



De la Nanotecnología y Microtecnología a la Fabricación Aditiva: un nuevo paradigma industrial

La nanotecnología, la microtecnología y la fabricación aditiva (impresión 3D y 4D) están revolucionando la forma en que se lleva a cabo la producción industrial en todo el mundo. Estas tecnologías facilitan la fabricación de materiales y productos con mayor precisión, menor desperdicio y mayor eficiencia energética. En Europa, estos avances están impulsando la relocalización de activos estratégicos, generando nuevas oportunidades económicas y políticas.

Europa está experimentando un avance significativo en los campos de la nanotecnología y la fabricación aditiva, tecnologías que prometen ser fundamentales para su liderazgo en innovación. La nanotecnología, con su capacidad única para manipular materiales a una escala nanométrica, presenta oportunidades para revolucionar industrias diversas, desde la medicina hasta la energía, sin olvidar los diferentes sectores industriales. Este enfoque en la manipulación de materiales a escala tan pequeña podría ser un punto de inflexión para desarrollos disruptivos y transformadores que conlleva mejoras significativas en la eficiencia y funcionalidad de los productos, así como la capacidad de diseñar materiales con propiedades específicas y personalizadas.

En una de estas líneas de trabajo investiga **Diego Velasco**, colíder del grupo ***Tissue Engineering and Regenerative Medicine (TERMEG)*** de la Universidad Carlos III de Madrid. Velasco destaca el cambio hacia métodos alternativos para el testeo de fármacos, como la piel humana artificial y el uso de 'órganos en chips' para automatizar procesos. "La legislación europea de 2013 que prohibió el testeo de cosméticos en animales fue un catalizador para buscar alternativas", resalta el investigador... El grupo trabaja en correlación con estas leyes para crear modelos alternativos, centrándose en la piel humana artificial. Además, exploran la introducción de sensores en estos chips para analizar los cambios a nivel molecular durante los testeos.

No sólo hablamos de importantes logros en la aplicación de estas tecnologías, sino también en el ámbito teórico. Es el caso de **Luis López Bonilla**, director del Instituto Universitario sobre **Modelización y Simulación en Fluidodinámica, Nanociencia y Matemática Industrial "Gregorio Millán"** e investigador principal del grupo **Modelización, Simulación Numérica y Matemática Industrial**. López Bonilla investiga el diseño de dispositivos electrónicos para generar números aleatorios con aplicaciones en encriptación y comercio electrónico. También trabaja en la extracción de energía de fluctuaciones térmicas en grafeno y estudia el crecimiento de vasos sanguíneos y el movimiento de células epiteliales.

Braulio García Cámara, investigador del Grupo **Displays y Aplicaciones Fotónicas** de la UC3M, se enfoca a su vez en descubrir estructuras a nanoescala ("estructuras de cientos o decenas de nanómetros") para aplicaciones como sensores y células solares. Ha colaborado en el desarrollo de sensores de temperatura y está investigando materiales para mejorar la eficiencia de células solares.



Aunque su trabajo es principalmente teórico, enfrenta desafíos prácticos en la fabricación y en atraer el interés de las empresas.

No obstante, coinciden todos los expertos, la nanotecnología enfrenta desafíos significativos, especialmente en la escalabilidad de su fabricación. Aunque se han logrado avances prometedores en laboratorios, la transición a la producción a gran escala es un obstáculo importante. Este desafío subraya la necesidad de una colaboración estrecha entre la academia y la industria, así como inversiones considerables para superar las barreras hacia la comercialización.

A su vez, la impresión 3D, también conocida como fabricación aditiva, ha experimentado avances significativos en los últimos años. Ahora es posible imprimir objetos tridimensionales utilizando una amplia gama de materiales, incluyendo plásticos, metales e incluso células y componentes biológicos. Esta tecnología permite la producción rápida y personalizada, reduce la necesidad de herramientas y moldes costosos, y minimiza el desperdicio de materiales. Estas ventajas están impulsando la relocalización de la fabricación en Europa, ya que reduce la dependencia de la producción en masa en otros países.

“Hablamos de una tecnología que se descubrió en los años 80 pero que sigue sin estar implementada en masa porque es un proceso muy complejo que abarca una amplia cadena de valor, desde el propio material al procesado y postprocesado. Ya está más que superada la fase de prototipado, pero es necesario buscar casos de uso y modelos de negocio que sean viables a gran escala”, explica **Paula Queipo**, directora de Operaciones Externas de **IDONIAL**. Su centro tecnológico trabaja desde hace tiempo en fabricación aditiva con aplicaciones en sectores muy diversos, como el de salud, donde colaboran con el Hospital de Asturias en el desarrollo de corsés personalizados mediante impresión 3D “que cuestan la mitad que uno normal, son más ligeros y biocompatibles con la piel”.

Otro ejemplo cercano es el que pone sobre la mesa **Santiago Martínez de la Casa**, miembro del grupo de investigación **Robotics Lab** de la UC3M y de la asociación **HISPAROB**: “Nos dedicamos a la producción de robótica humanoide, por lo que estamos muy cercanos a la fabricación aditiva porque nos aporta muchas ventajas en diseño, conceptos y nuevas ideas. Pero también nos ha dado nuevos problemas, porque muchos ingenieros trabajan todavía pensando de forma clásica y no tienen en cuenta las posibilidades y retos que tiene la impresión 3D”.

Esta tecnología permite la creación de estructuras complejas y personalizadas, lo que es particularmente prometedor para industrias como la aeroespacial, automotriz y biomédica. La capacidad de producir diseños a medida abre nuevas posibilidades en la fabricación y el diseño de productos. A pesar de su potencial, la fabricación aditiva también enfrenta desafíos propios, como la precisión en la fabricación de materiales blandos y la necesidad de mejorar la escala de producción. Además, el desarrollo de un conocimiento detallado sobre los materiales adecuados para la impresión 3D es un área en constante evolución. La intersección de la nanotecnología y la fabricación



aditiva es particularmente prometedora, ya que combinar estas tecnologías podría llevar a la creación de dispositivos y materiales con propiedades únicas y altamente especializadas.

“Llevamos a cabo el diseño y fabricación de prototipos de implantes poliméricos fabricados mediante impresión 3D”, explica **Miguel Marco**, investigador del grupo de **Tecnologías de Fabricación y Diseño de Componentes Mecánicos y Biomecánicos (FABDIS)** de la Universidad Carlos III de Madrid. “Abarcamos tanto el diseño personalizado para el paciente a partir de imágenes médicas, como análisis de parámetros de fabricación que puedan afectar al comportamiento mecánico a lo largo de la vida útil del implante”. Gracias a materiales poliméricos avanzados, este tipo de implantes pueden ser absorbidos por el cuerpo humano de manera natural ayudando a la regeneración ósea y evitando segundas cirugías de sustracción. Este tipo de opciones pueden ser aplicadas a implantes que no requieran de cargas elevadas, como las fijaciones de costilla fracturadas, ofrece el experto como ejemplo.

Sophia A. Tsipas es investigadora de la Universidad Carlos III de Madrid en el Grupo de **Tecnología de Polvos**. Ella y su equipo están especializados en la impresión 3D de metales y cerámicos para industrias clave, como el sector aeroespacial y automovilístico. “A pesar de la madurez de las máquinas de impresión 3D, existe un vacío en el conocimiento sobre los materiales adecuados para estas tecnologías”, reconoce. A pesar de ello, Tsipas trabaja en el diseño de materias primas para impresión 3D y en la integración de nanotecnología para mejorar las propiedades de los materiales finales.

En otro campo completamente distinto, el aeroespacial, la ya mentada IDONIAL colabora con **ACITURRI**, empresa dedicada a la fabricación de componentes estructurales para aviones y elementos espaciales. **Isabel Ruiz Martínez**, su responsable de Materiales y Procesos, añade que están buscando esas aplicaciones reales de la fabricación aditiva y usándola en pequeños elementos de poca criticidad, pero enfrentan una importante barrera con los “requisitos de certificación para poner en vuelo un material desarrollado con un proceso novedoso, porque eso requiere de mucho tiempo y dinero, además de que debe ofrecer un retorno de la inversión inmediato”. A pesar de ello, reconoce el potencial de esta tecnología “capaz de producir diseños imposibles con los sistemas tradicionales y que además sean muy ligeros en peso”.

Situación similar a la que vive **Andrés Monzón**, *Worldwide Chief Engineer de Light Duty Platforms* en **OTIS**: “Mi carga no vale millones y no puedo hacer pruebas con materiales ilimitados. Fabricamos series muy limitadas, todavía algunas con inyección de plástico, y encontramos un importante límite en el postprocesado, donde entran en juego temas químicos que se escapan a nuestro proceso habitual. Además, la fabricación en metal tiene riesgos laborales importantes, pero, aun así, tenemos la fabricación aditiva plenamente integrada en nuestra I+D+I y llevamos fabricando algunas piezas con esta tecnología desde 1996”.



En la fase de probar sus usos está también **Juan Valle**, CEO de **Silcotech**. Esta empresa, que produce grandes volúmenes de piezas de silicona para el sector de la automoción, está usando la fabricación aditiva en el prototipado, por ejemplo, de sus moldes. Su visión, pese a enfrentar esas limitaciones de dar el salto a gran escala, es de clara apuesta por la impresión 3D: “Hemos comprado un robot de seis ejes en lugar de usar un motor cartesiano. Y en el futuro esperamos usar dos robots que jueguen entre ellos, para poder dar vida a nuevas formas. Pero, por ahora, lo hacemos todo para uso propio”.

Dos mercados en auge

El mercado europeo de la nanotecnología se espera que crezca a una tasa anual compuesta del 32% de 2023 a 2030. Esta tecnología tiene aplicaciones extensas en diversas industrias, incluyendo el diagnóstico y tratamiento médico, la detección temprana de enfermedades y el desarrollo de terapias innovadoras como el tratamiento del cáncer.

De manera similar, el mercado de la impresión 3D en Europa proyecta un crecimiento del 20.9% entre 2023 y 2030. Los usos principales de la impresión 3D en la fabricación incluyen el prototipado y la creación de herramientas, complementando los métodos de producción tradicionales. La tecnología permite un prototipado rápido y una iteración de diseños, reduciendo significativamente el desperdicio de materiales y haciéndola una opción sostenible desde el punto de vista medioambiental.

Sirva como ejemplo **Daniel García González**, investigador del Grupo de **Dinámica y Fractura de Elementos Estructurales** de la UC3M, quien trabaja en varios proyectos sobre Impresión 4D y materiales inteligentes. Específicamente, se concentra en la creación de “materiales funcionales blandos” que responden a estímulos externos, como campos magnéticos, para aplicaciones en salud y defensa. Un proyecto notable involucra la reproducción de procesos cancerosos y el daño a células cerebrales para acelerar el diseño de terapias avanzadas. También trabaja en robótica para aplicaciones defensivas, como robots inspirados en formas marinas. En cuanto a la fabricación aditiva, enfrenta el desafío de trabajar con materiales blandos y lograr una precisión elevada.

O **Javier Pozuelo**, investigador del Grupo de **Polímeros y Composites** de la Universidad Carlos III de Madrid, que desarrolla nanocompuestos para el almacenamiento de energía, pantallas electromagnéticas y propiedades biocidas. Su investigación incluye la creación de materiales porosos para supercondensadores, geles que absorben radiación electromagnética, y recubrimientos con propiedades bactericidas. Eso sí, coincide con el resto de sus compañeros en los retos pendientes “en la captación de talento y la colaboración con la industria”.

A sumar **Mario García Valderas**, investigador del grupo de **Diseño Microelectrónico y Aplicaciones (DMA)**, especializado en el diseño de circuitos digitales para el espacio, abordando el problema de la radiación en satélites. “Investigamos cómo utilizar tecnologías de circuitos más económicas en aplicaciones espaciales y desarrollamos métodos para detectar y corregir errores causados por la



radiación”, explica. Su propósito es acercar la microelectrónica que usamos en nuestro día a día a una aplicación tan específica y exigente como la espacial, para lo cual sería indispensable contar con tecnologías de fabricación propia en España, algo de lo que nuestro país carece en su opinión.

Así podemos concluir que la combinación de la nanotecnología, la microtecnología y la fabricación aditiva está generando un nuevo paradigma industrial en Europa. Con una combinación de inversión en investigación y desarrollo, políticas favorables y una fuerza laboral capacitada, Europa puede estar bien posicionada para liderar este nuevo panorama industrial y aprovechar los beneficios económicos y políticos que conlleva la relocalización de activos estratégicos.

Más formación

Pero no podemos olvidar que esta transformación y adopción de tecnologías disruptivas también requiere una adaptación en los perfiles profesionales y una actualización en los sistemas de educación y formación laboral. Se necesitan nuevos conocimientos y habilidades para trabajar con nanomateriales, desarrollar diseños para la fabricación aditiva y operar equipos de impresión 3D. Además, se requiere una mayor integración de habilidades técnicas y creativas en el proceso de fabricación. Esto implica la necesidad de una educación y formación laboral actualizada que prepare a los trabajadores para las demandas del nuevo paradigma industrial. En ese sentido coinciden Paula Queipo (IDONIAL), Juan Valle (Silcotech) y Andrés Monzón (OTIS), que demandan una mayor penetración entre el mundo académico y el empresarial para dotar a los profesionales del conocimiento actualizado que se exige en el entorno laboral.

En este contexto educativo, los expertos enfatizan la importancia de invertir en formación y educación para preparar a futuros científicos e ingenieros. Esta inversión es crucial para avanzar en estas tecnologías emergentes. Además, la colaboración internacional y la financiación adecuada son esenciales para promover el desarrollo tecnológico y la innovación en estos campos.

Los investigadores también resaltan en pleno la relevancia de la sostenibilidad en el desarrollo de la nanotecnología y la fabricación aditiva. Estas tecnologías ofrecen la posibilidad de desarrollar procesos y materiales más eficientes y menos dañinos para el medio ambiente, un factor clave para el futuro de la innovación.

ODS





Más información de interés para innovar juntos:

Grupos de Investigación participantes en la validación de este reto:

- [Dinámica y Fractura de Elementos Estructurales](#)
- [Diseño Microelectrónico y Aplicaciones \(DMA\)](#)
- [Displays y Aplicaciones Fotónicas](#)
- [Modelización, Simulación Numérica y Matemática Industrial, Instituto Universitario sobre Modelización y Simulación en Fluidodinámica, Nanociencia y Matemática Industrial "Gregorio Millán"](#)
- [Polímeros y Composites](#)
- [Robotics Lab](#)
- [Tecnología de Polvos](#)
- [Tecnologías de Fabricación y Diseño de Componentes Mecánicos y Biomecánicos \(FABDIS\)](#)
- [Tissue Engineering and Regenerative Medicine \(TERMEG\)](#)

Entidades en el Parque Científico UC3M relacionadas:

- Plataforma [HispaRob](#)
- Centro tecnológico [IDONIAL](#)

Empresas relacionadas:

- [ACITURRI](#)
- [OTIS](#)
- [Silcotech](#)