

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA

EL SECRETARIADO DE INFRAESTRUCTURA CIENTÍFICA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

## INFORMA

### LABORATORIO DE DISEÑO Y FABRICACIÓN DE SISTEMAS MICROELECTROMECÁNICOS- MEMSLAB

El grupo de Robótica Automática y Sistemas de Producción de la Escuela de Ingenierías Industriales ha incorporado a sus instalaciones un “**LABORATORIO DE DISEÑO Y FABRICACIÓN DE SISTEMAS MICROELECTROMECÁNICOS-MEMSLAB**” con cargo al proyecto **EQC2018-004473-P** concedido por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades a través de las Ayudas para la Adquisición de Equipamiento Científico-Técnico correspondientes al Subprograma Estatal de Infraestructuras de Investigación y Equipamiento Científico-Técnico (Plan Estatal I+D+i 2017-2020) (convocatoria 2018), cofinanciado por la Agencia Estatal de Investigación (AEI) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), y la Junta de Extremadura, cuyo Responsable Científico es el investigador **Blas Vinagre Jara**.

**OBJETIVO Y FUNCIONALIDAD DEL EQUIPAMIENTO ADQUIRIDO (añadir el número de hojas que sea necesario)****Características del equipamiento adquirido**

Incluir fotos del equipo en general y otras en más detalle con la publicidad correspondiente y el número de inventario.

**LABORATORIO DE DISEÑO Y FABRICACIÓN DE SISTEMAS MICROELECTROMECÁNICOS – MEMSLaB****Nanoscribe Photonic Professional GT2: Impresora Fotolitografía 3D**

Figura 1: Nanoscribe Photonic Professional GT2

Equipo para la fabricación de piezas en 3D a partir de modelos utilizando resina que se endurece con la exposición a la luz. La particularidad del equipo radica en el tamaño de las piezas fabricadas, que varía desde los cientos de nanómetros hasta los milímetros. Se utilizan dos haces de fotones que, enfocados punto a punto, van polimerizando la resina con la forma del objeto deseado, consiguiendo una gran resolución.

Existen tres objetivos diferentes que pueden utilizarse según el tamaño de la pieza que se quiera fabricar.



Figura 2: Objetivos y características

El set de características pequeñas es el de mayor resolución de los tres disponibles, tiene una resolución mínima de unos 200 nm. Esto implica un mayor tiempo de impresión y un volumen máximo de 0,1 mm<sup>3</sup>, el menor de los tres sets. El set de características medianas imprime volúmenes de hasta 50 mm<sup>3</sup> con elementos estables de 10 μm y estructuras de hasta 8 mm de altura. Por último, el set de características grandes es el que presenta una velocidad de impresión y un volumen de impresión mayores. El volumen de impresión máximo alcanza los 400 mm<sup>3</sup>, con elementos estables a partir de 20 μm.

Prototipos impresos hasta el momento

Se han impreso varios microrrobots. La figura 3 corresponde a un microrrobot nadador de tipo flagelo plano de 4 mm de largo. La cabeza hueca se rellenó posteriormente con una mezcla de nanopartículas magnéticas. De esta manera, se permite el nado del microrrobot mediante el accionamiento de campos magnéticos. Este trabajo se realizó con el objetivo de características de tamaño mediano.

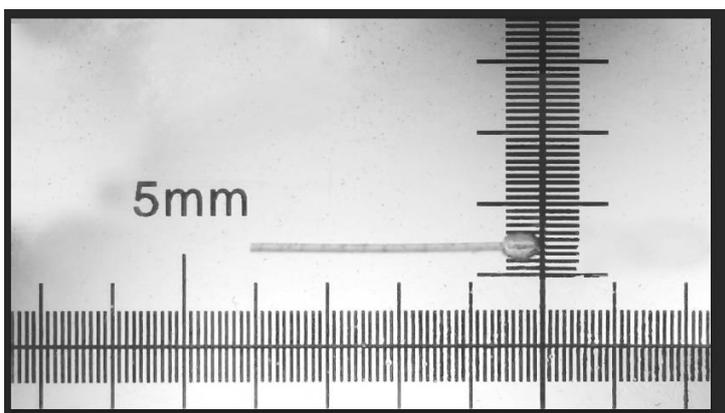


Figura 3: Microrrobot 1

El microrrobot de la Figura 4 es de tipo flagelo con sección circular y cabeza en forma de elipsoide. Está apoyado mediante dos pilares sobre un substrato. Mide 1 mm de largo

y el diámetro de los pilares y el flagelo es de 20  $\mu\text{m}$ . La fabricación se ha llevado a cabo utilizando el objetivo de características pequeñas.

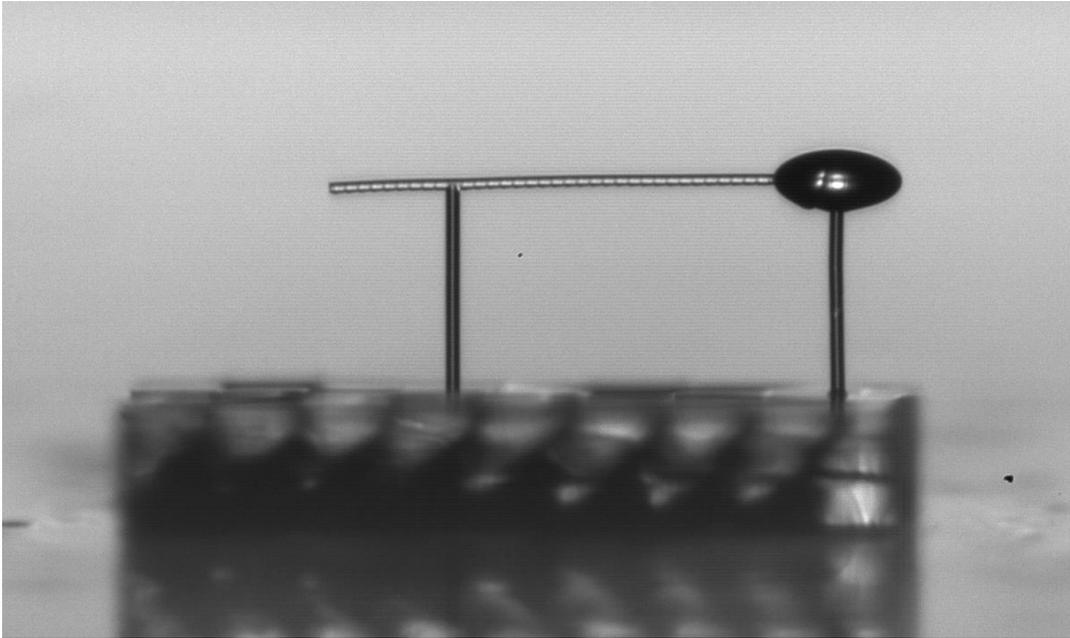


Figura 4: Microrrobot 2

El microrrobot está diseñado para ser parte de un experimento en el que se estudia su interacción con el fluido. El esquema del experimento está en la Figura. El sustrato se fija a la lámina de PDMS que forma el canal en la zona de estudio. Mediante el sistema de visualización se visualiza como interacciona el fluido con la estructura del microrrobot.

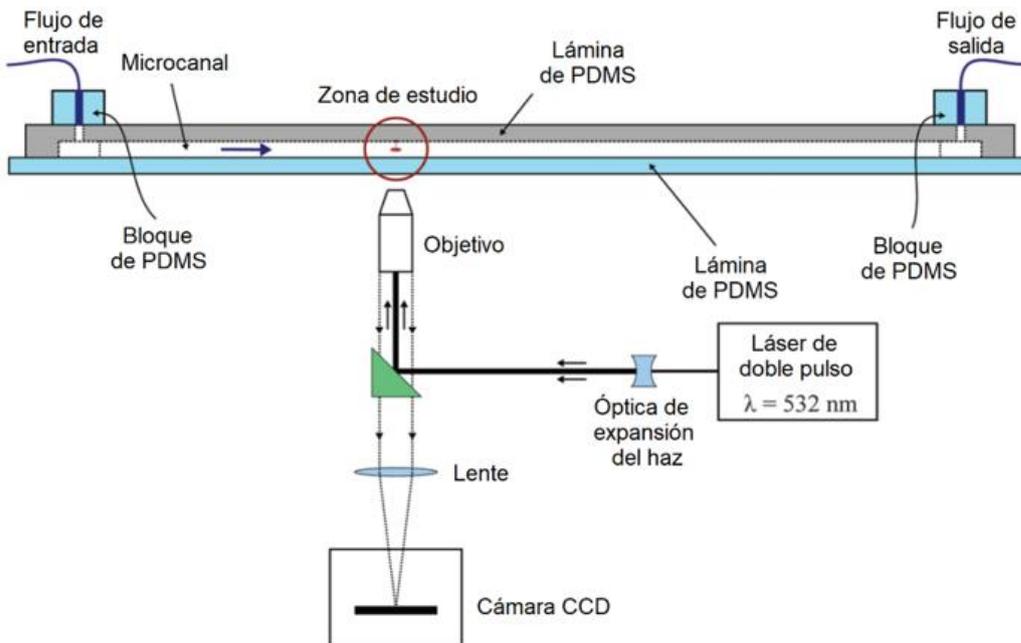


Figura 5: Experimento de interacción robot-fluido

El siguiente ejemplo corresponde con la punta de un canal microfluídico. Estos canales de tamaños micrométricos se utilizan para estudiar el comportamiento de los fluidos. En concreto, se ha fabricado un microcanal que permite generar un chorro de 4 micras de diámetro.

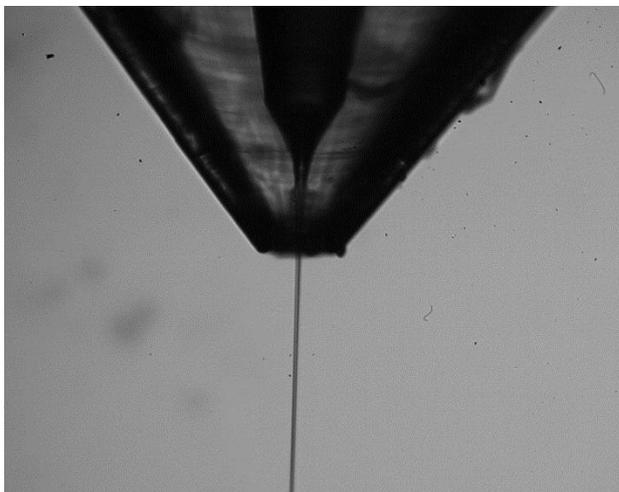


Figura 6: Microcanal

Dimatrix DMP-2850: Impresora de inyección de tinta para la deposición de materiales fluidos



Figura 7: Dimatrix DMP-2850

Se trata de un sistema de sobremesa que permite la deposición de materiales sobre numerosos tipos de superficie de hasta 25 mm de grosor y de tamaño A4. Algunos ejemplos de material pueden ser plástico, vidrio, cerámica y silicio, así como sustratos

flexibles, desde membranas, geles y películas finas hasta productos de papel. Además, el equipo está diseñado para inyectar con micro-precisión una gran variedad de fluidos funcionales, incluidos materiales metálicos y orgánicos basados en nanopartículas, haciendo uso de cartuchos piezoeléctricos de inyección de tinta intercambiables y rellenables. Su funcionamiento está basado en la modificación de los impulsos electrónicos enviados al dispositivo piezoeléctrico de eyección de tinta y la observación a través de una cámara con el fin de conseguir que se genere una gota con características óptimas para la impresión. De esta manera se pueden depositar gotas de hasta un diámetro mínimo de 20  $\mu\text{m}$ .

La gran versatilidad en el uso de sustratos y tintas en este equipo facilita en gran medida el desarrollo de prototipos de productos, desde circuitos flexibles, etiquetas RFID o pantallas, hasta matrices de ADN.

Hasta el momento, se ha realizado la impresión de diseños electrónicos. La imagen se corresponde con un diseño impreso sobre papel de cuatro electrodos interdigitados con una distancia entre ellos de 100  $\mu\text{m}$ . Estos electrodos serán utilizados para la fabricación de sensores electro-ópticos sensibles a gases de efecto invernadero, con el fin de detectarlos.

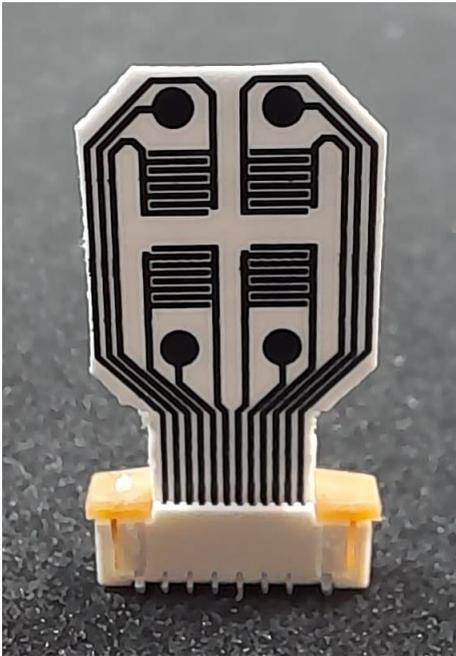


Figura 8: Circuito sobre papel

CoventorMP: una plataforma de herramientas para diseñar y simular sistemas microelectromecánicos (MEMS)

Coventor es una plataforma software avanzada que resuelve los retos de modelado de procesos, automatización de diseños e integración de sistemas microelectromecánicos. La suite está formada por MEMS+, para una simulación compacta, ideal para diseñar y optimizar dispositivos MEMS que dependen de la electroestática para la actuación y sensorizado, y CoventorWare que ofrece características específicas para el diseño de MEMS que lo diferencian de otras herramientas de análisis de elementos finitos de propósito general.

### Valor añadido e impacto científico-tecnológico de la adquisición

En general, el equipamiento solicitado permite completar procesos micro y nanoelectrónicos e integración de nuevos materiales funcionales, tecnologías, simulación y modelización para componentes electrónicos, integración heterogénea de microsistemas, micro/nano sensores y actuadores, lab-on-a-chip, electrónica impresa y orgánica, dispositivos y sensores ópticos y fotónicos, tecnologías de integración 3D, circuitos y sistemas.

Al mismo tiempo, permite expandir significativamente las capacidades investigadoras y de innovación, permitiendo abordar campos extraordinariamente novedosos construyendo sobre la base de la experiencia previa. Estas nuevas facilidades permiten aumentar la capacidad de cooperación internacional y de investigación en la frontera del conocimiento de los grupos, facilitando su participación en proyectos de I+D+I transnacionales competitivos. Como ejemplos de lo ya conseguido se pueden citar:

1. Colaboración con la Universidad de Oporto: figuras 4 y 5
2. Solicitud de proyecto coordinado (ICMM-CSIC, UPV/EHU, UEX) en la convocatoria 2021 de Proyectos de Transición Ecológica y Transición Digital: Diseño y fabricación de nanoestructuras 3D para electrónica de bajo consumo

### Técnicas o investigaciones que el equipo permitirá desarrollar o abordar

Según las líneas de investigación los principales beneficios se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Fabricación de sensores MEMS wearables (vestibles) que puedan ser embebidos en ortesis y exoesqueletos más vestibles que los actuales y en concreto estamos interesados en electrodos de EMG, sistemas de medida inercial y sensores de fuerza (FSR) y sensores de gases y biosensores.. Estos sensores pueden tener un fin no sólo de ingeniería de rehabilitación, sino también de diagnóstico de distintas patologías de la marcha, valoración funcional en biomecánica, aplicaciones deportivas, ropa deportiva inteligente, etc. siempre que se puedan integrar directamente en la ropa.
- Fabricación de electrodos de electroestimulación (FES) en escalas micro para estimulación distribuida y optimizada de grupos musculares frente a los sistemas actuales con electrodos de mayores dimensiones, que realizan la estimulación de una forma más grosera. De gran interés en exoesqueletos híbridos que

combinan actuación robótica y FES y también en ropa inteligente que integre FES y sea de interés por ejemplo en rehabilitación y/o envejecimiento activo.

- Fabricación de dispositivos microfluídicos con una resolución muy superior a la de las herramientas de las que dispone el Grupo de Investigación de Mecánica de Fluidos. Esto supondrá la posibilidad de realizar experimentos con mayor precisión, así como desarrollar nuevos dispositivos para la producción controlada de estructuras fluidicas en la micro y nanoescala.
- Fabricación de microrrobots para aplicaciones médicas, especialmente robots nadadores tipo flagelo bacteriano.
- Fabricación de microcajas definidas, respaldadas por una red dada de carriles microfluídicos, para controlar microcolonias bacterianas y probar el comportamiento de diferentes componentes antibacterianos en la biopelículas.
- Fabricación de microsensores de gases y biosensores para la detección de compuestos orgánicos volátiles y biológicos para su integración en ropas y etiquetas inteligentes, orientados hacia dispositivos sensores que operan a temperatura ambiente, lo que implica el uso de novedosos materiales nanoestructurados sensibles capaces de actuar como capas activas a estas temperaturas.

#### Equipo responsable y potencial de utilización por parte de otros grupos de investigación

El equipo responsable estará formado por representantes de los grupos de investigación involucrados en la acción, y será el siguiente:

- Blas Manuel Vinagre Jara (Coordinador)
- Juan Francisco Duque Carrillo
- José María Montanero Fernández
- María Luisa González Martín
- Pedro Miranda González
- Francisco Javier Alonso
- Jesús Lozano Rogado

#### **Relación de grupos potenciales utilizadores y uso previsto**

##### Grupo de Robótica, Automática y Sistemas de Producción

Participantes:

- Blas Manuel Vinagre Jara (CU)
- Inés Tejado Balsera (CD)

Líneas de investigación:

- Microrrobótica
- Mecatrónica

##### Grupo de Tecnología Electrónica

Participantes:

- Juan Francisco Duque Carrillo (CU)
- Raquel Pérez-Aloe Valverde (TU)

- José Luís Ausín Sánchez (TU)
- Miguel Ángel Domínguez Puertas (CD)

Líneas de investigación:

- Diseño y verificación de circuitos integrados de aplicación específica.

### Grupo DÉDALO

Participantes:

- Francisco Javier Alonso (TU)
- Francisco Romero Sánchez (AD)

Líneas de investigación:

- Biomecánica e Ingeniería de Rehabilitación

### Grupo Ingeniería Mecánica y de Fluidos

Participantes:

- José María Montanero Fernández (TU)
- Guadalupe Cabezas Martín (TU)
- Conrado Ferrera Llera (CD)
- Emilio José Vega Rodríguez (CD)
- Noelia Rebollo Muñoz (Ay)

Líneas de investigación:

- Microfluídica

### Grupo Especializado en Materiales

Participantes:

- Antonia Pajares Vicente (CU)
- Pedro Miranda González (TU)

Líneas de investigación:

- Andamiajes nanoestructurados para ingeniería de tejido óseo.
- Metamateriales y estructuras auxéticas.
- Nanocomposites con fases interpretadas obtenidos a partir de impregnación de preformas obtenidas por nanoimpresión 3D

### Grupo de Investigación en Percepción y Sistemas Inteligentes

Participantes:

- Jesús Lozano Rogado (TU)

- José Luis Herrero Agustín (TU)
- Pablo Carmona del Barco (TU)
- José Manuel Perea Ortega (CD)

Líneas de investigación:

- Sensores olfativos artificiales
- Sensores de gases

### Grupo Biosuperficies y Procesos Interfaciales

Participantes:

- María Luisa González Martín (CU)
- Amparo María Gallardo Moreno (TU)
- Miguel Ángel Pacha Olivenza (AD)

Líneas de investigación:

- Caracterización superficial
- Adhesión de microorganismos

El equipamiento descrito no existía en la Universidad de Extremadura, y es escaso en el territorio nacional. Esto hace que, además de los grupos comprometidos en la acción, pueda haber otros en la propia universidad o en otras interesados en la utilización del equipamiento. Por ejemplo, grupos de investigación en óptica y fotónica, dinámica molecular y biología sintética o TICs estarán por naturaleza muy interesados en el uso del equipamiento.

En nuestro entorno, es manifiesto el interés por el uso de este equipamiento del Centro de Cirugía de Mínima Invasión Jesús Usón.

También ha manifestado su interés la red española en micro y nanosistemas (IBERNAM), que considera este equipamiento de gran valor para los grupos de investigación participantes, así como el Consejo Superior de Investigaciones Científicas a través de sus centros:

1. Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid
2. Instituto de Microelectrónica de Sevilla

### Producción Científica

Paloma Rodríguez, Enrique Mancha-Sánchez, Almudena Bravo, Cristina Nuevo-Gallardo, Inés Tejado y Blas M. Vinagre, "Fabricación de microrrobots: MEMSLaB de la Universidad de Extremadura", Actas XLII Jornadas de Automática, pp. 160-167, Castellón 2021.

Fotos FEDER



Figura 9: Ubicación MEMSLaB



Figura 10: Equipo Nanoscribe



Figura 11: Equipo Fujifilm