agencia europea está colaborando, entre otros, con los arquitectos británicos Foster + Partners que han diseñado una cúpula catenaria con paredes formadas por celdillas que sirven de protección frente a los micrometeoritos y la radiación espacial. Una estructura hinchable en el interior de la cúpula albergará a los astronautas. El diseño se basa en las propiedades del suelo lunar “simulado” mezclado con óxido de magnesio e impreso en 3D.

Pero imprimir en la Luna no es lo mismo que hacerlo en la Tierra. El problema de trabajar en condiciones de vacío ha sido estudiado por la compañía italiana Alta SpA junto con la escuela superior Santa Ana de ingeniería de la Universidad de Pisa. La solución que han encontrado es introducir el cabezal de la impresora debajo de la capa de regolito. La impresión 3D se basa en el uso de material líquido, pero éste se evapora en el vacío. En cambio, bajo el regolito, las gotas de 2 mm de diámetro permanecen atrapadas por las fuerzas capilares del suelo y es posible el proceso de impresión.



Construir una base lunar será mucho más sencillo utilizando una impresora 3D que emplee materiales locales, como el pegajoso regolito. La cúpula catenaria con muros hechos a base de celdillas protegerá a los astronautas de los micrometeoritos y la radiación espacial. Crédito: ESA / Foster + Partners.

Estos avances, como muchos otros obtenidos en el campo de la astronomía, tienen aplicación en la Tierra, ya que permiten construir hábitats baratos en lugares remotos de nuestro planeta, empleando materias primas locales y sostenibles.

Un paso (o incluso dos) más allá será el desarrollo de una fábrica entera en órbita, proyecto emprendido por NASA en colaboración con Tethers Unlimited (TUI), que empleará la impresión 3D para construir estructuras gigantes como paneles solares y antenas de hasta 1000 metros de longitud. Un conjunto de tecnologías revolucionarias llamadas “SpiderFab” permitirá la construcción en órbita de componentes grandes de naves espaciales, con la ventaja de que el material de construcción puede lanzarse de forma compacta en vehículos más pequeños y baratos que los empleados en la actualidad.

En noviembre de 2015, NASA anunció la financiación del proyecto Archinaut en colaboración con la empresa Made in Space Inc., también con el objetivo de diseñar las tecnologías necesarias para permitir la impresión y ensamblaje de grandes estructuras complejas en el espacio sin la participación de astronautas que realicen tareas extravehiculares de montaje.

7. CONCLUSIÓN

El futuro de la humanidad reside claramente en la manufacturación aditiva, un proceso de fabricación de casi cualquier cosa mucho más preciso, rápido, económico y sostenible que los métodos tradicionales. El mundo de la investigación no es ajeno a ello, siendo casi innumerables las aplicaciones de esta técnica de utilidad para la ciencia. Por ejemplo, las impresoras 3D permiten ya que los laboratorios de países pobres dispongan de herramientas para realizar sus investigaciones a costes

muy inferiores a los habituales en el mercado. La posibilidad de compartir fácilmente los modelos 3D en forma de archivos .STL favorece la transferencia de conocimiento entre los distintos grupos de investigación, y ayuda también a visualizar y entender mejor los datos obtenidos en experimentos o exploraciones. En definitiva, las aplicaciones de la manufacturación aditiva en ciencia e ingeniería son innumerables, apareciendo nuevos ejemplos día a día.

8. BIBLIOGRAFÍA

Madura, T.I; Clementel, N.; Gull, T.R.; Kruij, C.J.H.; Paardekooper, J.P. (2015): MNRAS, Vol. 449, 4, 3780. (<http://mnras.oxfordjournals.org/content/449/4/3780>)

National Institutes of Health - NIH 3D Print Exchange <https://3dprint.nih.gov>

<https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.analchem.6b04344>

Utilizando impresión 3D para avanzar en ciencia. National Institutes of Health - NIH: <https://www.youtube.com/watch?v=SRpn2aFiOV0>

3D Printing Inexpensive Lab Equipment with the Custom Lab Institute:

<https://3dprint.com/221864/3d-printing-inexpensive-lab-equipment-with-the-custom-lab-institute/>

The Custom-Lab Institute: <https://customlabinstitute.wordpress.com>

The Future is Now: 3D Printing in Science Laboratories: <https://www.mynewlab.com/blog/the-future-is-now-3d-printing-in-science-laboratories/>

Modelo de la pinza del camarón que forma plasma:

<https://oaktrust.library.tamu.edu/handle/1969.1/172706>

Comida en el espacio: http://www.nasa.gov/directorates/spacetech/home/feature_3d_food_prt.htm

El desafío de hábitats impresos en 3D de NASA: <http://www.nasa.gov/3DPHab>

Base lunar de ESA:

http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Engineering_Technology/Building_a_lunar_base_with_3D_printing