FOTÓNICA21

Plataforma Tecnológica Española de Fotónica

Priorización de Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación en el ámbito de la Fotónica

Fotónica
Plataforma Tecnológica Española de Fotónica

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD

Proyecto financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad

FOTÓNICA21

Editado por FOTÓNICA21,
con la colaboración de

Francisco López, Ignacio Garcés, Carles Oriach, Pablo Romero, Juan-Carlos Dürsteler, José Luis Arce, Teresa Molina, Jorge Sánchez, Julio Plaza del Olmo, Miguel Ángel Piqueras, Francisco López Royo, Santiago Simón.

Agradecimiento a los miembros de FOTÓNICA21 por su participación en el proceso de priorización y la elaboración de las líneas de I+D+i

Priorización de Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación en el ámbito de la Fotónica by Plataforma Tecnológica Española de Fotónica (Fotónica21) is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional License.

Índice

01	Contribución de la Fotónica a la resolución de los Retos de la Sociedad	8
02	Proceso de priorización	16
03	Líneas de I+D+i priorizadas	24
	- Resultados de priorización: Investigación y Desarrollo	24
	- Resultados de priorización: Desarrollo e Innovación	26
	- Líneas de Investigación y Desarrollo priorizadas	28
	- Líneas de Desarrollo e Innovación priorizadas	43
	- Otras líneas de Investigación y Desarrollo priorizadas por los Grupos de Trabajo	53
	- Otras líneas de Desarrollo e Innovación priorizadas por los Grupos de Trabajo	66
04	Grupos de trabajo y datos de contacto	78
05	Anexo (Extracto del Plan Estatal de Investigación científica, técnica y de innovación)	82

Robert López
Presidente Fotónica21

Siguiendo el paradigma de la rápida evolución de la electrónica que siguió a la invención del transistor en la década de 1940, durante las décadas venideras la Fotónica afectará la mayoría de las áreas de nuestras vidas, revolucionando las sociedades y las industrias de todo el mundo.

La Fotónica habilitará:

- El desarrollo de la infraestructura para la Internet del futuro con capacidad multi-terabit, capaz de hacer aparecer nuevos productos y servicios sofisticados que aprovechen plenamente esta conectividad, con gran impacto potencial sobre la sociedad europea en todos los ámbitos de las actividades humanas. El impacto económico derivado de la puesta en marcha de nuevos modelos de negocio asociados a las nuevas capacidades tecnológicas será enorme. La implementación de nuevos conceptos basados en la Fotónica reducirá drásticamente el consumo de ene rgía global de nuestros futuros sistemas de telecomunicaciones.

- Nuevos procesos de fabricación flexibles con una calidad extraordinaria permitirán la personalización masiva de productos, la fabricación rápida y la producción con cero defectos. Procesos innovadores basados en láser aportarán una gran ventaja competitiva a la industria manufacturera europea. Por ejemplo, a través de la mejora de la eficiencia de los dispositivos fotovoltaicos y habilitando dispositivos de almacenamiento de energía de mayor capacidad, requisitos clave para los futuros coches eléctricos y vehículos ligeros.

- Enfoques radicalmente nuevos en la atención sanitaria permitirán pasar de los tratamientos actuales –sumamente costosos después de la aparición de una enfermedad– a la detección y prevención de la patología en la etapa más temprana posible, ofreciendo una mayor capacidad de supervivencia del paciente, tratamiento menos intensivo y costes de atención post-tratamiento significativamente reducidos. Métodos quirúrgicos menos invasivos, que utilizan herramientas miniaturizadas y automatizadas serán capaces de localizar y eliminar completamente los tumores. Tratamientos no invasivos o mínimamente invasivos basados en luz muy concentrada, utilizados en combinación con otros enfoques terapéuticos y junto con el diagnóstico en tiempo real basado en Fotónica, mejorarán considerablemente su eficacia y acelerarán la recuperación.

- La transición en los sistemas de iluminación hacia tecnologías de bajo consumo energético, basadas en LED y OLED, así como la implementación de sistemas para control inteligente de los mismos darán lugar a reducciones sustanciales en las necesidades de energía para iluminación en todo el mundo.

- Los sensores fotónicos y de imagen contribuirán a la conservación del medio ambiente mediante la detección avanzada y temprana de agentes contaminantes. Además, asegurarán niveles más altos de seguridad en aplicaciones avanzadas de vigilancia y la detección de mercancías no autorizadas.

Además, las tecnologías de electrónica impresa, orgánica y de área extensa permitirán:

- La plena integración de dispositivos fotovoltaicos híbridos y sistemas digitales para control de la iluminación en interiores y ventanas, lo que resultará en edificios y comunidades que generan más energía de la que consumen, “zero energy communities”.

- Etiquetas ecológicas inteligentes que pueden proporcionar funcionalidad electrónica en el ámbito del producto individual (código de barras electrónico inteligente), permitirá el establecimiento de las bases de una “Internet de las cosas omnipresente”.

Tecnologías Fotónicas – grandes contribuyentes al desarrollo económico en Europa.

El mercado de la Fotónica mundial actual se estima en 300 mil millones de euros, y el impacto de la Fotónica en otras industrias es sustancialmente mayor en términos de facturación y nivel de empleo. De este mercado mundial, Europa tiene una cuota global del 20%, llegando al 45% en sectores fotónicos clave específicos.

La Comisión Europea ha reconocido la importancia de la Fotónica identificándola como una de las cinco tecnologías facilitadoras clave para el futuro de Europa, camino que ha seguido España asignándole el mismo carácter en la Estrategia Estatal de Investigación Desarrollo e Innovación.

Es momento ahora de combinar los recursos a todos los niveles, europeo, nacional y regional para fortalecer al sector de modo significativo, y que siga manteniendo el liderazgo en las nuevas tecnologías fotónicas avanzadas. Este impulso posibilitará atacar los grandes retos sociales de la sociedad moderna y, como consecuencia directa, maximizar los beneficios económicos derivados de la próxima generación de productos fotónicos o habilitados por la Fotónica.

La Academia, los institutos de investigación en Fotónica y la industria deben aprovechar este momento para trabajar junto con las administraciones para definir una estrategia coordinada y compartida para potenciar la innovación en el sector facilitando el desarrollo rápido de nuevos productos y logrando minimizar el *"time-to-market"* de los mismos. Esta estrategia debe combinar los apoyos a la I+D, la innovación y la financiación. Conseguir masa crítica en este reto común será esencial para identificar las alianzas eficientes y orientadas al mercado entre actores públicos y privados.

En este sentido, la Comisión Europea y la Plataforma Tecnológica Europea Photonics21, lanzaron en diciembre de 2013 una alianza clave con el formato *PPP- Public Private Partnership,* dotada con 700 millones de euros para el periodo 2014-2020 y en la que se aúnan fuerzas entre el sector público y la industria para potenciar aquellas temáticas que se considera claves para el futuro próximo.

En este marco de efervescencia, apoyo, reconocimiento y posibilidades de futuro se centra este trabajo.

La Plataforma Tecnológica Española de Fotónica, FOTONICA21, ha realizado entre sus más de 200 miembros un ejercicio de priorización, para definir con concreción, y poder trasmitir sintiendo el apoyo del sector, cuáles son las temáticas de Investigación y Desarrollo (I+D) y de Desarrollo e Innovación (D+i) más importantes que deben ser apoyadas sin duda en los próximos años.

Puntos de partida clave para este análisis son los documentos previamente generados por la plataforma, Agendas Estratégicas de Investigación, estudios de impacto del sector, así como la información elaborada por la plataforma europea o la propia Comisión.

Ha sido éste un ejercicio *bottom-up,* en el que cada uno de los grupos de trabajo ha definido las tres o cuatro temáticas de I+D y D+i que considera que deben ser priorizadas en el ámbito nacional. Todas estas propuestas han sido posteriormente sometidas a la priorización por parte de todos los miembros de la plataforma, con una participación cercana al 45%.

Uno de los resultados más importantes de este ejercicio de introspección y priorización es que las temáticas priorizadas por la industria y la academia son coincidentes, lo que en nuestra opinión es un factor de alineación muy importante que da fuerza a este análisis de prioridades.

El objetivo de este trabajo es mostrar a las administraciones y al público en general las prioridades temáticas que, en el marco de la definición de la Fotónica como KET *(Key Enabling Technology)* y de los Retos de la Sociedad, deben ser apoyadas para acelerar la innovación y la aparición de productos y servicios avanzados y con posibilidades de éxito en el mercado.

La identificación de estas temáticas, así como el apoyo explícito que esperamos para ellas supondrá poner en valor los múltiples proyectos de investigación que en la temática se han llevado a cabo en los últimos años y que han logrado un posicionamiento de la Fotónica en España a un nivel muy importante. Ahora es momento de transformar en innovaciones orientadas al mercado estos conocimientos. Esto solo será posible si se integra toda la cadena de valor de la innovación en las posibles herramientas que se utilicen para el apoyo a estas temáticas. Tener a los actores necesarios implicados desde el principio es garantía de que la cadena hacia la innovación no se rompe en ningún momento.

La cooperación público-privada, tal como ya se está implementando a nivel europeo, va a ser fundamental para lograr concretar este avance. Desde el sector de la Fotónica estamos como siempre abiertos a explorar posibilidades y proyectos piloto que nos permitan testar cuál es el mejor modo para lograr pasar el *valle de la muerte* que lleva de la I+D al mercado y conseguir, al fin y al cabo, que aparezcan nuevas oportunidades de negocio que se traduzcan en competitividad, riqueza y negocio.

Robert López
Presidente
Plataforma Tecnológica Española de Fotónica – FOTONICA21

Junio de 2014

01 Contribución de la Fotónica a la resolución de retos de la sociedad

Es comúnmente aceptado que las empresas que dispondrán de mayores oportunidades de éxito en los próximos años serán aquéllas que den respuesta a grandes retos, esto es, lancen aplicaciones y soluciones que mejoren los aspectos clave de la sociedad.

El PLAN ESTATAL DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA, TÉCNICA Y DE INNOVACIÓN recoge los ochos Retos de la Sociedad a los que las actividades de I+D y de innovación deberán dar respuesta en los próximos años si, por un lado, se quiere reforzar la posición de la industria española y por otro lado, mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. Estos retos sociales son:

- Salud, cambio demográfico y bienestar.
- Seguridad y calidad alimentaria; actividad agraria productiva y sostenible; sostenibilidad de recursos naturales, investigación marina y marítima.
- Energía segura, eficiente y limpia.
- Trasporte sostenible, inteligente e integrado.
- Cambio climático y eficiencia en la utilización de recursos y materias primas.
- Cambios e innovaciones sociales.
- Economía y sociedad digital.
- Seguridad, protección y derechos.

La Fotónica estará en el corazón de los avances hacia las soluciones de estos retos:

I. Salud, cambio demográfico y bienestar

En este reto social se engloban aspectos como son los relacionados con la calidad de vida, la rehabilitación y entornos asistidos, la nanomedicina y medicina personalizada, la prevención y detección precoz de enfermedades, la genómica, proteómica, biotecnología, nanotecnología, TIC, industria farmacéutica, biotecnológica, tecnologías sanitarias, e-health, alimentación, cosmética, veterinaria, química, ingeniería, materiales, equipamiento e imagen médica.

En el ámbito de la salud, uno de los objetivos básicos es pasar de los costosos tratamientos post-detección de las enfermedades a la detección y prevención temprana que aumentarán las probabilidades de supervivencia de los pacientes. Así mismo, se necesitarán tratamientos menos agresivos que reduzcan significativamente los inconvenientes post-tratamiento. También se podrán emplear métodos quirúrgicos menos invasivos, basados en instrumentos miniaturizados y/o automáticos que localizarán y extirparán completamente los tumores. Las técnicas foto-quirúrgicas empleando sustancias fotosensibles avanzarán considerablemente.

Se espera que la detección temprana de tumores y otras patologías sea mejorada mediante el desarrollo de nuevos sensores y técnicas multiespectrales e hiperespectrales de microscopía y espectroscopia, así como, de técnicas ópticas tomográficas y de nuevos sistemas endoscópicos y sondas de fibra óptica, que permitirán realizar el diagnóstico a nivel celular o tisular. Muchos procesos actuales mejorarán y permitirán, por ejemplo, la medida funcional en tiempo real de muestras biológicas tridimensionales. Nuevas técnicas de captura y procesado de imagen menos invasivas y con menor necesidad de radiación se desarrollarán como integración de técnicas fotónicas y no fotónicas.

Las técnicas de micro y nano fabricación y microfluídica permitirán diagnosticar enfermedades mediante biodispositivos integrados, *Lab on a Chip,* que realizarán análisis y detección con métodos no invasivos o mínimamente invasivos, con sensores fotónicos y ultra sensibles. Permitirán monitorizar simultáneamente un gran número de parámetros del paciente, allí donde esté.

II. Seguridad y calidad alimentaria; actividad agraria productiva y sostenible; sostenibilidad de recursos naturales, investigación marina y marítima

Donde se recogen temas como el uso eficiente del agua en regadíos, sistemas agroforestales y agroindustriales, la gestión incendios forestales, su prevención y extinción, la aplicación de técnicas de teledetección y TIC en la gestión de recursos naturales y agroalimentarios, forestal y pesquero, la biotecnología aplicada a la protección vegetal, sanidad animal, producción de biomasa y los nuevos procesos de producción y conservación de alimentos de forma inteligente.

En este ámbito es de especial interés el empleo de dispositivos de detección, como son los detectores fotónicos, con las ventajas que esto supone, sin olvidarnos de otras técnicas. Los más recientes avances en microscopía y espectroscopia están ya jugando un papel importante. De nuevo, el empleo de técnicas de imagen resulta de gran interés en muy diversas aplicaciones. Por ejemplo, la combinación de técnicas de imagen hiperespectral con técnicas láser como el LADAR se empieza a utilizar en la prevención de incendios o identificación de agentes contaminantes tanto en el aire como en el agua.

Por lo tanto, los sensores fotónicos en general y las técnicas de imagen en particular (convencional, multiespectral e hiperespectral) contribuirán a la conservación del medioambiente mediante la detección avanzada y precoz de contaminantes, al mismo tiempo que proporcionarán niveles más elevados de seguridad mediante el empleo de sofisticados métodos de supervivencia y de detección de sustancias ilegales.

III. Energía segura, eficiente y limpia

En este reto se recoge todo lo relacionado con la generación de energía: energía eólica, solar, bioenergía, energía marina y redes inteligentes, así como el estudio de las infraestructuras de captura y almacenamiento geológico de CO_2. Es en especial en temas relacionados con energías renovables en los que la Fotónica incide de forma muy especial, sobre todo, pero no únicamente, en las solares, por motivos obvios.

La Fotónica contribuye al progreso en la generación y aprovechamiento de energías renovables de muchas las formas, algunas más directamente que otras. Por ejemplo, las técnicas de diseño óptico están permitiendo

mejorar la eficiencia de los dispositivos para la concentración de la luz del Sol, especialmente en los sistemas de generación de energía foto-térmica. Mediante el empleo de técnicas ópticas de digitalización tridimensional, se puede además hacer el control dimensional de estos elementos ópticos. Mediante métodos espectrofotométricos se contribuye a la mejora de los materiales empleados para absorber o transmitir la radiación del Sol, al conocer mejor sus propiedades ópticas. Gracias a esto se mejora la formulación de los recubrimientos absorbentes en generación de energía solar-térmica o, se asegura la transparencia de los empleados en solar fotovoltaica. El análisis de imagen está demostrando ser útil en muy diversas aplicaciones, desde el control de calidad en las líneas de fabricación de módulos fotovoltaicos a la automatización de grandes instalaciones de energía solar-térmica mediante el análisis de imágenes térmicas. El empleo de sensores de fibra óptica permite conocer el esfuerzo mecánico al que se ven sometidos los materiales sobre los que se colocan. Su aplicación en alabes de aerogeneradores permite, además de regularlos, mejorar sus diseños. Las técnicas de fabricación con láser además de suponer en sí mismas métodos limpios de fabricación, permiten llevar a cabo procesos sobre materiales difíciles de procesar con otras técnicas, como los empleados en la generación de energía solar fotovoltaica o la soldadura de las conducciones de fluidos en instalaciones de energía solar térmica.

IV. Transporte sostenible, inteligente e integrado

El desarrollo de un sistema de transporte que utilice eficientemente los recursos y sea competitivo, seguro y asequible, el aumento de la seguridad del transporte y la incorporación de tecnologías emergentes en infraestructuras, vehículos y ciudades inteligentes, son los temas fundamentales que recoge este reto. Para ello, serán fundamentales los nuevos métodos de fabricación, el empleo de sistemas globales de navegación, las TICs para un transporte inteligente, sin olvidarnos de la aplicación de avances tecnológicos al ferrocarril o la aplicación de nuevos materiales y su reciclado.

Son probablemente las técnicas de fabricación Fotónica las que jueguen un papel más destacado en este eje, sin olvidarnos por supuesto de las aplicaciones TIC basadas en fibra óptica. En este sentido hay que reconocer que las tecnologías Fotónicas de fabricación están resultando ya estratégicas en el desarrollo de la industria y su competitividad en general. Herramientas de fabricación como el láser permiten automatizar procesos de forma

flexible, produciendo componentes y productos de extraordinaria calidad. La tendencia a la personalización y la creciente importancia del diseño industrial requerirá de nuevos métodos que permitan nuevas geometrías y capacidades de fabricación por lotes, así como de nuevas herramientas de metrología y control en tiempo real que permitan la fabricación con cero defectos. La flexibilidad inherente de la herramienta láser la convierten en la elección ideal para satisfacer estos requisitos. Además, ventajas como el no desgaste de herramienta y la integración de sistemas de monitorización y control basados en técnicas de sensado fotónico inteligente, permitirán alcanzar una producción con cero defectos, aspecto que repercute directamente en un incremento de la calidad y reducción de deshechos.

Los retos de desarrollo futuros se enfocarán en ampliar el rango de aplicación de las tecnologías de producción con láser. Algunas oportunidades realistas son: la conversión de energía, la electrónica, los materiales híbridos, las construcciones ligeras, la personalización masiva e inmediata, la microfabricación y el *rapid manufacturing.* Además, dada la forma precisa, controlable y localizada de aportar la energía, los procesos láser contribuyen, por si mismos, a obtener una fabricación más limpia, *verde.*

V. Cambio climático y eficiencia en la utilización de recursos y materias primas

Reto que persigue la promoción de la generación de conocimiento científico de procesos, mecanismos, funcionamiento e interacciones de los océanos, los ecosistemas terrestres y marinos y la atmósfera. El desarrollo de redes de observación sistemática del clima o la operatividad de Sistemas Globales de Observación de la Tierra (GEOS), serán de especial importancia. Por lo tanto, la I+D+i en procesos industriales y productos menos contaminantes, como los fotónicos, reduciendo el volumen de emisiones y eficientes desde el punto de vista del consumo de materias primas y energía, resultarán prioritarios también para este reto. Sin olvidarnos de la I+D+i en la búsqueda de alternativas a los contaminantes orgánicos persistentes, los metales pesados, y en general las sustancias y compuestos químicos restringidos.

Aquí son, de nuevo, los sensores fotónicos en general y, las técnicas de imagen en particular (convencional, multiespectral e hiperespectral) las técnicas fotónicas que pueden tener un papel más relevante, mediante la detección avanzada y precisa de parámetros medioambientales.

VI. Cambios e innovaciones sociales

La integración del triángulo del conocimiento son elementos decisivos para el mantenimiento y mejora de la calidad de vida y el bienestar de los ciudadanos. Por lo tanto, no podemos olvidarnos de la investigación en ciencias sociales y humanidades. Aspectos recogidos en este reto son el análisis del mercado laboral, el ajuste entre la educación y el empleo y las mejoras del sistema educativo, la sostenibilidad y transformación del estado del bienestar, la internacionalización y globalización de las actividades económicas, empresariales y competitividad de la economía española, las innovaciones organizativas y, especialmente, la aceptación social de la tecnología, la innovación y el riesgo.

Es, quizás, en temas como el patrimonio arqueológico y cultural, su catalogación y explotación sostenible, también contemplados en este reto, sobre el que el empleo de técnicas fotónicas tengan más impacto. El empleo de técnicas de digitalización tridimensional ópticas, así como de los métodos de análisis de imagen hiperespectral, se están generalizando en estos ámbitos, jugando un papel clave tanto en la conservación del patrimonio como en su divulgación apoyada en los también recientes avances de las TIC.

VII. Economía y sociedad digital

En este reto se recogen las TIC como factores claves en la mejora de la competitividad de las empresas y de la eficiencia de las Administraciones. Se impulsará la adopción de las tecnologías digitales y el desarrollo de la Sociedad de la Información, se fomentará el despliegue de redes y servicios para garantizar la conectividad digital y se impulsará el sistema de I+D+i en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

Por lo tanto, serán temáticas de este reto los proyectos internacionales TIC, las Smartcities, la movilidad; redes y sistemas móviles, los sistemas y dispositivos basados en inteligencia ambiental, la salud y el bienestar social, con énfasis en las soluciones asistenciales y de emergencia, sin olvidarnos de los sistemas inteligentes de transporte.

En este sentido, y en relación al papel que la Fotónica puede jugar, el avance en las infraestructuras futuras de internet con capacidad multi-terabit vendrá acompañado de nuevos y sofisticados productos y servicios que, explotando

esta conectividad, impactarán en todas las áreas de la sociedad. Además, mediante la utilización de nuevos conceptos de Fotónica se espera conseguir una reducción drástica en los consumos energéticos de los sistemas de telecomunicación futuros, así como un aumento de su seguridad. Aplicaciones audiovisuales sobre cualquier formato o dispositivo, inmersivas, en línea, personalizadas, de alta definición, interactivas, bajo demanda y de 3D que aprovechen estas altísimas capacidades de transmisión llegarán a los hogares y negocios en los próximos años aprovechando las infraestructuras *FTTH (Fiber to the Home),* las filosofías inalámbricas *Gigabyte everywhere* o el desarrollo de *POF (Plastic Optical Fibers)* para las redes domésticas de gran capacidad.

Reconocer, además que, por ejemplo, la integración de dispositivos fotovoltáicos de nueva generación, nuevos materiales fotónicos (orgánicos, inorgánicos procesados en disolución, etc.) y sistemas digitales de control adaptativo de iluminación en edificios y ventanas, junto con las nuevas fuentes de iluminación, propiciarán edificios y ciudades que generarán más energía que la que consuman, *positive energy communities.* La iniciativa europea *Smart Cities* va en esta dirección y pretende la creación de ciudades sostenibles mediante la incorporación de sistemas de ahorro y control energético, entre otros aspectos. En iluminación se alcanzarán muy reducidos consumos energéticos gracias al empleo de tecnología digital, nuevos emisores como los LED u OLED, al mismo tiempo que se integrarán sensores y se emplearán microprocesadores para dotarlos de *inteligencia*.

VIII. Seguridad, protección y derechos

La seguridad, tanto desde el punto de vista militar, aplicaciones para defensa, como civil, es una de las prioridades de las autoridades, que han visto como las amenazas para los ciudadanos, los bienes y los intereses de los países se han hecho más difusas e impredecibles.

En el octavo y último reto se recoge el desarrollo de tecnologías de aplicación a seguridad y defensa. Esto supone, por ejemplo, tecnologías de sistemas de información y comunicaciones para puestos de mando y centros de control; ciber seguridad de redes, sistemas y software, especialmente en infraestructuras críticas; sensores y procesamiento y distribución de información para inteligencia, vigilancia y reconocimiento.

También las tecnologías de aplicación a la protección de las personas, especialmente frente a impactos balísticos, artefactos explosivos y amenazas NBQ y de protección de plataformas e instalaciones críticas y control de fronteras, por ejemplo, mediante biometría.

Así mismo, las tecnologías de aplicación a plataformas (terrestres, navales, aéreas y espaciales), especialmente las relacionadas con los materiales, las soluciones energéticas y su funcionamiento no tripulado (UAV, UGV, etc.), son objeto especial de este reto.

En el terreno del sector defensa, el control de fronteras tienen una importancia capital y es en estas aplicaciones donde las tecnologías espectrales y multiespectrales con avanzados sistemas de procesado de imagen tienen un campo de aplicación importante, si bien la penetración en este dominio es compleja. La protección de infraestructuras críticas y el soporte al despliegue de contingentes en entornos urbanos o zonas de catástrofes son campos abonados para el desarrollo de sensores fotónicos que permitan, por ejemplo la detección de explosivos; o sistemas LADAR, por ejemplo para la identificación de componentes agresivos en zonas de despliegue.

La vigilancia de fronteras exige controlar unos terrenos de grandes dimensiones, por lo que un despliegue de infraestructura fija podría resultar extremadamente costoso por su volumen y las obras civiles necesarias debidas a la orografía del terreno. Por esta razón, los sistemas de vigilancia basados en vehículos aéreos no tripulados, *UAV (Unmanned Aerial Vehicles),* se han convertido en una alternativa muy interesante. El UAV dispondrá de las cabezas sensoras necesarias (cámaras de visión nocturna, sensores térmicos, etc.) que generen los datos que serán procesados a bordo en un primer nivel y enviados vía satélite a un centro de control terreno. La sensorización Fotónica de UAV es uno de los campos de mayor efervescencia en esta área en los próximos años, como consta en la Estrategia de Investigación para la Defensa, publicada por el Ministerio de Defensa español.

La seguridad civil tiene así mismo problemas no resueltos en los que la incorporación de sensores y sistemas de procesado de imagen convencional o hiperespectral tienen mucho que aportar. El control e identificación de pasajeros en transporte público, la vigilancia y detección de elementos extraños en entornos urbanos o la monitorización de la seguridad en infraestructuras (por ejemplo, grandes plantas petroquímicas) son solo ejemplos de los problemas que aún están por resolver.

02 Proceso de Priorización

Dentro del Plan de Trabajo de la Plataforma Tecnológica FOTÓNICA21 para la anualidad 2013, que fue aprobado por el Comité de Representantes y posteriormente por la Asamblea General de la Plataforma, se encontraba diseñar un Plan de Tecnología que sirva como instrumento interno para el sector y para comunicar a las administraciones cuáles son las temáticas en las que se debe focalizar el apoyo para maximizar el impacto de las medidas tomadas en términos de creación de empleo y riqueza. Este trabajo toma como base en la Agenda Estratégica de Investigación (SRA) de FOTÓNICA21, y su objetivo principal es establecer una priorización de tópics o líneas de Investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) que surja del trabajo de toda la base de la plataforma y que refleje aquellas temáticas que se consideran clave para la competitividad del sector.

El planteamiento de priorización debía ser claro, democrático y trasparente. Para ello, se llegó al acuerdo de establecer priorizaciones en dos niveles: actividades de Investigación y Desarrollo (I+D) (más cercanas a la academia, con una aplicación práctica e implementación en productos y procesos industriales a medio y largo plazo) y actividades de Desarrollo e innovación (D+i) (más cercanas a la industria, con implementación a corto o medio plazo) que surgirían desde los diferentes grupos de trabajo de la plataforma y que después deberían ser priorizados por votación de toda la masa de miembros de FOTONICA21.

El proceso de priorización comenzó con la definición de cuatro tópicos por Grupo de Trabajo de FOTÓNICA21[1], 2 líneas de I+D y 2 líneas de D+i. Este trabajo tomó como punto de partida la propia Agenda Estratégica de Investigación de FOTONICA21 así como los documentos de visión y priorización que se han elaborado a nivel europeo.

[1] La identificación de los grupos de trabajo se muestra en el apartado 4, página 78

Finalmente, los coordinadores de grupo decidieron presentar 23 propuestas (12 líneas de I+D y 11 líneas de D+i) que fueron valoradas por los miembros de la Plataforma a través de una encuesta online.

La participación en la encuesta fue amplia, un total de 91 miembros de FOTÓNICA21 dieron su valoración a los tópicos planteados. El proceso permitía que los participantes evaluaran todos los tópicos -fueran o no del grupo de trabajo al que pertenecían- y escogieran los prioritarios en materia de I+D+i para los próximos años, votando de modo separado las temáticas de I+D y las D+i. Se propició así un proceso neutral que entendemos fortalece los intereses a corto y medio plazo del sector de la Fotónica.

En el proceso de valoración cada participante eligió hasta 5 líneas de I+D y hasta 5 líneas de D+i. El cómputo global de todas las valoraciones obtenidas para cada una de las líneas de I+D y de D+i nos identifica aquéllas que son consideradas prioritarias para la comunidad fotónica en España. Tanto en las líneas de I+D como en las de D+i, se han seleccionado como prioritarias las que han obtenido más de un tercio de los votos.

Este proceso se ha realizado a lo largo del primer semestre de 2014.

Las líneas de I+D+i propuestas por cada grupo de trabajo y sobre las que se realizó la encuesta fueron las siguientes:

Líneas de INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

GT1	[I+D]-1	Arquitecturas y tecnologías para redes ópticas programables con altas tasas transmisión.
GT1	[I+D]-2	Arquitecturas y tecnologías de interconexión óptica en todos los niveles de un centro de datos.
GT2	[I+D]-3	Escritura directa con láser para la microfabricación de dispositivos.
GT2	[I+D]-4	Control en tiempo real de procesos láser, para fabricación basada en conocimiento.
GT3	[I+D]-5	Investigación de técnicas de diagnóstico no invasivas o mínimamente invasivas, incluyendo las basadas en biosensores y biomarcadores, que permitan detectar enfermedades en estadios iniciales.
GT3	[I+D]-6	Investigación de la etiología y tratamiento fotónico de las enfermedades degenerativas y las asociadas con las patologías ligadas al envejecimiento, así como el cáncer. Se pondrá énfasis en la relación con las características de cada paciente con el objetivo de favorecer la personalización de los tratamientos.
GT4	[I+D]-7	Materiales y tecnologías de fabricación de OLED de gran formato para iluminación general.
GT4	[I+D]-8	Percepción de la imagen en 3D y estudios de salud ocular en la visión.
GT5	[I+D]-9	Sistemas de navegación automatizada de aplicación en automoción, aeronáutica y ferroviaria a partir de sensores de alta sensibilidad, con capacidades multiespectrales (VIS-NIR-IR) y procesado de señal a nivel detector de área grande - 3D.
GT5	[I+D]-10	Sistema de THz que permita controles en tiempo real (dinámicos) fiables y que minimicen la exposición a Rayos X de las personas para control de fronteras y tráfico de mercancías y personas.
GT6	[I+D]-11	Nuevos materiales (semiconductores, metamateriales, plasmónica, fibra óptica multifuncional…) y sus técnicas de fabricación asociadas.
GT6	[I+D]-12	Integración Fotónica, incluyendo, hibridación con microelectrónica a nivel de chip, placa base y sistema, tecnologías *PIC (Photonic Integrated Circuits),* integración de plataformas genéricas, factorias modelos y fabricación rentable.

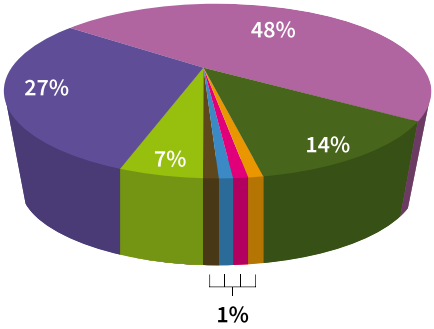
Líneas de DESARROLLO E INNOVACIÓN

GT1	[D+i]-1	Implementación de pilotos de investigación (en entornos docente/ universitario) de redes ópticas versátiles.
GT1	[D+i]-2	Implementación de pilotos de demostración (tipo *Smart Cities*) de redes de acceso, en todo o en parte, de fibra óptica.
GT2	[D+i]-3	Tecnologías Fotónicas para fabricación de Dispositivos Biomédicos.
GT2	[D+i]-4	Desarrollo de nuevos Procesos Híbridos de Fabricación.
GT3	[D+i]-5	Desarrollo de técnicas de diagnóstico mínimamente invasivas de altas prestaciones y/o de bajo coste (posiblemente basadas en sistema móviles) rápidas y fiables, para uso clínico. Se considerarán tanto sistema de diagnóstico como de *screening.*
GT3	[D+i]-6	Desarrollo de dispositivos, incluyendo elementos de nanotecnología que faciliten la aplicación de terapias fotónicas para el tratamiento personalizado de las enfermedades degenerativas y el cáncer de forma mínimamente invasiva.
GT4	[D+i]-7	Materiales y tecnologías de fabricación para LED, para la mejora de eficiencia interna (>80%), conversores de color, gestión de calor, nuevos sustratos y emisores más baratos y eficientes.
GT4	[D+i]-8	Materiales y tecnologías de fabricación de OLED de gran formato para iluminación general.
GT5	[D+i]-9	En el campo de la geriatría y monitorización vital (pacientes críticos) sensores de monitorización remota de constantes vitales de mínima intrusión y seguros.
GT6	[D+i]-10	Dispositivos ópticos de semiconductores, incluyendo láseres semiconductores y de alta potencia y eficiencia, dispositivos de alta velocidad & linealidad para procesado analógico/digital, conversión A/D, conmutación e interconexión, Fotónica activa en silicio (incluyendo III-V/Si) y compatibilidad CMOS y dispositivos no-lineales.
GT6	[D+i]-11	Componentes y técnicas de sensado por luz, incluyendo fuentes ópticas, materiales y estructuras (incluyendo longitudes de onda nuevas y/o amplio rango de sintonía), coatings y superficies funcionalizadas para bio-aplicaciones.

Datos relativos a la participación

La encuesta fue respondida por un total 91 miembros de la Plataforma, de los que 44 pertenecían a organismos públicos de investigación (OPI), 24 a pequeñas o medianas empresas, 13 a centros tecnológicos, 6 a grandes empresas y los cuatro restantes a un cluster, un organismo privado de investigación (fundación), una instalación singular abierta a usuarios y una asociación industrial.

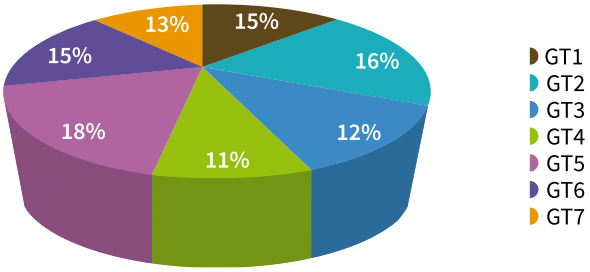
El siguiente gráfico representa en porcentajes la distribución de participantes según la naturaleza de la entidad o empresa.



- GRAN EMPRESA
- PEQUEÑA O MEDIANA EMPRESA
- ORGANISMO PÚBLICO DE INVESTIGACIÓN
- CENTRO TECNOLÓGICO
- CLUSTER
- ORGANISMO PRIVADO DE INVESTIGACIÓN (FUNDACIÓN)
- INSTALACIÓN SINGULAR ABIERTA A USUARIOS
- ASOCIACIÓN INDUSTRIAL

Por lo que respecta a la distribución de los participantes según los grupos de trabajo a los que pertenecen, cabe señalar que el mayor porcentaje de participación lo registraron los miembros del GT5 con un 18%. A éste le siguieron el GT2 (16%), los grupos GT1 y GT6 (ambos con un 15%), el GT7 (13%), el GT3 (12%) y el GT4 (con un 11%).

Los gráficos siguientes muestran la distribución de la participación por grupos de trabajo.



Líneas de I+D+i priorizadas

03 Líneas de I+D+i priorizadas

Resultados priorización: Investigación y Desarrollo

Se muestra a continuación el listado de líneas de I+D ordenándolas según la priorización resultante. Las cinco primeras han obtenido más de un tercio de los votos de los participantes.

GT3	**[I+D]-5**	Investigación de técnicas de diagnóstico no invasivas o mínimamente invasivas, incluyendo las basadas en biosensores y biomarcadores, que permitan detectar enfermedades en estadios iniciales.
GT6	**[I+D]-11**	Nuevos materiales (semiconductores, metamateriales, plasmónica, fibra óptica multifuncional…) y sus técnicas de fabricación asociadas.
GT6	**[I+D]-12**	Integración Fotónica, incluyendo, hibridación con microelectrónica a nivel de chip, placa base y sistema, tecnologías PIC (Photonic Integrated Circuits), integración de plataformas genéricas, factorias modelos y fabricación rentable.
GT5	**[I+D]-9**	Sistemas de navegación automatizada de aplicación en automoción, aeronáutica y ferroviaria a partir de sensores de alta sensibilidad, con capacidades multiespectrales (VIS-NIR-IR) y procesado de señal a nivel detector de área grande - 3D.
GT2	**[I+D]-3**	Escritura directa con láser para la microfabricación de dispositivos.

GT2	[I+D]-4	Control en tiempo real de procesos láser, para fabricación basada en conocimiento.
GT4	[I+D]-7	Materiales y tecnologías de fabricación de OLED de gran formato para iluminación general.
GT1	[I+D]-2	Arquitecturas y tecnologías de interconexión óptica en todos los niveles de un centro de datos.
GT3	[I+D]-6	Investigación de la etiología y tratamiento fotónico de las enfermedades degenerativas y las asociadas con las patologías ligadas al envejecimiento, así como el cáncer. Se pondrá énfasis en la relación con las características de cada paciente con el objetivo de favorecer la personalización de los tratamientos.
GT1	[I+D]-1	Arquitecturas y tecnologías para redes ópticas programables con altas tasas transmisión.
GT4	[I+D]-8	Percepción de la imagen en 3D y estudios de salud ocular en la visión.
GT5	[I+D]-10	Sistema de THz que permita controles en tiempo real (dinámicos) fiables y que minimicen la exposición a Rayos X de las personas para control de fronteras y tráfico de mercancías y personas.

Resultados priorización: Desarrollo e Innovación

Se muestra a continuación el listado de líneas de D+i por orden, según la priorización resultante. Las cinco primeras han obtenido más de un tercio de los votos de los participantes.

GT2	**[D+i]-3**	Tecnologías Fotónicas para fabricación de Dispositivos Biomédicos
GT6	**[D+i]-11**	Componentes y técnicas de sensado por luz, incluyendo fuentes ópticas, materiales y estructuras (incluyendo longitudes de onda nuevas y/o amplio rango de sintonía), coatings y superficies funcionalizadas para bio-aplicaciones.
GT2	**[D+i]-4**	Desarrollo de nuevos Procesos Híbridos de Fabricación.
GT3	**[D+i]-5**	Desarrollo de técnicas de diagnóstico mínimamente invasivas de altas prestaciones y/o de bajo coste (posiblemente basadas en sistema móviles) rápidas y fiables, para uso clínico. Se considerarán tanto sistema de diagnóstico como de screening.
GT3	**[D+i]-6**	Desarrollo de dispositivos, incluyendo elementos de nanotecnología que faciliten la aplicación de terapias fotónicas para el tratamiento personalizado de las enfermedades degenerativas y el cáncer de forma mínimamente invasiva.

GT6	[D+i]-10	Dispositivos ópticos de semiconductores, incluyendo láseres semiconductores y de alta potencia y eficiencia, dispositivos de alta velocidad & linealidad para procesado analógico/digital, conversión A/D, conmutación e interconexión, Fotónica activa en silicio (incluyendo III-V/Si) y compatibilidad CMOS y dispositivos no-lineales.
GT4	[D+i]-7	Materiales y tecnologías de fabricación para LED, para la mejora de eficiencia interna (>80%), conversores de color, gestión de calor, nuevos sustratos y emisores más baratos y eficientes.
GT4	[D+i]-8	Materiales y tecnologías de fabricación de OLED de gran formato para iluminación general.
GT1	[D+i]-2	Implementación de pilotos de demostración (tipo Smart Cities) de redes de acceso, en todo o en parte, de fibra óptica.
GT5	[D+i]-9	En el campo de la geriatría y monitorización vital (pacientes críticos) sensores de monitorización remota de constantes vitales de mínima intrusión y seguros.
GT1	[D+i]-1	Implementación de pilotos de investigación (en entornos docente/universitario) de redes ópticas versátiles.

Líneas de Investigación y Desarrollo priorizadas

En las siguientes páginas se desarrollarán las 5 líneas de I+D priorizadas, con especial atención en (i) los retos tecnológicos a resolver en corto, medio, largo plazo; (ii) el impacto económico y (iii) el impacto social y, en concreto, la contribución de cada línea a la resolución de los Retos de la Sociedad.

Las 5 líneas de I+D priorizadas son:

- **GT3 [I+D]-5** Investigación de técnicas de diagnóstico no invasivas o mínimamente invasivas, incluyendo las basadas en biosensores y biomarcadores, que permitan detectar enfermedades en estadios iniciales.
- **GT6 [I+D]-11** Nuevos materiales (semiconductores, metamateriales, plasmónica, fibra óptica multifuncional…) y sus técnicas de fabricación asociadas.
- **GT6 [I+D]-12** Integración Fotónica, incluyendo, hibridación con microelectrónica a nivel de chip, placa base y sistema, tecnologías *PIC (Photonic Integrated Circuits),* integración de plataformas genéricas, factorías modelos y fabricación rentable.
- **GT5 [I+D]-9** Sistemas de navegación automatizada de aplicación en automoción, aeronáutica y ferroviaria a partir de sensores de alta sensibilidad, con capacidades multiespectrales (VIS-NIR-IR) y procesado de señal a nivel detector de área grande – 3D.
- **GT2 [I+D]-3** Escritura directa con láser para la microfabricación de dispositivos.

GT3 [I+D]-5 Investigación de técnicas de diagnóstico no invasivas o mínimamente invasivas, incluyendo las basadas en biosensores y biomarcadores, que permitan detectar enfermedades en estadios iniciales

Descripción

El diagnóstico precoz de las enfermedades, especialmente de los diversos tipos de cáncer y de enfermedades neurodegenerativas y las patologías relacionadas con el envejecimiento como Alzheimer, Degeneración Macular

Senil (DMS) y otras, tiene un impacto muy alto en la tasa de curación y en la evolución de la enfermedad si ésta se cronifica. En este tema se propone la investigación de nuevas técnicas o la evolución de técnicas existentes in vivo no invasivas o mínimamente invasivas que permitan detectar dichas enfermedades en estadios iniciales.

Idealmente las investigaciones deberían conducir a sistemas de diagnóstico y/o cribaje de coste relativamente reducido, para favorecer su universalidad.

En particular resultan prometedoras las técnicas basadas en biosensores y biomarcadores que usando la Fotónica permitan detectar las moléculas que alertan de la presencia de enfermedades incipiente. Las investigaciones sobre el potencial de detección de biomarcadores múltiples en combinación pueden favorecer la elevación del ratio de detección precoz.

Retos Tecnológicos

1. Desarrollar nuevas técnicas de imagen médica no invasivas basadas en radiación no ionizante de alta resolución y contraste.
2. Mejorar las tecnologías ómicas como base instrumental sobre la cual impulsar una medicina personalizada basada sobre los perfiles del individuo y no sobre la enfermedad, en patologías en estadios iniciales.
3. Utilizar de forma eficiente las ciencias robóticas y la nanotecnología como instrumentos de intervención en los procesos diagnósticos de las enfermedades humanas en estadios iniciales.
4. Analizar el interactoma humano y la disección de sus redes de conexión molecular como base etiológica de los procesos fisiopatológicos implicados en problemas de salud, especialmente en patologías precoces.
5. Desarrollo de biosensores para fines diagnósticos.
6. Desarrollar biomarcadores específicos para detección precoz de patologías.

Impacto Económico

El impacto económico que se espera de estas investigaciones se puede dividir en dos apartados:

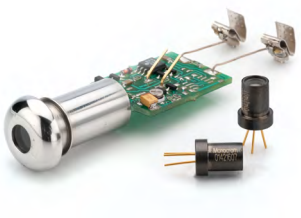
- Impacto directo. Se espera que los resultados de los proyectos produzcan conocimiento que posteriormente pueda conducir al desarrollo de sistemas de detección precoz de reducido coste que, sin embargo, se podrán distribuir en gran número, lo que asegura su implantación comercial. Por otro lado,

el incremento de personas mayores de 65 años producirá un incremento exponencial de los costes sanitarios, que sólo una detección y tratamiento precoces de la enfermedad puede paliar al ser éstos mucho menores que los de tratar una enfermedad ya en avanzado estado de desarrollo.

- Impacto indirecto. La detección de enfermedades degenerativas como las ya comentadas en una fase temprana de las mismas no sólo tiene efecto sobre la mortalidad sino que reduce significativamente el coste de los tratamientos, habitualmente invasivos y costosos, y de los gastos derivados de la medicación, hospitalización y de la evolución de estas enfermedades invalidantes y degenerativas.

Impacto Social. Contribución a la resolución de los Retos de la Sociedad

Esta línea contribuye a la resolución del Reto de la Sociedad 1 definido por el Ministerio de Economía y Competitividad[2]: *Salud, cambio demográfico y bienestar.* La detección precoz de enfermedades tiene un impacto directo en el pronóstico de la evolución de las mismas y en la calidad de vida de las personas afectadas. Por otro lado, las técnicas actuales de detección actúan en estadios más avanzados de la enfermedad lo que disminuye las posibilidades de curación o de retraso de los estadios avanzados de la misma.



Módulo láser OEM para aplicaciones de terapia láser de bajo nivel (LLLT). Monocrom

Las técnicas actuales invasivas suponen un riesgo mayor, y su mayor coste reduce el espectro de pacientes que se pueden beneficiar de ellas. En una sociedad en continuo envejecimiento, que duplicará sus mayores de 65 años para 2030, el impacto social que entraña la detección de las patologías que se hacen prevalentes con la edad tendrá sin duda una influencia social de primer orden en cuanto al mantenimiento de la calidad de vida y el bienestar de la población en general.

---

[2] Ministerio de Economía y Competitividad. *Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación 2013-2016.* Recuperado en junio de 2014 en http://www.idi.mineco.gob.es/stfls/MICINN Investigacion/FICHEROS/Plan_Estatal_Inves_cientifica_tecnica_innovacion.pdf

GT6 [I+D]-11 Nuevos materiales (semiconductores, metamateriales, plasmónica, fibra óptica multifuncional) y sus técnicas de fabricación asociadas

Descripción

El enorme avance tecnológico vivido por la microelectrónica desde la década de los 60 hasta hoy, que ahora trata de replicar la Fotónica mediante la integración, ha sido posible gracias a diversos factores entre los que destacan la miniaturización y la incorporación de nuevos materiales. Los primeros transistores se fabricaron en germanio, para luego decantarse por el uso del silicio como material base. De los cinco o seis materiales inicialmente empleados en microelectrónica se ha pasado a varias decenas, buscando siempre mejores prestaciones (por ejemplo, la mayor constante dieléctrica que ofrece el óxido de hafnio frente al óxido de silicio para las puertas de transistores MOS).

Es difícil imaginar cuáles serán los materiales que, de manera análoga al caso más conocido de la microelectrónica, surgirán en los próximos años de los esfuerzos en I+D de los diferentes grupos que trabajan en Fotónica. Sin embargo, no cabe duda de que también la Fotónica se verá favorecida por la incorporación de nuevos materiales. Esta vez, gracias a los últimos avances de la ciencia, no hablaremos sólo de nuevos materiales naturales, dado que materiales artificiales desarrollados en la última década como por ejemplo los metamateriales tienen un enorme potencial de aplicación en Fotónica (piénsese por ejemplo en su asombrosa capacidad de ocultar objetos a ciertas longitudes de onda, consiguiendo con ello convertirlos en invisibles). En ocasiones, será el desarrollo de nuevos modos de emplear los materiales el que suponga un avance científico y tecnológico, como es el caso del empleo de metales comunes en plasmónica.

Retos Tecnológicos

Actualmente se están investigando materiales con propiedades termo-ópticas y electro-ópticas específicas que permitan mejorar las prestaciones de moduladores de señal o resolver problemas tecnológicos importantes como la reducción del consumo energético de las interconexiones ópticas.

Por otro lado, en ocasiones el verdadero reto no radica en sintetizar un nuevo material, en encontrar nuevas aplicaciones a materiales conocidos (por ejemplo, el titanato de bario empleado como modulador de señal) o

en el empleo de nuevas estructuras o disposiciones atómicas de materiales tradicionales (por ejemplo, el grafeno), sino en poderlos fabricar de manera eficiente y repetible.

Así pues, el desarrollo de nuevas técnicas de fabricación es un medio imprescindible para conseguir dichos nuevos materiales de un modo repetible y con la calidad necesaria para su aplicación, lo cual representa en sí mismo un importante reto tecnológico. Ello, además, requiere inversiones importantes tanto en los equipos de fabricación como en las infraestructuras asociadas capaces de albergarlos.

Impacto Económico

El desarrollo de nuevos materiales y de las técnicas apropiadas de fabricación va generalmente ligado a una cuantiosa actividad en cuanto a propiedad intelectual cuya comercialización, de ser exitosa, suele tener un impacto económico importante. De hecho, ésta es una importante fuente de financiación para muchas universidades del mundo anglosajón, un modelo que pretenden seguir muchos de los responsables de los centros de transferencia tecnológica de las universidades españolas.

Los materiales son además el elemento de partida de toda actividad económica basada en la producción, y por tanto su disponibilidad y control tiene grandes implicaciones económicas (y estratégicas) para empresas y organismos gubernamentales.

La Fotónica, como rama relativamente joven de la ciencia y la tecnología, tiene un gran potencial económico que debe ser aprovechado por nuestro país, gran parte del cual se fundamentará necesariamente en los nuevos materiales que se desarrollen y patenten.

Impacto Social. Contribución a la resolución de los Retos de la Sociedad

El desarrollo de nuevos materiales con aplicaciones en Fotónica y de las técnicas de fabricación asociadas impulsarán, como se ha dicho, el avance de la Fotónica en todos los ámbitos en los que resulta de aplicación.

Además de ser una de las cinco tecnologías clave así declaradas por la Comisión Europea *(Key Enabling Technologies),* la Fotónica es una disciplina muy horizontal, que encuentra aplicación para alguna función u otra en

Vista parcial de las zonas de Clase 10 y 100 de la Sala Blanca de micro- nanofabricación del Centro de Tecnología Nanofotónica de Valencia (NTC, Universitat Politècnica de València). NTC

la mayoría de las industrias: procesado de alimentos (por ejemplo, visión artificial), tecnologías de la información y comunicaciones (componentes y dispositivos fotónicos), energía (por ejemplo, fotovoltaica), fabricación (láseres de corte), salud (tomografía de coherencia óptica), transporte (leds y sistemas anticolisión), seguridad (sensores fotónicos ultrasensibles), defensa (sistemas de visión nocturna), etc.

En la mayoría de los casos, la función que desempeña la Fotónica en estos campos es de aporte de funcionalidades de alto valor añadido, además de tecnología facilitadora (que incrementa el potencial de otras tecnologías).

Por tanto, el impulso que el desarrollo de nuevos materiales continuará ofreciendo a la Fotónica tendrá un importante impacto en muchos de los Retos de la Sociedad identificados en el *Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación* como son la *Salud, cambio demográfico y bienestar* (Reto1); la *Seguridad y calidad alimentaria* (Reto2); la *Energía segura, eficiente y limpia* (Reto3); el *Transporte sostenible, inteligente e integrado* (Reto4); el *Cambio climático* (Reto5); la *Economía y sociedad digital* (Reto7); y la *Seguridad, protección y defensa* (Reto8).

GT6 [I+D]-12 Integración Fotónica, incluyendo, hibridación con microelectrónica a nivel de chip, placa base y sistema, tecnologías PIC (Photonic Integrated Circuits), integración de plataformas genéricas, factorías modelos y fabricación rentable

Descripción

Por *integración fotónica* se entiende el proceso de incorporación de funcionalidades fotónicas (por ejemplo, la emisión, transmisión, filtrado, detección de la radiación en forma de señal) a un único chip o *circuito integrado fotónico.* Éste es un proceso deseable desde varios puntos de vista, pero principalmente lo es por sus ventajas tanto económicas como tecnológicas. Las primeras son debidas a que la integración favorece la fabricación en grandes volúmenes de circuitos que forman subsistemas (cuando no sistemas) funcionales completos, a un coste por lo general mucho menor que el agregado de fabricar componentes discretos para cada una de las diversas funcionalidades integradas, más el coste de la interconexión individual de dichos componentes. Como ventajas tecnológicas pueden concurrir según el caso específico varias o en ocasiones todas las mencionadas a continuación: mejora de prestaciones, reducción de consumo, estabilidad y repetitividad, inmunidad a interferencias, robustez mecánica y ante vibraciones, etc.

El proceso de integración fotónica está avanzando a un ritmo considerable en algunos sectores de la Fotónica como es la Fotónica en silicio, donde convergen importantes intereses tanto públicos como privados a nivel científico, tecnológico, económico e incluso político y geoestratégico. Esto es así porque hoy por hoy la Fotónica en silicio está considerada la tecnología con más posibilidades de sustituir a la microelectrónica a la hora de resolver los problemas a los que ésta se enfrenta actualmente, a nivel de procesado de datos en grades supercomputadoras y en los llamados *centros de datos.*

Retos Tecnológicos

Centrándonos principalmente en la Fotónica en silicio (que tiene un mayor potencial impacto económico y social), la mayoría de los retos tecnológicos fundamentales existentes hace unos años para la integración se han resuelto en esta última década. Se han demostrado conceptos y prototipos que alcanzan prestaciones comparables a componentes discretos realizados con otras tecnologías (por ejemplo emisión de radiación mediante integración heterogénea con materiales III-V, modulación de la señal con altos factores de mérito, etc.)

Sin embargo, quedan retos de carácter científico-tecnológico por resolver y adicionalmente persisten los relativos a la industrialización de esta tecnología y su hibridación con la microelectrónica. Nos referimos, por ejemplo, a temas relativos a la creación de plataformas genéricas que permitan la estandarización de procesos a la hora de pasar de nuevos diseños a su fabricación en serie. Para que la fabricación de los circuitos integrados fotónicos sea rentable se debe tratar de replicar el modelo existente en la microelectrónica consistente en fábricas modelo (las llamadas *foundries*) capaces de fabricar diseños realizados por cualquier cliente de una manera estandarizada.

Impacto Económico

Existen en España varios grupos de investigación en integración fotónica, principalmente en varias universidades y otros organismos públicos. Algunos de ellos tienen un alto prestigio internacional y han atraído importantes ingresos para financiar esta investigación a través de proyectos europeos. La potenciación de este tema de investigación encontrará por tanto una importante base en la que sustentarse fortaleciendo estos grupos frente a nuevos actores internacionales (principalmente de Asia, donde países como Singapur y China están apostando ya fuertemente por esta tecnología emergente) e incentivando la creación de nuevos grupos.

El impacto económico de la microelectrónica es bien conocido. Pues bien, como se ha explicado, la integración fotónica se postula como sucesora en muchas aplicaciones y competidora entre otras de la microelectrónica con las importantes implicaciones de negocio que ello conlleva. Más allá del potencial de creación de nuevas empresas y puestos de trabajo cualificado, existen ya varias empresas españolas posibles beneficiarias del auge de la Fotónica integrada, tanto *spin-offs* universitarias focalizadas en este tema y temas afines, como pequeñas empresas tradicionales del sector optoelectónico cuyas actividades se van acercando progresivamente a este campo.

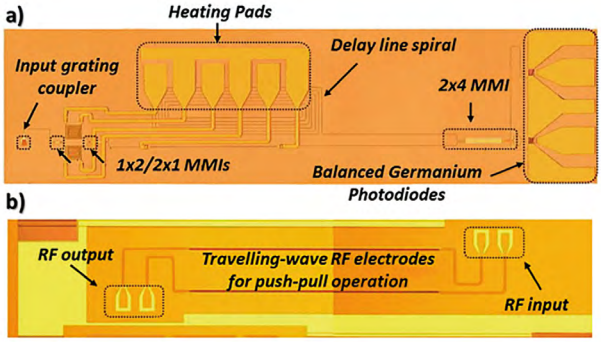
Impacto Social. Contribución a la resolución de los Retos de la Sociedad

Como se ha dicho, una de principales aplicaciones del progreso que está viviendo la Fotónica integrada será en el campo de las comunicaciones y el procesado de datos. Este campo será quizás el de mayor impacto económico, pero también social, dada la relevancia para la ciudadanía de todo lo que

tiene que ver con la era digital como por ejemplo: las redes y sistemas móviles, el *cloud computing, big data* y el internet de las cosas, las redes sociales, las ciudades inteligentes, etc.

Sin embargo, no es el único ámbito económico y social que se beneficiará de este auge. La integración fotónica hará posible así mismo el desarrollo de nuevas técnicas y nuevos dispositivos biofotónicos para la detección y el diagnóstico de enfermedades, contaminación biológica en alimentos o contaminación ambiental tanto en el caso de gases contaminantes como detectores ultrasensibles de agentes nocivos en casos de bioterrorismo o guerra química.

Resulta evidente que estas aplicaciones tendrán un importantísimo impacto social en muchos de los retos identificados por diversos organismos europeos y en concreto en España en varios de los Retos de la Sociedad del *Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación* como son la *Salud, Cambio Demográfico y Bienestar* (Reto1), la *Seguridad y Calidad Alimentaria* (Reto2), y la *Seguridad, Protección y Defensa* (Reto8), por nombrar solo los de mayor impacto potencial.



Ejemplo de Circuito Integrado Fotónico realizado en el marco del Proyecto HELIOS de la Unión Europea en colaboración entre el Centro de Tecnología Nanofotónica de Valencia (NTC, Universitat Politècnica de València), su empresa spin-off DAS Photonics, CEA-Leti, Univ. Paris-Sud, University of Surrey, Ghent University-IMEC y Eindhoven University of Technology. (Más información en www.ntc.upv.es). NTC

GT5 [I+D]-9 Sistemas de navegación automatizada de aplicación en automoción, aeronáutica y ferroviaria a partir de sensores de alta sensibilidad, con capacidades multiespectrales (VIS-NIR-IR) y procesado de señal a nivel detector de área grande – 3D

Descripción

Los sistemas de navegación presentan cada vez más importancia tanto en el sector civil, como el de seguridad y defensa, en especial desde la proliferación de vehículos aéreos no tripulados, aunque el concepto puede ser extensible a vehículos terrestres y acuáticos.

Aunque el GPS es una herramienta principal en cuanto a situar y orientar rápidamente un vehículo en las tres dimensiones del espacio, tiene su incertidumbre, y siempre será necesario un sistema capaz de reconocer el terreno, el entorno, comunicarse con otro tipo de sensores, balizas u otros vehículos en la proximidad. Y esta situación se vuelve más importante aún en entornos cerrados, o sin cobertura GPS.

La información necesaria para adquirir un conocimiento del entorno se realiza a través de sensores tanto pasivos como activos. La radiación electromagnética codifica en un amplio rango de frecuencias la información, y es natural aprovecharla para deducir la información necesaria: la presencia de gases tóxicos, la diferenciación entre un objeto u obstáculo y un reflejo del sol, estimación de distancias, comportamiento, comunicación y coordinación con otros vehículos, etc.

Es, finalmente, información que puede usada por el propio vehículo, por ejemplo, para navegar sin colisionar o poner en peligro otros vehículos, aterrizar y despegar de forma segura en caso de UAVs… o puede ser información de utilidad para equipos de emergencia antes de adentrarse en un entorno hostil (incendios, o áreas contaminadas con agentes NBQ, por ejemplo).

La gran cantidad de información que se codifica en las diversas longitudes de onda hace además necesario desarrollar tecnología para la detección multiespectral, y sobre todo algoritmia capaz de procesarla de forma rápida.

Retos Tecnológicos

- **Desarrollo de sensores multiespectrales monolíticos:** La tecnología actual integra distintos tipos de sensores y filtros para generar la respuesta multiespectral. La integración monolítica de sensores y filtros, la fabricación de filtros activos, o sensores cuya respuesta espectral puede ser variada controladamente, es tecnología que ayuda a una mayor robustez, disminución de tamaños y pesos, y que es imprescindible en vehículos no tripulados.
- **Desarrollo de matrices de plano focal multiespectrales:** Tras el desarrollo de sensores multiespectrales puntuales, el siguiente paso es el desarrollo de matrices de plano focal multiespectrales monolíticas para la generación imágenes multiespectrales.
- **Desarrollo de tecnología LADAR:** El desarrollo de tecnología LADAR para detección activa de obstáculos, vehículos, o reconocimiento del terreno por donde debe maniobrar el vehículo.
- **Algoritmia de procesado de imágenes:** La gran cantidad de información contenida en imágenes multiespectrales necesita de algoritmia potente para la detección de las características importantes, y de forma rápida, con objetivo de alcanzar un análisis en tiempo real.

Impacto Económico

El desarrollo de esta tecnología se apoya en el de otras KET como Micro y nanoelectrónica y Advanced Manufacturing. El impacto económico que se puede esperar del desarrollo de esta línea sería muy positivo por los siguientes motivos:

- Posicionamiento de las industrias de los sectores anteriormente descritos en tecnologías de seguridad y navegación avanzadas.
- Efecto tractor en los subsectores de fabricación, ingeniería micro y nanoelectrónica que implica un efecto multiplicador en la demanda de puestos de trabajo cualificados y de alto valor añadido.

El mercado correspondiente a las aplicaciones de tecnologías de la imagen en industria y salud está valorado actualmente en 1000 M€ y se espera que hacia el final de la década sea de alrededor de 1500 M€[3]. Actualmente, el 20% de este mercado corresponde a aplicaciones en tecnología hiperespectral, cuyo crecimiento se espera sea superior al de otros segmentos de este mercado, como OCT, foto acústica, o imagen IR en sus diferentes rangos.

Con respecto a las aplicaciones LIDAR, se estima su mercado actual en 170 M€[4], se espera un crecimiento anual que permitirá llegar hacia 2018 a unos 425 M€. Dentro de las aplicaciones LIDAR, el LADAR está actualmente despuntando, con sus aplicaciones principalmente centradas en seguridad y navegación, con grandes expectativas de crecimiento en los próximos años, a medida que se continúan desarrollando y miniaturizando sus componentes clave.

Impacto Social. Contribución a la resolución de los Retos de la Sociedad

La navegación automatizada impactará positivamente en la seguridad. Incluso en condiciones de navegación manual, el uso de sensores activos y pasivos será de gran ayuda para los conductores.

En el campo de seguridad y gestión de emergencias, existen importantes aplicaciones como por ejemplo el control de incendios por medio de UAVs, o la posibilidad de que un vehículo autónomo se adentre en una zona contaminada para realizar análisis sobre el tipo de contaminante. Estas tareas pueden realizarse sin poner en riesgo las vidas del personal de emergencias.

---

[3] Marketsandmarkets.com (marzo 2013). Optical Imaging Market - Technology Trends and Applications of Optical Coherence Tomography (OCT), Hyper Spectral Imaging (HSI), Near Infrared Spectroscopy (NIRS) and Photo- Acoustic Tomography (PAT) in Clinical Diagnostics, Clinical Research and Life Sciences With Market Landscape Analysis-(2013-2018). Recuperado en junio de 2014 desde http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/optical-imaging-technologies-market-894.htm

[4] Marketsandmarkets.com. LiDAR Market by Components (INS, Laser, GPS/GNSS, Camera, MEMS), Product Types (Airborne, Mobile, Terrestrial), Applications (Corridor Mapping, Forestry, Mining, Topographic Surveying, Volumetric Mapping) - Global Forecasts and Analysis 2013 – 2018. Recuperado en junio de 2014 desde http://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/lidar.asp

GT2 [I+D]-3 Escritura directa con láser para la microfabricación de dispositivos

Descripción

Las técnicas de escritura directa por láser son ya una herramienta privilegiada para la fabricación de dispositivos a escala micrométrica, por su carácter digital, sin contacto, con elevada resolución espacial y alta velocidad de producción.

Frente a las técnicas más establecidas de ablación láser, los métodos aditivos y generativos ofrecen nuevas rutas de fabricación. La impresión funcional láser permite depositar con resolución micrométrica un amplísimo rango de materiales, desde conductores y semiconductores hasta moléculas complejas o incluso células vivas.

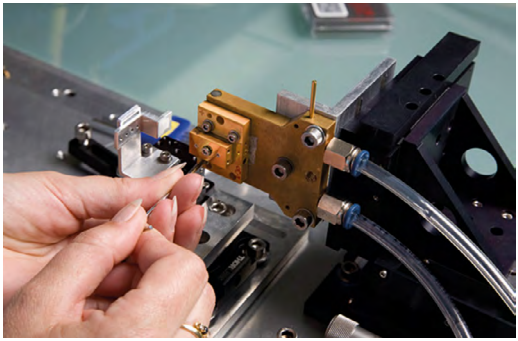
Es posible la impresión tridimensional de dispositivos complejos en líneas integradas, de alta flexibilidad y productividad, bajo modelos *roll-to-roll,* compatibles con un amplio rango de substratos sin restricciones respecto a los materiales a procesar.

Además, empiezan a desarrollarse técnicas avanzadas láser basadas en láseres ultrarrápidos con capacidad para grabar geometrías con resoluciones submicrométricas. La aplicación de estos láseres permite embeber películas sensoras en geometrías complejas, grabación de componentes en materiales transparentes o dotar superficies de propiedades superhidrofóbicas, bactericidas, ópticas o tribológicas avanzadas. Estas técnicas producen unos dispositivos y propiedades de manera efectiva en grandes áreas dotándolas de valor añadido.

Entre los ámbitos de uso posibles se encuentran la electrónica de consumo, dispositivos electrónicos integrados en arquitectura, etiquetas inteligentes, *energy-harvesting,* biosensores e ingeniería de tejidos, así como cualquier otra aplicación con justificados beneficios sociales.

Retos Tecnológicos

Si bien estas técnicas se están aplicando ya en la producción de dispositivos de electrónica flexible de gran área, en productos de consumo masivo (pantallas táctiles, TFTs, monitores OLED, etc.), hay otras numerosas aplicaciones



Banco de pruebas de barras láser. Monocrom

potenciales. Se busca tanto la exploración de las aplicaciones nuevas con impacto en actividades económicas e industriales radicadas en España (para lo cual los usuarios finales debieran estar involucrados en el proyecto), la habilitación de nuevos dispositivos y su impacto socioeconómico, y aspectos tecnológicos como la búsqueda de nuevas variantes de proceso extendiendo los materiales, diseño de sistemas simplificados o tabletop, etc.

Los principales retos tecnológicos incluyen la extensión del rango de materiales funcionales que pueden ser transferidos, a través del uso de distribuciones temporales y espaciales de energía ajustadas al tipo de material y la preparación de los medios soporte, diseño de capas de liberación dinámica y un diseño de proceso basado en conocimiento que requiere una profunda exploración de los fenómenos de eyección, transporte y fijación asociados a la impresión funcional láser de alta precisión, la preparación del sustrato, y etapas de postproceso para la consolidación y funcionalización de las sustancias transferidas.

Impacto Económico

El potencial impacto económico se relaciona con el hecho de tratarse de una fabricación 100% digital: su alta flexibilidad y capacidad de *personalización* permite una adaptación al mercado superior al de otras tecnologías más rígidas, como la microelectrónica basada en el silicio.

Cada vez son más las industrias en España que apuestan por producir electrónica y microdispositivos propios, habilitados por la fabricación digital. La eclosión de la electrónica orgánica flexible constituye una gran oportunidad.

Las industrias de etiquetaje y el embalaje se beneficiarían de la producción de etiquetas inteligentes e impresión de códigos de identificación, así como la Fábrica Nacional de Moneda y Timbre, artes gráficas y aplicaciones antifraude/anticopia.

Finalmente, el potencial de las técnicas de escritura directa con láser en la realización de sensores, biosensores y kits de diagnóstico tendrá un importante impacto directo en la industria médica y farmacéutica, de fuerte implantación en el país. España es una de las potencias mundiales en desarrollos biomédicos a través de pymes y empresas de base tecnológica, si bien no han tenido el apoyo del componente tecnológico que la industria fotónica española puede ofrecer, debido a falta de cooperación entre ambos sectores.

Impacto Social. Contribución a la resolución de los Retos de la Sociedad

El amplio espectro de aplicación de las técnicas de escritura directa con láser permite que éstas puedan jugar un papel destacado en la mayoría de los Retos de la Sociedad identificados en el *Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación,* lo que justifica plenamente su impacto social.

Así, el uso de la escritura directa con láser para la realización de dispositivos biomédicos de diagnóstico se integra en los retos *Salud, cambio demográfico y bienestar* (Reto 1) y en *Actividad agraria productiva y sostenible, sostenibilidad recursos naturales, investigación marina y marítima* (Reto 2). Por otra parte, la aplicación a la producción de dispositivos fotovoltaicos se alinea bien con el reto *Energía segura, eficiente y limpia* (Reto 3), mientras que la fabricación de etiquetas inteligentes lo hace con *Transporte inteligente, sostenible e integrado* (Reto 4). En un sentido amplio, la producción de dispositivos de electrónica orgánica flexible se enmarcaría dentro del reto *Economía y sociedad digital* (Reto 7), por lo que a la aplicación de estos dispositivos a las TICs concierne y, finalmente, la aplicación de las técnicas de escritura directa con láser a la realización de sensores y biosensores se enmarca perfectamente en *Seguridad, protección y defensa* (Reto 8).

Líneas de Desarrollo e Innovación priorizadas

En las siguientes páginas se desarrollarán las 5 líneas de D+i priorizadas, con especial atención en (i) los retos tecnológicos a resolver en corto, medio, largo plazo; (ii) el impacto económico y (iii) el impacto social y, en concreto, la contribución de cada línea a la resolución de los Retos de la Sociedad.

Las 5 líneas de D+i priorizadas son:

- **GT2 [D+i]-3** Tecnologías Fotónicas para fabricación de Dispositivos Biomédicos.
- **GT6 [D+i]-11** Componentes y técnicas de sensado por luz, incluyendo fuentes ópticas, materiales y estructuras (incluyendo longitudes de onda nuevas y/o amplio rango de sintonía), coatings y superficies funcionalizadas para bio-aplicaciones.
- **GT2 [D+i]-4** Desarrollo de nuevos Procesos Híbridos de Fabricación.
- **GT3 [D+i]-5** Desarrollo de técnicas de diagnóstico mínimamente invasivas de altas prestaciones y/o de bajo coste (posiblemente basadas en sistema móviles) rápidas y fiables, para uso clínico. Se considerarán tanto sistema de diagnóstico como de screening.
- **GT3 [D+i]-6** Desarrollo de dispositivos, incluyendo elementos de nanotecnología que faciliten la aplicación de terapias fotónicas para el tratamiento personalizado de las enfermedades degenerativas y el cáncer de forma mínimamente invasiva.

GT2 [D+i]-3 Tecnologías Fotónicas para fabricación de Dispositivos Biomédicos

Descripción

Desarrollo de rutas de fabricación adaptadas a los materiales y geometrías requeridas para los nuevos diseños de dispositivos médicos, en particular para cirugía mínimamente invasiva, telediagnóstico, autodiagnóstico, etc., que configurarán la nueva medicina.

Estos productos requieren alto grado de personalización, miniaturización, precisión y calidad en materiales bicompatibles o bioabsorbibles (muchas veces en combinaciones de cerámicos, metales y polímeros). En muchas ocasiones son productos de un solo uso, con lo que también el coste de producción debe ser limitado.

Los proyectos deben apoyarse en líneas de dispositivos biomédicos novedosos y en sus dificultades para la fabricación, y deben resultar en conceptos de equipos para su producción, y en rutas de fabricación eficientes, económicas y que garanticen la calidad del producto, incluyendo su trazabilidad y control de calidad de acuerdo con las regulaciones del sector.

Retos Tecnológicos

Se deberán desarrollar sistemas de fabricación integrada compatibles con los elevados requisitos de calidad, limpieza y esterilidad demandados para la fabricación de dispositivos biomédicos, y al mismo tiempo atender a la elevada presión en costes de producción que tienen los componentes desechables para ser empleados masivamente. Ello supone una fuerte demanda sobre la integración de dispositivos láser, sistemas de manipulación, sistemas de adaptrónica y periféricos tanto optomecánicos como mecatrónicos, para dar lugar a nuevas topologías de máquina herramienta específicamente adaptadas a la industria biomédica y sus nuevas demandas. Asimismo, deben desarrollarse las herramientas que garanticen la correcta gestión de la calidad y trazabilidad de las partes fabricadas, incluyendo el marcado láser compatible con las exigencias de esterilidad de las piezas fabricadas.

Impacto Económico

En España existe una industria en torno a la biomedicina compuesta sobre todo de gran número de pequeñas empresas altamente innovadoras buscando oportunidades para incorporar sus conceptos al mercado.

Asimismo, si bien en España existen muy pocas empresas que desarrollen fuentes láser adecuadas para estas aplicaciones, sí existen varias compañías capaces de desarrollar, explotar y comercializar los equipos para producción basados en las tecnologías desarrolladas en el proyecto, así como todos sus componentes, desde la óptica a la mecánica, los componentes software y componentes para control de calidad.

Impacto Social. Contribución a la resolución de los Retos de la Sociedad

Esta temática de investigación afecta directamente al Reto 1 de los identificados en el *Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación: Salud, Cambio Demográfico y Bienestar.* La transformación en la composición demográfica de la sociedad española y sus nuevas demandas médicas hacen necesario un cambio radical en la forma de concebir la medicina asistencial, y nuevas tecnologías son imprescindibles en la implantación de conceptos como diagnóstico temprano en punto de asistencia, telemedicina, e-medicina, y mantener un alto grado de bienestar a un coste asumible para el sistema de salud a través de innovación asistencial, monitorización remota del paciente, etcétera.

Objetivos de microscopio confocal en laboratorio de microfabricación láser. AIDO BY-NC-ND

Los beneficios sociales que derivan de poner a disposición del sistema de salud tales tecnologías son evidentes, pero una de sus principales limitaciones son tanto el elevado coste de fabricación, como las dificultades para proporcionar la fiabilidad exigida a cualquier aplicación médica. Las tecnologías de producción fotónica pueden proporcionar soluciones a ambas limitaciones.

GT6 [D+i]-11 Componentes y técnicas de sensado por luz, incluyendo fuentes ópticas, materiales y estructuras (incluyendo longitudes de onda nuevas y/o amplio rango de sintonía), coatings y superficies funcionalizadas para bio-aplicaciones

Descripción

Los biosensores ópticos presentan indudables ventajas frente a otros tipos de biosensores (por ejemplo electroquímicos o piezoeléctricos) como son la inmunidad a interferencias electromagnéticas, su posible utilización en ambientes agresivos y su miniaturización en microsistemas a través de una integración de sus componentes. Una de las características fundamentales de

la mayoría de los biosensores ópticos es la posibilidad de realizar el análisis de la sustancia a determinar en tiempo real y de forma directa (sin necesidad de marcador) a diferencia de cualquier análisis biológico o clínico que requiere siempre un marcador (ya sea fluorescente o radioactivo). Estas dos características le confieren a los biosensores ópticos la posibilidad de realizar no sólo un análisis cualitativo (si/no) y cuantitativo, sino también la posibilidad de evaluar la cinética de la interacción (constante de afinidad, asociación, disociación, etc.) y, por tanto, elucidar los mecanismos fundamentales de dicha interacción.

Si fuera posible diseñar un dispositivo biosensor óptico con suficiente nivel de sensibilidad y con capacidades multisensoras se podría abordar, por ejemplo, la detección de mutaciones de una única base en genes humanos y de ínfimas concentraciones de proteínas, de forma directa, con las grandes ventajas que esto entrañaría, no sólo por su aplicación en genómica funcional sino también en proteómica. Especialmente en el caso del diagnóstico de cáncer o de enfermedades infecciosas, un dispositivo con tal grado de sensibilidad sería ideal para la detección precoz de tales enfermedades y así poder asegurar la eficacia de la terapia de tratamiento.

Retos Tecnológicos

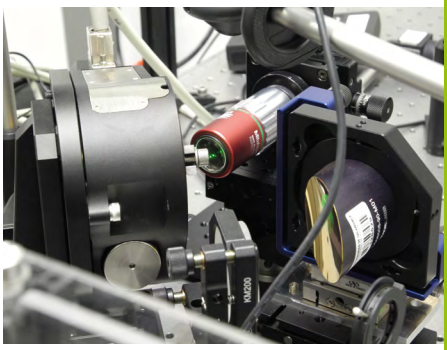
Uno de los principales retos tecnológicos podría ser el abordar el diseño de un dispositivo biosensor óptico con suficiente nivel de sensibilidad y con capacidades multisensoras, por ejemplo, la detección de mutaciones de una única base en genes humanos y de ínfimas concentraciones de proteínas, de forma directa, con las grandes ventajas que esto entrañaría, no sólo por su aplicación en genómica funcional sino también en proteómica.

El alto nivel de sensibilidad que supone el uso de guías nanofotónicas no ha sido todavía totalmente explotado para el desarrollo de biosensores ópticos. En la actualidad, la óptica integrada permite la realización de guías de ondas integradas a nivel de chip utilizando para su fabricación la tecnología microelectrónica. Una de las técnicas más adecuadas para configurar estas guías de ondas y permitir su lectura es la interferometría. Los biosensores interferométricos proporcionan un mayor rango lineal de aplicabilidad y el mayor límite de sensibilidad demostrado hasta la fecha (en medidas directas) habiéndose evaluado interacciones antígeno-anticuerpo a nivel picomolar (ó 0.1 pg/mm^2 depositado en la superficie del sensor ó variaciones de 10-7 en el índice de refracción).

Impacto Económico

El aumento de graves enfermedades como el cáncer y la diabetes, así como la mayor esperanza de vida en el mundo occidental que ha conllevado una mayor incidencia de enfermedades crónicas, motiva el desarrollo de nuevos métodos de diagnóstico más rápidos y eficaces, con el objetivo fundamental de reducir al máximo los costes de los análisis y los servicios, y que a su vez permitan una mayor comodidad de uso para el paciente, pudiéndose llegar hasta los tratamientos individualizados a distancia, o bien en el propio hogar o lugar de trabajo.

Para el logro de este objetivo general es necesario desarrollar nuevos dispositivos de análisis portátiles y fiables que sean capaces de monitorizar diferentes tipos de patologías de forma rápida y reproducible, minimizando al máximo los costes tanto del dispositivo como de la asistencia de personal cualificado.



Prueba de alineamiento del láser en el laboratorio de generación de rayos-x del Centro de Láseres Pulsados, primera instalación láser radiactiva de tercera categoría en España (highrepservice@clpu.es). © CLPU

Impacto Social. Contribución a la resolución de los Retos de la Sociedad

Las bio-aplicaciones tienen un amplio espectro de aplicación, y están presentes en la mayoría de los Retos de la Sociedad identificados en el *Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación,* lo que justifica plenamente su impacto social.

El impacto social más relevante es en el ámbito de la *Salud, Cambio Demográfico y Bienestar* con el desarrollo de biosensores para la detección de biomarcadores específicos (por ejemplo cáncer) o agentes infecciosos.

La implementación de sensores tiene también un gran impacto en el área de *Seguridad, Protección y Defensa* con la investigación de nuevos sensores fotónicos basados en tecnologías optoelectrónicas dentro del ámbito de la detección de micropartículas en suspensión en aire.

Así, los sensores para la detección de contaminación biológica son también importantes como indicador medioambiental de contaminación de aguas, que podría tener cabida dentro del reto de *Acción de Cambio Climático y Eficiencia en la Utilización de Recursos y Materias Primas.*

GT2 [D+i]-4 Desarrollo de nuevos Procesos Híbridos de Fabricación

Descripción

Existen algunos procesos que combinan las ventajas de la radiación láser con otras fuentes de energía, como la soldadura híbrida o ciertos procesos de corte láser. Sin embargo recientes investigaciones evidencian que los procesos sinérgicos, en los que la combinación de láser y fuentes de energía mecánicas, químicas u otras formas de radiación, están lejos de ser explotadas con todos los beneficios que pueden aportar.

En particular, el mecanizado asistido por láser, conformado asistido por láser, y otras combinaciones de radiación láser y esfuerzos mecánicos, pueden dar lugar a nuevos procesos de alta eficiencia energética, alta calidad, productividad y con grados de flexibilidad no alcanzables por procesos convencionales. De la misma forma, el uso de radiación láser altamente focalizada puede dotar de precisión, velocidad y selectividad a procesos químicos y físicos en diversas industrias que hasta el momento no lo han incorporado, como ataques químicos altamente selectivos y localizados, funcionalización superficial, etcétera.

Retos Tecnológicos

Las tecnologías híbridas de procesado de materiales han sido desarrolladas en base a trabajos muy empíricos, y hoy día su puesta a punto es extremadamente compleja debido a la gran cantidad de parámetros que influyen en su ajuste. Esto limita muchas veces su aplicabilidad.

El principal reto por tanto consiste en el establecimiento de métodos de control altamente integrado empleando también parámetros híbridos. Los equipos industriales deben asimismo alcanzar un nivel de integración, mantenibilidad y usabilidad superior a los que han sido empleados hasta el momento, que consisten simplemente en la yuxtaposición de dos fuentes de energía sin verdadera integración en concepto de máquina, control y opto-mecatrónica.

Por último, un importante reto es hacer la integración de los cabezales de aplicación de fuentes híbridas de energía (láser + fuentes sinérgicas) totalmente transparente al usuario, empleando tanto estándares de máquina herramienta, como métodos de control y HMI que ayuden a la implantación en entorno industrial con facilidad, para mejorar la experiencia de usuario y facilitar el aprovechamiento de la tecnología.

Inspección del posicionamiento de una barra láser en montura CS, montada con la técnica de "clamping" (pinzado). Monocrom

Impacto Económico

España es uno de los países líderes en el mercado internacional de máquina herramienta. Poder disponer de la ventaja competitiva de nuevos procesos híbridos supone un posicionamiento importante respecto a la competencia. El ejemplo del mecanizado asistido por láser es claro, pues no solo mejora la calidad, acabado y velocidad en materiales convencionales, sino que permite mecanizar materiales no convencionales (cerámicos o materiales en duro), dotar al material de propiedades adicionales mediante temple simultáneo, y reducir problemas derivados de vibraciones o grietas.

Impacto Social. Contribución a la resolución de los Retos de la Sociedad

Esta temática puede tener impacto en varios de los Retos de la Sociedad marcados en el *Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación,* en tanto que la mejora de las técnicas productivas empleadas para producción de vehículos y grandes estructuras puede afectar positivamente tanto a actividades agrarias, sector de transporte y sector de energías. Sin embargo, el área en el que más impacto puede tenerse es en el de cambio climático y recursos naturales, toda vez que se ha demostrado ya que los métodos híbridos de fabricación permiten lograr ahorros sustanciales en energía y en materia prima: permiten un tratamiento selectivo y localizado, reduciendo los tiempos necesarios, el volumen tratado, evitando procesos masivos con grandes pérdidas energéticas, reduciendo las emisiones asociadas al proceso industrial y permitiendo fabricar componentes de ingeniería con una cantidad reducida de materia prima.

GT3 [D+i]-5 Desarrollo de técnicas de diagnóstico mínimamente invasivas de altas prestaciones y/o de bajo coste (posiblemente basadas en sistema móviles) rápidas y fiables, para uso clínico. Se considerarán tanto sistema de diagnóstico como de screening

Descripción

Este tema pretende el desarrollo de técnicas de diagnóstico y cribaje de bajo coste, utilizando sistemas fiables, rápidos y robustos (por ejemplo lab-on-a-chip) de uso clínico y mínimamente invasivas.

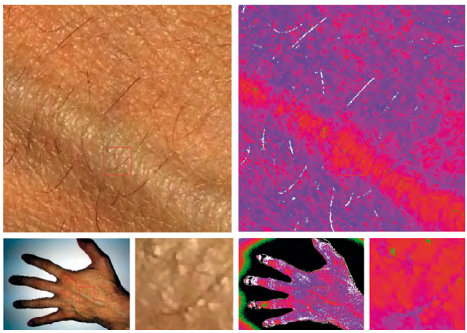
Retos Tecnológicos

1. Mejorar las tecnologías de imagen médica como base instrumental sobre la cual impulsar una medicina personalizada basada sobre los perfiles del individuo y no sobre la enfermedad.
2. Conseguir que la investigación clínica y traslacional se base en la evidencia de los conocimientos científicos y tecnológicos.
3. Utilizar de manera eficiente las ciencias robóticas y la nanotecnología como instrumentos de intervención en los procesos diagnósticos de las enfermedades humanas.
4. Utilizar las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) como eje vertebrador de un espacio global de e-salud (e-health) para el desarrollo de actividades de investigación en el área de Epidemiología, Salud Pública y Servicios de Salud, así como en el ámbito de la organización y gestión del Sistema Nacional de Sanidad.

Impacto Económico

Se pretende con este tema facilitar el diagnóstico precoz reduciendo los costes por una doble vía: la de reducir los costes efectivos de diagnóstico y, por otro lado, la de atajar las enfermedades en sus estadios más precoces, cuando su tratamiento es más efectivo y asequible.

Es indudable que la previsible expansión de la sanidad debido al envejecimiento de la población supondrá un incremento de costes que solamente la prevención efectiva de la aparición de las patologías puede reducir, especialmente aquellas enfermedades degenerativas relacionadas con la edad, que suponen la partida fundamental de costes hoy en día de cualquier sistema sanitario.



Aplicación dermatológica para la determinación de características cutáneas mediante utilización de técnicas de tratamiento digital de imagen e identificación y estudio de patrones espaciales. AIDO BY-NC-ND

Impacto Social. Contribución a la resolución de los Retos de la Sociedad

Esta línea contribuye a la resolución del reto de *Salud, cambio demográfico y bienestar.* El cribaje y la prevención de enfermedades que reducen sustancialmente la calidad de vida y las posibilidades efectivas de curación en su caso y de retrasar o evitar la cronicidad por efecto de un diagnostico cuando la patología ya está en estadios avanzados supone un progreso evidente para la sociedad en su conjunto y para el colectivo sanitario en general.

GT3 [D+i]-6 Desarrollo de dispositivos, incluyendo elementos de nanotecnología que faciliten la aplicación de terapias fotónicas para el tratamiento personalizado de las enfermedades degenerativas y el cáncer de forma mínimamente invasiva

Descripción

En este tema se incluye el desarrollo de dispositivos, fuentes de iluminación y elementos de nanotecnología que faciliten las terapias fotodinámica y fototérmica, entre otras.

Retos Tecnológicos

1. Desarrollo de nanosistemas y nanopartículas para el guiado y la entrega eficiente de fármacos, así como para la mejora de la focalización de la radiación en el tejido con fines terapéuticos.
2. Desarrollo de sistemas de sistemas de guiado quirúrgico.
3. Desarrollo de endoscopios, catéteres y sondas de fibra óptica para nuevas aplicaciones clínicas.
4. Desarrollo de fuentes ópticas específicas para su empleo en nuevas terapias y cirugía.
5. Desarrollo de biosensores para monitorización multiparamétrica in situ.
6. Implementación de sistemas robóticos para tratamiento mínimamente invasivo.
7. Desarrollo de moléculas terapéuticas para aplicaciones específicas.
8. Desarrollo de herramientas de monitorización de procesos terapéuticos.

Impacto Económico

Esta línea temática trata de reducir los costes asociados a las sucesivas sesiones de terapias infructuosas, así como a la posible hospitalización correspondiente, mediante la personalización de la terapia. Esta reducción del coste es especialmente significativa en pacientes crónicos o con patologías neurodegenerativas. Asimismo se trata de desarrollar dispositivos más eficaces, y con mejor relación coste-eficacia, para el tratamiento no invasivo del cáncer.

Impacto Social. Contribución a la resolución de los Retos de la Sociedad

La contribución a los retos sociales es inmediata, en tanto en cuanto una mejor eficacia de las terapias redunda en una drástica disminución de los efectos secundarios y en la mejora de la calidad de vida de la población. Este hecho es particularmente relevante en pacientes con patologías neurodegenerativas, así como en los cuidadores de los mismos, y en pacientes con cáncer.

Otras líneas de Investigación y Desarrollo priorizadas por los Grupos de Trabajo

En las siguientes páginas se desarrollan, por orden de valoración, el resto de líneas de I+D propuestas. En cada línea se detallan (i) los retos tecnológicos a resolver en corto, medio, largo plazo; (ii) el impacto económico y (iii) el impacto social y, en concreto, la contribución de cada línea a la resolución de los Retos de la Sociedad.

GT2 [I+D]-4 Control en tiempo real de procesos láser, para fabricación basada en conocimiento

Descripción

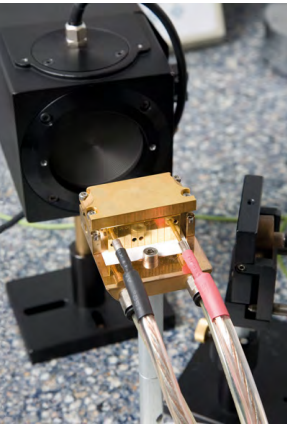
Desde hace décadas se desarrollan múltiples tecnologías y equipamiento de monitorización de procesos láser industriales, tales como soldadura y corte de chapas metálicas. La mayor parte de ellos están basados en la inferencia de la calidad producida a partir de medidas de proceso, dando señales que se interpretan cuando el defecto ya se ha producido.

La electrónica embebida de alta velocidad permite hoy día aplicar esa tecnología al control en tiempo real de procesos láser de dinámica extrema, tales como el taladrado por percusión láser, y garantizar la calidad del proceso. El objetivo último es tanto alcanzar la fabricación robusta con cero defectos, incluso en entornos de fabricación cambiantes, como el Prototipado rápido de procesos, permitiendo la adaptación de líneas de producción a nuevos diseños y materiales con rechazos mínimos o nulos, para respuesta rápida a nuevas demandas de mercado.

Retos Tecnológicos

Para lograr los objetivos ambiciosos planteados en este tema de investigación, es imprescindible relacionar la señal capturada, la inestabilidad o desviación que supone, y la medida correctiva necesaria, en base a modelos de

proceso que se basarían en simulación multifísica. Ello exige estudios en profundidad de los procesos de forma analítica y experimental, y su traducción en esquemas de control robusto multivariable, que pueden incluir sistemas no lineales, controles lineales H-infinito y métodos avanzados de control (perceptrones neuronales, lógica borrosa y otros esquemas de control).



Además, es imprescindible el desarrollo de tecnologías específicas que trasciendan el uso de fotodiodos sencillos habitualmente empleados hasta el momento: uso de multipercepción, sensado espectral o multiespectral, sensores ultrarrápidos y fusión de datos. Se prevé la necesidad de aplicar modelos de señal múltiple (MISO o MIMO) que alcancen la velocidad de proceso necesaria mediante los métodos más modernos de fusión de datos y de procesado multidimensional. Los proyectos buscarán el desarrollo de tales tecnologías, junto con la evaluación de las mejoras que supone en la calidad de producto, índice de rechazos, Lead-Time, y otros indicadores de calidad y de producción. Por último, se desarrollarán métodos para extraer conocimiento sobre el propio proceso a nivel de máquina y planta (derivas, estabilidad, mantenimiento predictivo, etc.) a partir de la monitorización y el análisis histórico de la deriva de señales.

Medición de potencia de un stack de barras láser. Monocrom

Impacto Económico

La fabricación cero defectos claramente tiene un beneficioso efecto no sólo en la planta de producción en que se implementa, sino también en toda la cadena de valor afectada, hasta llegar al usuario final. Las tecnologías que se desarrollarán en proyectos bajo este tópico permitirán una fabricación láser cero defectos.

Impacto Social. Contribución a la resolución de los Retos de la Sociedad

El principal impacto social está relacionado con la integración de tecnologías TIC avanzadas en entornos productivos, y por tanto la incorporación de nuevos paradigmas de información y conocimiento en la industria nacional. Los sistemas de producción con integración de información y conocimiento (sistemas ciberfísicos) son una parte de la sociedad de la información, integrada en la industria productiva, y son un paso más para llevar la actividad productiva más cerca de las necesidades de la sociedad.

GT4 [I+D]-7 Materiales y tecnologías de fabricación de OLED de gran formato para iluminación general

Descripción

El término OLED corresponde a las siglas en inglés de Diodo Orgánico Emisor de Luz. Se trata de emisores de luz construidos con materiales orgánicos que emiten luz cuando se les aplica electricidad. Hasta hace poco se han empleado solamente con finalidad decorativa, pero ya se emplean para proporcionar iluminación posterior en pantallas y en ciertos productos para iluminación de interiores.

El potencial de los OLEDs para iluminación pasa por la posibilidad de disponer de paneles luminosos de grandes dimensiones, que puedan ser activados o desactivados parcial o totalmente, cuyo color sea seleccionable y que estando apagados puedan ser transparentes y combinables con sistemas de captación energética. El incremento de eficiencia de los OLEDs y las posibilidades de fabricación a gran escala, permitirán disminuir su coste de producción. Con ello, los OLEDs se habrán convertido en una nueva fuente luminosa enormemente competitiva que pueda proporcionar iluminación adecuada y saludable.

Retos Tecnológicos

La investigación en nuevos materiales debe enfocarse en la optimización de su funcionamiento a un coste menor, en concreto, se necesita mejorar significativamente el rendimiento lumínico y energético así como la escalabilidad a grandes áreas emisoras. Igualmente, la investigación de nuevos diseños para incrementar la extracción de luz, como el uso de materiales fosforescentes o superficies microestructuradas, contribuirá a la mejora de eficiencia del conjunto.

Con el fin de abaratar el coste de los OLEDs se debe trabajar su proceso de fabricación hacia las técnicas roll to roll, recubrimientos y grabado de entramados de grandes superficies, mejorando las tecnologías de deposición e impresión y estrategias de encapsulamiento.

Impacto Económico

El mercado global de la iluminación está previsto que crezca desde los 50 billones de euros actuales (de los cuales menos de 5 billones de euros son

debidos a la tecnología SSL) a 120 billones de euros en 2020 (de los cuales 90 billones serán debidos al SSL).

En España existen empresas de fabricación con capacidad para cubrir parte del desarrollo tecnológico requerido, en concreto, de recubrimientos en vacío e impresión, lo que podría posicionarnos dentro del mercado si se consiguen actualizar y optimizar los procesos de fabricación para permitir fabricar estos dispositivos sin demasiada inversión en nueva maquinaria.

Impacto Social. Contribución a la resolución de los Retos de la Sociedad

El desarrollo de la tecnología OLED para iluminación contribuye claramente a la resolución de los Retos de la Sociedad definidos por MINECO relacionados con *ahorro y eficiencia energética, tecnologías limpias, progreso y bienestar y ciudades inteligentes,* muy particularmente con el Reto 5 *Acción sobre el cambio climático y eficiencia en la utilización de recursos y materias primas,* especialmente en su priorización temática II *Eficiencia en la utilización de recursos y materias primas.*

Lámpara electroluminiscente impresa en el laboratorio de impresión funcional. AIDO

BY-NC-ND

GT1 [I+D]-2 Arquitecturas y tecnologías de interconexión óptica en todos los niveles de un centro de datos

Descripción

Los modernos centros de datos son los nuevos elementos de concentración de ancho de banda, y están instalándose a una gran velocidad en todo el mundo. Una multitud de retos se abre para la gestión de estos centros: la cantidad de energía que precisan para trabajar, la cantidad de enlaces intra-centro de datos y la necesidad de conseguir más velocidad entre ellos, en entornos de baja distancia pero con miles de enlaces que precisan cada vez más rapidez en la gestión de la información.

En estos casos, los paradigmas actuales de transmisión de señales a muy alta velocidad no son suficientes para ofrecer toda la capacidad necesaria, además de que son muy poco eficientes energéticamente. Se precisa trabajar en nuevas ideas para transportar en distancias entre 2 y 100 m muchos más bits por ancho de banda y con un coste energético mucho menor.

Retos Tecnológicos

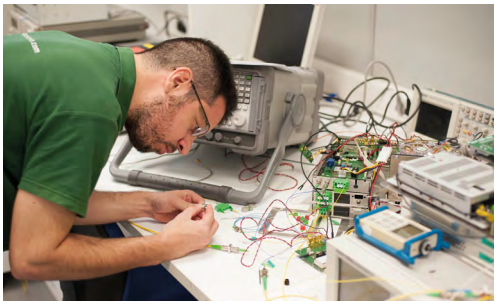
1. Investigar y desarrollar novedosas y disruptivas técnicas de transporte de datos ópticos entre racks, entre equipos, entre placas y entre chips
2. Reducir del coste energético y las emisiones de CO_2 por bit transportado.
3. Conseguir transportar más bits por Hercio de ancho de banda
4. Valorar nuevas técnicas de modulación más eficientes y económicas.
5. Desarrollar nuevas tecnologías de transporte a corta distancia.

Impacto Económico

El impacto económico es absolutamente indiscutible desde el punto de vista de eficiencia tanto económica como energética de los miles de conexiones ópticas que existen en un centro de datos. La reducción del coste por bit en estas instalaciones, de las que el transporte óptico representa el elemento fundamental, son un factor determinante del coste de estas tecnologías y, por tanto, de las empresas que las explotan. Un valor diferenciador frente a la competencia tendría unos beneficios económicos muy relevantes al ser un sector de altísimo crecimiento.

Impacto Social. Contribución a la resolución de los Retos de la Sociedad

El impacto social tiene que ver con dos aspectos principalmente. Por un lado, el hecho de poder desarrollar tecnologías más eficientes desde un punto de vista energético en instalaciones que son auténticas devoradoras de energía eléctrica representa un impacto clave en cuanto a la reducción de CO_2 a la atmósfera. Por otra parte, los centros de procesos de datos están convirtiéndose en elementos clave para el desarrollo de nuevos negocios en la red, por lo que su mejora desde un punto de vista económico y de capacidad de procesado implica directamente una mejora en las posibilidades que pueden abrirse a los nuevos negocios, y también de los sistemas de las diferentes administraciones, mejorando en cualquier caso las capacidades de nuestra sociedad.



Técnico de APL confeccionando la optoelectrónica de uno de los Analizadores de espectros ópticos de alta resolución BOSA de Aragon Photonics Labs.

Respecto a la contribución a la resolución de los Retos de la Sociedad, podemos decir que, además de su clara implicación en todos los puntos relacionados con la *Economía y Sociedad Digital* (Reto 7), esta línea tiene aplicación directa en los siguientes aspectos de otros retos sociales: *Tecnologías de la información* del reto *Salud, cambio demográfico y bienestar* (Reto 1-VI); *Redes eléctricas inteligentes* para una *Energía segura, eficiente y limpia* (Reto 3-X); *Tecnologías de información y sistemas de transporte sostenible, inteligente e integrado* (Reto 4-I); *Eficiencia en la utilización de recursos en relación con el Cambio climático* (Reto 5-II); *Innovación, cambio técnico, progreso y bienestar social* (Reto 6-IV); *Tecnologías de sistemas de información y comunicaciones de Seguridad, protección y defensa* (Reto 8-I).

GT3 [I+D]-6 Investigación de la etiología y tratamiento fotónico de las enfermedades degenerativas y las asociadas con las patologías ligadas al envejecimiento, así como el cáncer. Se pondrá énfasis en la relación con las características de cada paciente con el objetivo de favorecer la personalización de los tratamientos

Descripción

El conocimiento generado en este tema habría de contribuir de forma significativa a relacionar las características genéticas y fisiológicas de la clínica de cada individuo con las posibilidades de personalizar los tratamientos por vía fotónica. Igualmente el resultado de dichos estudios habría de permitir el establecimiento de pautas de tratamiento individualizadas óptimas para el tratamiento selectivo de la patología en cuestión utilizando técnicas fotónicas.

Retos Tecnológicos

1. Desarrollo de técnicas de tratamiento personalizadas que permitan maximizar y optimizar la respuesta del proceso.
2. Desarrollo de técnicas de planificación, monitorización y evaluación de resultados del tratamiento.
3. Desarrollo de nuevas técnicas de tratamiento no invasivas (o mínimamente invasivas) de gran selectividad que hagan uso de radiación no ionizante.
4. Desarrollo de técnicas de tratamiento para enfermedades que actualmente no tiene cura, especialmente enfermedades neurodegenerativas y todas aquéllas ligadas al envejecimiento de la población.
5. Desarrollo de técnicas de tratamiento para enfermedades raras.
6. Desarrollo de nuevas técnicas quirúrgicas basadas en el uso de radiación óptica.
7. Implementación de sistemas para la entrega eficiente de fármacos.

Impacto Económico

La individualización de los tratamientos por vía fotónica tiene el potencial a medio plazo de reducir los costes directos asociados a los tratamientos que hoy en día son en su mayoría no discriminantes de las particularidades fisiológicas y genéticas de los pacientes. Ello redunda en daños colaterales y en una reducción de la precisión y efectividad de los tratamientos que supone un coste adicional al que se obtendrá una vez se disponga del conocimiento necesario para generar los tratamientos fotónicos individualizados.

Impacto Social. Contribución a la resolución de los Retos de la Sociedad

Esta línea contribuye a la resolución del Reto1 *Salud, cambio demográfico y bienestar.* El conocimiento generado en este tema aumentará la precisión en los tratamientos y por tanto reducirá los efectos colaterales, redundando en una mejora de la calidad de vida del paciente y en sus posibilidades de recuperación. Por tanto se espera un impacto reseñable en la sociedad y en la resolución de los restos asociados al envejecimiento de la población.

GT1 [I+D]-1 Arquitecturas y tecnologías para redes ópticas programables con altas tasas transmisión

Descripción

La tendencia creciente de consumo de datos justifica la necesidad de progresar en el desarrollo de los equipos y sistemas de transporte óptico involucrados en las redes, especialmente por el aumento de las demandas de las comunicaciones móviles y el ancho de banda del hogar.

Se espera que en los próximos años el tráfico de datos mantenga crecimientos superiores al 10% anual en todos los segmentos de la red, por lo que los actuales sistemas de transporte óptico de señales están a punto de saturarse.

Este problema se ve agravado en las redes de acceso, donde el coste de las actuales soluciones también representa una barrera para alcanzar una cobertura universal mediante redes de nueva generación (NGA).

Por otra parte, en 2011, las redes de comunicación eran responsables de más del 20% de las emisiones de CO_2 atribuidas a las TIC, cifra que se duplicará en 2020 si las tecnologías de transporte no se mejoran en este sentido.

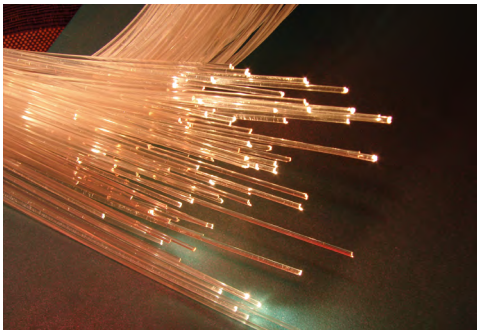
Retos Tecnológicos

1. Reducir del coste económico y las emisiones de CO_2 por bit transportado.
2. Dotar de control y gestión dinámica a las redes ópticas.
3. Disponer de la capacidad de entregar 1 Gbps por unidad inmobiliaria antes de 2020.
4. Alcanzar la plena integración de los sistemas de transporte de datos ópticos e inalámbricos.

Impacto Económico

La reducción del coste por bit y la armonización de las telecomunicaciones, de las que el transporte óptico representa el elemento fundamental, son un factor determinante de la productividad de un país, especialmente en lo que respecta al sector servicios e industrial.

La reducción de las emisiones de CO_2 repercute directamente en la eficiencia y, por tanto, en la necesidad de los costes energéticos asociados.



Fibra óptica. AIDO BY-NC-ND

Impacto Social. Contribución a la resolución de los Retos de la Sociedad

Una sociedad moderna no se concibe sin una intercomunicación tanto a nivel humano como, hoy en día, entre dispositivos, que permita a otras tecnologías desarrollarse y aplicarse.

Los campos de interés que redundan en el bienestar social van desde el comercio hasta la educación, pasando por la sanidad o la seguridad. Estas tecnologías permiten, además, potenciar la participación ciudadana y la cooperación en todos los aspectos sociales.

Todos estos aspectos inciden directamente en la calidad de vida de los ciudadanos.

Respecto a la contribución a la resolución de los Retos de la Sociedad, además de su clara implicación en todos los puntos relacionados con la *Economía y Sociedad Digital* (Reto 7), esta línea tiene aplicación directa en los siguientes aspectos de otros Retos de la Sociedad: *Tecnologías de la información* del Reto *Salud, cambio demográfico y bienestar* (Reto 1-VI); *Redes eléctricas inteligentes para una Energía segura, eficiente y limpia* (Reto 3-X); *Tecnologías de información y sistemas de transporte sostenible, inteligente e integrado* (Reto 4-I); *Eficiencia en la utilización de recursos en relación con el Cambio climático* (Reto 5-II); *Innovación, cambio técnico, progreso y bienestar social* (Reto 6-IV); *Tecnologías de sistemas de información y comunicaciones de Seguridad, protección y defensa* (Reto 8-I).

GT4 [I+D]-8 Percepción de la imagen en 3D y estudios de salud ocular en la visión

Descripción

El sistema visual nos proporciona una percepción tridimensional precisa del entorno gracias, en gran parte, a la visión binocular. La información es menos precisa cuando la imagen se presenta plana, en dos dimensiones, o la escena se observa en visión monocular, pero aun así el sistema visual reconoce señales que le permiten interpretar la profundidad. Existen multitud de dispositivos que podrían proporcionarnos una inmersión más completa en las escenas que observamos, información más fácilmente interpretable o una presentación más intuitiva, si fueran representadas en tres dimensiones, como el espacio al que estamos habituados. La mejor comprensión de cómo vemos e interpretamos la información espacial y el desarrollo de tecnologías para representarla son líneas de investigación y desarrollo prioritarias, como lo son los estudios relacionados con la salud visual en general, las estrategias para detección precoz de patologías y las tecnologías de apoyo a terapias con o sin intervención quirúrgica.

Retos Tecnológicos

Muchos de los aspectos relativos a la captura, proyección y visualización 3D son abordados desde las tecnologías fotónicas. El reto inmediato es investigar en estos tres temas. A corto y medio plazo se contempla el desarrollo de tecnologías robustas y de bajo coste para la visualización realista de imágenes 3D. Se tiende hacia captura con sistemas multivista y proyección autoestereoscópica, libre de gafas especiales, sin fatiga visual y amplio rango de paralaje. A medio y largo plazo estas tecnologías se validarán para usos especializados, como herramientas de diagnóstico o intervención quirúrgica, terapia visual, asistencia a la conducción o seguridad.

Impacto Económico

El uso de dispositivos móviles se ha extendido por todo el planeta y sus sistemas de visualización son uno de los parámetros de comparación entre diferentes productos. El potencial impacto de las nuevas estrategias de representación 3D desde dispositivos portátiles tiene la misma escala que la masiva utilización de estos sistemas. Respecto a las tecnologías para mejora de la salud visual, el uso intensivo de dispositivos móviles aumenta el

impacto potencial del desarrollo de sistemas de medida de bajo coste que se apoyen en estos dispositivos para aprovechar sus capacidades de captación, computación y comunicación, con alcance de distribución mundial.

Impacto Social. Contribución a la resolución de los Retos de la Sociedad

Los asuntos relacionados con la salud visual tienen una estrecha vinculación con el Reto de la Sociedad 1 *Salud, cambio demográfico y bienestar,* especialmente en lo relacionado con las *Tecnologías ómicas y las de imagen médica* (prioridad temática I), las *Ciencias robóticas y la nanotecnología* (prioridad temática III) y el uso de las *Tecnologías de la Información* (prioridad temática VI).

Con respecto a la visión y visualización tridimensional, con aplicaciones en ciencia, cultura, ocio y tecnología, entre otras, encontramos vinculaciones más directas con el Reto de la Sociedad 7 *Economía y Sociedad Digital,* especialmente en las prioridades temáticas II *Redes y sistemas móviles* y desarrollo de tecnologías, servicios y productivos basados en la movilidad; III desarrollo, innovación y adopción de *Soluciones y Tecnologías;* IV *Aplicaciones y soluciones TIC;* y IX *Sistemas, plataformas, servicios y procesos orientados* a contenidos y digitales –diseño, producción y empaquetamiento- y a difusión audiovisual.

Ambas tienen relación con el Reto de la Sociedad 6 *Cambios e innovaciones sociales,* por su prioridad IV *Innovación, cambio técnico, progreso y bienestar.*

GT5 [I+D]-10 Sistema de THz que permita controles en tiempo real (dinámicos) fiables y que minimicen la exposición a Rayos X de las personas para control de fronteras y tráfico de mercancías y personas

Descripción

Actualmente los escáneres de Rayos X son la principal medida de seguridad en los controles de accesos a edificios importantes y aeropuertos. Como radiación ionizante, la exposición de personas a éstas debe ser controlada y minimizada. Desde hasce años, se viene investigando y desarrollando en sistemas que usen radiación de terahercios. Es una radiación no ionizante, a medio camino entre las microondas y la radiación infrarroja, cuya longitud de onda permite penetrar varios milímetros o centímetros a través de tejidos, y materiales dieléctricos, mientras que sufre importantes reflexiones ante materiales metálicos.

De esta forma, la tecnología de Thz se vuelve una alternativa viable a los Rayos X para la búsqueda de objetos ocultos tales como armas, portados por personas al intentar atravesar un arco de seguridad. Y por otro lado elimina la exposición a radiación ionizante.

Retos Tecnológicos

La tecnología de Thz se halla aún en un estadio de baja madurez tecnológica, que necesita del desarrollo de varios componentes. El reto consiste en desarrollar componentes tales como emisores, receptores, polarizadores, sistemas ópticos para formación del haz y enfoque sobre los receptores.

Todo ello, junto con una miniaturización que lleve a construir sistemas compactos, que puedan incluso ser portátiles, y con un haz extenso capaz de analizar un flujo continuo de personas.

Impacto Económico

Las principales aplicaciones de esta tecnología se encuentran en el campo de la seguridad, la medicina y el control de los procesos de fabricación.

A día de hoy, considerando las expectativas de estos mercados, se puede indicar que las perspectivas de crecimiento son mayores en seguridad y control de procesos.

Actualmente en el sector de la seguridad, íntimamente ligado al control de personas y mercancías en aeropuertos, estaciones o fronteras, estas tecnologías mueven alrededor de 23 M€[5] anuales y se espera que para 2020 se superen los 230 M€[6] anuales.

Las expectativas para el mercado de la fabricación y el control de la producción son mayores, se espera que hacia el final de la década se superen los 375 M€[7].

Impacto Social. Contribución a la resolución de los Retos de la Sociedad

El desarrollo de tecnología de haz extenso para análisis de un flujo de personas puede reducir los tiempos de espera en accesos como aeropuertos, al eliminar los cuellos de botella que se producen en los arcos de seguridad. La sustitución de sistemas de Rayos X por sistema de terahercios además, reducirá exposición tanto de las personas, como el riesgo a exposiciones más prolongadas del personal a cargo de los sistemas.

---

[5] Moore, J.S. (2007). Terahertz Systems: Technology and Emerging Markets. *Thintri Inc.* Recuperado en junio de 2014 desde http://www.techuk-e.net/Portals/0/Content/Terahertz/THz%2010/T41%20-%20The%20Terahertz%20Market%20-%20a%20recent%20update.pdf

[6] Moore, J.S. (2007). Terahertz Systems: Technology and Emerging Markets. *Thintri Inc.* Recuperado en junio de 2014 desde http://www.techuk-e.net/Portals/0/Content/Terahertz/THz%2010/T41%20-%20The%20Terahertz%20Market%20-%20a%20recent%20update.pdf

[7] Moore, J.S. (2007). Terahertz Systems: Technology and Emerging Markets. *Thintri Inc.* Recuperado en junio de 2014 desde http://www.techuk-e.net/Portals/0/Content/Terahertz/THz%2010/T41%20-%20The%20Terahertz%20Market%20-%20a%20recent%20update.pdf

Otras líneas de Desarrollo e Innovación priorizadas por los Grupos de trabajo

En las siguientes páginas se desarrollarán, por orden de valoración, el resto de líneas de D+i propuestas. En cada línea se detallan (i) los retos tecnológicos a resolver en corto, medio, largo plazo; (ii) el impacto económico y (iii) el impacto social y, en concreto, la contribución de cada línea a la resolución de los Retos de la Sociedad.

GT6 [D+i]-10 Dispositivos ópticos de semiconductores, incluyendo láseres semiconductores y de alta potencia y eficiencia, dispositivos de alta velocidad & linealidad para procesado analógico/digital, conversión A/D, conmutación e interconexión, Fotónica activa en silicio (incluyendo III-V/Si) y compatibilidad CMOS y dispositivos no-lineales

Descripción

Los láseres semiconductores son un elemento muy importante en el ámbito de la Fotónica. En concreto, son la pieza clave en la generación de señales ópticas con un alto grado de coherencia y pureza espectral, transformándolo en una parte fundamental dentro del desarrollo e investigación de dispositivos ópticos activos.

Además de la generación óptica de señales, igualmente importante es la distribución óptica de señal y el procesado óptico. En este sentido, existen otros dispositivos electro-ópticos igualmente importantes que deben ser considerados en futuras líneas de investigación.

Por ejemplo, componentes tales como:

- Conversor A/D fotónico: sistema capaz de muestrear una señal analógica y conseguir una excelente linealidad y bajo ruido de cuantificación.
- Moduladores ópticos: logran convertir una señal eléctrica en óptica, consiguiendo grandes anchos de banda y velocidad de transmisión.
- Conmutación e interconexión: cabe mencionar en este punto los switches ópticos o los acopladores ópticos, piezas clave en el guiado de la señal óptica.

Retos Tecnológicos

En el caso de los láseres semiconductores, existen varias barreras tecnológicas a tener en cuenta en los próximos años: los láseres de alta potencia requieren de un alto consumo de potencia, siendo necesarios circuitos de control de temperatura, un empaquetado relativamente grande y técnicas de disipación.

Acciones encaminadas a la reducción de parámetros clave como la masa, la dimensión o el consumo del diodo láser (manteniendo su eficiencia de conversión) tendrán un alto interés en diversos campos en el corto plazo. Además, la minimización de los efectos indeseados (ruidos, distorsiones, no linealidades, señales espurias) será clave para su posicionamiento en diversos mercados, como el análisis molecular, la biomedicina etc.

Esto es aplicable también a elementos activos de Fotónica en silicio, como amplificadores ópticos o moduladores electro-ópticos.

Además, en ciertos contextos como el ámbito industrial o de misiones espaciales, algunos elementos se espera que puedan mantener sus capacidades técnicas en entornos hostiles (por ejemplo, a temperaturas extremas, en ausencia de atmósfera o bajo altas dosis de radiación). A ese respecto, imprescindible será la calificación de las soluciones ópticas para su funcionamiento en estos escenarios.

Será imprescindible también realizar estudios sobre su tasa de fallo o tiempo de vida de estos nuevos componentes, con el fin de validar su funcionamiento en entornos sensibles, como la medicina, la seguridad o las misiones espaciales.

Impacto Económico

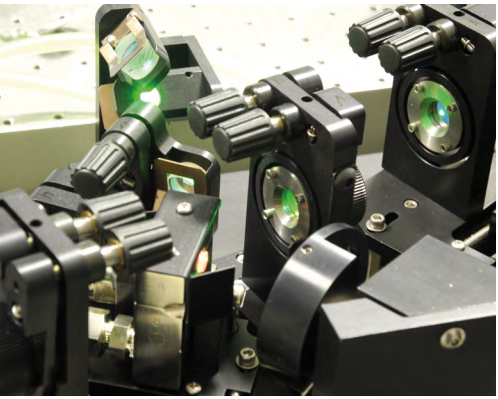
El impacto económico de estas futuras líneas de investigación variará en función de la progresión de cada uno de los mercados correspondientes.

En particular, en el ámbito de las comunicaciones ópticas, puesto que se trata de un mercado con una demanda creciente y una competencia cada vez mayor, se espera una modernización continua de los aspectos básicos de la red troncal de comunicaciones. Se trata de una mejora que afecta a todos los elementos mencionados anteriormente (láseres de alta potencia, moduladores ópticos, amplificadores, etc.).

Por otra parte, los mercados de defensa y seguridad también han manifestado un interés cada vez mayor en la tecnología fotónica. El campo de los sensores ópticos son clave en la detección de sustancias peligrosas y los elementos de procesado óptico formarán parte esencial en elementos de inteligencia electrónica (SIGINT, COMINT) para la modernización de sistemas de detección.

Impacto Social. Contribución a la resolución de los Retos de la Sociedad

Los elementos bajo investigación mencionados, siendo conscientes de sus capacidades para la eficiencia del tratamiento y distribución de la información, tienen una cabida clara en la *Energía segura, limpia y eficiente* (en concreto, en la parte de *Redes eléctricas e inteligentes,* Reto3-X).



Prueba de láser de bombeo en la unidad de osciladores del Centro de Láseres Pulsados (oscillatorsservice@clpu.es). ©CLPU

Además, teniendo en cuenta su potencial en el desarrollo de soluciones híbridas electro-ópticas en subsistemas de generación y distribución de señal en satélites, puede enmarcarse en el reto social *Transporte sostenible, inteligente e integrado* (en particular, en la parte de *Desarrollo de Nuevas tecnologías y aplicaciones,* Reto 4-III).

Por otra parte, dadas las capacidades de algunos elementos (acopladores, filtros sintonizables o switches ópticos) para reconfigurarse dinámicamente, podrán jugar un papel importante en las llamadas Ciudades Inteligentes, dentro del Reto7 *Economía y Sociedad Digital.*

Finalmente, ya se ha mencionado que el procesado óptico ofrece ventajas en cuanto a velocidad y eficiencia, con un interés claro para el ámbito de la defensa y seguridad a nivel internacional. Por ello, se puede incluir también en el Reto 8 *Seguridad, Protección y Defensa.*

GT4 [D+i]-7 Materiales y tecnologías de fabricación para LED, para la mejora de eficiencia interna (>80%), conversores de color, gestión de calor, nuevos sustratos y emisores más baratos y eficientes

Descripción

Un LED es un diodo emisor de luz. Además de su empleo en sistemas de iluminación, es un elemento común en sistemas de señalización luminosa, comunicaciones, sensórica y otras muchas aplicaciones. Los LEDs, comparados con otras fuentes de iluminación convencionales como la incandescencia o la fluorescencia, presenta ventajas relacionadas con su menor consumo, mayor tiempo de vida, pequeño tamaño, resistencia a impacto y vibraciones, baja emisión térmica, encendido inmediato o grandes posibilidades de control y regulación, tanto en intensidad como en color, permitiendo la adecuación de la iluminación a las condiciones y necesidades de los usuarios.

El uso de la tecnología LED en iluminación se ha extendido en los últimos años y se incrementará sin duda con la mejora de la eficiencia y disminución de coste de los productos.

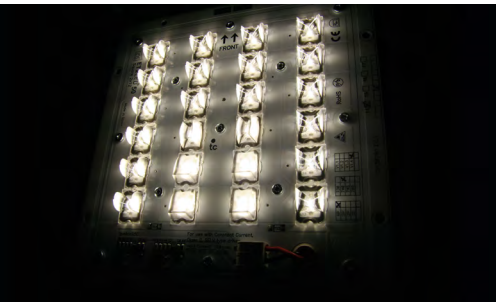
Los LEDs se han extendido también en su uso para diferentes tipos de pantallas o sistemas de señalización luminosa y proyección.

Retos Tecnológicos

Los avances clave tanto en materiales como en estructuras y estrategias de fabricación irán encaminados a la mejora de la eficacia energética aumentando la extracción de luz del componente y mejorando así la eficiencia luminosa, disminuyendo la emisión térmica o desarrollando nuevas estrategias de disipación o aprovechamiento del calor residual generado. Asimismo, deberán incrementar la reproducibilidad cromática sin penalizar la eficacia. Finalmente, reducirán su coste facilitando definitivamente su entrada en los mercados.

Impacto Económico

El mercado global de la iluminación está previsto que crezca desde los 50 billones de euros actuales (de los cuales menos de 5 billones de euros son debidos a la tecnología SSL – solid state lighting) a 120 billones de euros en 2020 (de los cuales 90 billones serán debidos al SSL).



Módulo LED para luminaria de exteriores de ETI S.A.
BY-NC-ND *AIDO*

En España hay empresas integradoras de fuentes LED, así como numerosas y bien posicionadas empresas de iluminación y señalización luminosa, el potencial de crecimiento económico es grande por la ya existente industria con capacidad de fabricación, presente en mercados nacionales e internacionales.

Impacto Social. Contribución a la resolución de los Retos de la Sociedad

El desarrollo de la tecnología OLED para iluminación contribuye claramente a la resolución de los Retos de la Sociedad definidos por MINECO relacionados con ahorro y eficiencia energética, tecnologías limpias, progreso y bienestar y ciudades inteligentes, muy particularmente con el Reto 5 *Acción de cambio climático y eficiencia en la utilización de recursos y materias primas,* especialmente en su prioridad temática II *Eficiencia en la utilización de recursos y materias primas.*

GT4 [D+i]-8 Materiales y tecnologías de fabricación de OLED de gran formato para iluminación general

Descripción

El término OLED corresponde a las siglas en inglés de Diodo Orgánico Emisor de Luz. Son emisores de luz construidos con materiales orgánicos que emiten luz al aplicarles electricidad. Hasta hace poco se han empleado solamente con finalidad decorativa, pero ya se emplean para proporcionar iluminación posterior en pantallas y en ciertos productos para iluminación de interiores.

El potencial del OLED pasa por la posibilidad de disponer de paneles luminosos de grandes dimensiones, que produzcan una iluminación confortable y sin deslumbramientos, que puedan ser activados o desactivados parcial o totalmente, cuyo color sea seleccionable y que estando apagados puedan ser transparentes y combinables con sistemas de captación energética. El incremento de eficiencia de los OLEDs y las posibilidades de fabricación a gran escala, permitirán disminuir su coste de producción. Con ello, los OLEDs

se habrán convertido en una nueva fuente luminosa enormemente competitiva que pueda proporcionar iluminación adecuada y saludable.

Dispositivo electroluminiscente inorgánico depositado por técnicas de impresión sobre sustrato textil. © CETEMMSA

Retos Tecnológicos

Las limitaciones actuales de eficiencia, tamaño y coste de los OLEDs dificultan su entrada en el mercado de la iluminación a gran escala. Los desarrollos encaminados a abaratar costes de producción, mejorar las posibilidades de integración de los OLEDs y posibilitar la fabricación de grandes áreas emisoras, contribuirán sin duda al uso extensivo de los OLEDs para iluminación y alumbrado. La posibilidad de trabajar sobre sustratos flexibles proporcionará adicionalmente mayores posibilidades para su empleo en aplicaciones como la iluminación interior en automoción y sin duda más libertad de diseño de productos en iluminación general de interiores y exteriores.

Impacto Económico

El mercado global de la iluminación está previsto que crezca desde los 50 billones de euros actuales (de los cuales menos de 5 billones de euros son debidos a la tecnología SSL – solid state lighting) a 120 billones de euros en 2020 (de los cuales 90 billones serán debidos al SSL).

En España existen empresas de fabricación con capacidad para cubrir parte del desarrollo tecnológico requerido, en concreto, de recubrimientos en vacío e impresión, lo que podría posicionarnos dentro del mercado internacional. El peso de las empresas de iluminación ayudaría sin duda a empujar aplicaciones de tecnología OLED en iluminación.

Impacto Social. Contribución a la resolución de los Retos de la Sociedad

El desarrollo de la tecnología OLED para iluminación contribuye claramente a la resolución de los Retos de la Sociedad definidos por MINECO relacionados con ahorro y eficiencia energética, tecnologías limpias, progreso y bienestar y ciudades inteligentes, muy particularmente con el Reto 5 *Acción sobre el cambio climático y eficiencia en la utilización de recursos y materias primas,* especialmente en su priorización temática II *Eficiencia en la utilización de recursos y materias primas.*

GT1 [D+i]-2 Implementación de pilotos de demostración (tipo Smart Cities) de redes de acceso, en todo o en parte, de fibra óptica

Descripción

La innovación experimental es un mecanismo clave para el avance en las tecnologías de Internet y, en este campo, se necesitan condiciones realistas para la materialización de prototipos de sistemas, equipos, soluciones, alternativas tecnológicas, etc.

Por esas circunstancias resulta imprescindible disponer de entornos similares a la realidad en los que se puedan establecer condiciones controladas y reproducibles. Pero este tipo de "laboratorios" resultan costosos y de difícil acceso (ya que las redes susceptibles de uso están en manos de los operadores y su carácter comercial impide su uso con otros fines).

Estas infraestructuras deberían estar a disposición de cualquier tipo de experimento o desarrollo con independencia de su tamaño o complejidad. Todo tipo de experimentador-desarrollador, con independencia de su carácter privado o público, grande o pequeño, etc., debería tener acceso a estos "laboratorios", de forma coordinada y cooperativa.

Retos Tecnológicos

1. Disponer de infraestructuras de transporte y acceso de dimensiones y penetración comparables a las que ofrecen las redes reales, que estén a disposición de los equipos investigadores/desarrolladores y que tengan carácter abierto para favorecer la cooperación entre los mismos.
2. Identificación de las líneas de I+D+i que se beneficiarían de la existencia de estas infraestructuras de experimentación y demostración.

Impacto Económico

Resulta difícil evaluar el impacto que estas iniciativas supondrían tanto para la sociedad como para los organismos y empresas que hicieran uso de ellas.

La realidad es que sin estas infraestructuras se ve fuertemente limitada la capacidad de progreso en este tipo de tecnologías y servicios.

Técnicos de Fibercom realizando el proceso de conectorización de cordones fibra óptica. FIBERCOM

Impacto Social. Contribución a la resolución de los Retos de la Sociedad

Su carácter interdisciplinar favorecería, además de los sectores directamente implicados en las telecomunicaciones, a otras líneas de I+D+i así como a múltiples actividades productivas o sociales (educación, seguridad, sanidad, etc.)

Así mismo, el entorno en el que se implantaran estas instalaciones se verían favorecidos por la disponibilidad de aplicaciones punteras tanto de carácter social como económico, que les conferiría cierto carácter diferenciador (parques tecnológicos, smart cities, etc.)

Respecto a la contribución a la resolución de los Retos de la Sociedad, podemos decir que, además de su clara implicación en todos los puntos relacionados con la *Economía y Sociedad Digital* (Reto 7), esta línea tiene aplicación directa en los siguientes aspectos de otros retos sociales: Tecnologías de la información del Reto *Salud, cambio demográfico y bienestar* (Reto 1-VI); *Redes eléctricas inteligentes para una Energía segura, eficiente y limpia* (Reto 3-X); *Tecnologías de información y sistemas de transporte sostenible, inteligente e integrado* (Reto 4-I); *Eficiencia en la utilización de recursos en relación con el Cambio climático* (Reto 5-II); *Innovación, cambio técnico, progreso y bienestar social* (Reto 6-IV); *Tecnologías de sistemas de información y comunicaciones de Seguridad, protección y defensa* (Reto 8-I).

GT5 [D+i]-9 En el campo de la geriatría y monitorización vital (pacientes críticos) sensores de monitorización remota de constantes vitales de mínima intrusión y seguros

Descripción

El rápido desarrollo de las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones (TICs) está impulsando la transformación de los sistemas de salud tradicionales en entornos centrados en el paciente. Las relaciones convencionales entre personal sanitario-paciente están evolucionando gracias a las nuevas tecnologías existentes hacia un nuevo modelo en donde el paciente tiene un papel más reactivo en el control de su salud y bienestar. Por otra parte, la monitorización de diferentes constantes vitales, por ejemplo ECG, peso o presión arterial, es un tema clave en el seguimiento de algunas enfermedades y cuidado de pacientes críticos o personas dependientes en general. Se hace esencial la disponibilidad de dispositivos médicos *(Medial Devices*–MDs*),* también llamados de salud personal *(Personal Health Devices),* que ayuden a los pacientes a auto-gestionar el seguimiento de sus enfermedades. Estos MDs serán de tipo inalámbrico, de forma que sean lo más útiles y manejables, e integrarán estándares de comunicaciones seguras para la transmisión de información biomédica.

Retos Tecnológicos

En el corto plazo, dos retos:

a. Garantizar la transmisión de datos biomédicos de forma segura. Teniendo en cuenta el concepto global de seguridad: garantizar en todo momento la **identificación** del usuario, la **autenticación** del mismo, la **confidencialidad** de los datos compartidos, la **integridad** de la comunicación, el **no repudio** de los datos y la **disponibilidad** de los mismos a las personas que los necesiten y cuando lo requieran, junto con la **trazabilidad** de los mismos.

b. **Ergonomía** de los sensores. De hecho, la generalización en un futuro próximo de la tecnología *"wearable"* en nuestra vida cotidiana será una realidad cuando esta ergonomía se garantice. Aquí la fotónica puede tener un papel relevante en cuanto a miniaturización de los sensores.

Medio-largo plazo: **máxima portabilidad** de los sensores y sus sistemas de comunicación, **mimetización** e incluso **integración** de los sensores y su módulo de comunicación en nuestra ropa e incluso como biodispositivo, integrándolo en nuestro cuerpo.

Impacto Económico

Europa está envejeciendo. En 2060, se estima que el 30% de los europeos (172 millones) será mayor de 65 años (actualmente el 17%). Por cada persona jubilada habrá sólo dos personas trabajando (la proporción actual es 1:4). Habrá una creciente escasez de profesionales y familiares cuidadores y los costes sanitarios se elevarán agudamente al 9% del PIB de la UE. Según lo publicado en los informes ECO/WKP (2010) 25 de la OCDE *"Sistemas de salud: eficacia e instituciones"* e *"Investing in Health"*[8], hacia el final de la década actual al menos el 73% de las personas de más de 70 años sufrirá al menos una enfermedad crónica. Esto supone una población objetivo superior a los 40 millones de personas en Europa.

Entre 2008 y 2011, el sector de la salud ya ha creado 2 millones de empleos y el mercado de cuidados globales, teleasistencia y e-health se prevé que crezca de 7,6 b€ a 17,6 b€ a finales de 2015.

Impacto Social. Contribución a la resolución de los Retos de la Sociedad

Ante la problemática y perspectiva descritas, al final del 2013, la EC ha financiado 996 proyectos internacionales relacionados con la salud en relación reto social concernido, con más de 10.000 participantes y con una tasa de participación de pymes del 16%. Esta es respuesta, que tiene su continuación en Horizonte2020, ante el reto social *ageing well.*

De hecho, en el Plan estatal de investigación científica, técnica y de innovación (2013-2016), en su reto *Salud, Cambio Demográfico y Bienestar,* manifiesta: "los Servicios de Salud deben maximizar el uso de los recursos para, en un estrategia de sostenibilidad financiera del sistema ser capaces de implementar actividades encaminadas a la prevención y detección precoz de los procesos patológicos que, a largo plazo, permitan una extensión de la cultura de la salud y, por ende, una disminución de la carga de la enfermedad sobre el conjunto de la sociedad."

Esta línea de desarrollo entronca con el Reto 1 *(Salud, Cambio Demográfico y Bienestar)* definido en el Plan Estatal de Investigación, estando también relacionado con los Retos 6 *(Cambios e Innovaciones Sociales),* 7 *(Economía y Sociedad Digital)* y 8 *(Seguridad, Protección y Defensa).*

---

[8] OCDE. Commission Staff Working Document (febrero 2013). *Sistemas de salud: eficacia e instituciones.*
OCDE. Commission Staff Working Document (febrero 2013). *Investing in Health*

GT1 [D+i]-1 Implementación de pilotos de investigación (en entornos docente/universitario) de redes ópticas versátiles

Descripción

Las redes ópticas flexibles o versátiles son elementos clave en el desarrollo de soluciones de transporte óptico de alta capacidad. Aspectos como gestión del ancho de banda óptico, análisis de pérdidas por defectos en las señales *(impairments),* implantación de nuevos formatos de modulación o desarrollo de software de gestión de red son clave a la hora de entender la importancia de dichas redes.

Por eso resulta imprescindible disponer de pilotos de investigación en los que se puedan establecer condiciones controladas y reproducibles. Pero este tipo de infraestructuras resultan costosas y de difícil acceso (ya que las redes susceptibles de uso están en manos de los operadores y su carácter comercial impide su uso con otros fines). Estas infraestructuras deberían estar a disposición de cualquier tipo de experimento o desarrollo con independencia de su tamaño o complejidad y ser gestionados de forma coordinada y cooperativa por entes sin ánimo de lucro.

Retos Tecnológicos

1. Disponer de infraestructuras de transporte y acceso de dimensiones y penetración con características similares a las que ofrecen las redes reales, que estén a disposición de los equipos investigadores/desarrolladores y que tengan carácter abierto para favorecer la cooperación entre los mismos.
2. Identificación de las líneas de I+D+i que se beneficiarían de la existencia de estas infraestructuras de experimentación y demostración.

Impacto Económico

El impacto económico de la creación de estas infraestructuras tiene que ver con dos aspectos principalmente: por un lado el coste de oportunidad, ya que no disponer de las mismas limita fuertemente la capacidad de progreso en este tipo de tecnologías y servicios. Por otro, las empresas implicadas en tecnologías de red podrían aprovecharse del conocimiento y de la formación de personal que se generaría en ellas para obtener nuevos productos y abrir nuevos mercados.

Impacto Social. Contribución a la resolución de los Retos de la Sociedad

El mayor impacto social en este ámbito provendría del apoyo a las tecnologías de red óptica de altas prestaciones del que nuestro país tiene un déficit considerable. Las empresas más importantes del país no tiran de esta investigación por su excesivo coste y porque sus resultados pueden ser comprados en un mercado tecnológico mundial muy competitivo. Pero si pretendemos ser independientes tecnológicamente en cuanto a las técnicas mas novedosas de redes ópticas se precisa disponer de pilotos de investigación e infraestructuras adecuadas, personal formado y gestión del conocimiento.

Respecto a la contribución a la resolución de los Retos de la Sociedad, además de su clara implicación en todos los puntos relacionados con la *Economía y Sociedad Digital* (Reto7), esta línea tiene aplicación directa en los siguientes aspectos de otros retos sociales: *Tecnologías de la información del Reto Salud, cambio demográfico y bienestar* (Reto 1-VI); *Redes eléctricas inteligentes para una Energía segura, eficiente y limpia* (Reto 3-X); *Tecnologías de información y sistemas de transporte sostenible, inteligente e integrado* (Reto 4-I); *Eficiencia en la utilización de recursos en relación con el Cambio climático* (Reto 5-II); *Innovación, cambio técnico, progreso y bienestar social* (Reto 6-IV); *Tecnologías de sistemas de información y comunicaciones de Seguridad, protección y defensa* (Reto 8-I).

04 Grupos de trabajo y datos de contacto

GT1 Tecnologías para la Información y la Comunicación

Este grupo abarca los temas relacionados con las comunicaciones ópticas, las técnicas ópticas de procesado y gestión de señales, la computación óptica y la interconexión óptica.

Las TICs, que abordan muchos de los desafíos socio-económicos, y las aplicaciones relacionadas con ellas ofrecen nuevas oportunidades de empleo y de generación de riqueza. Además, las tecnologías de comunicación de banda ancha reducen significativamente las emisiones de carbono y permiten utilizar muchos servicios desde nuestros hogares (educación, trabajo, servicios administrativos, servicios relacionados con la salud, entretenimiento, servicios relacionados con la seguridad, etc.)

Coordinadores del GT1:

Francisco López (Aragón Photonics) **f.lopez@aragonphotonics.com**

Ignacio Garcés (Universidad de Zaragoza) **ngarces@unizar.es**

GT2 Procesos de fabricación

Recoge cuestiones de procesado láser y óptico en general, el control de procesos de fabricación y el control de calidad de productos.

Los procesos de fabricación pueden ser manejados de forma automática y flexible, produciendo componentes y productos de extraordinaria calidad y de una manera más ecológica en comparación con la mayoría de las otras fuentes de energía.

Coordinadores del GT2:

Carles Oriach (Monocrom) **c.oriach@monocrom.com**

Pablo Romero (AIMEN) **promero@aimen.es**

GT3 Ciencias de la vida

Este grupo engloba el empleo de técnicas como la microsocopía y espectroscopía, la imagen médica, la endoscopia y biopsia óptica. Sin olvidarnos de los biosensores ópticos o los tratamientos con luz, como la terapia fotodinámica.

Los desafíos relacionados con la adecuada atención a la salud de todos los ciudadanos pueden abordarse mejor a través de los avances de las tecnologías biofotónicas, mediante nuevos métodos rentables para mejorar el diagnóstico y la terapia. Estas mismas tecnologías también pueden servir para controlar el agua y calidad de los alimentos, reduciendo de este modo las enfermedades causadas por la contaminación.

Coordinadores del GT3:

Juan-Carlos Dürsteler (INDO) **dus@indo.es**

José Luis Arce (Universidad de Cantabria) **jlarce@teisa.unican.es**

GT4 Iluminación y displays

Este grupo recoge el desarrollo y utilización de dispositivos basados en LED y OLED, con, por ejemplo, sensores fotónicos e inteligencia integrada. La integración en construcción con otras tecnologías, PV y sensores y su relación con el ahorro energético. Así como su empleo en el diagnóstico y terapias médicas.

Coordinadoras del GT4:

Ana Manzanares (Greenlight Solutions) **a.manzanares@greenlightsl.com**

Teresa Molina Jiménez (AIDO) **tmolina@aido.es**

GT5 Seguridad y sensores

Este grupo abarca todo lo relacionado con sensores fotónicos: para diagnósticos preventivos en salud, las técnicas de detección biométrica en seguridad, la detección en nuevos rangos espectrales (THz, X..), los sistemas para el control de producción industrial, las ayudas a la conducción o dotar de inteligencia otros dispositivos.

Coordinadores del GT5:

Jorge J. Sánchez (Acesyd) **jsanchez@acesyd.com**

Julio Plaza del Olmo (ITM) **jplazao@oc.mde.es**

GT6 Componentes ópticos y Sistemas

La Fotónica apuntala soluciones para la gama más amplia posible de las necesidades socio-económicas (infraestructura de telecomunicaciones en una sociedad de uso intensivo de la información, técnicas basadas en láser que han revolucionado la industria de fabricación y los procedimientos médicos, sensores fotónicos indispensables para proporcionar un entorno más seguro)

Coordinadores del GT6:

Miguel Ángel Piqueras (Das Photonics) **mapiqueras@dasphotonics.com**

Francisco López Royo (NTC) **lopezroyo@ntc.upv.es**

GT7 Investigación y formación

Este es un grupo transversal a los anteriores que recoge aquellos temas en fases aún de investigación más básica, como por ejemplo las técnicas nanofotónicas y la computación y sensado cuántico con fotones o las fuentes de luz extremas. Por lo que respecta a la formación, se necesita un gran progreso en la educación y capacitación de mano de obra altamente calificada, para abordar con éxito los grandes desafíos socio-económicos que afectan a Europa desde el terreno que compete a la Fotónica.

Coordinadores del GT7:

Silvia Carrasco (ICFO) **silvia.carrasco@icfo.es**

Santiago M. Olaizola (CEIT) **yolaizola@ceit.es**

Presidencia

Robert López (FICOSA) **info@fotonica21.org**

Vice-presidencia

Carles Pizarro (Snelloptics) **carles.pizarro@snelloptics.com**

Silvia Carrasco (ICFO) **silvia.carrasco@icfo.es**

Secretaría técnica

Santiago Simón (AIDO) **ssimon@aido.es**
info@fotonica21.org

05 Anexo

Extracto del PLAN ESTATAL DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA, TÉCNICA Y DE INNOVACIÓN, MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD

RETOS DE LA SOCIEDAD [2013-2016]

http://www.idi.mineco.gob.es/stfls/MICINN/Investigacion/FICHEROS/Plan_Estatal_Inves_cientifica_tecnica_innovacion.pdf

(RETO 1) SALUD, CAMBIO DEMOGRÁFICO Y BIENESTAR

I. Las **TECNOLOGIAS ÓMICAS Y LAS DE IMAGEN MÉDICA** como base instrumental sobre la cual impulsar una medicina personalizada basada sobre los perfiles del individuo y no sobre la enfermedad.

II. La **INVESTIGACIÓN CLÍNICA Y TRASLACIONAL** basada en la evidencia de los conocimientos científicos y tecnológicos.

III. Las ciencias **ROBÓTICAS Y LA NANOTECNOLOGÍA** como instrumentos de intervención en los procesos diagnósticos y de tratamiento en las enfermedades humanas.

IV. El desarrollo de **NUEVAS MOLÉCULAS COMO ARMAS TERAPÉUTICAS EN LAS PATOLOGÍAS DE ALTA PREVALENCIA EPIDEMIOLÓGICA.**

V. La descripción del **INTERACTOMA HUMANO Y LA DISECCIÓN DE SUS REDES DE CONEXIÓN MOLECULAR** como base etiológica de los procesos fisiopatológicos implicados en problemas de salud.

VI. El uso y difusión de las **TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN** como eje vertebrador de un espacio global de e-health para el desarrollo de actividades de investigación en el área de Epidemiología, Salud Pública y Servicios de Salud así como en el ámbito de la organización y gestión del Sistema Nacional de Sanidad.

(Reto 2) SEGURIDAD Y CALIDAD ALIMENTARIA; ACTIVIDAD AGRARIA PRODUCTIVA Y SOSTENIBLE, SOSTENIBILIDAD RECURSOS NATURALES, INVESTIGACIÓN MARINA Y MARÍTIMA

I. **CONSERVACIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL, EFICIENTE Y SOSTENIBLE DE LOS SISTEMAS AGROECOLÓGICOS Y DE LOS DE LOS RECURSOS AGROFORESTALES, HÍDRICOS Y PESQUEROS,** incluyendo aspectos relevantes como: (i) mejoras tecnológicas, de gestión, manejo y uso eficiente del agua en los regadíos, en los sistemas agroforestales y agroindustriales y en todos los procesos de producción industrial; (ii) gestión integral de los suelos agrícolas; (iii) optimización de la gestión de los incendios forestales y adopción de soluciones avanzadas en materia de prevención, extinción, restauración y evaluación de impactos; (iv) el impacto del cambio global en la expansión de especies colonizadores, plagas y enfermedades de cultivos así como la determinación de técnicas eficientes de control de las mismas; (v) aplicación de los SIG, teledetección, y TIC a la gestión de los recursos naturales y los sistemas agroalimentario, forestal y pesquero y (vi) gestión y tratamiento sostenible de los recursos hídricos.

II. **MEJORA SOSTENIBLE DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLAS, GANADEROS Y FORESTALES:** (i) eficiencia productiva, reproductiva y mejora genética en especies agrícolas, ganaderas y forestales, promoviendo el conocimiento y la aplicación de la biotecnología y de las herramientas genéticas, genómicas y moleculares y el desarrollo de nuevas fuentes de proteínas vegetales y el desarrollo y mejora de la eficiencia de los insumos; (ii) protección vegetal -diagnóstico, epidemiología y control integrado de plagas y enfermedades y modelos en el uso de productos fitosanitarios-; (iii) sanidad animal y vegetal; (iv) sistemas de producción animal y vegetal, incluyendo insumos, maquinaria, tecnologías y sistemas; (v) producción de biomasas, bioproductos y bioenergía y (vi) valoración y modelización económica, ambiental y social de los sistemas agroforestales.

III. **MEJORA Y DESARROLLO DE NUEVOS SISTEMAS, PROCESOS Y TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN Y CONTROL AGROINDUSTRIAL, BIOPRODUCTOS Y BIOREFINERÍAS:** (i) procesos y tecnologías de elaboración, transformación y con-

servación de alimentos, productos forestales, pesqueros y bioproductos agroindustriales; (ii) bioproductos, biolubricantes, biocombustibles y otros para la alimentación humana, animal y otros usos industriales; (iii) integración de la ingeniería industrial y de la producción, incluyendo nuevas biorefinerías; (iv) uso de biomasa residual como materia prima en biorefinerías para la obtención biocombustibles, de productos de química fina o de materias primas petroquímicas; (v) sistemas inteligentes, flexibles y sensibles de producción, con tecnologías de procesado mínimo y otras emergentes y (vi) nuevos diseños, formatos, materiales y tecnologías de envasado, embalaje y empaquetado así como el desarrollo de envases con funcionalidades específicas (activos e inteligentes).

IV. **AUMENTAR LA CALIDAD Y SEGURIDAD DE LOS ALIMENTOS Y NUEVOS PRODUCTOS ALIMENTICIOS:** (i) desarrollo de alimentos seguros, nuevos alimentos funcionales, nutraceuticos y otros adaptados al mercado y técnicas para la normalización y la certificación; (ii) procesos de conservación, repercusión en la seguridad alimentaria y nutricional, vida útil de los productos alimenticios y relación con la calidad sensorial; (iii) calidad nutricional de alimentos y sustancias bioactivas, relación de los alimentos con la salud y bienestar de los consumidores; (iv) alimentación y nutrigenética y (v) desarrollo de nuevos sistemas de detección precoz de riesgos emergentes, así como la optimización de los sistemas de gestión de seguridad alimentaria.

V. **ARTICULACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA CADENA AGROALIMENTARIA** para generar y mejorar la distribución del valor añadido desarrollando nuevos modelos de organización y gestión y de comercialización y nuevas cadenas de distribución así como para aumentar su flexibilidad y seguridad para avanzar en la sostenibilidad medioambiental de la cadena mejorando la eficiencia de utilización de materias primas, reducción de residuos y reutilización, aprovechamiento y valorización de subproductos, la eficiencia energética y la huella del carbono y del agua.

VI. **SEGURIDAD, TRAZABILIDAD, ALERTA Y GESTIÓN DE RIESGOS:** (i) seguridad e inocuidad de los alimentos, identificación y evaluación de riesgos emergentes, tecnologías de higienización más eficientes a lo largo de la cadena; (ii) modelos inteligentes de trazabilidad, sistemas de alerta, gestión de crisis, nuevas tecnología de etiquetado, etc. y (iii) investigación sobre modelos de seguros agropecuarios y forestales.

VII. **MEJORAR LA COMPETITIVIDAD Y SOSTENIBILIDAD EN EL SECTOR PESQUERO Y LA ACUICULTURA** a través de medidas destinadas a promover la I+D+I en: (i) eficiencia en la alimentación, la capacidad reproductiva y manejo de especies acuícolas; (ii) desarrollo y producción de nuevas especies en acuicultura y presentaciones comerciales de productos pesqueros ; (iii) tecnologías de aprovechamiento de algas para consumo humano y para la producción de bioenergía y bioproductos; (iv) eficiencia energética en las embarcaciones; (v) nuevas tecnologías de distribución de alimentos incorporando técnicas avanzadas de envases inteligentes.

VIII. **INVESTIGACIÓN MARINA:** (i) conocimiento del fondo marino para lograr un aprovechamiento adecuado de nuestros mares y una correcta protección medioambiental que incluya aspectos como la batimetría, bionomía de fondos, recursos naturales y otros; (ii) planificación marítima espacial y gestión integrada y la compatibilidad de usos de los mares y de las zonas costeras, y (iii) prevención de riesgos geológicos marinos.

(Reto 3) ENERGÍA SEGURA, EFICIENTE Y LIMPIA

I. **ENERGÍA SOLAR –TERMOELÉCTRICA, FOTOVOLTAICA Y TÉRMICA–:** (i) estudio e incorporación de nuevos componentes ligados a la hibridación para la producción de energía; (ii) desarrollo e incorporación de nuevos materiales; (iii) rendimiento, duración y costes en la producción de energía solar fotovoltaica y desarrollo de procesos avanzados de fabricación de componentes; (iv) implantación de nuevas aplicaciones de la energía solar térmica - integración en edificios, descontaminación, desalación de agua, etc-; (v) desarrollo de sistemas y tecnologías de almacenamiento –industriales y residenciales- de energía, y (vi) gestión e integración de energía renovables en las redes convencionales.

II. **ENERGÍA EÓLICA:** (i) desarrollo de componentes y turbinas; (ii) integración en red; (iii) adaptación de aerogeneradores a las condiciones extremas del entorno marino ; (iv) materiales de construcción para estructuras –plataformas– y soporte de aerogeneradores en aguas profundas; (v) técnicas de transporte, mantenimiento, operación de las plataformas eólicas, y (vi) caracterización de los emplazamientos incluyendo estudios geotécnicos como medioambientales –físicos y químicos– y de biodiversidad –fauna, especies–, etc.

III. **BIOENERGÍA:** (i) producción de biomasa terrestre o marina para aplicaciones en procesos industriales y producción de energía; (ii) sistemas de producción de combustibles y tecnologías de conversión para la producción y abastecimiento sostenibles de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos obtenidos de la biomasa; (iii) biocombustibles de alto valor añadido, y (iv) producción, almacenamiento y distribución de biocombustibles.

IV. **TRATAMIENTO DE RESIDUOS CON FINES ENERGÉTICOS:** (i) tratamiento de residuos sólidos urbanos y residuos procedentes de los sistemas de tratamiento de agua y de plantas de reciclado, y (ii) estudio y desarrollo de tecnologías de tratamiento de gases.

V. **HIDRÓGENO Y PILAS DE COMBUSTIBLE:** i) producción de H_2; (ii) investigación y desarrollo de las tecnologías del hidrógeno y las pilas de combustible; (iii) almacenamiento y distribución de H_2, y (iv) usos de hidrógeno portátiles y estacionarios.

VI. **ENERGÍA MARINA:** undimotriz –olas- y maremotriz –mareas-, gradiente de salinidad y maremotérmica.

VII. **ENERGÍA GEOTÉRMICA:** (i) estudio de recursos geotérmicos de alta, media y baja temperatura y (ii) procesos y técnicas para la exploración y evaluación de energía geotérmica.

VIII. **ENERGÍA NUCLEAR SOSTENIBLE:** (i) reactores, seguridad, prevención y diseño de nuevos combustibles; (ii) apoyo a la gestión de los combustibles usados y residuos de alta actividad; (iii) reducción de residuos mediante técnicas de separación y transmutación y (iv) tratamiento y gestión de los residuos de media y baja actividad.

IX. **REDUCCIÓN, CAPTURA Y ALMACENAMIENTO DE CO_2:** (i) reducción de emisiones de CO_2; (ii) tecnologías de captura de CO_2; (iii) materiales para captura de CO_2 incluyendo materiales de origen renovable –biocarbones–; (iv) conversión y utilización del CO_2 en nuevos productos o materiales; (iv) evaluación emplazamientos para el almacenamiento de CO_2; (v) viabilidad tecnológica de los almacenamientos en condiciones estables y seguras y (vi) almacenamiento de CO_2 en los fondos marinos, acidificación de mares y océanos.

X. **REDES ELÉCTRICAS INTELIGENTES:** se apoyará la incorporación de desarrollos tecnológicos tanto en software como en hardware y en aplicación de nuevos materiales y el impulso a sistemas de información y comunicación, sistemas de previsión y optimización, electrónica de potencia, materiales y sensores e integración de recursos y distribución activa.

(Reto 4) TRANSPORTE SOSTENIBLE, INTELIGENTE E INTEGRADO

I. **EL DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y SISTEMAS DE TRANSPORTE INTELIGENTE** que contribuyan a: i) aumentar la eficiencia en el transporte y en el uso de las infraestructuras, mejorar la gestión del tráfico, y promover y facilitar el transporte intermodal; ii) desarrollar de Sistemas de Información y control en tiempo real así como sistemas de transporte inteligente para facilitar la intermodalidad del transporte de mercancías (terrestre, marítimo y aéreo), la movilidad cooperativa, segura y la ayuda a la conducción, y iii) avanzar hacia nuevas soluciones tecnológicas que aseguren la interoperabilidad ferroviaria y una mayor integración de la red, incluyendo su conexión intermodal marítima.

II. **EL DESARROLLO DE TÉCNICAS, METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS** para la evaluación y reducción de riesgos, la implementación de planes de contingencia frente a situaciones extremas y desastres naturales o tecnológicos.

III. **EL DESARROLLO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS Y APLICACIONES** basadas en programas europeos de navegación por satélite –EGNOS y Galileo–, que garanticen la compatibilidad, interoperabilidad y robustez de las soluciones. Se considera dentro de este ámbito el desarrollo de actividades de I+D+I orientadas a la modernización de la gestión del tránsito aéreo en Europa (Single European Sky ATM Research - SESAR) en el marco de la iniciativa sobre Cielo Único Europeo.

IV. El impulso a la investigación y desarrollo de nuevos medios de **TRANSPORTE MÁS EFICIENTES ENERGÉTICAMENTE Y/O LIMPIOS** tanto en materia de tecnologías como de combustibles.

V. La investigación y aplicación de **NUEVOS MATERIALES AVANZADOS PARA EL TRANSPORTE,** pavimentos y construcción de infraestructuras incluidos los de recuperación y reciclado.

VI. El desarrollo de nuevas tecnologías destinadas a reducir el **IMPACTO AMBIENTAL** de los distintos sistemas y medios de transporte así como la contaminación acústica y medioambiental.

VII. **EFICIENCIA ENERGÉTICA.** La búsqueda de tecnologías y soluciones innovadoras que permitan adaptar las infraestructuras del transporte al uso eficiente de energías alternativas con objeto de reducir los costes de explotación.

(Reto 5) ACCIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO Y EFICIENCIA EN LA UTILIZACIÓN DE RECURSOS Y MATERIAS PRIMAS

I. **CAMBIO CLIMATICO:** (i) desarrollo y optimización de redes de observación sistemática del clima en sus tres dominios: atmosférico, oceánico y terrestre, junto con las técnicas de análisis y modelización de datos; (ii) modelización de escenarios climáticos regionalizados para España; (iii) investigación aplicada a la evaluación de impacto, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en ámbitos como: zonas de alta biodiversidad, costas, bosques, agricultura, pesca y ecosistemas marinos, recursos hídricos, suelos, salud, turismo, transporte, industria y energía. (iv) investigación en ciencias sociales y humanidades asociada a la adaptación y la mitigación del cambio climático, en particular centrada en procesos de adaptación ambiental, económica, tecnológica y social relevantes para España y para Europa; (v) estimación y el seguimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero en España y desarrollo de modelos de proyección incluyendo análisis de incertidumbre y el coste beneficio de las distintas opciones de mitigación en España; (vi) desarrollo de una plataforma de intercambio e integración de conocimiento que permita dar visibilidad a la ciencia española de cambio climático y que permita reforzar las iniciativas existentes; (vii) adaptación al cambio climático en infraestructuras críticas -(redes de transporte, eléctricas y de información-, fomentando su capacidad de reacción, su robustez y su resiliencia, y (viii) investigación aplicada al desarrollo y modelización de datos y escenarios orientados a la optimización permanente de los servicios de vigilancia y alerta frente a riesgos naturales.

II. **EFICIENCIA EN LA UTILIZACIÓN DE RECURSOS Y MATERIAS PRIMAS:** (i) gestión integral y el uso sostenible de los recursos hídricos, análisis, evaluación

y seguimiento de las aguas, previsión de sequías, avenidas y catástrofes naturales o de origen antrópico; (ii) el establecimiento y la operatividad de Sistemas Globales de Observación de la Tierra (GEOS); (iii) seguridad de las infraestructuras hidráulicas; (iv) corrección hidrológico-forestal y lucha contra la erosión y desertificación; (v) biodiversidad y patrimonio natural; (vi) I+D+I en biodiversidad orientada a la conservación, gestión y uso sostenible en coordinación con otras medidas sectoriales; (vii) I+D+I en procesos industriales y productos menos contaminantes, reduciendo el volumen de emisiones a la atmósfera, al agua y al suelo y eficientes desde el punto de vista del consumo de materias primas y energía; (viii) reducción del impacto industrial en el medioambiente, en la salud humana y animal, en la vegetación y en el patrimonio natural y cultural, así como los factores de emisión de los principales contaminantes en los procesos productivos y en otras actividades antropogénicas o la formación de contaminantes secundarios; (ix) desarrollo y validación de modelos cuantitativos sobre el estado de la calidad del aire y la influencia de variables climatológicas y geográficas entre otras; (x) promover la I+D+I en la búsqueda de alternativas a los contaminantes orgánicos persistentes, los metales pesados, y en general las sustancias y compuestos químicos restringidos; (xi) la investigación de riesgos geológico-geotécnicos asociados a desastres naturales y al cambio climático, en relación tanto a las infraestructuras de transporte como a la edificación; (xii) obtención de medidas y parámetros representativos de la calidad del aire y de apoyo a la identificación de fuentes de contaminantes y procesos de formación y transformación de contaminantes atmosféricos; (xiii) desarrollo de nuevos productos, tecnologías y procesos químicos y biológicos y diseño de nuevos catalizadores/biocatalizadores, que requieran menos consumo energético, permitan el uso de materias primas renovables, reduzcan o eliminen el uso de sustancias peligrosas y la generación de residuos que supongan un gran impacto en el medio ambiente; (xiv) síntesis y desarrollo de nuevos disolventes y plásticos biodegradables a partir de fuentes renovables.

(Reto 6) CAMBIOS E INNOVACIONES SOCIALES

I. **CRECIMIENTO ECONÓMICO Y LA GENERACIÓN DE EMPLEO:** (i) análisis del mercado laboral, centrándose especialmente en el paro, la ocupación y las formas de flexibilidad en el empleo; (ii) mercado de trabajo,

integración y disparidades sociales; (iii) el ajuste entre la educación y el empleo y las mejoras del sistema educativo; (iv) tasas de ocupación femenina; mujeres y desarrollo científico, tecnológico e innovación; (iv) transformación, evolución y futuro del estado del bienestar.

II. **DISEÑO, EVALUACIÓN E IMPACTO DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS:** (i) gobernanza europea y de las instituciones europeas; (ii) Europa, estados nacionales y federalismo; (iii) mejoras del sistema educativo; (iv) derechos y libertades fundamentales; (v) efectos de las políticas públicas en el desarrollo económico y social; (vi)

III. **CAMBIOS SOCIALES Y SU IMPACTO:** (i) movimientos migratorios; (ii) desigualdad, exclusión y pobreza; (iii) impacto y evolución de las identidades culturales, sociales y territoriales en los procesos de cambio y transformación social e institucional; (iv) características individuales, valores sociales y dinámicas colectivas.

IV. **INNOVACIÓN, CAMBIO TÉCNICO, PROGRESO Y BIENESTAR:** (i) nuevos modelos organizativos; (ii) internacionalización y globalización de las actividades económicas, empresariales y competitividad de la economía española; (iii) comportamiento y aceptación social de la tecnología, la innovación y el riesgo; (iv) modelos de liderazgo empresarial y competitividad.

V. **PROTECCIÓN Y PRESERVACIÓN DE LA CULTURA Y EL PATRIMONIO:** (i) patrimonio artístico-cultural y arqueológico como fuente de desarrollo de nuevas capacidades científico-técnicas y modelos de explotación sostenible; (ii) industrias culturales y generación de empleo; y (iii) aprendizaje individual y valores colectivos.

(Reto 7) ECONOMÍA Y SOCIEDAD DIGITAL

I. **INTERNET DEL FUTURO.**

II. **REDES Y SISTEMAS MÓVILES** y desarrollo de tecnologías, servicios y productivos basados en la movilidad.

III. Desarrollo, innovación y adopción de **SOLUCIONES Y TECNOLOGÍAS** ligadas a: (i) «cloud computing»; (ii) Open/Linked/Big Data y la reutilización información del sector público generando valor y conocimiento.

IV. **APLICACIONES Y SOLUCIONES TIC:** (i) empresariales y especialmente orientadas a PYME; (ii) gestión medioambiental; (iii) materia de eficiencia y la gestión energética; (iv) cambio climático y emisiones CO_2, etc.; (v) vehículo eléctrico; (vi) salud y bienestar social; y (vii) sistemas inteligentes de transporte, entre otros.

V. **CIUDADES INTELIGENTES:** desarrollo tecnológico, modelos de sostenibilidad y prestación avanzada de servicios, comunicaciones y otras aplicaciones.

VI. Sistemas y dispositivos basados en **INTELIGENCIA AMBIENTAL.**

VII. **CIBERSEGURIDAD Y CONFIANZA DIGITAL:** (i) utilización de aplicaciones electrónicas; (ii) desarrollo de entornos seguros ligados a los derechos de los ciudadanos y (iii) protección colectivos especialmente vulnerables.

VIII. **REDES SOCIALES** como vehículos de prestación de servicios y potencial desarrollo empresarial.

IX. **SISTEMAS, PLATAFORMAS, SERVICIOS Y PROCESOS ORIENTADOS** a: (i) contenidos y digitales –diseño, producción y empaquetamiento– y (ii) difusión audiovisual.

Este **RETO** implica un proceso de transformación en el que están implicadas las empresas, las instituciones y la sociedad civil, y dentro del mismo se incluye la **ACCIÓN ESTRATÉGICA EN ECONOMÍA Y SOCIEDAD DIGITAL** (apartado 7.2) ligada a la Agenda Digital para España así como al conjunto de planes estratégicos de ámbito nacional, comunitario e internacional vigentes.

(Reto 8) SEGURIDAD, PROTECCIÓN Y DEFENSA

I. **TECNOLOGÍAS DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES** para puestos de mando y centros de control; ciberseguridad de redes, sistemas y software, especialmente en infraestructuras críticas; sensores y procesamiento y distribución de información para inteligencia, vigilancia y reconocimiento.

II. **TECNOLOGÍAS DE SIMULACIÓN PARA EL APOYO A LA DECISIÓN Y EL ADIESTRAMIENTO.**

III. **TECNOLOGÍAS DE APLICACIÓN A LA PROTECCIÓN DE LAS PERSONAS,** especialmente frente a impactos balísticos, artefactos explosivos y amenazas NBQ y de protección de plataformas e instalaciones críticas y control de fronteras, así como tecnologías de apoyo a las condiciones de operación de las personas como la carga física, la conectividad y otros factores humanos incluyendo los aspectos biométricos.

IV. **TECNOLOGÍAS DE APLICACIÓN A PLATAFORMAS** especialmente las relacionadas con los materiales, las soluciones energéticas y su funcionamiento no tripulado –UAV, UGV–.

Las actuaciones que se contemplan incluirán iniciativas destinadas a potenciar la colaboración entre: (1) los agentes del Sistema para la obtención de demostradores y prototipos de sistemas relacionados con los equipos y sistemas de interés para la seguridad y defensa mediante programas de ámbito nacional (p.ej. Programas Nacionales del Ministerio de Defensa) como internacional (p.ej. Programas de I+D en cooperación, y los Programas de la Agencia Europea de Defensa-EDA); (2) los Centros Tecnológicos de Defensa y el tejido tecnológico nacional para el desarrollo de soluciones innovadoras en el ámbito de seguridad y defensa; (3) la comunidad tecnológica nacional en el ámbito de la I+D en seguridad y defensa a través del Portal de Tecnología e Innovación del Ministerio de Defensa.

Asimismo, y en estrecha coordinación con el Programa COINCIDENTE del Ministerio de Defensa se potenciará el aprovechamiento de las investigaciones y desarrollos existentes, principalmente en Universidad y PYME, para la incorporación de soluciones tecnológicas innovadoras en aplicaciones de seguridad y defensa.

FOTÓNICA21

FOTÓNICA

Plataforma Tecnológica Española de Fotónica

GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD

Proyecto financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad